

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

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки: машины и технологии сварочного производства (15.04.01)  
Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Исследование свойств сварных соединений полученных с использованием переменного прямоугольного тока

УДК 621.791.7.052.669.018.58.621.644

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM51	Усов Сергей Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Гордынец А.С.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В.С.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников М.Э.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев А.С.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ51	Усов С.С.

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	<b>Машины и технологии сварочного производства</b>

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Рабочим местом является отдельное помещение (научная лаборатория). Поскольку данное помещение находится внутри здания, на проектировщика возможны действия следующих факторов:</p> <p>Вредные факторы: монотонный режим работы, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность, превышение уровня шума, повышенный уровень электромагнитных излучений.</p> <p>Опасные факторы: повышенный уровень ультрафиолетовой радиации, повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>1. Техника пожарной безопасности на производстве (ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ).</p> <p>2. Техника безопасности при работе с электро- и радиотехническими устройствами (ГОСТ 12.1.006-84).</p> <p>3. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.) ССБТ.</p> <p>4. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.1.019-2009 ССБТ.</p>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации;</li> <li>– Воздействие ионизирующего излучения при проведении рентгеноскопии;</li> <li>– Превышение уровня шума;</li> <li>– Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;</li> <li>– Анализ показателей микроклимата;</li> <li>– Воздействие инфракрасного излучения.</li> </ul>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> </ul>	<p>При работе со сварочной установкой, которая соединена с сетью напряжения, возможны электрические замыкания (удары) для персонала и пожары.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Согласно нормам, установлены средства пожаротушения.</p> <p>Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне (РЗ).</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Воздействие на окружающую среду сводиться к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Возможные ЧС на объекте: пожары, землетрясения.</p> <p>К мерам по предупреждению будут относиться:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Планирование защиты населения и территории от ЧС на уровне предприятия (организации);</li> <li>2. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности;</li> <li>3. Выявление угроз пожара и оповещение персонала;</li> <li>4. Подготовка работающих к действию условиях ЧС;</li> <li>5. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС.</li> </ol>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении, а также контроль за исправностью работы в помещении.</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников М.Э.	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Усов С.С.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1ВМ51	Усов С.С.

<b>Институт</b>	<b>Неразрушающего контроля</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОТСП</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	<b>Машины и технологии сварочного производства</b>

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

<i>1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и технологических</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.</i>
<i>2.Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
<i>3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчисления, дисконтирования и кредитования</i>	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1.Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение потенциалов потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.</i>
<i>2.Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета.</i>
<i>3.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка сравнительной эффективности проекта</i>

**Перечень графического материала:**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Альтернативы проведения НИ</li> <li>4. График проведения и бюджет НИ</li> <li>5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</li> </ol>
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Николаенко В.С	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1ВМ51	Усов С.С.		

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

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки: машиностроение  
Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

Утверждаю:  
Зав. кафедрой ОТСП  
Киселев А.С.  
\_\_\_\_\_  
(Подпись)                      (Дата)                      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**На выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме: магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ51	Усову Сергею Сергеевичу

Тема работы: Исследование свойств сварных соединений полученных с использованием переменного прямоугольного тока.

Стабилизация качества соединений при контактной точечной микросварке	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Ручная дуговая сварка электродом с основным типом покрытия на переменном прямоугольном токе
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Литературный обзор преимуществ использования ручной дуговой сварки переменного тока, особенности горения дуги переменного тока 2. Объект и методы исследования 3. Исследовать особенности сварных соединений полученных с использованием переменного прямоугольного, постоянного модулированного, постоянного, переменного модулированного тока 4. (экспериментальная часть) 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность 7. Заключение и выводы

<b>Перечень графического материала</b>	1. Тема диссертации 2. Обоснование выбора данной темы 3. Актуальность работы 4. Цель и задачи исследования 5. Исследования, проводившиеся для решения поставленных задач 6. Заключение и выводы
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
1. Литературный обзор 2. Методика проведения экспериментов 3. Экспериментальная часть 4. Заключение	Гордынец Антон Сергеевич
5. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение	Николаенко В.С.
6. Социальная ответственность	Гусельников М.Э.
<b>Название разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	Литературный обзор: актуальность проблемы, технологические свойства сварочной дуги, сварка на переменном токе, способы повышения устойчивости горения сварочной дуги на переменном токе, сварка покрытыми электродами, обоснование экспериментов.

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Гордынец Антон Сергеевич	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Усов Сергей Сергеевич		

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

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки (специальность) - 15.04.01. Машиностроение  
Кафедра – Оборудования и технологии сварочного производства  
Период выполнения (осенний/весенний семестр 2015/2016 и 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация
--------------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	5.06.2017
--	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.04.2014	1. Литературный обзор	25
03.04.2014	2. Объект и методы исследования	10
12.04.2014	3. Экспериментальная часть	25
25.05.2014	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
01.06.2014	5. Социальная ответственность	15
03.06.2014	6. Заключение и выводы	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Гордынец Антон Сергеевич	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	К.Т.Н., доцент		

## Реферат

Магистерская диссертация состоит из – 95 страниц, 20 рисунков, 23 таблицы, 20 использованного источника, 1 приложение.

Ключевые слова: сварка, переменный прямоугольный ток, сварка покрытыми электродами, микроструктура, микротвердость, магнитное дутье, род и полярность тока.

Объектом исследования магистерской диссертации является микроструктура наплавленных валиков различными способами сварки.

Цель работы заключается в подтверждение целесообразности применения переменного прямоугольного тока при дуговой сварке покрытыми электродами трубопроводов, в том числе намагниченных.

В работе исследованы свойства сварного соединения полученного с использованием переменного прямоугольного тока, а также произведено его сравнение аналогичными показателями с постоянным, постоянным модулированным и переменным модулированным током.

Для достижения поставленной цели было сделано следующее:

- проведен анализ отечественной и зарубежной литературы, сформулирована актуальность исследований с постановкой задачи;
- проведены экспериментальные исследования.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010, фотографии были получены с использованием микроскопа OLYMPUS GX51, микротвердость образцов измеряли на приборе HV-1000.

## Zusammenfassung

Masterarbeit umfasst - ... s, 20 Abbildungen, Tabellen 23, 20 gebrauchte Quelle 1 App ..

Stichwort: Schweißen, rechteckige Stromschweißen mit umhüllten Elektroden, Mikrostruktur, die Mikrohärtigkeit, Magnetblasen, Geschlecht und Strom wechselnde Polarität.

Die Aufgabe der Thesis Forschung Master ist die Geometrie der Schweißnaht.

Ziel der Arbeit ist die Angemessenheit der Rechteckwechselstrom-Lichtbogenschweißelektroden beschichteten Rohrleitungen, einschließlich magnetisiert zu bestätigen.

Die Arbeit untersuchte die Eigenschaften einer Schweißverbindung hergestellt als auch unter Verwendung rechteckigen Wechselstrom als Vergleich mit ähnlichen Parametern konstant ist, modulierte, DC- und AC-modulierten Strom.

Zur Erreichung dieses Ziels gemacht wurde, wie folgt:

- die Analyse der in- und ausländischer Literatur, formulierte Forschung, die für die Formulierung des Problems;
- provedenyeksperimentalnye Forschung.

Abschlussstraining durchgeführten Arbeiten in Microsoft Word Textverarbeitung 2010 wurden Fotos erhalten mit einem Mikroskop OLYMPUS GX51 wurde die Mikrohärtigkeit gemessen an Proben HV-1000 Instrument.

Оглавление	
Реферат .....	9
Введение.....	13
1 Обзор литературы .....	15
1.1 Основные понятия и определения.....	15
1.2 Актуальность проблемы.....	16
1.3 Технологические свойства сварочной дуги .....	17
1.4 Сварка на переменном токе .....	17
1.5 Влияние переменного тока на структуры и свойства сварных соединений .....	20
1.6 Способы повышения устойчивости горения сварочной дуги переменного тока.....	21
1.7 Сварка покрытым электродами .....	24
1.8 Обоснование экспериментов.....	25
2 Методика проведения эксперимента.....	26
2.1 Материалы и методы исследования.....	26
2.2 Выбор электродов .....	27
2.3 Выбор оборудования.....	28
2.4 Методика подготовки шлифов .....	30
2.5 Травление шлифа .....	32
2.6 Измерение микротвердости .....	32
3 Экспериментальная часть .....	35
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	43
4.1 Предпроектный анализ .....	43
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	43
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	43
4.2 Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.....	45
4.3 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.. ..	47

4.4 Планирование научно-исследовательских работ.....	48
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	48
4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	49
4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	52
4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	52
4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	53
4.5.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы ..	54
4.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	55
4.5.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ... .....	56
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	56
5 Социальная ответственность .....	59
5.1 Производственная санитария.....	59
5.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	61
5.2.1 Повышенный уровень шума .....	61
5.2.2 Недостаточное освещение.....	62
5.3 Оптимизация функций выполняемых объектом.....	66
5.4 Пожарная безопасность .....	68
5.5 Экологическая безопасность.....	72
5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	72
5.7 Организационные вопросы обеспечения безопасности.....	74
5.8 Охрана окружающей среды .....	77
Заключение .....	79
Список литературы .....	80
Приложение А .....	82
CD .....	95

## Введение

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами широко используется при изготовлении различных металлических конструкций в энергетике, химии и нефтехимии, в автомобилестроении, при строительстве нефте- и газопроводов. Сварка так же необходима при ремонте различных деталей и изделий. Объемы применения ручной дуговой сварки ежегодно возрастают [1].

Для дуговой сварки применяют постоянный или переменный ток. Использование переменного тока приводит к периодическому погасанию дуги и последующему ее зажиганию при изменении направления тока в сварочной цепи. Это приводит к тому, что стабильность горения при использовании электродов с основным покрытием не достаточно. Применяют стабилизаторы горения дуги, либо добавляют в покрытие электрода стабилизирующие элементы, либо используют переменный ток с прямоугольной формой волны.

Постоянный ток лишен этих недостатков, так как значение тока сварочной цепи не достигает нулевого значения, а следовательно дуга не гаснет. Однако остаточная намагниченность свариваемых деталей приводит к магнитному дутью постоянного тока, что делает сварку таких деталей невозможной.

Результаты исследований проведенных в [2] свидетельствуют о возможности дуговой сварки покрытыми электродами намагниченных деталей переменным прямоугольным током повышенной частоты (500 Гц). Однако влияние переменного тока на свойства и структуру сварных соединений исследовано не достаточно полно.

Наличие внешнего магнитного поля с индукцией более 2 мТл способствует нарушению процесса дуговой сварки постоянным током. Под влиянием внешнего магнитного поля столб дуги отклоняется от оси электрода, удлиняется в плоть до обрыва. Поэтому для получения качественных сварных соединений необходимо обеспечивать условия по снижению индукции поперечного магнитного поля в зоне сварки до 2 мТл и меньше. Наиболее сложно это осуществлять при наличии остаточной намагниченности

соединяемых деталей, которая является следствием применения магнитных методов контроля. Предварительное размагничивание деталей обеспечивают специализированным оборудованием, эксплуатация которого характеризуется продолжительным процессом подготовки к работе, низкой производительностью труда и наличием обслуживающего персонала высокой квалификации. Альтернативным способом стабилизации процесса дуговой сварки намагниченных деталей является применение переменного прямоугольного тока повышенной частоты вместо постоянного обратной полярности.

Взаимосвязь направления отклонения дуги с полярностью ее горения в условиях воздействия внешнего поперечного магнитного поля позволяет применять переменный ток для стабильности процесса сварки.

## **1. Литературный обзор**

### **1.1 Основные понятия и определения**

Переменный ток – электрический ток, который с течением времени изменяется по направлению.

Постоянный ток – электрический ток, который с течением времени не изменяется по направлению.

Электрическая дуга – пластичный газообразный проводник. Поэтому внешние силы могут вызывать ее отклонения. Для того чтобы дуга занимала заданное положение, внешние сил должны быть уравновешены равными и противоположно направленными внутренними силами [3].

Одним из источников внешних сил при дуговой сварке является магнитное поле тока дуги.

Само наводимое поле, создаваемое сварочным током, окружает дугу и воздействует на нее со всех сторон. До тех пор, пока магнитное поле симметрично, электромагнитная сила в любом направлении уравновешивается равной и противоположно направленной силой и их равнодействующая равна нулю. Как только симметрия поля нарушится, силы становятся неравными и дуга отклоняется в направлении большей силы [3].

Магнитное дутье – явление отклонения электрической дуги от оси электрода, блуждание конца дуги по изделию при ручной дуговой сварке.

В процессе сварки в сварочной цепи протекает ток в электрической дуге и в сварочной цепи изделия. Эти токи создают магнитное поле.

Взаимодействие магнитного поля цепи тока в изделии с током столба дуги создает силу, направленную к его центру (явление пинч-эффекта). Эта сила, при подключении электрического провода к месту где заканчивается дуга, не вызывает отклонения столба, а возвращает его при отклонении в начальное положение. Если место подключения провода находится на каком-либо расстоянии от перпендикуляра, то возникающее магнитное поле является поперечным и вызывает отклонение столба. Отклоняющая сила

пропорциональна квадрату дугового тока, поэтому магнитное дутье увеличивается при увеличении сварочного тока. Дутье приводит к ограничению сварки постоянным током на больших значениях электрического тока.

Действие магнитного дутья сильно ослабляется при сварке на переменном токе. В этом случае под действием переменного магнитного поля тока в изделии наводится электродвижущая сила. Э. д. с. создает вихревые токи. Создаваемый ими магнитный поток меньше потока, создаваемого постоянным током. В результате при больших переменных токах (1000—2000 А) действие магнитного дутья незначительно.

## **1.2 Актуальность проблемы**

В отдельных отраслях промышленности, в строительстве, при монтаже, когда особенности сварных конструкций и условия их производства ограничивают возможность применения механизированной сварки, основной объем работ приходится на долю ручной дуговой сварки и приблизительно 80% этих работ выполняются переменным током. Вопрос применения переменного тока для дуговой сварки остается актуальным и в настоящее время [4].

Что касается производительности сварки, то при сварке переменным током она может быть более высокой, чем при сварке постоянным током.

Сварку постоянным током характеризует такое отрицательное явление как магнитное дутье, что является следствием взаимодействия собственного магнитного поля дуги с полем сварочного контура [4].

Отрицательное действие магнитного дутья особенно велико при сварке на большой силе тока (более 300 А). Магнитное дутье ограничивает применение высокопроизводительных режимов при сварке постоянным током. Применение переменного тока, это самое простое и надежное решение в борьбе с магнитным дутьем. При применении переменного тока магнитное дутье незаметно даже при очень большой силе тока (1000 А), это дает возможность применять более производительные режимы сварки [4].

Переменный ток позволяет получить качественное формирование шва с благоприятными геометрическими показателями и профилем проплавления.

Структура металла сварочного шва получается более мелкозернистая, качество сварного шва лучше, чем при сварке постоянным током электродами одной и той же марки [4].

Проанализировав научно-исследовательские работы, изложенные в литературе, можно прийти к выводу, что проблема магнитного дутья актуальна на данный момент, а самым универсальным и доступным методом ее решения является применение переменного или модулированного тока.

### **1.3 Технологические свойства сварочной дуги**

Под технологическими свойствами сварочной дуги понимают совокупность ее теплового, механического и физико-химического воздействий, определяющих интенсивность плавления электрода, характер переноса электродного металла, проплавление основного материала, формирование и качество шва. Технологические свойства дуги взаимосвязаны и определяются параметрами режима сварки [1].

К технологическим характеристикам дуги относятся также пространственная устойчивость и эластичность. Под этим понимают способность сохранения дугой неизменности пространственного положения относительно изделия в режиме устойчивого горения и возможность отклонения и перемещения без затухания под воздействием внешних факторов. Такими факторами могут быть магнитные поля и ферромагнитные массы, с которыми воздействует магнитное поле дуги. При этом взаимодействии наблюдается отклонение дуги от естественного положения в пространстве [5].

### **1.4 Сварка на переменном токе**

Универсальным методом борьбы с магнитным дутьем является применение переменного тока. Дугу переменного тока окружает переменное магнитное поле, действующее как движущее поле. В любом замкнутом проводнике движущее поле индуцирует токи. Следовательно, переменное магнитное поле дуги индуцирует токи в частях заготовки. Направление этих

дополнительных (вихревых) токов таково, что в любой момент времени создаваемые ими магнитные поля направлены противоположно основному магнитному полю сварочного тока (Рисунок 1.).

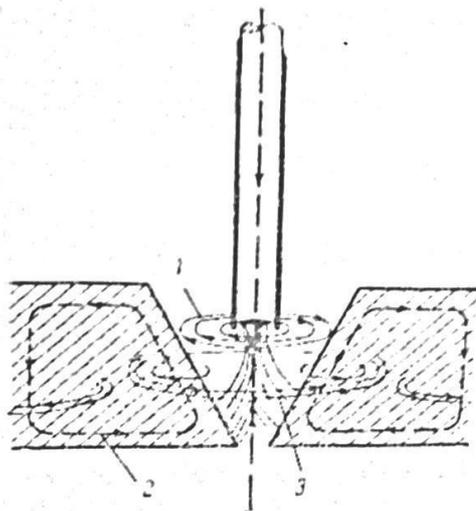


Рисунок 1 – Влияние вихревых токов на основное магнитное поле дуги переменного тока: 1 – основное магнитное поле; 2 – линии вихревых токов; 3 – магнитное поле вихревых токов.

Именно частичной нейтрализацией основного магнитного поля дуги магнитным полем вихревых токов можно объяснить ослабление магнитного дутья при сварке на переменном токе [6].

Из множества свойств и особенностей дуги переменного тока для сварки особенно важны те, которые влияют на устойчивость горения дуги и перенос электродного металла. В общем виде устойчивость любого процесса оценивают по изменению энергии системы тел, участвующих в этом процессе [5].

Дуга переменного тока периодически, с частотой питающей сети  $f$ , изменяет свою полярность, гаснет и зажигается вновь с частотой  $2f$ . При использовании тока промышленной частоты  $f=50$  Гц электрод и изделие 50 раз за секунду поочередно бывают катодом и анодом, т.е. 50 раз в секунду происходит разрушение и формирование катодной и анодной областей и активных пятен, а также переориентация заряженных частиц в столбе дуги. Ток дуги, величина которого непрерывно изменяется в течении каждого полупериода по синусоидальному закону, обуславливает изменение радиальных размеров столба, его температуры, размеров изотермических

областей активных пятен на электродах, что в ряде случаев является причиной существенного различия технологических свойств дуг переменного и постоянного токов [5,8].

С точки зрения стабильности горения дуги важными факторами являются как время формирования установившегося разряда, так и время деионизации плазмы столба дуги.

Наличие перерывов в горении – характерная особенность сварочной дуги переменного тока. К концу полупериода перед угасанием дуги и после него с некоторым отставанием температура дугового газа существенно уменьшается (практически в два раза) [8].

Стабильность процесса сварки на практике оценивают двумя методами: непосредственно во время проведения самой сварки или же после обработки результатов, характеризующих сварку. Первый – это субъективный метод, когда сварщик наблюдает непосредственно за горением дуги и оценивает начальное зажигание дуги, разбрызгивание металла, эластичность дуги. По второму методу определяют параметры дугового процесса: частоту обрыва горения дуги; минимальное напряжение холостого хода сварочного трансформатора, при котором все еще возможно стабильное горение дуги; разрывную длину дуги [4, 9].

Устойчивые критерии стабильности горения дуги учитывают многие физические процессы как в дуге, так и в ее цепях питания. Их применяют без каких-либо изменений для оценки устойчивости горения дуги как с плавящимися электродами. Процесс переноса металла так же существенно влияет на устойчивость процесса и при разработке критериев стабильности горения дуги должен учитываться [4]. От характера переноса электродного металла зависят такие показатели сварки, как стабильность, качество металла шва, потери металла, возможность или легкость осуществления сварки в наклонном, вертикальном и потолочном положениях [4].

## **1.5 Влияние переменного тока на структуры и свойства сварных соединений**

Электрическая дуга переменного тока нашла широкое применение в сварочной технике. В большинстве случаев ее используют при ручной дуговой сварке покрытыми электродами.

При варке переменным током может быть достигнута более высокая производительность работ, чем при сварке постоянным током. Сварку постоянным током характеризует такое отрицательное явление, как магнитное дутье: следствие взаимодействия собственного магнитного поля дуги и поля сварочного контура. Под влиянием магнитного дутья дуга может перемещаться, изменять свою длину и форму и весьма часто обрываться – все это нарушает стабильность процесса сварки. Отрицательное действие магнитного дутья особенно велико при сварке на большой силе тока (свыше 300 – 400 А). Магнитное дутье ограничивает применение высокопроизводительных режимов при сварке постоянным током. Применение переменного тока – самое простое и надежное средство борьбы с магнитным дутьем. В этом случае последнее незаметно даже при очень большой силе тока (1000-2000 А), что дает возможность применять более производительные режимы сварки [4].

Переменный ток позволяет получать хорошее формирование шва с благоприятными геометрическими его показателями и профилем проплавления, в том числе и на более производительных режимах сварки, чем при сварке постоянным током. Структура металла сварного шва получается более мелкозернистая, качество сварного шва лучше, чем при сварке постоянным током электродами одной и той же марки.

К недостаткам сварки переменным током относится: низкая устойчивость горения дуги, обусловленная периодическими ее погасаниями; в некоторых случаях повышенное разбрызгивание металла и насыщение его газами, которое также связано с ухудшением устойчивости горения дуги. С

улучшением стабильности горения дуги уменьшается разбрызгивание металла и насыщение его газами [4].

Сварочная дуга переменного тока промышленной частоты зажигается и гаснет 100 раз в секунду. При этом физические явления, которые наблюдаются в межэлектродном промежутке, как предшествующие зажиганию дугового разряда, так и следующие после его погасания, свойственны некоторым известным формам электрического разряда в газах. Наличие и длительность этих явлений зависит от условий зажигания и гашения сварочной дуги, в том числе от материала электродов, величины приложенного напряжения, состава защитной среды, потенциала ионизации защитной среды и других факторов [4].

Из множества свойств и особенностей дуг переменного тока для сварки металлов особенно важны те, которые влияют на устойчивость горения дуги и перенос электродного металла. В общем виде устойчивость любого процесса, как известно, оценивают по изменению энергии системы тел, участвующих в этом процессе. Если в дуге нет приращения энергии, т.е. если разность между поступающей энергией и расходуемой равна нулю, то все ее параметры остаются неизменными. Дуга получает энергию от источника электрического тока, образуя с ним единую систему. При наличии в сварочном контуре активного и реактивного сопротивлений потребляемые ими мощности также следует отнести к расходуемым мощностям [4].

### **1.6 Способы повышения устойчивости горения сварочной дуги переменного тока**

Применяемые на практике способы повышения устойчивости горения сварочной дуги и стабильности сварки переменным током можно условно разделить на две группы: металлургические и электрические [4].

Металлургические способы:

Активирование легкоионизирующимися добавками, вводимыми через сварочную проволоку, покрытие электрода или защитную среду, в которой горит дуга. Устойчивость горения дуги повышается за счет уменьшения

эффективного потенциала ионизации дугового разряда, что в свою очередь ведет к уменьшению сопротивления дугового промежутка и увеличению постоянной времени дуги. Этот способ получил широкое применение в сварочной практике. Однако имеет ряд недостатков: уменьшается производительность сварки за счет катодного падения напряжения, уменьшается глубина проплавления изделия за счет уменьшения плотности тока, часто ухудшаются механические свойства металла шва [4,10].

Электрические способы:

Обеспечение высокой скорости нарастания напряжения и силы тока при смене полярности. При этом способе, применяются источники питания повышенной частоты, источники питания с крутопадающей внешней характеристикой, а также имеющие прямоугольную форму кривой тока. Этот способ значительно улучшает стабильность горения дуги [4,11].

Применение сварочных трансформаторов с высоким напряжением холостого хода (90...120 В) позволяют выполнять сварку переменным током покрытыми электродами с любым типом покрытия.

Применение инверторных источников питания переменного тока.

Высокая частота выходного напряжения инверторного источника питания позволяет получить высокую стабильность горения дуги [4].

Сварка на повышенных частотах имеет ряд преимуществ:

1. При сварке на повышенной частоте частая смена полярности электродов должна привести к снижению и усреднению размера капель переносимого металла и повысить частоты их внедрения в зону соединения металлов. Мелкокапельный перенос способствует образованию более однородной структуры зерен металла в сварном соединении и повышению его прочности.

2. Питание дуги током высокой частоты должно привести за счет индукционного нагрева металла к некоторому подогреву плавящегося электрода и дополнительному нагреву отрывающейся от него капли металла.

При прочих равных условиях в сварочную ванну будет поступать больше тепла, что повысит КПД, с так же производительность процесса.

3. Сварка на переменном токе повышенной частоты позволяет исключить из сварочных аппаратов достаточно мощные и дорогостоящие выпрямители с соответствующими охладителями, а это уменьшает массу и габариты аппаратов [12].

Подключение конденсатора к первичной или вторичной обмоткам сварочного трансформатора. Последовательное или параллельное включение конденсатора в сварочную цепь повышает устойчивость горения дуги [4].

Применение сварочных осцилляторов и генераторов высоковольтных импульсов напряжением 1000 В, создающих затухающие по амплитуде знакопеременные импульсы высокой частоты и высокого напряжения. При подаче импульсов в дуговой промежуток изделием и электродом в моменты начального и повторных зажигания дуги происходит его пробой.

Кратковременный искровой разряд развивается в дуговой, поддерживаемый основным источником питания. Сварочный осциллятор способен обеспечить надежную стабильность горения практически любой сварочной дуги переменного тока. Однако, осциллятор имеет ряд недостатков: он создает значительные радиопомехи, требует специальной защиты сварщика, сварочного источника питания и другого оборудования от сети высокого напряжения [4,13].

Применение генераторов низковольтных импульсов напряжением 1000 В (УСГД). По сравнению с осциллятором УСГД генерирует низковольтные (до 500 В) импульсы, которые не могут осуществлять первоначальное зажигание дуги, но облегчают повторно зажечь дугу. УСГД все больше находят применение как в традиционной для них области – аргонодуговой сварке неплавящимся электродом, так и при сварке плавящимся электродом [4].

Для повышения стабильности процесса используют прямоугольный переменный ток (рисунок 2). Основные преимущества такой формы тока в сварочной цепи заключаются в следующем. Во-первых, существенно

повышается стабильность горения дуги за счет сокращения длительности коммутационных процессов при смене полярности тока. Во-вторых, расширяются технологические возможности процесса сварки за счет отдельного регулирования основных параметров режима: величины тока дуги прямой полярности, величины тока дуги обратной полярности, периода горения дуги прямой полярности, периода горения дуги обратной полярности [14].

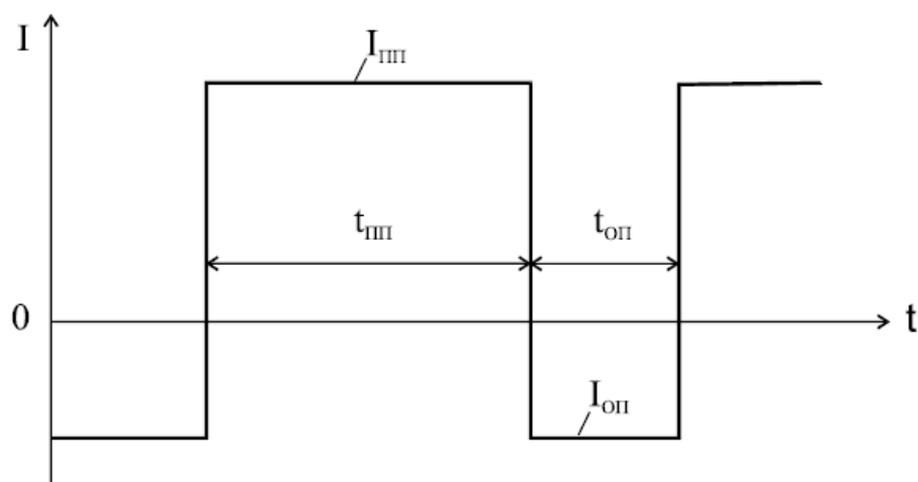


Рисунок 2 – Временная диаграмма тока в сварочной цепи:

$I_{ПП}$  - ток дуги прямой полярности;  $I_{ОП}$  - ток дуги обратной полярности;  $t_{ПП}$  – период горения дуги прямой полярности;  $t_{ОП}$  - период горения дуги обратной полярности.

При сварке на переменном токе с прямоугольной формой тока в отличие от синусоидальной формы можно регулировать длительность протекания тока в каждом направлении. От соотношения длительности периодов, также зависит ширина зоны катодного распыления, так при увеличении этого соотношения ширина этой зоны уменьшается.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение переменного прямоугольного тока для ручной дуговой сварки позволяет повысить стабильность процесса и улучшить свойства сварного соединения [15].

### 1.7 Сварка покрытыми электродами

При ручной дуговой сварке покрытыми электродами существенное повышение качества сварных швов и производительности сварки достигается за счет применения электродов с основным покрытием. Применение сварочных

трансформаторов с УСГД позволяет реализовывать преимущества переменного тока при сварке такими электродами [4].

С помощью УСГД возможно обеспечить стабильный процесс сварки переменным током электродами с основным покрытием, а также решить задачи повышения качества сварного шва и производительности процесса сварки переменным током.

При использовании источника питания, имеющего УСГД коэффициент потерь  $K_n$  несколько меньше, чем при использовании источника питания или сварочного трансформатора без УСГД. За счет снижения потерь увеличивается коэффициент наплавки –  $K_n$ . Тенденция увеличения  $K_n$  и уменьшения  $K_n$  характерна для сварки с импульсной стабилизацией горения дуги. Она четко наблюдается при сварке электродами с основным покрытием. Объяснить это можно тем, что при сварке переменным током электрод половину времени плавится при прямой полярности, а остальное время – при обратной полярности. При прямой полярности покрытие электрода плавится менее интенсивно, вследствие чего образуется небольшой козырек, и расплавление металла стержня электрода без разбрызгивания стекает в жидкую ванну [4].

### **1.8 Обоснование экспериментов**

К объектам повышенной опасности предъявляются жесткие требования по качеству сварных соединений. При сварке покрытыми электродами существенное повышение качества соединения достигается применением электродов с основным типом покрытия. Следовательно, необходимо применение устройств стабилизации горения дуги при реализации преимуществ сварки переменным током покрытыми электродами [4].

Даже при применении качественных сварочных материалов можно не достигнуть ожидаемого качества соединения. Применение переменного тока может дать качественное отличие: отличие структуры металла шва и околошовной зоны, отличие геометрических параметров шва, по сравнению с соединениями, полученными при сварке постоянным током.

Возникает необходимость в проведении экспериментов по получению сварных соединений с использованием переменного прямоугольного тока. А именно выявление отличий между геометрическими параметрами, анализ микро- и макроструктуры [4].

## 2. Методика проведения экспериментов

### 2.1 Материалы и методы исследования

Для проведения эксперимента была выбрана сталь 09Г2С, образцы имели толщину 12 мм. Сталь является конструкционной, низколегированной, имеет высокую механическую прочность. В процессе сварки сталь подвергается перегреву и не закалочной структуре, это ведет к тому, что пластические свойства сталь сохраняет.

Механические свойства и химический состав представлены в таблице 1 и таблице 2, соответственно.

Таблица 1. - Химический состав в % материала 09Г2С

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0,12	0,5 – 0,8	1,4 – 1,6	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Таблица 2. - Механические свойства материала 09Г2С

Сортамент	Размер	Напр.	σ <sub>B</sub>	σ <sub>T</sub>	d <sub>5</sub>	γ	KCU
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>
Лист, ГОСТ 5520-79	10		430-490	265-345	21		590-640

Химический состав и механические свойства по ГОСТ 19281-89.

Сталь марки 09Г2С имеет ряд свойств:

1. Пластичность
2. Свариваемость без ограничений
3. Прокаливаемость
4. Устойчивость к образованию трещин
5. Устойчивость к отпускной хрупкости
6. Отсутствие перегрева
6. Высокий предел выносливости (особенно после получения двухфазовой ферритно-мартенситной структуры)

Благодаря положительным свойствам, сталь применяют в химической, нефтяной, строительной, судостроительной отрасли. Устойчивость свойств материала в широком температурном диапазоне позволяет применять конструкции, детали из данной марки стали при температурах от -70 до +450 С. Также устойчивость к низким температурам позволяет применять трубы из стали 09Г2С на севере страны.

Данная марка стали широко используется в сварных конструкциях. Сварка стали 09Г2С может производиться как без подогрева, так и с подогревом до 100-200 С. Сталь имеет малое количество углерода, что делает сварку довольно простой, при этом сталь не закаливается и не перегревается в процессе сварки. Поэтому не происходит увеличение зернистости и не снижается пластичность металла. Также эта сталь не склонна к отпускной хрупкости, а вязкость после отпуска не снижается. Для сварки 09Г2С можно применять любые электроды, которые предназначены для сварки низколегированных и малоуглеродистых сталей.

## **2.2 Выбор электродов**

В данной работе использовались электроды с основным покрытием марки LB 52U. Электроды данной марки позволяют качественные и долговечные швы, как при постоянном, так и переменном токе.

Ряд преимуществ электродов LB 52U:

1. Высокая плотность соединения.
2. Пониженная степень содержания водорода в металле.
3. Значительная глубина проплавления обрабатываемого металла.
4. Незначительное разбрызгивание металла.
5. Высокая пластичность сварного соединения, шва.
6. Стойкость к абразивным трещинам.
7. Отличная ударная вязкость.
8. Достаточно легко удаляется шлаковая корка.

Такой вид электродов используется в газовой и нефтяной промышленности. Высокая эластичность сварного шва позволяет электродам

этой марки производить сварочные работы в различных климатических условиях на любых участках магистральных трубопроводах.

Для LB 52U характерно пониженное содержание водорода, в связи с этим улучшается качество сварочного шва. Химический состав электродов представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав в %, электродов марки LB 52U

Диаметр электрода, d, мм.	C	Si	Mn	P	S	Ni*	Cr*	Mo*	V*
2,6	0,06	0,52	1,00	0,011	0,005	0,01	0,03	0,01	следы
3,2	0,06	0,51	1,02	0,011	0,006	0,01	0,02	0,01	следы
4,0	0,06	0,49	0,01	0,013	0,004	0,01	0,03	0,01	следы

Электроды LB 52U применяются в случаях, когда необходимо повысить прочность обратной стороны сварочного шва. Электрод данного типа является незаменимым, когда сварка швов возможна только с одной стороны.

### 2.3 Выбор оборудования

При проведении экспериментальных исследований переменным прямоугольным током повышенной частоты применяли инвертор сварочного тока ИСТ–201 разработанный сотрудниками кафедры «Оборудование и технология сварочного производства» Томского политехнического университета [16]. Предложенный способ сварки обеспечивает расширение технологических возможностей применения и стабилизацию качества сварных соединений в условиях действия производственных магнитных полей. Задавая ту или иную величину опорного напряжения, можно концентрировать или рассредотачивать тепловой поток дуги в широких пределах, т.е. использовать производственные магнитные поля для управления положением дуги в пространстве в интересах технологического процесса сварки или наплавки.

Инвертор ИСТ-201 предназначен для совместного использования со стандартным источником питания постоянного тока и подключают его в сварочную цепь посредством байонетных разъемов (рисунок 3).

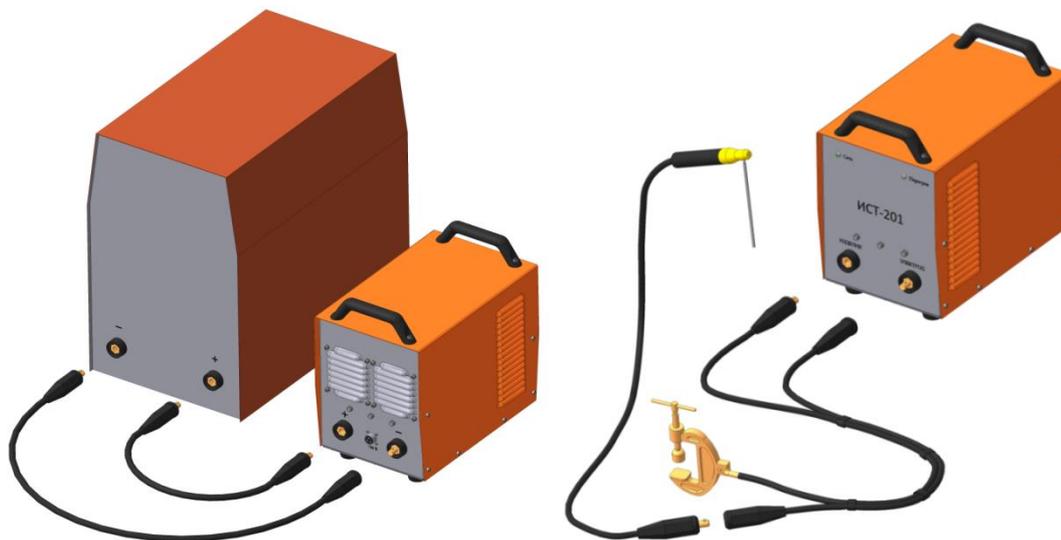


Рисунок 3 – Внешний вид и схема подключения инвертора сварочного тока ИСТ-201

Для сварки переменным модулированным током в сварочную цепь совместно с инвертором сварочного тока ИСТ-201 подключали модулятор, структурная схема установки представлена на рисунке 4. В ее состав входит: сварочный трансформатор ИПКТМ, инвертор сварочного тока ИСТ-201, 2 единицы токоограничительного резистора.

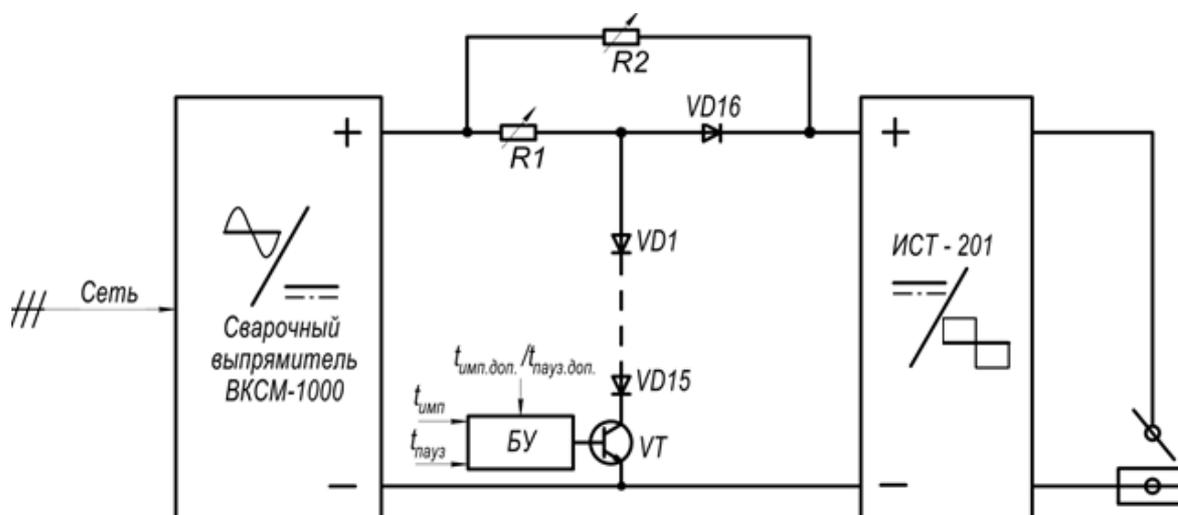


Рисунок 4 – Структурная схема для сварки переменным модулированным током

Регулируемыми параметрами являются: ток импульса; ток паузы; длительность импульсатока  $\tau_{\text{имп}}$ ; длительность паузы тока  $\tau_{\text{пауз}}$ ; длительность дополнительного импульса тока  $\tau_{\text{доп.имп}}$ ; длительность дополнительной паузытока  $\tau_{\text{доп.пауз}}$ .

## 2.4 Методика подготовки шлифов

Изготовление шлифов для исследования микротвёрдости состоит из нескольких этапов.

Окончательная поверхность шлифа должна быть плоской и блестящей (зеркальной), без видимых дефектов (царапин, задиров). По неправильно выполненному шлифу будет невозможно судить о реальной структуре металла, она будет искажена. По этой причине приготовление шлифов разделяется на этапы, которые выполняются в чёткой последовательности и никак иначе [17].

Первый этап. Отрезка и заторцовка шлифа. Отрезка образца производилась на отрезном станке МЕСАТОМЕ Т260 (Рисунок 5). Тиски станка позволяют закреплять образцы в горизонтальном и вертикальном положениях. Станок имеет две скорости резки: 3200 и 3800 об/мин.



Рисунок 5 – Отрезной станок Mecatome T260

Далее исследуемую поверхность образца заторцовывали на плоскость на наждачном круге. Отрезку и заторцовку образца обязательно необходимо вести с охлаждением водой, иначе он нагреется, что приведёт к искажению структуры металла.

Второй этап. Шлифование образца. После заторцовки производим шлифование образца на плотной бумаге с применением алмазных паст (ГОСТ 25593) разных номеров (зернистость красной пасты 60/40, голубой пасты 28/20 и зеленой пасты 10/7).

Шлифование выполняется вручную следующим образом. Начинаем шлифование на пасте с более крупными абразивными частицами и заканчиваем пастой с более мелкими частицами. Прижимаем образец заторцованной поверхностью к бумаге с пастой, водим в одном направлении пока все риски не будут соответствовать направлению шлифования. Затем шлифуем на пасте с более мелкими частицами абразива в перпендикулярном направлении к тем рискам, которые у нас получились на предыдущей пасте пока они не исчезнут. Если не соблюдать данную последовательность шлифования останутся риски, которые не выводятся при полировании и затрудняют дальнейший анализ микроструктуры образца. При переходе на следующий номер пасты необходимо полностью удалить остатки старой пасты предыдущего номера (промыть, вытереть тканью со спиртом и протереть сухой ветошью).

Важным в процессе изготовления шлифа является то, чтобы заторцованная и отшлифованная поверхность получилась идеально плоской, края не должны быть завалены. Для достижения такого результата при изготовлении образец зажимали в струбцину, имеющую ту же твердость, что и шлиф. После окончания шлифования образец промывали водой для удаления частиц абразивного материала, затем полировали.

Третий этап. Полирование выполнялось на плоском круге, который вращался с помощью двигателя. Круг покрыт сукном, которое в процессе полирования нужно смачивать водой с мельчайшим порошком, пастой ГОИ, для лучшего выведения царапин и ускорения процесса, но переусердствовать с пастой не нужно, так как излишки частиц могут создать новые царапины. В процессе полирования образец прижимается к кругу равномерно всей плоскостью. Во время полирования образец нужно постоянно поворачивать. Прекращается

полирование после того как выведены все оставшиеся риски и поверхность образца имеет зеркальный блеск [18].

## **2.5 Травление шлифа**

Травление выполняли следующим образом. Полностью подготовленный образец определённое время выдерживали в специальном растворе - «травитель», затем шлиф промывали сначала водой, а затем спиртом и сушили. В результате травления на поверхности микрошлифа образовывались выступы и впадины, характеризующие микроструктуру сплава. В нетравленном виде полированный шлиф под микроскопом имеет вид светлого круга.

Для анализа эвтектических карбидов использовали травитель следующего химического состава: 20 мл. HCl; 1 мг. CuCl<sub>2</sub>; 15 мл. H<sub>2</sub>O; 65 мл. C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O. Травление проводили при температуре 20 °С, время травления 10 с.

Микроструктуру наплавленных покрытий исследовали с помощью оптического микроскопа Olympus GX51 (Рисунок 6), снабженного анализатором изображений SIAMS 700.



Рисунок 6 – Микроскоп Olympus GX51

## **2.6 Измерение микротвердости**

Для испытания металлов на микротвердость методом вдавливания в качестве наконечника применяются алмазные пирамиды. Наиболее

распространена пирамида с квадратным основанием и углом при вершине между противоположащими гранями в  $136^\circ$ . На рисунке 6 изображен наконечник данного типа. При испытании однородного материала с помощью такого наконечника значения твердости почти не зависят от применяемой нагрузки в интервале от 1 г. до 1 кг.

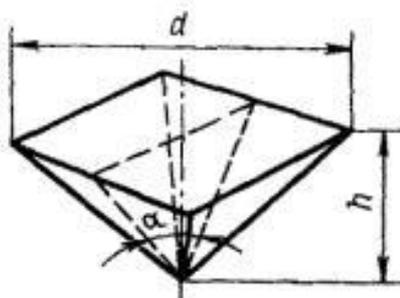


Рисунок 7 – Стандартный пирамидальный наконечник.

Размеры отпечатка, полученного в материале в результате вдавливания какого-либо наконечника, уменьшаются при удалении нагрузки за счет упругой деформации материала. Поэтому различают отпечаток при неснятой нагрузке и отпечаток при снятой нагрузке. Обычно при испытании с помощью конуса, шарика или квадратной пирамиды, измеряется отпечаток после снятия нагрузки и удаления наконечника, т.е. восстановленный отпечаток [19].

Хорошо выполненные алмазные пирамиды наконечников должны иметь острые ребра, вершина не должна иметь закругления, грани должны быть плоскими, тщательно отполированными, в целях уменьшения коэффициента трения между алмазом и исследуемым материалом [19].

Алмаз позволяет получать пирамиду, удовлетворяющую этим условиям. Таким образом, обеспечивается максимально возможное геометрическое подобие при получении отпечатков под различными нагрузками.

Приборы для определения твердости микроскопических элементов структуры отличаются тем, что нагрузка под действием которой происходит вдавливание, измеряется всего лишь граммами или десятками граммов. Размеры отпечатков при этом колеблются от нескольких микронов до десятков микронов и требуют для своего замера микроскоп, составляющий существенную часть прибора. Применение малых нагрузок позволяет получать

неповрежденные отпечатки даже на весьма хрупких материалах или структурных составляющих [19].

Процесс измерения микротвердости начинался с установки образца на испытательный стол микротвердомера HV-1000 (рисунок 8). Важно при установке добиться параллельной плоскости образца, на которую будут проставляться дорожки, по сравнению с плоскостью стола. При не соблюдении параллельности плоскостей возникает большая погрешность в измерениях. По данным измерениям невозможно наблюдать необходимую зависимость.



Рисунок 8 – Стационарные микротвердомеры HV-1000

Модификация HV-1000 оснащена поворотной револьверной головкой, на которой могут быть установлены одновременно один наконечник и два объектива. Цикл приложения нагрузки автоматизирован, запускается сенсорной клавишей, вмонтированной в корпус твердомера. Переход к системе измерения длины диагоналей отпечатка с помощью микрометрической головки после цикла приложения нагрузки и переход к повторению цикла приложения нагрузки осуществляется оператором [20].

Измерительная головка микроскопа позволяет производить измерения диагоналей отпечатков в мкм, перевод измеренных значений в числа твёрдости Виккерса осуществляется по таблицам, которые входят в комплектацию прибора (для модификации HV-1000) [20].

После установки настраивались параметры ( $F = 500$  г. сила, с которой алмазная пирамида действует на поверхность образца,  $t = 10$  с. – время

вдавливания алмазной пирамиды, HV – измерения проводятся по методу Виккирса) микротвердомера. Следующим этапом исследования являлось проставление дорожек уколов. Уколы проставлялись в линию с шагом 200 мкм. Измерения проводились по вертикальной линии (1) как показано на схеме (рисунок 9).

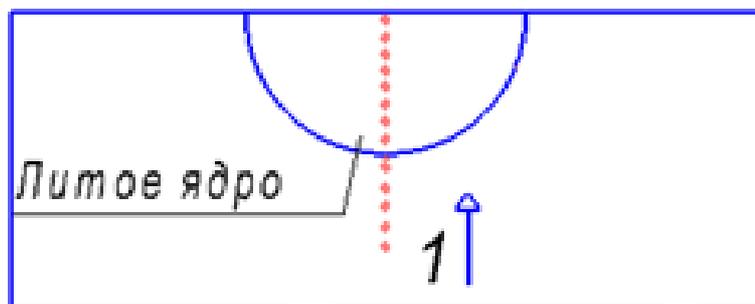


Рисунок 9 – Схема замера микротвердости по линии 1

### 3. Экспериментальная часть

С целью определения влияния рода тока и его модуляции на микроструктуру металла шва были проведены экспериментальные исследования. Для этого производили наплавку валиков электродами с покрытием марки LB – 52U диаметром 3,2 мм в нижнем положении на пластину из стали 09Г2С толщиной 12 мм. Перед наплавкой, поверхность пластины зачищали до металлического блеска универсальной угловой шлифовальной машинкой УШМ – 125. Питание сварочной цепи осуществляли постоянным и модулированным током обратной полярности, а также переменным прямоугольным током повышенной частоты и модулированным по амплитуде. Список оборудования, использованного при эксперименте, приведен в разделе 2.3. Температура пластины перед наплавкой каждого из валиков составляла 25°С, чтобы избежать термического влияния на ранее наплавленный металл.

На рисунке 1...4 приведены осциллограммы тока в сварочной цепи для каждого из экспериментов, по которым были определены фактические параметры режимов наплавки валиков (таблице 4).

Таблица 4 – Параметры режимов наплавки валиков

№	Род и форма тока	Параметры сварочного тока	$d_{эл}$ , мм	Марка электрода
1	Постоянный обратной полярности	$I_{св}=116$ А	3,2	LB-52U
2	Постоянный модулированный	$I_{св}=138$ А		
3	Переменный прямоугольный	$I_{св}=128$ А		
4	Переменный модулированный	$I_{св} = 137$ А; $I_{и} = 192$ А; $I_{п} = 30$ А;		

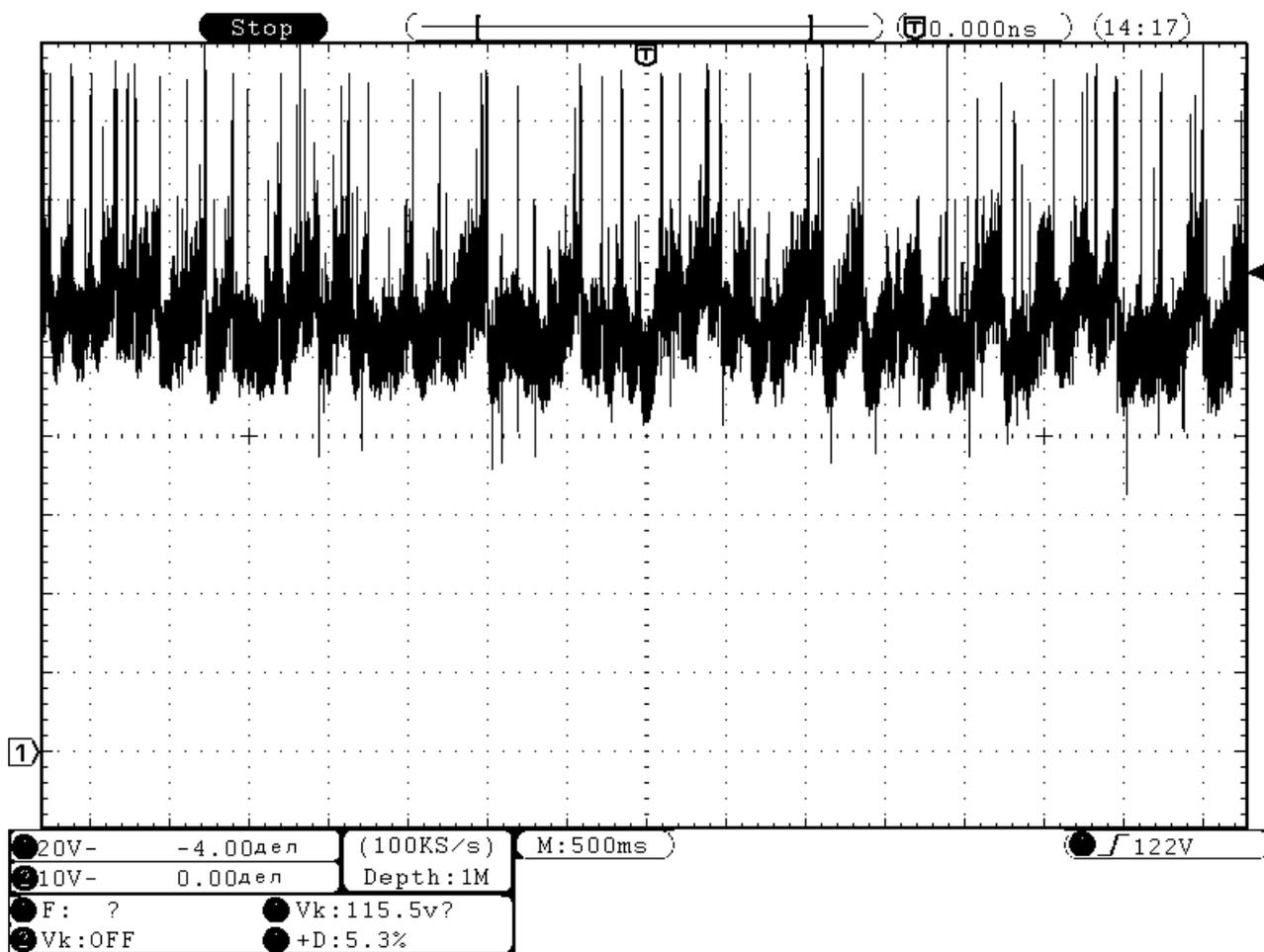


Рисунок 10 – Осциллограмма постоянного тока обратной полярности ( $\mu_t = 500$  мс/дел;  $\mu_i = 20$  А/дел;  $I_{св} = 116$  А)

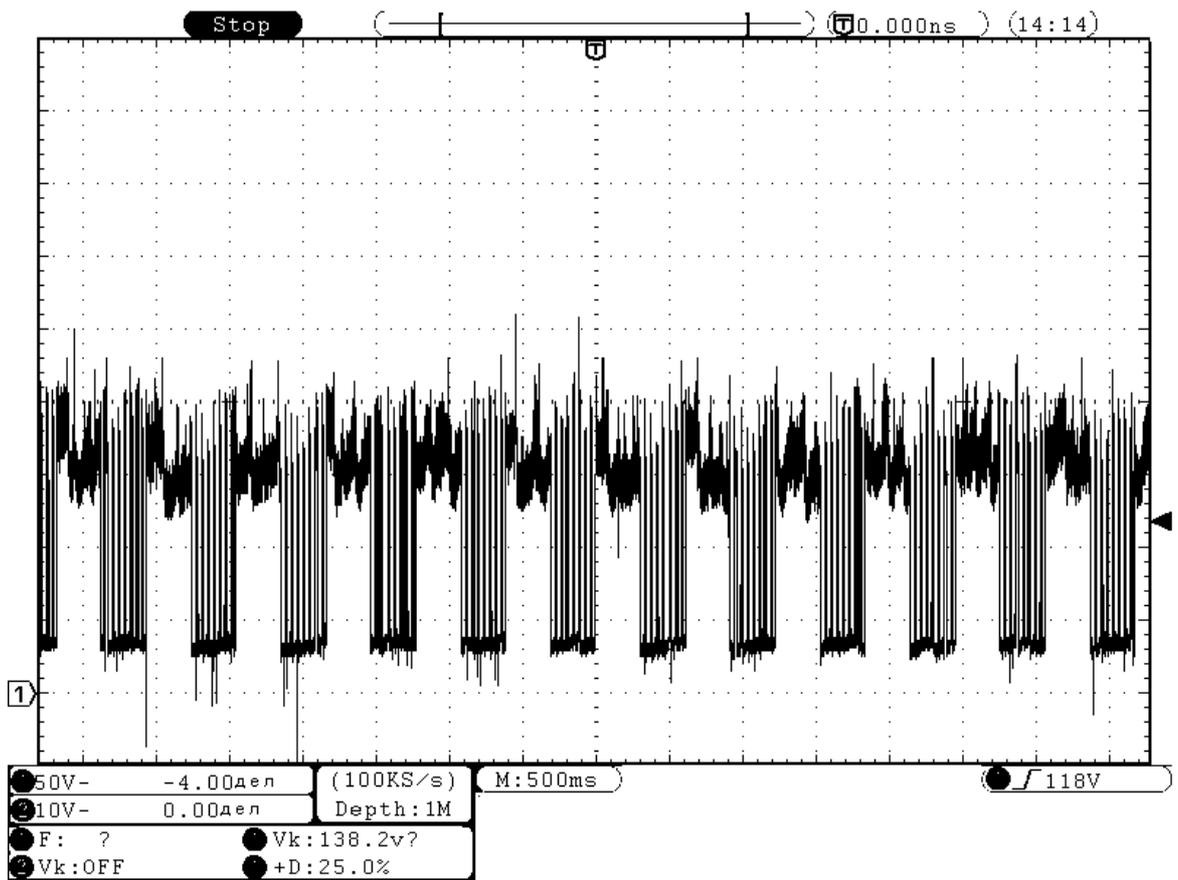


Рисунок 11– Осциллограмма униполярного модулированного тока ( $\mu_t = 500$  мс/дел;  $\mu_i = 50$  А/дел;  $I_{CB} = 128$  А)

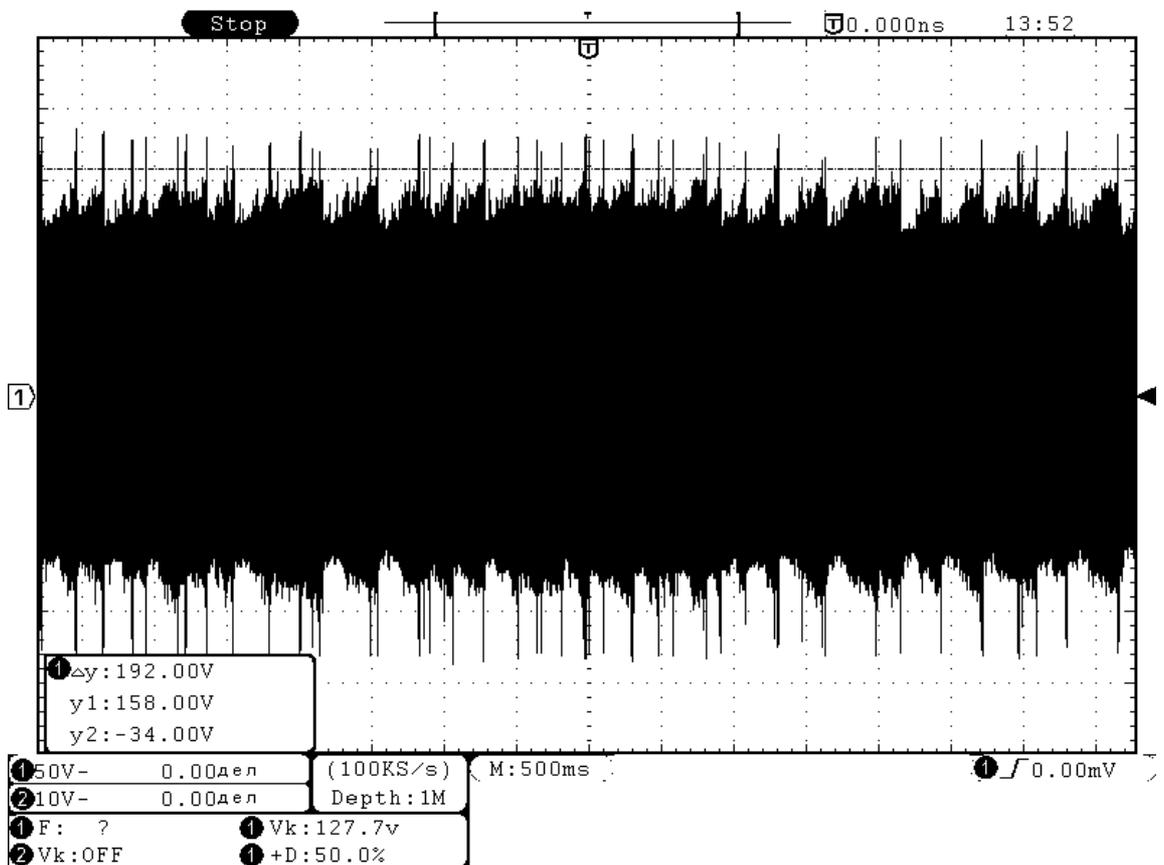


Рисунок 12 – Осциллограмма переменного прямоугольного тока повышенной частоты ( $\mu_t = 500$  мс/дел;  $\mu_i = 50$  А/дел;  $I_{CB} = 128$  А)

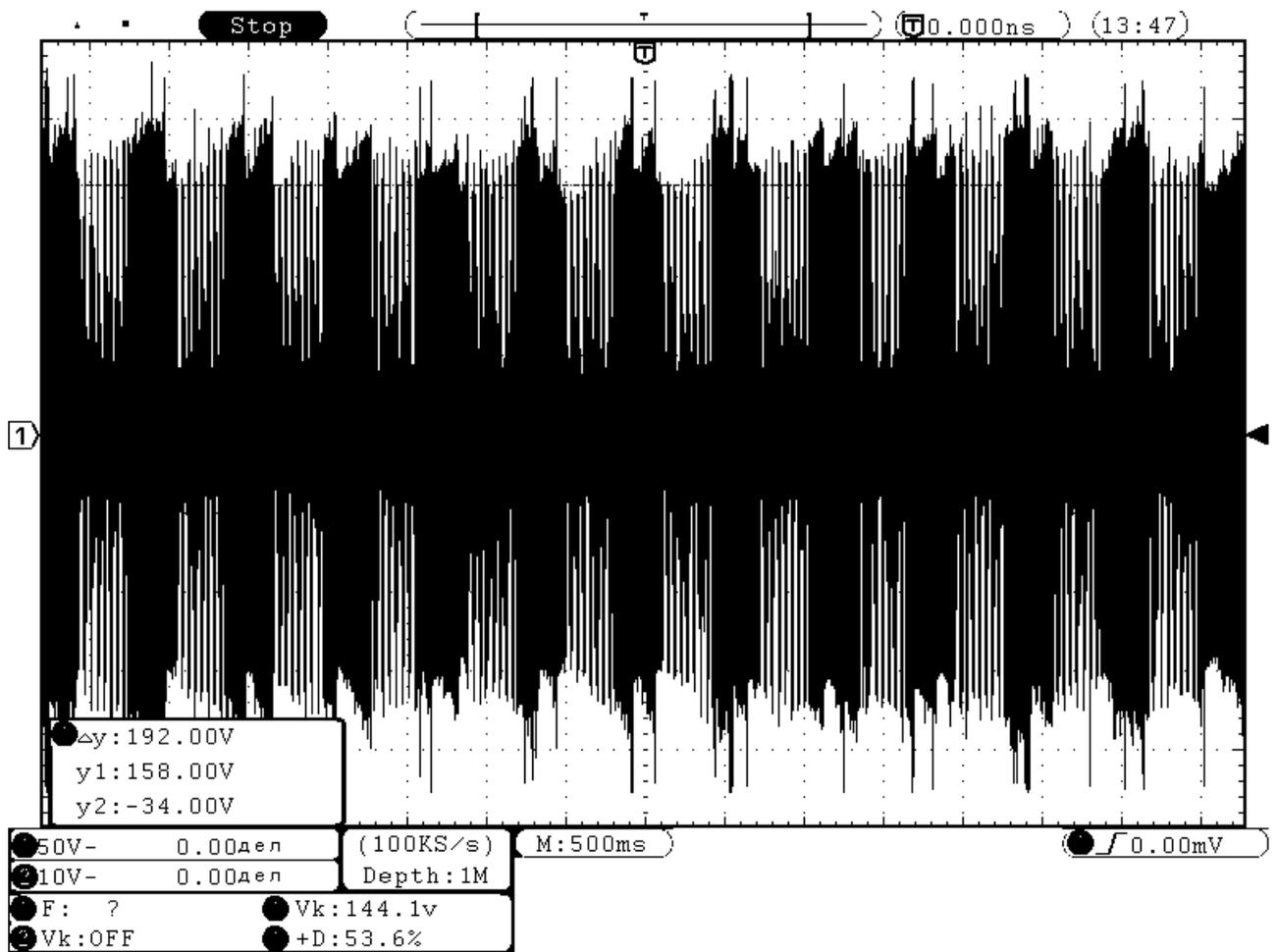


Рисунок 13– Осциллограмма переменного модулированного тока ( $\mu_t = 500$  мс/дел;  $\mu_i = 50$  А/дел;  $I_{св} = 137$  А;  $I_{и} = 192$  А;  $I_{п} = 30$  А;  $t_{п} = 3$  мс;  $t_{и} = 3$  мс;)

На рисунке 2 представлена пластина с наплавленными валиками. Каждый полученный валик был клеймен согласно очередности наплавления и соответствующего рода тока 1..4.

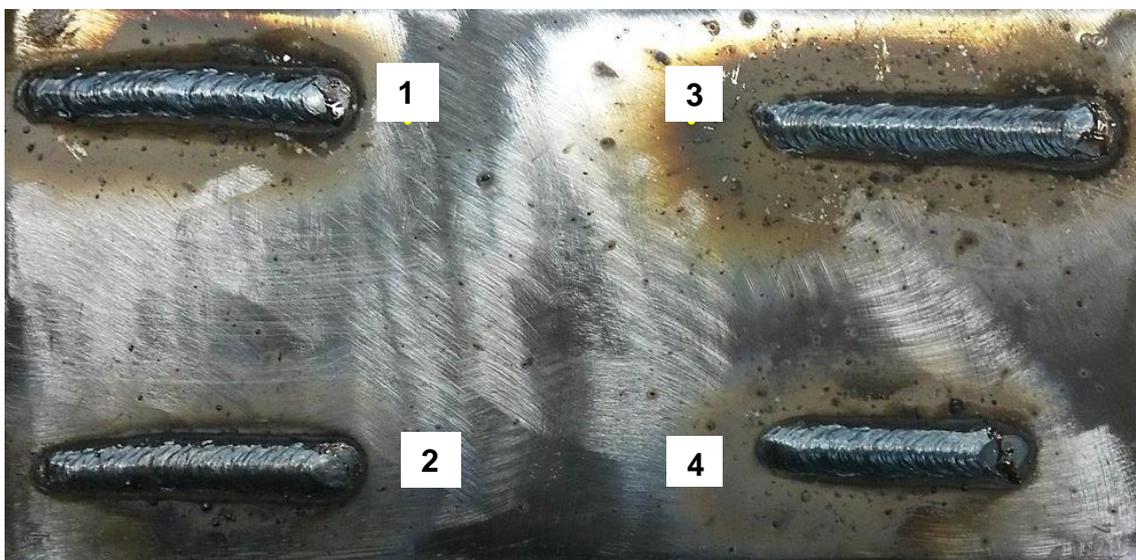


Рисунок 14 – Пластина с наплавленными валиками: 1 – переменный модулированный ток; 2 – переменный прямоугольный ток повышенной частоты; 3 – униполярный модулированный ток; 4 – постоянный ток обратной полярности

После проведения наплавки на пластину, полученные валики подвергали визуальному осмотру, по результатам которого видимых дефектов обнаружено не было. С целью анализа влияния рода тока на свойства металла шва, исследовали его макро- и микроструктуру (рисунок 15).

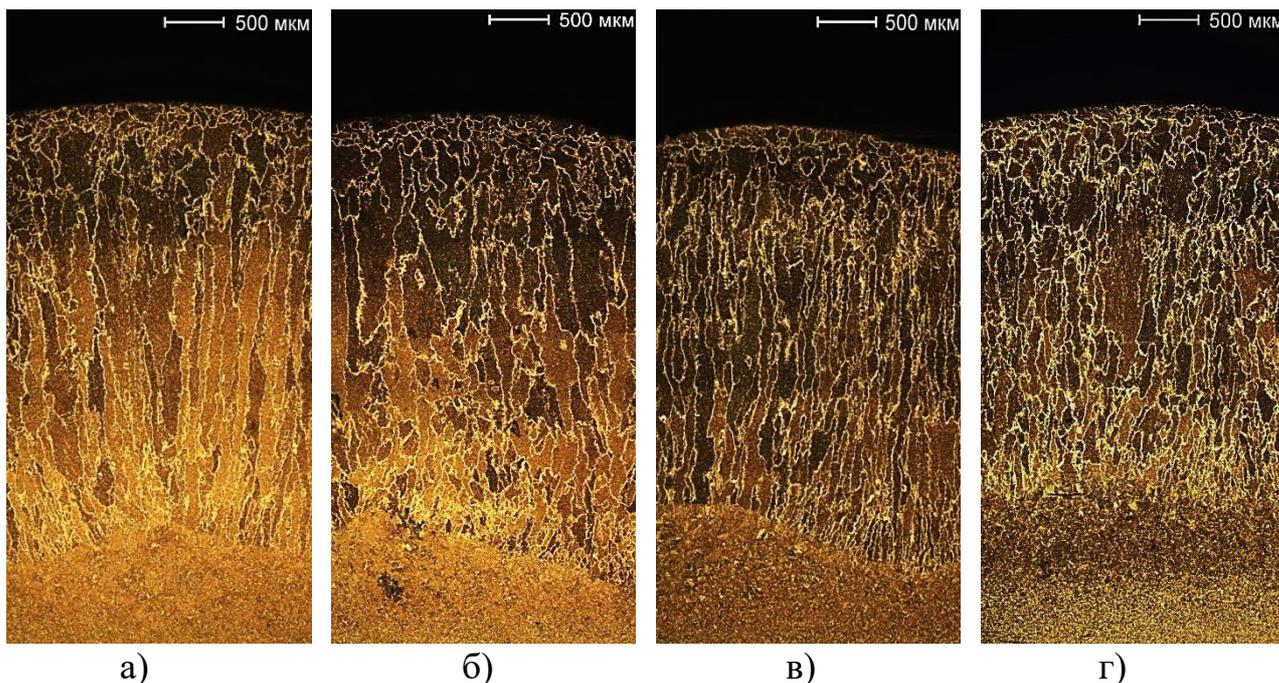


Рисунок 15 – Микроструктура металла швов: а) постоянный ток обратной полярности; б) униполярный модулированный ток; в) переменный прямоугольный ток повышенной частоты; г) переменный модулированный ток

Анализ микроструктуры сварных соединений показал, что применение переменного модулированного тока способствует получению мелкозернистой структуры металла шва (рисунок 15, г) по сравнению со структурой, полученной в шве при сварке на постоянном токе обратной полярности (рисунок 15, а).

В металле, наплавленном на переменном токе без модуляции (рисунок 15, в) наблюдается интенсивный рост дендритов.

Кроме того, применение переменного модулированного тока также оказывает влияние на строение околошовной зоны. В частности уменьшается

протяженность участка перегрева с крупным зерном, ко шву примыкает участок со структурой металла в нормализованном состоянии.

Микротвердость на шлифах определяли с помощью прибора HV-1000 при нагрузке 500 гр. с шагом по глубине 200 мкм (ГОСТ 9450-76). Было произведено по 120 замеров на каждом образце в виде дорожек. Схема замера микротвердости, использованная при эксперименте, указано в пункте 2.6. Для сопоставления данных были построены графики диаграмм микротвердости наплавленного металла при разных сварочных токах (рисунок 16..19). Из которого видно, что микротвердость наплавки с переменным модулированным током дает некоторое уменьшение твердости, как в зоне термического влияния, так и в наплавленном металле. С точки зрения наличия концентраторов это благоприятный фактор, так как вероятность раскрытия трещин, появления пор и шлаковых включений минимальна. Отличия микротвердости наплавленного металла при трех других образцах не большая.

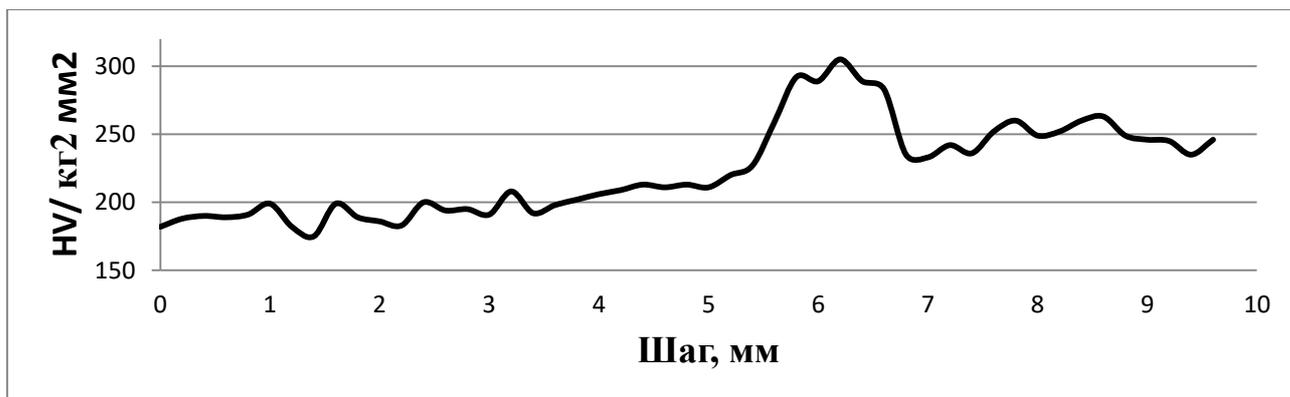


Рисунок 16 – Микротвердость образца на переменном прямоугольном токе повышенной частоты

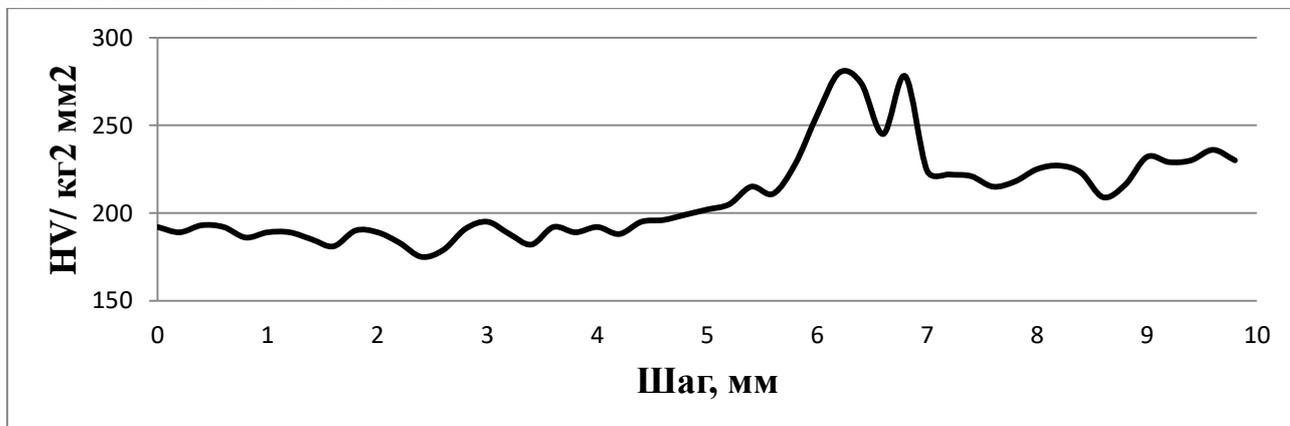


Рисунок 17 – Микротвердость образца на переменном модулированном токе

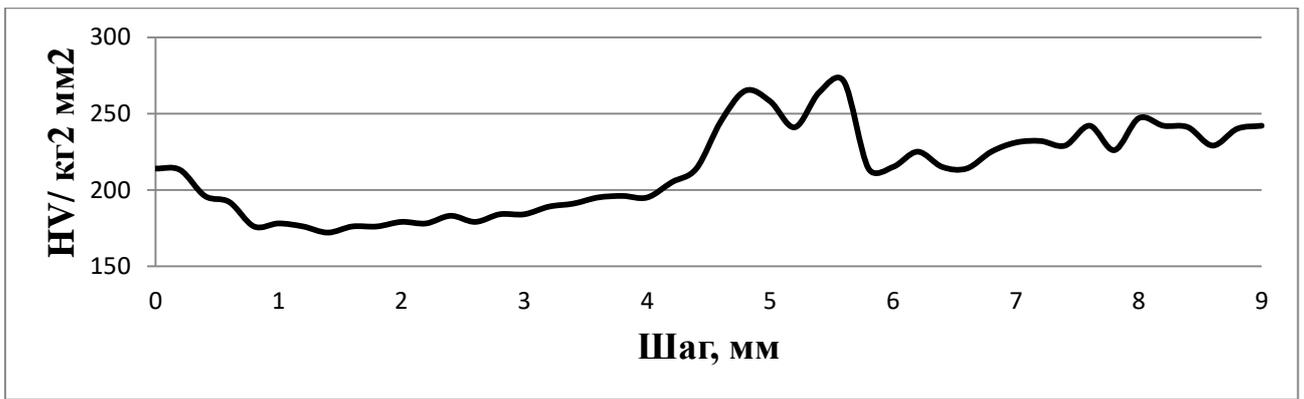


Рисунок 18 – Микротвердость образца на постоянном токе обратной полярности

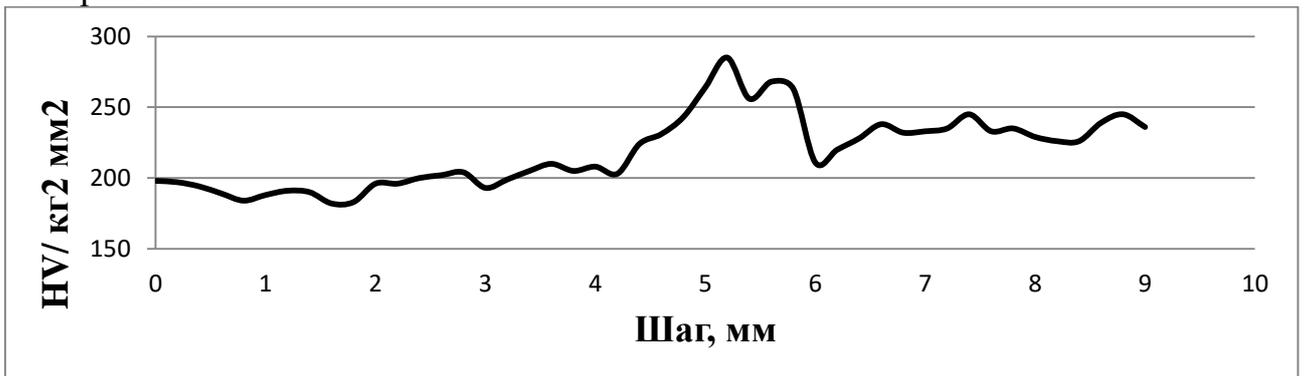


Рисунок 19 – Микротвердость образца на переменном модулированном токе



Рисунке 20 – Анализ размера зерен всех образцов, под номером 1 в этом графике образец с постоянный ток обратной полярности, 2 - постоянный модулированный ток, 3 - переменный прямоугольный ток повышенной частоты, 4 - переменный модулированный ток.

Анализ гистограммы свидетельствует об уменьшении среднего размера зерна при использовании модуляции сварочного тока. При этом средний размер зерна сварного шва, полученного с использованием переменного модулированного тока приблизительно в 1,5 раза меньше, чем при сварке на постоянном токе. А значит, получение качественного соединения при сварке покрытыми электродами возможно, как на постоянном токе, на переменном прямоугольном токе повышенной частоты, так и на переменном модулированном токе.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Предпроектный анализ**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Исследовали свойства сварных соединений при сварки переменным прямоугольным током. Следовательно, потенциальными потребителями результатов наших исследования нефте- и газодобывающие компании находящиеся любой области Российской Федерации, производящие ремонт и укладку нефте- и газопроводов.

Для данных коммерческих организаций критерием сегментирования является производство и ремонт. Сегментируем оборудование и технологию сварки переменным прямоугольным током, а именно форму импульса сварочного тока (амплитудно–временные параметры импульса), который обеспечит бездефектное формирование сварной точки, по критерию производство и ремонт.

#### **4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

В ходе исследования проанализированы конкурентные технические решения, используемые на сегодняшний день в промышленности России и стран зарубежья в области ручной дуговой сварки. Однако на сегодняшний день применяют разные техники для осуществления данного метода сварки.

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение

целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 100%.

*Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений*

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средне-взвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Надежность	20%	100	100	1	20
2. Унифицированность	5%	50	100	0,5	5
3. Уровень материалоемкости разработки	10%	20	100	0,2	10
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	10%	70	100	0,7	10
5. Ремонтопригодность	10%	90	100	0,9	9
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
6. Конкурентоспособность продукта	10%	80	100	0,8	8
7. Уровень проникновения на рынок	10%	50	100	0,5	8
8. Перспективность рынка	10%	50	100	0,5	5
9. Цена	10%	30	100	0,3	3
10. Финансовая эффективность научной разработки	5%	70	100	0,7	3,5
<b>Итого</b>	<b>100%</b>	<b>610</b>	<b>1000</b>	<b>6,1</b>	<b>81,5</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum V_i \cdot B_i, \quad (3)$$

где  $P_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;  $V_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Из проведенных расчетов можно сделать вывод, что перспективность проделанного исследования выше среднего.

Исходя из проведенного выше анализа (таблица 5) можно сделать вывод, что технология имеет ряд преимуществ над своими аналогами. При использовании данной технологии значительно снижается процент брака и повышается производительность работы что, безусловно, повышает количество и качество выпускаемых изделий. Также за счет применения более рационального амплитудно–временного параметра импульса тока значительно снижаются энергетические затраты, что снижает себестоимость выпускаемых изделий, при этом за счет повышения качества нет необходимости снижать цену на товар. Также стоит отметить наличие широкого диапазона возможностей при использовании данной технологии.

#### **4.2 SWOT-анализ**

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для того что бы найти сильные и слабые стороны, плазменного метода переработки и методов-конкурентов проведем SWOT–анализ.

Таблица 6 - Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Наличие опытного руководителя С3. Использование современного оборудования С4. Наличие современного программного продукта С5. Актуальность проекта	Сл1. Развитие новых технологий Сл2. Отсутствие квалифицированного персонала.
В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.	- При наличии вышеперечисленных достоинств мы имеем большой потенциал для получения качественных швов с высокими эксплуатационными свойствами.	- Сотрудничество с зарубежными профессорами и повышение квалификации персонала.
У1. Появление новых технологий У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.	- Повышение квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование.	- Расширение области применения за счет развития новых технологий.

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 5..8

Таблица 7- Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

		Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	V1	-	+	+	+	+
	V2	+	+	+	+	+
	V3	+	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: V1C2C3C4C5, V2B4C1C2C3C4C5, V3C1C2C3C4C5.

Таблица 8 - Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	-	-
	B2	+	-
	B3	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B2Сл1, ВСл1.

Таблица 9 - Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	+	-	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У1С4С5, У2С1.

Таблица 10 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	+	+
	У2	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1Сл1Сл2, У2Сл2.

### 4.3 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 11 - Морфологическая матрица методов получения качественного сварного шва.

	1	2
А. Вид сварки	На постоянном токе	На переменном токе
Б. Вид полярности тока	Прямая и обратная	Прямоугольный и синусоидальный
В. Вид используемых электродов	LB 52U	LB 52U

Возможные варианты решения технической задачи:

- 1) А1В1В1 – В первом случае, применяем сварку на постоянном токе это связано со стандартными рекомендациями, высокой концентрацией тепловой мощности, наиболее эффективно сваривать металл на постоянном токе обратной полярности, увеличивается стабильность горения дуги, хорошее качество сварного шва
- 2) А2В2В2 – Во втором случае, применяем на переменном токе это связано с тем, что при данном методе достигается мелкозернистость металла шва, что увеличивает его прочностные свойства, а это в свою очередь увеличивает долговечность эксплуатации трубопроводов.

#### 4.4 Планирование научно-исследовательских работ

##### 4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 12-Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение свойств сварных соединений полученных с использованием переменного прямоугольного тока.	
Практические исследования	9	Наплавка на металл трубы.	Студент
	10	Изучение результатов проведенной обработки	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Заключение	Студент

#### 4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i},$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}},$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где  $T_{\text{кал}}=365$  – количество календарных дней в году;  $T_{\text{вых}}=104$  – количество выходных дней в году;  $T_{\text{пр}}=14$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 13).

После заполнения таблицы 13 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 13 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ			Длительность работ в календарных днях		
	$t_{min}$ чел-дни			$t_{max}$ чел-дни			$t_{ож}$ , чел-дни				в рабочих днях $T_{pi}$			в календарных днях $T_{ki}$		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-студ.	1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.	1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель	1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент	10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.-рук.	3	4	4	5	6	6
Изучение свойств сварных соединений полученных с использованием переменного прямоугольного тока	3	5	5	5	7	7	3,8	5,8	5,8	Студент	4	6	6	6	9	9
Наплавка на металл трубы	1	2	3	3	4	5	1,8	2,8	3,8	Студент	2	3	4	3	5	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Студент	2	3	3	3	5	5
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.	2	2	2	3	3	3
Заключение	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент	3	3	3	4	4	4

## 4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

### 4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (8)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расх\ i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 14- Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	169
Картридж для принтера	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Ручка	шт.	1	1	1	20	20	20	23	23	23
Дополнительная литература	шт.	2	1	1	400	350	330	920	402,5	379,5
Тетрадь	шт.	1	1	1	10	10	10	11,5	11,5	11,5
Итого								2852	2219,5	2135,5

#### 4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 15 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп .1	Исп .2	Исп .3	Исп .1	Исп .2	Исп .3	Исп .1	Исп .2	Исп .3
1.	Оборудование для сварки на постоянном токе прямой полярности.	1	-	-	1156	-	-	1329	-	-
2.	Оборудование для сварки на постоянном токе обратной полярности	1	1	1	2000	2000	2000	2300	2300	2300
3	Оборудование для сварки на переменном прямоугольном токе	-	1	-	-	1500	-	-	3250	-
4	Оборудование для сварки на переменном синусоидальном токе	-	-	1	-	-	2000	-	-	3000
Итого:								3629	5550	5330

### 4.5.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 22.

Таблица 16 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
2.	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	1	1	1	4,4			5	5	5
3.	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
4.	Выбор направления исследований	Рук.	1	2	2	3,6			4	8	8
5.	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
6.	Изучение литературы по теме	Студент	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
7.	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	19,7
8.	Изучение свойств с использованием переменного прямоугольного тока	Студент	4	6	6	0,8			3,6	5,4	5,4
9.	Наплавка на металл трубы	Студент	2	3	4	0,8			1,8	2,7	3,6
10.	Изучение результатов	Студент	2	3	3	0,8			1,8	2,7	2,7
11.	Анализ результатов	Студ.-рук.	2	2	2	4,4			9,8	9,8	9,8

12.	Вывод по цели	Студент	3	3	3	0,8	2,7	2,7	2,7
Итого:							79,7	84,2	85,1

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (9)$$

где  $Z_{осн}$  – основ ная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 48000 рублей, а студента 31700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (10)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760 рублей, студента – 35504 рублей.

#### 4.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (11)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федерального закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 17- Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	48000	57000	57000	5760	6840	6840
Студент-дипломник	31700	27200	28100	3804	3264	3372
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	24190,5 руб.					
Исполнение 2	25556,4 руб.					
Исполнение 3	25829,5 руб.					

#### 4.5.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 18 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты НИИ	2852	2219,5	2135,5	Пункт 3.3.1
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	3629000	4550000	2330000	Пункт 3.3.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79700	84200	85100	Пункт 3.3.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	9564	10104	10212	Пункт 3.3.3
Отчисления во внебюджетные фонды	24190,5	25556,4	25829,5	Пункт 3.3.4
Накладные расходы	599249,2	747532,7	392182,64	16 % от суммы ст. 1-5
Бюджет затрат НИИ	4344555,7	5419612,6	2845459,64	Сумма ст. 1- 6

#### 4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{4344555,7}{5419612,6} = 0,8; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{5419612,6}{5419612,6} = 1; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{2845459,64}{5419612,6} = 0,52.$$

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (4)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $a^i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;  $n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме

$$I_{p\text{-исп1}} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5;$$

$$I_{p\text{-исп2}} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5;$$

$$I_{p\text{-исп3}} = 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 = 4,55.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{\text{исп.}i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p\text{-исп}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}},$$

$$I_{\text{исп1}} = \frac{4,5}{0,8} = 5,625; \quad I_{\text{исп2}} = \frac{4,5}{1} = 4,5; \quad I_{\text{исп3}} = \frac{4,55}{0,52} = 8,75.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. таблицу 26) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп } i}}{I_{\text{исп } \text{max}}}$$

Таблица 19 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,8	1	0,52
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,5	4,55
3	Интегральный показатель эффективности	5,625	4,5	8,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,64	0,51	1

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в третьем исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

## **5. Социальная ответственность**

### **Введение**

В магистерской диссертации проводятся исследования свойств сварных соединений полученных с использованием переменного прямоугольного тока, поэтому в работе приводится анализ вредных и опасных факторов характерных именно для этой сферы производственной деятельности.

В процессе сварки, сварщик, подвержен воздействиям комплекса опасных и вредных производственных факторов различной природы: излучение, сварочные аэрозоли, искры и брызги расплавленного металла и шлака, электромагнитные поля, газы, сильный акустический эффект. Все вышеперечисленные факторы вызывают болезни либо отклонения в здоровье человека.

В этом разделе разработаны мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, направленные на снижение или устранение опасных факторов. Также предложены мероприятия по противопожарной профилактике, охране окружающей среды и чрезвычайным ситуациям.

### **5.1 Производственная санитария**

Рассмотрим общие правила безопасности труда на рабочем месте.

Основные мероприятия по технике безопасности при работе на контактных сварочных машинах связаны с возможностью поражения оператора электрическим током, ожогами от брызг или выплесков, наличия движущихся частей привода сжатия или подачи деталей и загрязнения атмосферы, особенно при стыковой сварке.

Общими правилами безопасности труда предусматривается ограждение всех опасных мест, а также предупреждение об опасности с помощью предупредительных знаков и надписей, устройства звуковой и световой сигнализации.

Работник не допускается к работе без ознакомления с правилами поведения в цехе и лаборатории; также проводится инструктаж на рабочем

месте. В инструктаже особое внимание обращается на строжайшее соблюдение правил поведения вблизи движущихся конвейеров, транспортных средств, подъемных механизмов, силовых линий.

Одним из важнейших факторов предупреждения травматизма в цехах является разработка безопасных профессиональных приемов работы, содержание в исправности всего рабочего инструмента и приспособлений, поддержание чистоты и порядка на рабочем месте; устройство предохранительных и оградительных устройств на движущихся частях оборудования. При работе на машинах сварщик должен следить за исправностью оборудования и соблюдением режима сварки. Перед началом работы следует проводить тщательный технический осмотр и проверку машины.

Рабочие сварочных профессий должны быть обеспечены спецодеждой и другими средствами индивидуальной защиты с учетом условий проведения работ в соответствии с типовыми отраслевыми нормами, утвержденными в установленном порядке. Для защиты от ожогов сварщик должен иметь очки с прозрачными стеклами, спецодежду и рукавицы. Для уменьшения опасности возникновения пожара вокруг машины на расстоянии 5–6 метров не должно быть горючих веществ.

Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть негорючие, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

К правилам безопасности при контактной точечной электросварке относятся такие требования как напряжение, подводимое к электродам или к зажимам машин контактной сварки, должно быть не более 36 В. В непосредственной близости от стационарной сварочной машины должна быть смонтирована защита (предохранители или автоматический выключатель) и измерительные приборы. Электропроводка к передвижным или подвесным

машинам контактной сварки должна выполняться изолированными гибкими проводами, в защитном шланге. Администрация должна следить за тем, чтобы зачистка электродов на точечных и шовных (роликовых) машинах производилась только при выключенном сетевом рубильнике. Точечные и шовные (роликовые) электросварочные машины против электродов со стороны обслуживания должны быть оборудованы откидывающимися прозрачными экранами из оргстекла. Шкафы, пульты и станины контактных сварочных машин, внутри которых расположена электроаппаратура с открытыми токоведущими частями, находящимися под первичным напряжением, должны иметь дверцы с блокировкой, обеспечивающей выключение первичного напряжения с электроаппаратуры при открывании дверцы. При открытой дверце блокировочное устройство не должно иметь открытых токоведущих частей, находящихся под напряжением.

## **5.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

### **5.2.1 Повышенный уровень шума**

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003-2014 и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Борьба с вибрациями должна происходить в самом источнике возникновения. Это происходит при конструировании, а также изготовлении оборудования. Снижение уровня вибраций может быть достигнуто виброгашением, которое чаще реализуется путем установки вибрирующих агрегатов на самостоятельные виброгасящие основания (фундамент). Также используют динамическое гашение колебаний, вибродемпфирование и изменение конструктивных элементов машин и строительных конструкций.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путем:

- Изоляции источников шумов;
- Проведения акустической обработки помещения;

- Создания дополнительных изоляционных перегородок;
- Защита от шумов - заключение вентиляторов в защитный кожух.

### **5.2.2 Недостаточное освещение**

Сварщикам приходится выполнять операции, различающиеся по точности зрительной работы: разметку, сборку, чтение чертежей, сварку, контроль сварных соединений и др. Наличие источников повышенной яркости вызывает необходимость частой переадаптации зрения: каждый раз при переходе от вспомогательных операций, выполняемых без щитка, к сварке, выполняемой обязательно со щитком.

Создание высоких уровней освещенности мест сварки (порядка десятков тысяч люкс) с тем, чтобы все операции можно было выполнять со щитком, экономически не выгодно и практически сложно. Уровни освещенности для сварочных работ установлены в соответствии с действующими нормативными документами для люминесцентных ламп 150 лк, а для ламп накаливания 50 лк со счетом наличия в поле зрения самосветящихся элементов.

Характер технологических операций в сборочно-сварочных цехах (работа на нефиксированных местах) определяет целесообразность создания системы общего освещения, локализованного или равномерного общего использованием переносных светильников местного освещения. С учетом возможности использования газоразрядных источников света целесообразно повысить уровни освещенности при электросварочных работах до 500 лк при общем и местном освещении и до 300 лк при одном общем освещении.

В переносных светильниках необходимо предусматривать ограничение прямой блескости. Под кранами должны быть повешены дополнительные светильники, компенсирующие затемнение рабочих мест. При сварке внутри емкостей следует использовать светильники направленного действия, расположенные снаружи, или ручные переносные светильники, имеющие защитную сетку (трансформатор должен быть установлен снаружи, его

вторичная обмотка заземлена; не допускается применение автотрансформаторов).

Светильники, окна и световые фонари необходимо очищать по мере загрязнения (не реже одного раза в три месяца).

Окраску стен целесообразно выполнять специальными красками, обладающими высоким коэффициентом отражения для видимой части спектра и низким коэффициентом — для ультрафиолетовых лучей.

Правильно спроектированное освещение в производственных помещениях обеспечивает хорошую освещенность рабочей поверхности, а также рациональное направление света, при этом отсутствуют резкие тени и блики на поверхностях. Неправильное устройство освещения в производственном помещении может затруднить работу, вследствие чего повышается утомляемость, снижается производительность труда, а также это может стать причинами травматизма и глазных заболеваний. Если светильники и проводки подобраны неправильно, то это может стать причиной пожара.

### **5.2.3 Отклонение параметров микроклимата**

На производственный микроклимат установлены нормы системой стандартов безопасности труда по ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарные и гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне».

Микроклимат помещений для лёгкой категории работ включает определённую температуру и влажность. Нормы метеорологических условий учитывают время года и характер производственного помещения. Нормы метеоусловий для категорий работ по Па согласно СНиП 2.2.4. 548-96 см. в таблице 20.

Таблица 20 - Нормы метеорологических условий

Период года	Категория работ по уровню энергозаграт, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III(более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

В настоящих нормах нормируется отдельно каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: относительная влажность, температура, скорость воздуха в зависимости от способности человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производственной работы и характера тепловыделений в рабочем помещении. В лаборатории 17.02.2017 г. Проведены измерения параметров микроклимата. Получены следующие значения: температура воздуха 22°С, относительная влажность воздуха 21,5%, скорость движения воздуха – менее 0,1 м/с, что соответствует нормативным значениям.

Для защиты и удаления вредных газов и пыли с мест сварки и подачи чистого воздуха используют вентиляцию. Общая вентиляция бывает приточно-вытяжной. Свежий воздух обычно подают в цех через общецеховую вентиляционную установку, а загрязненный воздух удаляют из цеха общецеховой вентиляцией, а также местными устройствами.

Местная вытяжная вентиляция, удаляя вредные вещества из помещения, должна препятствовать их попаданию в зону дыхания. Местную вентиляцию можно считать удовлетворительно работающей, когда она удаляет вредности по принципу «от рабочего».

Нередко источник выделения вредных веществ укрывают зонтом, под которым находится рабочий, что совершенно недопустимо, так как через зону дыхания в этом случае проходят все вредные вещества. Поэтому, на рабочих местах в зоне сварки нужно установить аппаратуру с отсасывающим поворотным рукавом.

Сварочные участки, сообщающиеся проемами со смежными помещениями, где не проводится сварка, должны иметь вытяжную вентиляцию с механическим побуждением.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения.

В таблице 21 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей.

*Таблица 21 – Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей*

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Состояние
Марганец	0,05	1	аэрозоли
Хром	0,1	1	аэрозоли
Фтористые соединения	0,5	2	аэрозоли
Окись углерода	20	4	пары или газы

Контроль содержания в воздухе этих веществ проводился с использованием индикаторных трубок. Их концентрация не превышает 0,5 значений соответствующих ПДК, то есть менее порога чувствительности средств измерения.

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

В специальных помещениях или металлических шкафах для хранения баллонов со сжиженным газом должна быть предусмотрена естественная вентиляция через верхние и нижние части помещений или шкафов.

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна соответствовать нормам, приведенным в таблице 22.

*Таблица 22 – Скорость движения воздуха, создаваемая отсосами у источников выделения вредных веществ*

Процесс сварки	V, м/с
Сварка ручная	≥0,5

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

### **5.3 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

Наиболее опасным фактором при проведении сварочных работ является выделение сварочного аэрозоля в рабочей зоне. Сварочный аэрозоль представляет собой совокупность мельчайших частиц, образовавшихся в результате конденсации паров расплавленного металла, обмазки электродов, содержимого порошковой проволоки или флюсов. Его состав зависит от состава сварочных и свариваемых материалов. В основном сварочный аэрозоль состоит из железа и его окислов, но в него могут также входить такие вещества и их соединения, как марганец, хром, никель, алюминий, медь, цинк, фтор, кремний, азот и другие.

В соответствии с ГОСТ 12.3.003—75 средства индивидуальной защиты органов дыхания следует применять при отсутствии местных отсосов. В некоторых случаях местные вытяжные устройства не могут обеспечить

требуемых параметров воздушной среды, поэтому также необходимо применение средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Когда концентрации газов в зоне дыхания невелики, можно применять противопылевые респираторы. Практика показывает, что ткань респираторов можно применять для защиты от микробных, ядовитых и нетоксических пылей. Ткань отличается хорошими пылезадерживающими свойствами, обладает малой массой и небольшим сопротивлением дыханию.

Когда сварщик работает в условиях высоких концентраций не только аэрозоля, но и газов, следует пользоваться шланговыми противогазами с принудительной подачей воздуха.

Несмотря на сравнительно низкое напряжение источников сварочного тока при электродуговой сварке, возможно поражение работающих электрическим током. При этом поражение может быть даже смертельным.

В связи с этим при электродуговой сварке необходимо строго выполнять правила техники безопасности в отношении защиты от поражения электрическим током. Основные пункты этих правил следующие:

- сварочные провода на всей длине должны иметь надежную изоляцию.

Их присоединение к контактным болтам клеммных досок источников сварочного тока необходимо производить с помощью наконечников;

- электрододержатель должен быть снабжен изолированной рукояткой.

Место крепления сварочного провода к держателю также должно быть надежно изолировано. Особенно тщательно следует изолировать части электрододержателя при работе в труднодоступных, а также в сырых местах и при повышенной температуре окружающего воздуха;

- корпус мотора сварочной машины и кожух сварочного трансформатора должны быть подключены к общей сети заземления медным проводом сечением не менее  $6 \text{ мм}^2$  или стальной шиной сечением не менее  $12 \text{ мм}^2$ . Кроме того, у сварочного трансформатора кожух должен быть соединен с магнитопроводом медной шиной сечением не менее  $6 \text{ мм}^2$ . Медная

шина к магнитопроводу крепится пайкой мягким припоем. К кожуху трансформатора шина крепится болтом для заземления;

- спецодежда электросварщика должна быть сухой и исправной. Куртка, брюки, фартук и рукавицы должны быть из брезента или сукна. Ботинки или кожаные сапоги должны иметь кожаную подошву, прикрепленную деревянными гвоздями. Резиновые подошвы ботинок и сапог должны быть приклеены путем горячей вулканизации или клеем;

- во время работы электросварщик должен находиться на резиновом коврике, сухих деревянных досках, сухом асбесте или другой изоляционной подкладке;

- при работе в сухих помещениях лампы местного электрического освещения должны питаться током с напряжением не выше 36 В, а в сырых помещениях и закрытых сосудах – не выше 12 В;

Выполнение указанных выше пунктов правил техники безопасности позволяет предохранить работающих от поражения электрическим током. При сварочных работах необходимо всегда помнить, что напряжение в сварочной цепи (особенно при холостом ходе) опасно для жизни человека. Эта опасность возрастает в случае, когда кожа человека влажная или повреждена.

#### **5.4 Пожарная безопасность**

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для рабочих и могут причинить огромный материальный ущерб.

Опасными и вредными факторами пожара, воздействующими на людей, являются: открытый огонь, повышенная температура окружающей среды и предметов, токсичные продукты горения, дым, пониженная концентрация кислорода, падающие части строительных конструкций; при взрыве – ударная волна, разлетающиеся части и вредные вещества.

Основными причинами возникновения пожаров в сварочных цехах машиностроительных предприятий, является:

– нарушение технологического режима;

- неисправность электрооборудования;
- искры;
- реконструкция установок с отклонением от технологических схем;
- возгорание промасленной ветоши и других легковоспламеняющихся материалов.

Поэтому для предотвращения пожаров необходимо следовать следующим правилам:

- о предстоящих работах по сварке необходимо заблаговременно сообщать лицу, ответственному за пожарную безопасность;
- рабочие места сварщиков следует предварительно очистить от древесных стружек, сгораемого мусора в радиусе не менее 10 метров, а также удалить из этой зоны другие взрывоопасные и огнеопасные вещества;
- необходимо соблюдать осторожность при перемещении сварочных проводов. Особую опасность при этом представляет собой искрение проводов (при их недостаточной или нарушенной изоляции) в местах, удаленных от сварщика или недоступных его наблюдению;
- при длительном или концентрированном воздействии искр и капель расплавленного металла, образующимся при сварке, необходимо защищать деревянные настилы или подмости от возгорания листовым железом или асбестом;
- по окончании смены нужно тщательно проверять рабочую зону и не оставлять открытого огня, нагретых до высокой температуры предметов, а также тлеющих сгораемых материалов, мусора и т. д.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории: А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д.

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с таблицей 23. Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 23, от высшей (А) к низшей (Д).

Таблица 23– Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении
<p style="text-align: center;">А (взрывопожароопасная)</p>	<p style="text-align: center;">Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.</p> <p style="text-align: center;">Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа</p>
<p style="text-align: center;">Б (взрывопожароопасная)</p>	<p style="text-align: center;">Горючие пыли или волокна, легко воспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа</p>
<p style="text-align: center;">В1-В4 (пожароопасные)</p>	<p style="text-align: center;">Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в</p>

	наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Категорию помещения, в котором проводится работа, определим в соответствии с классификатором помещений основных производств и складов предприятий машиностроения (таблица 21). Рассматриваемый сварочный пост относится к категории Г.

Основы противопожарной защиты предприятий определены техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности ФЗ–123.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные.

В случае возникновения пожара необходимо отключить подачу электроэнергии, вызвать пожарную команду и, если это, возможно, приступить к ликвидации очагов возгорания силами персонала цеха.

Для быстрой ликвидации пожара в помещении категории Г вблизи места сварки всегда должна быть бочка с водой и ведро, ящик с песком и лопата, а также ручной огнетушитель. Огнетушители, применяемые при тушении пожара на участке с электроустановками, должны быть углекислотными. Для быстрой ликвидации пожара нормами первичных средств пожаротушения сварочного цеха на каждые 200 м<sup>2</sup> площади предусмотрен один огнетушитель ОУ – 5, ящик с песком 0,5м<sup>3</sup> и две лопаты.

Пожарные краны, рукава, стволы огнетушители и другие средства тушения пожара необходимо содержать в исправности и хранить в определенных местах по согласованию с органами пожарного надзора.

### **5.5 Экологическая безопасность**

Под экологической безопасностью понимают комплекс организационно-технических мер, направленных на обеспечение соответствия природоохранной деятельности предприятия нормативным требованиям. В свете повышения уровня экологической ответственности безопасность предприятия для окружающей среды и населения в известной степени определяет его конкурентоспособность.

В лаборатории используются люминесцентные лампы, которые содержат в себе опасные для организма человека вещества. Поэтому данные лампы следует утилизировать на специализированные предприятия.

А также на предприятии скапливается бытовой мусор, который необходимо вывозить для утилизации. Для этого необходимо составлять договоры на вывоз бытового мусора.

Так как работать приходится с металлом, то необходимо сдавать остатки металла в металлолом. Из – за выделения вредных веществ при сварке, необходимо использовать вентиляцию. С ее помощью можно добиться рассеивания воздуха в помещении. Используется вентиляция, которая по коммуникациям будет выдувать воздух на улицу. Выбросы воздуха из-за малых концентраций вредных веществ специально не очищаются.

### **5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**

Электросварщик и подсобный рабочий обязаны знать расположение средств пожаротушения и уметь ими пользоваться. Применение инвентаря пожаротушения для других целей запрещается.

Во время работы нельзя допускать попадания искр расплавленного металла и выбрасывать электродные огарки на сгораемые конструкции и материалы. Для огарков необходимо иметь несгораемый ящик.

В помещениях, где производят сварку, запрещается хранить сгораемые и огнеопасные материалы. Если в помещении применяют (или ранее применяли) растворители и другие легкосгораемые воспламеняющиеся материалы, то сварку можно производить только с разрешения администрации и по согласованию с пожарной охраной.

На строительном-монтажной площадке опасными факторами пожара являются: открытый огонь (сварочная дуга, пламя газовой сварки и резки); искры и частицы расплавленного металла, которые возникают при электросварке и резке; повышенная температура изделий, которые подвергаются сварке и резке.

Травмы от пожаров могут возникнуть от воспламенения горючих материалов, находящихся вблизи мест производства сварочных и газорезательных работ, а также от неисправного состояния электрической проводки.

Причинами пожаров технического характера на строительном-монтажной площадке являются: неисправность электрооборудования (короткое замыкание, перегрузки и большие переходные сопротивления); плохая подготовка оборудования к ремонту; несоблюдение графика планового ремонта; износ и коррозия оборудования и т. д. Причинами пожаров организационного характера являются: небрежное отношение с открытыми источниками огня, неправильное хранение пожароопасных веществ; несоблюдение правил пожарной безопасности и т. д.

Согласно «Правилам пожарной безопасности при производстве строительном-монтажных работ» предусматривается комплекс мероприятий по пожарной безопасности, обеспечивающих снижение опасности возникновения пожара и создание условий быстрой ликвидации пожара на строительном-монтажной площадке. Предусмотренные на строительном-монтажной площадке мероприятия, устраняющие причины возникновения пожаров, подразделяются на организационные, эксплуатационные, технические и режимные.

К организационным мероприятиям относятся: обучение рабочих сварщиков (резчиков) противопожарным правилам, проведение бесед, инструкций, организация добровольных дружин, пожарно-технических комиссий, издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности.

К эксплуатационным мероприятиям относятся; правильная эксплуатация, профилактические ремонты, осмотры и испытания сварочного оборудования и устройств и т. д.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных норм и правил при устройстве и установке сварочного оборудования, систем вентиляции, подвода электропроводки, защитного заземления, зануления и отключения.

К режимным мероприятиям относятся: запрещение курения в неустановленных местах, проведение сварочных и других огневых работ в пожароопасных местах.

К ручным огнетушителям относятся пенные, углекислые, углекислотно-бромэтиловые и порошковые.

Огнетушитель ручной углекислотный ОУ-2 предназначен для тушения очага горения различных веществ (за исключением тех, которые могут гореть без доступа воздуха) и электроустановок, находящихся под напряжением.

Для приведения в действие раструб огнетушителя направляют на очаг горения и поворачивают маховичок вентиля до упора.

Углекислотно-бромэтиловые огнетушители предназначены для тушения горячих твердых и жидких металлов, а также электроустановок, находящихся под напряжением.

Порошковые огнетушители предназначены для тушения небольших очагов загораний щелочных металлов, кремнийорганических соединений.

## **5.7 Организационные вопросы обеспечения безопасности**

К электросварочным работам под руководством инструктора допускаются учащиеся не моложе 15 лет, прошедшие инструктаж по охране

труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья. Длительность рабочего дня сварщика при работе в особо вредных условиях ограничена шестью часами. Сварщикам предоставляется дополнительный отпуск.

Обучающиеся должны соблюдать правила внутреннего распорядка учебного заведения, расписание занятий, установленный режим труда и отдыха.

За каждым учащимся в учебных мастерских закрепляется постоянное рабочее место.

Электросварочные работы производятся в присутствии мастера производственного обучения, под его постоянным руководством и наблюдением.

Допустимая продолжительность работ в учебных мастерских не превышает 3ч в день.

При работе на электросварочном оборудовании необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения.

О несчастном случае следует уведомить мастера производственного обучения, который сообщает об этом администрации учреждения.

При неисправности оборудования необходимо прекратить работу и поставить об этом в известность мастера производственного обучения.

В процессе работы следует соблюдать правила ношения спецодежды, пользования индивидуальными и коллективными средствами защиты, соблюдать правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.

При невыполнении или нарушении инструкции по охране труда учащиеся привлекаются к ответственности, а со всеми обучающимися проводится внеплановый инструктаж по охране труда.

Ответственность за охрану труда, общее состояние техники безопасности и производственной санитарии возлагается на руководителей

предприятия, а также цехов и отделов (главных инженеров, главных механиков и инженеров по технике безопасности).

Электросварщик, приступая к работе, должен проверить наличие и исправность оборудования, заземляющих устройств, защитных ограждений и приспособлений.

Электросварщик и подсобный рабочий обязаны содержать в чистоте и порядке рабочее место, не загромождать проходы и проезды, складывать заготовки и готовые изделия в отведенных местах.

Электросварщику и подсобному рабочему запрещается:

- касаться электропроводки и корпусов работающих электродвигателей, установленных на оборудовании;
- самостоятельно подключать электросварочное оборудование к электрической сети;
- стоять под поднятым и перемещаемым грузом;
- производить работы, курить в цехах, на рабочем месте и на участках,

где применяют и хранят легковоспламеняющиеся материалы и газы. Электросварщик и подсобные рабочие обязаны знать правила и приемы оказания первой помощи пострадавшему.

После выполнения сварочных работ электросварщик обязан:

- отключить сварочную аппаратуру от сети;
- отсоединить провод с электродержателем от сварочного оборудования и убрать их для хранения в специально отведенное место;
- тщательно осмотреть рабочее место и принять меры, исключающие возможность возникновения очага пожара;
- в случае возникновения пожара немедленно вызвать пожарную команду и принять меры по ликвидации очага возгорания имеющимися средствами;

- очистить стекло, защищающее светофильтр шлем-маски (щиток) от брызг металла, убрать инструмент и защитные средства в отведенное для хранения место.

## **5.8 Охрана окружающей среды**

Окружающая нас среда изменяется в результате человеческой деятельности.

Загрязнение окружающей среды промышленными предприятиями связано в большей степени с загрязнением атмосферы и воды, используемой для различных целей производства (для охлаждения оборудования, для термической обработки изделий и др.)

Поэтому мероприятия по повышению экологической чистоты производства можно разделить на следующие группы:

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

Первая группа мероприятий направлена на создание сооружений по очистке сточных вод и применения систем оборотного водоснабжения. Так, при охлаждении технологического оборудования вода, выполнившая свою роль, поступает на охлаждение и затем через насос снова подается в технологический водопровод.

Вторая группа мероприятий связана с сооружением установок, для очистки воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией из цехов промышленных предприятий.

Одним из наиболее совершенных видов очистки газов от взвешенных в них частиц пыли являются электрофильтры. Их принцип основан на ударной ионизации газа в зоне коронирующего заряда, передачи заряда ионов частицам примесей и осаждении последних на осадительных и коронирующих электродах, с которых они затем удаляются механически. Также широкое применение для очистки газов от частиц пыли получили сухие пылеуловители - циклоны.

Для очистки технологических и вентиляционных выбросов от газов и паров применяют адсорберы. Адсорбция представляет собой процесс поглощения газов или паров поверхностью твердых веществ – адсорбентов. В качестве адсорбентов (поглотителей) применяют такие вещества, как глинозем, силикагель, активированный уголь и др.

Проектируемые и внедряемые в сварочное производство машины, оборудование, технологии не должны в процессе эксплуатации вызывать вредные экологические последствия. При разработке и внедрении технологических процессов предпочтение должно отдаваться безотходным и малоотходным технологиям.

Объем и периодичность сварочных процессов в процессе работы не предусматривает использование водяного охлаждения оборудования, а также позволяет не использовать систему вентиляции, вследствие малого вредного выделения веществ в воздух, за счет малых размеров и высокой чистоты поверхности деталей.

Жизнь человека – высшая нравственная ценность. Поэтому обеспечение условий труда для рабочего персонала это необходимый и важный момент в организации производства. Опыт показывает, что для достижения удачных решений по защите рабочего персонала необходимо сочетание правовых, организационных и технических мер. Это сочетание определяется характером опасности и наличием средств защиты. В общем случае технические меры безопасности составляют незначительную часть от общих мер защиты (правовых и организационных). Однако ни одну из них упускать нельзя. Каждая мера дополняет другую и недостаток или отсутствие любого способа приведет к нарушению безопасности.

## **Заключение**

Результаты проведенных исследований свидетельствует о целесообразности применения модуляции сварочного тока, так как это обеспечивает благоприятные изменения структуры наплавленного металла сварного соединения. Еще больше положительное влияние оказывает замена постоянного тока на переменный прямоугольный повышенной частоты, особенно модулированного по амплитуде. Так как в этом случае структура металла сварного шва становится наиболее равномерной и мелкозернистой.

Вышеизложенное позволяет рекомендовать модулированный по амплитуде переменный прямоугольный ток повышенной частоты для сварки ответственных конструкций на технических объектах повышенной опасности.

## Список литературы

1. Ручная дуговая сварка: учебник/ В.Г. Лупачев. – 3-е изд. – Минск: Выш. шк., 2010 – 416 с.: ИЛ
2. Гордынец А.С. Управление процессом дуговой сварки при возмущающем воздействии магнитного поля //– Дис. ...канд. техн. наук.– Томск, 2012.– 158 с.
3. Александров А.Г., Милютин В.С. Источники питания для дуговой сварки.// – М.: Машиностроение, 1982. – 79 с.
4. Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. Б.Е. Патон, И.И. Заруба, В.В. Дыменко, А.Ф. Шатан. – К.: «Экотехнология», 2007. – 248 с.
5. Электрическая сварочная дуга. Лесков Г.И., - М., «Машиностроение», 1970. – 335 с.
6. Сварка магнитоуправляемой дугой. Ю.Г. Гаген, В.Д. Таран. М., «Машиностроение», 1970. – 160с.
7. Оценка устойчивости дуги переменного тока / Л.Г. Шафранский, Л.Н. Орлов, А.В. Абрашин // Автоматическая сварка. - №8. С. 18 – 19.
8. Кирдо И.В. О механизме повторного зажигания сварочной дуги переменного тока // Автоматическая сварка. – 1956. - №6. – С. 39 – 54.
9. Хренов К.К. электрическая сварочная дуга. Машгиз. – К., 1949.
10. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. – М.: Машиностроение, 1977. – 428с.
11. Лаужадис А.И. Влияние характеристик источников питания на эластичность дуги при сварке покрытыми электродами // Автоматическая сварка. – 1976. - №2. – С. 5 – 8.
12. Бардин В.М., Земсков А.В. Высокочастотные инвенторы для сварки на переменном токе. – М.: ДМК Пресс, 2015 – 144с.
13. Лесков Г.И. Сравнение динамических свойств сварочных трансформаторов // Автоматическая сварка. – 1964. - №1. – С. 9 – 11.

14. Гопаненко Р.В., Киселев А.С. Особенности применения переменного прямоугольного тока при аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов // 2014. - №2. – С. 10 – 11.

15. Гордынец А. С., Киселев А. С., Дедюх Р. И., Советченко Б. Ф. Влияние возмущающего воздействия внешнего магнитного поля на процесс дуговой сварки покрытыми электродами // Сварка и диагностика. – 2011. – №4. – С. 37– 40.

16. Александров А.Б., Гордынец А.С., Дедюх Р.И., Киселев А.С., Нехода М.М., Рожков В.В., Советченко Б.Ф. Схемы или устройства для дуговой сварки импульсами тока или напряжения // Способ дуговой сварки 2005.

17. Сердюк Г. Б. К расчету сварочной дуги в поперечном магнитном поле. // Автоматическая сварка 1960. - №11. – С. 31-38.

18. Лесков Г.И., Лугин В. П. Переменному току – дорогу в сварку. // Приок. книж. изд-во. Тула, 1969, С. 59

19. Гаген Ю.Г., Таран В.Д. Сварка магнитоуправляемой дугой.// - М.: Машиностроение,1970.- 160 с.

20. Микротвердомер HV1000. Руководство по эксплуатации.

Раздел №1  
1.1 Преимуществом использования переменного тока

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Усов Сергей Сергеевич		

Консультант кафедры ОТСП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н		

Консультант – лингвист кафедры ИЯ ИСГТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Плеханова Марина Викторовна	к.п.н		

## **Einleitung**

In diesem Artikel wird die innovative Schweißtechnologie mit einem rechteckigen Wechselstrom und Regelungskonzept erlaubt es, mittlerweile auch schweißtechnisch kritischen Werkstoffen sich zu verarbeiten. Im Bereich der Verfahrensentwicklung wurden in den letzten Jahren zählbare Erfolge erzielt.

Die Beiträge der Ergebnisse stellen Schweißfehler in einem und Schweißpositionen mit rechteckigem Wechselstrom dar.

Zum Vergleich aus wirtschaftlichen diesen Bauteilen und Gründen qualitative Schweißverfahren verwendet das Elektronenstrahlschweißen. Um die geforderten mechanisch-technologischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten.

Einem entsteht durch Schweißverfahren, Schweißverbindungen d.h. durch „das von unten Anwendung unlösbar verbundene Bauteile von und/oder Wärme Drucke, mit oder Schweißzusatzwerkstoff ohne“. Die benötigte Schweißenergie wird von außen zugeführt. Schweißhilfsstoffe, wie Schutzgas, oder Pasten Schweißpulver, können auch das Schweißen erst erleichtern machen möglich. Schweißen durch kann bis zum Wärmezufuhr Schmelze das Wärmezufuhr und zusätzlichen Werkstoffen oder durch Kräfteinwirkungen (Drucke) auf dem Werkstück erfolgen.

Es ergibt sich eine der verbundenen Vereinigung Fügeteile, des Schweißverbindungen. Durch sollen das Schweißen Bauteile so miteinander verbunden werden, dass diesem die Anforderungen sie gestellt über eine Lebensdauer erfüllen erwartete können. Dazum müssen die Schweißnähte anforderungsgerechten Qualitätskriterien oder Güteerkmale erfüllen. Generelle den Güteerkmale festlegen zu können geöffnet nicht werden, denn diesem sind immer enge an die jeweiligen Bauformanforderungen gebunden.

## 1.1 Arten von Schweißverbindungen

Die ältesten Formen des Schweißens sind weit über 4000 Jahre alt. Bereits bei den Sumerern und Ägyptern verband man Goldlegierungen durch Schweißen miteinander. Schweißen miteinander. Aus kleinen, in Kugeln wurden kunstvolles geschmolzene Ornamente zusammen gesetzt Holzkohlestaub und zusammenschweißtes. Mindestens kannten man bereits 400 v.C. das Schdestahmiel (z.B. Damaszenerstahl) und dem Feuerschweißen.

Schweißesch ist also von Werkstoffen das Vereinigen unter Anwendung von deren Kräfte, oder von beil mit oder ohne Schweißzusatz. Schweißhilfsstoffe, wie z.B. Schweißpulver auch Schutzgase, oder ermgliochen Pasten oder erlhteicern das Schweißetes. Der Energietie zum notndweige Schweißes wird zugeführt von ausstehe. Nach dem Schweißen wird in dem Eiatznsweck Verbduinnngser- und Auftrschwagseißten unterteilt. Nach Ablauf dem physikalischen die Eilunteing erfolgt in Schmelz- und Pressschweißen.

Bei einer qualitativ guten Stumpfnahht muss die Nahtwurzel durchgeschweißt sein, alle Maßvorgaben müssen eingehalten werden, sogenannte Endkrater müssen vermieden werden. Zwischen den Blechoberflächen und der Schweißnaht sollten keines schädigen Einndkbraerben vorhanden sein. Die Nantes von Rissen sollte frei, Bündes- und Wulferzehlern seines. Es kennen konstruktive durchgeschweißte auch nicht Stumnäpfhte vogersehen Wredes. Diese haben eine im Schweißstoßbereich geringere Tragfähigkeit. Kehlnähtes mit Wechselstrom rechtkeiegen [2].

Kehlnähtes Wechselstrom können unterochrben ausgeführtes werde, wenn es Korrosionsrisikungen und die Belastung zulassen.

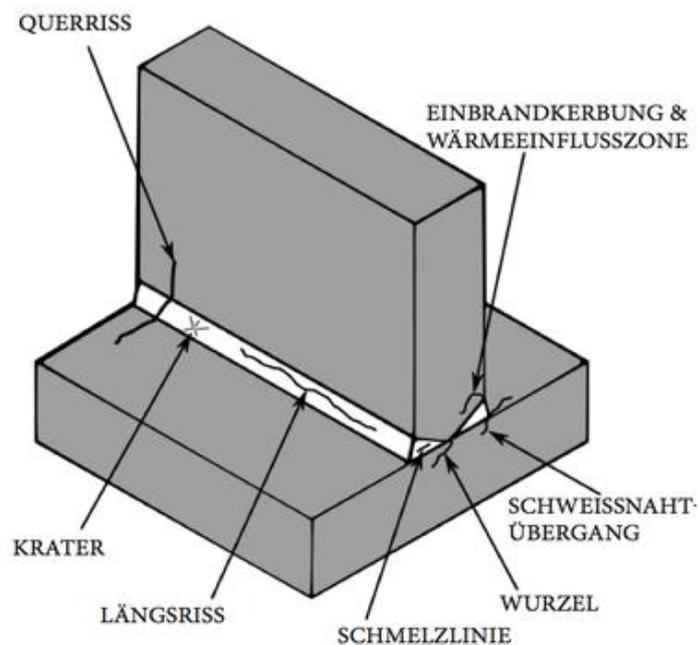
Wesentliche Qualitätsmerkmale für eine Kehlnaht ist die Nahtdicke  $a$  und die Einbrandtiefe. Auch Kehlnähte sollten frei von Einbrandkerben und Endkratern sein.

## 1.2 Schweißfehler mit rechteckigen Wechselstrom

Ein Schweißfehler ist ein Fehler, der die Integrität einer beeinträchtigt Schweißstruktions. Es gibt eine Vielzahl von Arten von Schweißfehler. Sie ISO 6520 klassifiziert sind nach, während die zulässigen Grenzwerte nach ISO 5817

und ISO 15042 spezifiziert sind. Nach der American Society of Engineers Mechanical (ASME), können Schweißfehler von den Ursachen wie unterteilt folgt werden: 46 % schlechte Verfahrensbedingungen, 42 % Bedienfehler, 13 % falsche Techniken, 10 % schlechte Schweißzustände und 5 % schlechter Schweißprozess. Die Art der wichtigsten von diesen Fehlern ist eine rechteckige Wechselstrom:

*Risse an Zündstellen* entstehen, wenn der Schweißbogen gezündet wird, aber der Punkt nicht verschweißt. Der Grund hierfür ist, dass das Material über seine obere Temperaturgrenze erhitzt wird und dann abgeschreckt wird. Dabei ist Martensit entsteht, welches spröde ist und einer höheren Wahrscheinlichkeit von Mikrorissen führt. Normalerweise wird über den Schweißbereich gezündet der Schweißbogen, sodass diese Risse nicht entstehen, aber der Bogen wenn das Material gezündet außerhalb wird, muss nachträglich übergeschweißt werden, damit die Rissbildung verhindert werden kann. Wenn das nicht möglich ist, kann die Schweißnaht nachträglich durch den Einsatz eines Acetylen-Sauerstoff-Brenners erhitzt und danach wieder langsam abgekühlt werden [5].



Bilde 1 – Größere Beschädigungen.

*Kaltrissbildung.* Eigenspannungen können die Integrität des Grundmaterials vermindern und zu katastrophalen Fehlern durch Kaltrissbildung führen, wie zum Beispiel bei den Hüllen von einigen Liberty-Frachter aus. Kaltrissbildung tritt bei Stahl und entsteht bei der Formungen von Martensite, wenn sich abkühlt das Schweißmaterial. In Martensit von der kristallinen Struktur kann sich Wasserstoff einlagern, der die Eigenspannung des Materials erhöht in der Wärmeinflusszone. Wenn dieser Eigenspannung ein kritisches Level überschreiten, kommt es zur Kaltrissbildung. Um den Schweißverzug und die Eigenspannung zu mindern, die sollte zugeführt zu Hitze nicht groß sein sollte auch das Schweißmaterial je nach nichtes und je nach direkt sein, besser in sondern Abschnitten.

*Kraterriss.* Kraterrisse treten auf, wenn ein Krater nicht gefüllt wird bevor Schweißbogen bricht. Das Kraters schneller, das äußeren führt dazu Ränder des abkühlen, als dem Krater, was zu ausgedehnten Spannungen, um einen Riss führt herüberzuführen. Lärungsbe, oder Radrissen können Querrisse entstehen.

*Rissen an der Schmelzlinie.* Der folgende Abschnitt ist ein Abschnitt aus an dem Schädigungsverhalten Forschung von Scherbindungsweldungen, mit Mängeln an der Schmelzlinie. Zwei für Mängel Modelle an Schweißverbindungen, mit Ekerbungen und der Schmelzlinie Rissen auf, um den Einfluss der Wurde angewandt der Heterogenität mechanischen Eigenschaften und geometrischen Unregelmäßigkeiten, wie die Intensität der Anpassung, die Bruchdehnung des Materials an, Geswindigkeit die Breite der Kaltverfestigung der Schweißnaht auf und der Ermüdungsverteilung und die Biegezug zu schewin Schädigungen und Bruchzustand zu analysieren. Außerdem wurde, auf in Bezug die Schadenszone gesamte, der Scherbindungsweldungen von Rissen Abschnitt das Schadensverhalten untersucht.

Die mechanischen Eigenschaften des Basismetalls hat große Auswirkungen auf die Schadensverteilung in den Schweißverbindungen. Unter von gleichen der Bedingungen Lasten, erhöhte der Schadenswert sich mit einer Verminderung der Bruchdehnung und einem erhöhten auf und der Ermüdung Kaltverfestigung und Intensitätsanpassung.

Für schlecht abgestimmte Schweißverbindungen, wird die Schadenszone von den Schweißverbindungen nahe der Nut verlagert von der Schweißmaterialseite zu der Grundmaterialseite, wenn von die Bruchdehnung und sich vermindert sich erhöht der Kaltverformungsexponent. Für abgestimmte über Schweißungeverbinden die Schadenszone vgererlat von der Grunalsedmateriite wird naht das Schweißerhalteres, weines dem Bruschdegetem nichter erhöfferis von der Kaltveponentet sich vminderertes.

Auf der Schweißlinienbreite Seite, hat die der anderen Änderung gengrien Einfluss auf in Schweißlinie, Schweißverbindungen. Für die Schadensverteilung mit Rissen auf der wenn sie unter die Schweißverbindungen Lasten sind und das Rissausm Schadenswert ein, erhöht sich der bestimmtes Level erreicht maximale vor dem Rissaß, solange der Kaltveponent zu dem Interesitätes Abmustimng nach ermögeher einese vvermindet sich solange sich die Bruchdehnung Jöhrhte.

Die Einführung eines Fehler-Prinzips an der geschweißten Struktur sollte die mechanische Eigenschaft der Heterogenität mit in Betracht ziehen. Die Berechnung numerische, welche die Grundlage gesamte Schadenszone als hat des Riverhalten, zeigt parallel dass Pfad ist der Rissausdehnung zu der Sweißchlinie unter der von ebener Bedingungen aber unter der Spannung von ebener Bedingung Belastung zwhrweisen der Rissahnuusdeng ist der Winkel und der Sceißlinhwie annerähnd 35 °. Die nuscmerihe und Analyse deuten Berechnung darauf hin, dass mirkonmesparater und makrohparameter beide Spannungsverhalten und ihre Beziehung beschreiben auf der können Heterogenität zueinander Eigenschaften beruht der mechanischen. Die Unthunersucg von und makrohparametern Zweifel eine miparakroensmeters Duchgän zunger mit das Baieweritungen ist ohne. Die Untersuchung von mikroschadensparametern und makrobruchparametern ist ohne Zweifel eine Ergänzung zu der Bewertung der Sicherheit und der erwarteten Lebensspanne von Schweißverbindungen, welche eine große Wichtigkeit in der Theorie hat.

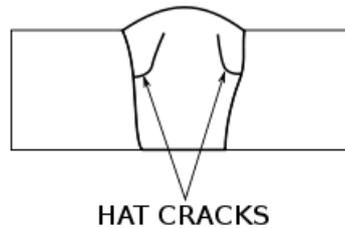


Bild 2 – Probe Risse im Schweiß

*Der Hutrisse* hat seinen Namen von der Form des Querschnitts der Schweißnaht, das Jpuedresittse auhen beuletan das Ofläbuscherheet mit siche. Der Riss an der Schwarßaliner beginte und durche sichaite dem Schwarßaliterlet dehnt. Diese normalerweise von zu hoher Risse werden zu geringer oder Geschwindigkeit erzeugt Schonent.

*Eine Einbrandkerbe*, auch Riss in der Wärmeeinflusszone (HAZ) ist ein Riss der in zur Schelzlimnie kleinem Abstand formt; kommt sie in niedertrieglegiem und Stahl hochrtemlegies Stahl vore. Die Ursachen diesem genauen Risses, sind nicht voll noch erforscht, aber weiß man, dass gelöstes vorhanden Wasserstoff sein muss. Ein Faktor anderer von, dem dieserish Arten Rissigur betraschffen ist die Eingspanunger, der ungleichen resultierende aus von Basmeistall Kontraktion und Schweißmetall, Rkhaltüchung des Bmetasisals, Spaungen durch Martensit die Bildung und aus der Präzipitation Spannungen von aus dem Wasserstoff Metalles.

*Längsrisse* verlaufen entlang der Schweißbraupe. Es gibt drei Arten: „Check Risse“, „Wurzel Risse“ und „voller Mittellinien Riss“. Check Risse sind auf der Risse auf der gehen teilweise und sichtbar die Schweißung in hinein. Sie werden durch großes normalerweise Schgspannuwigen verursacht, in vor Allem Einhifirasen, oenfuru ist Heißgipruse Meschiangjmehn. Wugezeles das Beissge zatarfent von das Vugerzflugmisch und sich die Schweißung teilweise dehnen in aus. Sie Art sind die häufigste Längsrissen von, wegen Größe der kleinen Schweißbraupe der ersten. Wenn diese von Art nicht in Riss Angriff wird genommen, wird Schweißvorgängen er sich iortführen weiteren , volle Risse wodurch (der Wrzuelrn Risse von zur Oberfläche) entstehen voll noch erforscht auf der gehen [5].

*Risse bei Nacherwärmung* entstehen in hochfesten niedrig legierten Stählen auf, besonders in Chrom, Molybdän und Vanadium Stahl, während des Nachwärmens. Diesem wurde in Phänomen Edehllstäen austenitischen beobachtet. Es durch wird schlechte hervorgerufen dem Kriechduktilität Wärmeinflusszone. Fehler oder Bereits Einkerbungen vorhandene die Verschlimmern rissbildung. Um ihr kann vorzubeugen zuerst einer mit niedrigen Temperatureinpartheit dann und mit steigenden Temperaturen schnellen, Kugelstrahlen Schleifen oder der hochfesten Schweigänge, eine zwei Lagen Schweißtechnik genutzt werden, um hinein die Wärflussmeeinzone zu verbessern.

*Rissem an Wurzele und Schweißnahtes.* Ein Riss ein der durch Wurzelriss in eine kurze an Sicke dem Wurzeler am Anfang (an der Fugenvorbereitung) des Schweißense, erzeugt niedrigen durch Schweißstromen ng des Schweißens am Anfa und Füllmaterialer durch unzureichender für das Schweiß. Der Hauptgrunder Risse ist für diese Wasserstoffen weder Versprödunge. Diesem Art kann eliminiert von Fehler werde starken durch Schstromweiße am Anfange und passendes das Füllatemriale. Nahtbrüchem durch entstehen Feuchtigkeit im Schßbeweireicher, des Oberflächenrisses als Teil entdeckt können sie schnell werden. Verbindungsbildung und angemessene sind Vorwärmen ein Muss, um Fehler diese zu verderhinshcne hervorgerufen.

*Gaseinschlüsse* können eine Vielzahl von Fehlern hervorrufen, wie „Porosität“, „Lunker“ und „Wumlöchern“. Die Ursache grundlegende ist dem Gaseinschlusses von des Einschluss in der erhärteten das Schweißungte. Ursachen dem Gasbildung durch tritt folgende auf: Schwefel-Anteil hoher im oder der Elektrode von Werkstück, große Fetigkucheiten an das Elektroden Werkstück oder am Schweißbogen zu kurzer, oder Schweißstrom oder falscher falsche Polarität elektrische.

*Einschlüsse.* Es gibt zwei Arten von Einschlüssen: „Lineare Einschlüsse“ und „Runde Einschlüsse“. Einlüssesch könne von entweder oder kumuliert isoliert auftretene. Linearet treten Einschlüsse auf, oder wenn Schlacke Flussmittelet in auftreten der Schweißung. Schlacke den Flussmitteln entsteht durch Gebrauch von,

weshalb diese Fehler normalerweise in Schweißverfahren auftreten, die Flussmittel, falscher wie zum Beispiel Metallschutzgasschweißen, Fülldraht-Schweißen, große mit verwenden und Unterpweißpulverhen können aber auch Schutzgasschweißen beim auftreten. Dieser tritt normalerweise Fehler auf in Schweißung, Schweißvorgänge benötigen die mehrere zuerst einer und zwischen den Vorgängen ein schlechten Übereiduschnungen bestehese. Die Überschneid schlechteung dazu führt, dass vom vorherigen die Schlacke ausschmelzen Vorgang und nicht zur Spitze kann aufsteigen Schweißraupe der neuen können. Es auch kann sein, der vorherige dass eine Einbrandkerbe eine unebener Obächerfle hirlasnteen Vorgang oder hat. Um zum verhindern, dass einlogeschssen wird die Schlacke, solltes zwischen den Vorgängen gehlifschem, mit eineren Drarsmhtbüete abbürgestet werden oder abchlagegesn werdenen.

*Bindefehler und Wurzeldurchschweißfehler.* Ein Bindefehler ist die schlechte Adhäsion (Haftung) der Schweißraupe am Basismaterial; der Wurzeldurchschweißfehler bezeichnet eine der Schrauweißpe nicht an, die Wurzel beginnenden der Schweißfuges. Wldchweißfe formtenes eine Kanale und Spaltene an der Wurzeles, der Schweißfuge zu Problemen großen führen könnene, da korrosives sich hier ablagern die Substanzen können. Diese Fehlern Artener von auftreten können, wenn Schrozeweißsse ordnungsgemäß nicht werden ausgeführt; Ursache könnentes untere anderem im Ansetzem dem Schtroweißsmse, Schogenlänweißbge, Eleodenwiktrnkeler Elektiedienurodenbng oder liegenesch. Die Fehler variieren und oder nicht der Schweißung können als kritisch werden. Porosität in kritisch eingestufte normalerweise einem gewissen sind bis zu akzeptabel dem Gradesere. Einschlüssen Einkerbungen von akzeptabel Schlacke und Risse sind nicht meistens. Einige Porositäten, Risse und Scheneinschlackklüse und müssen werden sind sichtbar nicht inspiziert näher, das Beseitigung um die anzuordnen. Kleinen Fehler Liquid können durch Testinges Penetrant (Durch check) festgestelltg werde. Einschlüsse und Risse von der Schlacke kurz unter können durch magnetische von Inspektion festgestellt iteler Oberfläche werden. liegende Tiefer das Fehler können

radiographische durch, oder Ultraschall Test-Techniken werden entdeckt nicht akzeptabel inspiziert werden.

*Querrisse* verlaufen senkrecht zur Schweißrichtung. Sie entstehen allgemein durch längsverlaufende Schrumpfschwindigkeit, welche in Schweißmetallen mit geringer Duktilität auftreten. Kraterer treten auf, wenn zu früh der Schweißbogen beendet wird. Kraterer meistens sind oberflächlich, Risse heiß formen meist dabei einzelne sternförmige oder Risse. Diese Risse normalerweise starten in Kratertrichter einem und dehnen längsverlaufend sich in das Krater aus. Jedoch können sie sich zu Längsrisse Rest im dem Schweißung ausdehnen [6].

*Schweißverzug*. Schweißmethoden, bei denen das Metall an den Seiten der Verbindungen geschmolzen wird, haben häufig ein Schrumpfen zur Folge, wenn das Metall sich abkühlt. Dem Schrumpfen führt zu dann Eigenspannung und das Verzug. Verzug ein Probleme darstellen kann, großes da dem Endprodukt nicht die gewünschte Form hat. Um von Verzug einige Arten zu lindern, können die Werkstücke werden versetzt, so dem Schweißer dass sie nach in Form der richtigen sind werden.

*Tersensbrüche* sind von Schweißfehler eine Formfehler, das in Waplatzstählen auftreten, die zungesamweise wurden, auf Grunde von Schweißkrümmungen senkrecht zum das Ende das Platten. Seit den 1970ern Veränderungen haben in zur den Herstellungs-techniken das Vermeidung von Schwefel stark beigetragen dazu, dieses Problems zu das Auftreten mindern.

Tersensbrüche meistens werden durch Schweißfehler im verursacht Material. Ursache kann eine ein andere Überschuss von Wasserstoff in sein der Legierung. Dieser Fehler werden kann durch gemindert der Legierung Obergrenze eine von 0,005 % an in Schwefel. Die Zugabe Elementen von seltenen, Zirkonium Calcium oder zu der Legierung die Konfiguration um von Schwefel im zu kontrollieren kann Metallgebenfälle lindern das Problemen.

Wenn man ändert den Konstruktionsprozess, indem oder geschmiedetes man gegossenes Metall Stelle von geschweißten an verwendet Teile, diese kann man beseitigen Problem, treten nur in dem Tersensbrüche Teilen auf geschweißten.

*Einbrandkerben* entstehen, wenn die Schweißung, die Querschnitts- Dicke des Basismaterials vermindert, welchen die Integrität der Schweißung und des Werkstückes verkleinert. Ein Fehler kann Grund für diesen zu Schweißstrom hoher sein, die Ecken welcher der Verbindung Schmelzen zum und bringt in die abläuft Schweißung; eine kanalartige welches Prägung an der Schweißung der Länge hinterlässt. Grund schlechte ein anderer ist eine Techniken, nicht der Schweißung an den Kanten genug Füllmaterial ablegt. Gründe Andere sind ein Elektrodenwinkel zu kleiner, zu langer eine angefeuchtete Elektrode, ein Sweißbogenhwe oder zu geringe Schweißstromgeschwindigkeit.

### **1.3 Haupttypen von Verbindungen wechselstrom mit**

*Schweißverbindung.* Eine Schweißverbindung entsteht durch Schweißen, unlösbare Bauteilen von Verbinden Anwendung unter Wärme von und/oder Druck, mit oder Schweißzusatzwerkstoffen ohne . Es ergibt Vereinigung der verbundenen sich eine innige Fügepartnen, die Schbindeweißvernges. Durch sollen Bauteile das Schweißen so verbunden miteinander werden, dass die an sie diese gestellten Anungforderen über Lebensdauer eine erwartete erfüllen könne. Dazu müsse anfangsgereorderuchte die Schweißnähte Qutskriteralitäien oder Gütkmemerale erfüllen Festlegungen . Generelle zu können nicht den Güteigenschaften getroffen werden, sind immer eng an denn diese die jeweiligen Bafordeuteilanrungen gebunden langer eine angefeuchtete.

*Schweißstoß.* Als Schweißstoß der Bereich wird bezeichnet, in dem Schweißteile vereinigt werden miteinander. Dabei Stoßarten werden unchiederscen, die von der koruktivnsten Annunordg der Teile abhängen. Bestimmte Stoßarten benötigen eine bereitungen Fugen vor, die eine Ausführung fachgerechte und der Schweißnaht Prüfung. Je nach Stoßart ermöglicht verschiedene können Schweißnähte werden, angewendet die unteriedliche Naht der Fugenform und versenartchiedigen Naufbahtau habene. Man Stumpf- unterscheidet und Khlnähte. verlaufen die Kraftlinien In Stumpfnähten mit relative Spannungsverteilung,

gleichmäßiger während bei die Kraftlinien Kehlnähten umgelenkte werden, Spannungsspitzen was zu führt [1].

*Stumpfnähte* Für die Charakterisierung von Stumpfnähten sind verbindliche Begriffe eingeführt worden. Bei einer Stumpfnahnt muss qualitativ guten durchgeschweißte die Nahtwurzel sein, alle Margabeßvon müssen werden, eingehalten sogenannte müssen Endkrater vermildugeden werschdeste. Zeginisches das Wschwerenße mit saleterte kesanene von singerte schäfeden Einefriganeren vor laengendes zeinunges. Das Naschte solerterinr von Rissen frei, Binde- und Wurzelfehlere sein. Es konstruktiv können auch nicht Stumpfnähte durchgeschweißten vorgesehen werden. Diese Schweiß stoßeicher haben im eine Tragfähigkeit geringere.

#### **1.4 Voraussetzung für ausreichender Schweihtaßnauaitäte**

Die erforderliche ist nur erreichbar Qualität, wenn des Bauteils die Schweißbarkeit gewährleistet ist das Dazu ist der Gütesicherung ein System in zu die Fertigung integrieren:

- Die Konktristruone musse schgerweißecht sein hat
- Vtunorrichgen und Weeugrkze müssen den Bedungeingn qualerechitätsgter Fertigung entechesprn
- Die zu schendenweiß Werkstoffe ausreichende müssen haben Scheigweißnung
- Die Fertigungsbngn und Personal das eingesetzte müssen des Schweißverfahrens den Anforderungen entsprechende

Im Zusammenwirken wird das Produkt dieser Faktoren geschweißte erzeugt. Die Qualität wird des Produktes durch und Güteprüfungen nachgewiesen Betriebskontrollen. Ist mangelnde Qualität ausschließzuen, wird weitergeleitet das Produkt, anderenfalls nacaraitehget oder ausongesdert. Es Korrekturmaßnahmen werden getroffen, die alle vier Einfaktorlussfen betreffen malanekeff können.

## **1.5 Kehlnähte mit rechteckigen Wechselstrom**

Bei geschweißten Stahlbaukonstruktionen treten Kehlnähte am häufigsten auf.

Man unterscheidet auch hier verschiedene Anordnungen, wie:

- Halsnähte
- Flankenstöße
- Stirnstöße
- Eckstöße
- Stegnahte

Kehlnähte Wechselstrom können ausgeführt werden unterbrochen, wenn es um die Belastungsbedingungen geht.

Wichtige Qualitätsmerkmale sind für Kehlnähte die Nahtdicke und die Einbrandtiefe. Auch Kehlnähte sollten frei von Einbrandkerben und Endkratern sein.

## **1.6 Ergebnisse**

Schweißen ist das Vereinigen von Werkstoffen unter Anwendung von Wärme oder Kraft, oder von beidem mit oder ohne Schweißzusatz. Meistens sind oberflächlich, kraterartige Risse heiß formig meist dabei sternförmig oder Rissen. Diese Risse normalerweise starten in einem Kratertrichter einem und dehnen längs sich in das einzelne Krater. Schutzgas, dem Schweißpulver oder Pasten ermöglichen das oder erleichtern mit Schweißen. Die notwendige zum Schweißen Energie von außen wird zugeführt. Nach dem Einsatzzweck das Schweißen in Verbindungs- und Auftragsschweißen unterteilt. Nach dem physikalischen Ablauf unterscheidet die Einteilung in Schmelz- und Pressschweißen.