

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

Школа ИШНКБ

Направление подготовки Машиностроение 15.03.01

Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Сравнительный анализ эффективности применения импульсных технологий дуговой сварки плавящимся электродом

УДК 621.791.754.01:621.374-047.44

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Фролов Владимир Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Киселев А.С.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Машиностроение 15.03.01	Хайдарова А.А.	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

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

Школа ИШНКБ
 Направление подготовки Машиностроение 15.03.01
 Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Хайдарова А.А.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Фролов В.А.

Тема работы:

Сравнительный анализ эффективности применения импульсных технологий дуговой сварки плавящимся электродом	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе: <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Сравнительный анализ эффективности применения импульсных технологий дуговой сварки плавящимся электродом</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов: <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Литературный обзор; 2. Определение эффективности технологий импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом; 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения; 4. Социальная ответственность; 5. Заключение</p>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Название темы, цель, задачи 2. Временные диаграммы изменения тока и напряжения 3. Осциллограммы тока и напряжения 4. Менеджмент и социальная ответственность 5. Выводы по работе
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
1-2	Киселев А.С.
3	Николаенко В.С.
4	Мезенцева И.Л.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	
-	
-	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев А.С.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Фролов Владимир Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Фролов Владимир Александрович

Школа	Неразрушающего контроля и безопасности (ИШНКБ)	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01-Машиностроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Фролов В.А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Фролов Владимир Александрович

Школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 – машиностроение.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Сравнительный анализ эффективности применения импульсных технологий дуговой сварки плавящимся электродом.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p style="text-align: center;">1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p>	<p>1. Повышенный уровень шума и вибраций на рабочем месте; 2. Повышенная температура или влажность воздуха помещения; 3. Недостаточная освещённость рабочей зоны; 4. Наличие открытых токопроводящих элементов, находящихся под напряжением; 5. Повышенная температура поверхностей оборудования; 6. Электрический ток; 7. Разбрызгивание металла.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p>Воздействие на окружающую среду сводится к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Пожар является возможной причиной чрезвычайной ситуации. Одной из причин возникновения пожара является короткое замыкание, а также наличие разбрызгивания расплавленного металла при проведении сварочных работ.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>1. Правовые нормы трудового законодательства; 2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Фролов В.А.		

Реферат

Даная выпускная квалификационная работа содержит 62 страницы, 5 рисунков, 12 таблиц и 23 источника.

Ключевые слова: импульсно-дуговая сварка, плавящийся электрод, модуляция тока, перенос электродного металла, стабильность процесса сварки, разбрызгивание электродного металла, управляемый перенос металла.

Объектом исследования является технологии механизированной импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом.

Цель работы – сравнение стабильности процесса механизированной дуговой сварки покрытыми электродами.

В процессе проведения аналитических исследований определяли положительные и отрицательные стороны процесса сварки и стабильность процесса сварки модулированным током.

В результате сравнительного анализа был получен результат, подтверждающий необходимость дальнейших исследований импульсно-дуговых процессов сварки.

Область применения: проведение дальнейших исследований на кафедре оборудования и технологии сварочного производства.

Экономическая эффективность работы: повышение производительности выполнения сварочных работ.

В будущем планируется продолжение экспериментальных исследований по данной тематике.

Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;
- Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;
- ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности;
- СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы;
- СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение;
- ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
- ГОСТ 12.1.019-70 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
- ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в ЧС. Основные положения;
- Трудовой кодекс, № 197-ФЗ/ Ст. 184 ТК РФ. Гарантии и компенсации при несчастном случае на производстве и профессиональные заболевания;

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

- STT - от англ. Surface Tension Transfer;
- CMT - от англ. Cold Metal Transfer;
- MIG – metal inert gas;
- MAG – metal active gas;
- I_u - амплитуда импульса тока;
- $I_{кз}$ - ток короткого замыкания;
- $I_{св}$ - сварочный ток;
- $t_{и}$ – длительность импульса;
- $t_{п}$ – длительность паузы;

- $t_{п1}$ – длительность паузы в протекании сварочного тока к моменту разрыва переключки;
- $t_{п2}$ – длительность горения дуги в паузе;
- $T_{ц}$ – длительность цикла;
- F – частота импульсов;
- $I_б$ – величина базового тока;
- Q – скважность импульсов тока;

Оглавление

Введение.....	11
1. Теоретический обзор.....	13
1.1 Сущность импульсно-дуговых методов сварки.....	13
1.2 Перенос металла.....	15
1.2.1 Особенности управления переносом электродного металла в среде углекислого газа «длинной дугой»	15
1.2.2 Управление переносом электродного металла при сварке в среде углекислого газа «короткой дугой»	17
1.3 Алгоритмы управления источником сварочного тока	20
1.4 Материалы используемые при сварке.....	23
1.5 Импульсная подача проволоки.....	26
2. Аналитическая часть.....	29
2.1 Анализ эффективности импульсных технологий сварочного процесса ...	29
Заключение	37
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	39
3.1 Предпроектный анализ	39
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	39
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	40
3.1.3 SWOT анализ.....	43
3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	45
3.1.5. Методы коммерциализации результатов научного-технического исследования	47
4. Социальная ответственность	49
4.1 Производственная безопасность.....	49
4.1.1 Отклонение показателей микроклимата.....	50
4.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте	51
4.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	52

4.1.4 Электрический ток.....	52
4.1.5. Загрязняющие вещества в воздухе рабочей зоны	53
4.2 Экологическая безопасность.....	54
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	55
4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	56
Список используемой литературы:	60

Введение

В большинстве технологических процессах электрическая дуга находит свое широкое применение в качестве эффективного способа соединения на атомном уровне металлов. Для повышения эффективности которой проводят разного рода исследования и разработки в научных центрах и институтах. Качество сварных соединений напрямую зависит от способности гибко манипулировать её тепловыми и энергетическими характеристиками путем изменения мгновенных значений силы тока и напряжения [1].

На сегодняшний момент сложно решать нетрадиционными способами постоянно усложняющиеся технологические задачи, такие как: позволить регулировать в широком диапазоне глубину проплавления металла; возможность производить сварку в различных пространственных положениях; соединять разнородные металлы и сплавы; уменьшить разбрызгивание электродного металла; повысить стабильность горения дуги. В связи с этим технологические требования постоянно увеличивается, что в последствии несет в себе потребность решать данного рода задачи.

Решения традиционными методами сварки уже не являются актуальными и больше не предоставляют возможность эффективно влиять на сварочные процессы. Поэтому этого требуется разработать более эффективные способы применения сварочной дуги, которые, в свою очередь, поднимут технологическую эффективность.

Сварочные процессы являются важной частью большинства производственных процессов, как в машиностроении, так и в строительстве, космической промышленности, авто-судостроительном производстве, трубопроводном транспорте. Дуговые процессы сварки плавящимся электродом в среде защитных газов занимают одно из первых мест промышленности ведущих и высокоразвитых стран. Этот способ является высокопроизводительным, который обеспечивает высочайший уровень качества сварных соединений. Один способ из достаточного количества

выделяется по особому это импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом, которая применяется для сварки углеродистых конструкционных сталей, алюминиевых сплавов, медных сплавов. Однако, можно отметить использование импульсно-дуговые методы сварки в современных комбинированиях двухдуговых технологиях и в гибридных лазерно-дуговых процессах [1].

Целью данной работы является сравнительный анализ импульсных технологий дуговой сварки плавящимся электродом. Для этого следует проанализировать особенности протекания сварочного процесса, технологические и технические разработки позволяющие улучшить процесс сварки, алгоритмы управления источником питания, также выявить в сравнении положительные и отрицательные стороны импульсно-дуговой сварки.

1. Теоретический обзор

1.1 Сущность импульсно-дуговых методов сварки

Импульсно-дуговой сваркой плавящимся электродом называют процесс программного управления плавлением и переносом металла путем изменения тока в виде импульсов значительной мощности [1].

Используя импульсно-дуговые сварочные технологии значительно расширяются технологические возможности дуговой сварки. Вся сущность использования импульсной дуги заключается в концентрации теплового и солового воздействий на электродный и основной металлы для регулирования электрических и тепловых характеристик процесса сварки [1].

Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом является распространенным механизированным способом сварки с программным управлением. Программное обеспечение изменяет основные энергетические параметры режимов управления плавлением и переносом электродного металла. Также позволяет управлять кристаллизацией сварочной ванны и термическим циклом. Для достижения качественного переноса электродного металла используют диапазон от 30 до 150 Гц, а для качественной кристаллизации от 0,25 до 25 Гц. Такой процесс обычно называют сваркой пульсирующей дугой, или модулированным током [1].

Существуют два основных метода переноса электродного металла при импульсно-дуговой сварке плавящимся электродом: «длинной дугой» и «короткой дугой». Сварка при помощи «длинной дуги» осуществляется без замыкания дугового промежутка, в отличие от «короткой дуги», где перенос электродного металла осуществляется во время коротких замыканий дугового промежутка [1].

Суть импульсно-дуговой сварки короткой дугой заключается в обеспечении квазистабильности процесса сварки с короткими замыканиями на стадии каплеобразования и достигается идентичными условиями плавления и переноса электродного металла в сварочную ванну [1].

Процесс импульсно-дуговой сварки предполагает периодическое изменение энергетического состояния системы «источника питания – сварочная дуга» между высоким, т.е. импульсом, и низким, т.е. паузой, уровнями. В периоды импульсов тока расплавляется основная часть электродного и свариваемого металлов, в последующие периоды паузы происходит кристаллизация большей части сварочной ванны [1].

Среди импульсно-дуговых процессов различают сварку модулированным током. Модуляция тока достигается путем изменения сопротивления сварочной цепи с помощью включаемой в нее последовательно приставки-регулятора, которая работает по принципу импульсно-регулируемого сопротивления. Замкнутое состояние регулятора соответствует протеканию в сварочной цепи максимального тока импульса, разомкнутое – обеспечивает ток паузы. Ток паузы определяется омическим сопротивлением балластного резистора. При данном способе модуляции отмечается достаточно высокая скорость настраивания сварочного тока и его спада. Это обуславливает высокие динамические свойства системы питания и благоприятно сказывается на стабильности процесса [1].

В другом случае модуляция тока осуществляется варьированием магнитного потока, создаваемого обмоткой возбуждения сварочного генератора. Для этого изменяют ток, протекающий через обмотку возбуждения с частотой, равной требуемой частоте модуляции сварочного тока. При этом ток в сварочной цепи экспоненциально возрастает и уменьшается с соответствующей частотой [1].

В обоих случаях достигается периодичность плавления и кристаллизации металла, что благоприятно сказывается на свойствах сварного соединения и наплавляемого металла, а так же значительно упрощается техника формирования сварных соединений во всех пространственных положениях.

1.2 Перенос металла

Как плавление так и перенос электродного металла является важнейшей частью дуговой сварки, которая определяет стабильность протекания процесса и формирования шва. Самым благоприятным процессом является мелкокапельный направленный перенос металла, достигаемый при сварочном токе, превышающий критические значения. Однако, процесс сварки протекает при токе меньше критического значения, поэтому необходим такой принцип регулирования сварочного тока, который обеспечивал бы одновременно раздельное и независимое управление плавлением и переносом электродного металла и способствовал бы удержания сварочной ванны в различных пространственных положениях [1,7].

1.2.1 Особенности управления переносом электродного металла в среде углекислого газа «длинной дугой»

Явной особенностью импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом является управляемый перенос электродного металла. На данный момент известно две разновидности управления переноса электродного металла при сварке «длинной дугой». Первый – импульс тока обеспечивает перенос одной капли электродного металла. Второй – при каждом импульсе тока от электрода отделяется и переносится в сварочную ванну несколько капель [1]. Данный процесс называется импульсно-дуговой сваркой с прерывисто струйным переносом металла. При прерывисто-струйном переносе электродного металла в среде защитного газа током обратной полярности длительности импульсов тока выбираются значительно большими [1].

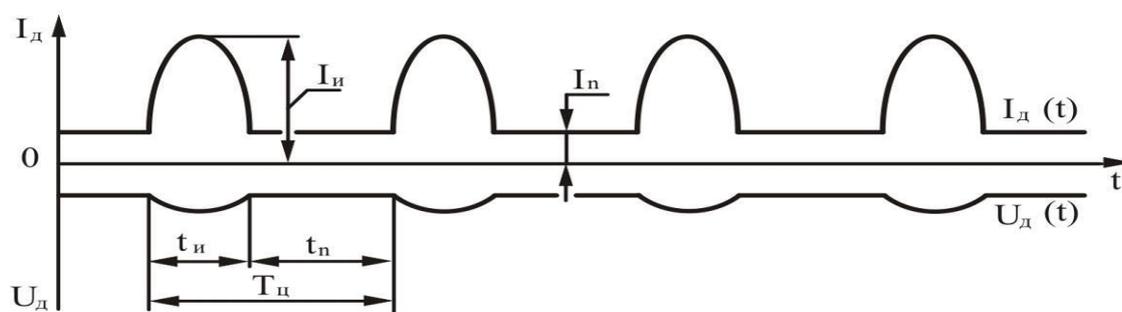


Рис. 1. Временная диаграмма тока и напряжения дуги при импульсно-дуговой сварке плавящимся электродом «длинной» дугой.

Основными параметрами импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом «длинной дугой» являются: амплитуда импульса тока (I_u); длительности: импульса тока (t_u), паузы тока (t_n), цикла ($T_u = t_u + t_n$); частоты импульсов ($f = 1/T_u$); величина базового тока (I_0); скважность импульсов тока ($Q = T_u/t_u$) [1].

Сущность импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом «длинной дугой» заключается в наложении мощных кратковременных импульсов тока на сварочную дугу порядка меньшей мощности, что позволяет резко увеличить электродинамические силы, которые, в свою очередь, формируют жидкий металл на торце электрода в виде капли и сбрасывают эту каплю прямо в сварочную ванну находясь в любом положении в пространстве [1]. Такой эффект дает возможность переносить металл электрода мелкими каплями, осуществляемый за счет увеличения сварочного тока при.

На основании исследований можно сделать вывод, что для стабильного протекания процесса и возможности одновременного регулирования процессов в электроде и изделии необходимо стабилизировать общее количество энергии идущее на расплавление каждой капли [9].

Возможность реализовать такой процесс заключается в импульсном питании сварочной дуги. Вся энергия вводится во время импульса сварочного тока, которая расплавляет и переносит метал электрода в сварочную ванну, а

во время паузы эта энергия уменьшается до уровня необходимого только для поддержания непрерывного горения дуги.

При сварке в защитных газах невозможно принудительно осуществить перенос электродного металла в дугах со значительным давлением плазменных потоков, что обусловлено характером действия электродинамических сил на каплю формируемую на торце. Когда столб дуги сжат радиус активного пятна меньше радиуса шейки, а электродинамическая сила отрицательна, это существенно мешает переносу электродного металла в сварочную ванну [10]. Для решения данного вопроса необходимо обеспечить увеличение площади активного пятна шейки. При сварке в среде активных газов осуществляется принудительный отрыв капли и ее перемещение в направлении действия результирующей силы, что приводит к сильному разбрызгиванию электродного металла и к ухудшению качества сварного шва.

1.2.2 Управление переносом электродного металла при сварке в среде углекислого газа «короткой дугой»

При сварке в среде углекислого газа «короткой дугой» на каплю действуют сила препятствующие равномерному переносу электродного металла в сварочную ванну в нижнем положении, что способствует вытеснению расплавленного электродного металла на боковую поверхность электрода, увеличению разбрызгивания и нестабильности процесса. Пространственное положение сварочной ванны, отличное от нижнего, еще сильнее усиливает действие перечисленных факторов [1,7]. Импульсно дуговая сварка «короткой дугой» реализуется в основном в защитной среде углекислого газа, но, так же может использоваться в среде аргона, и в других смесях газов.

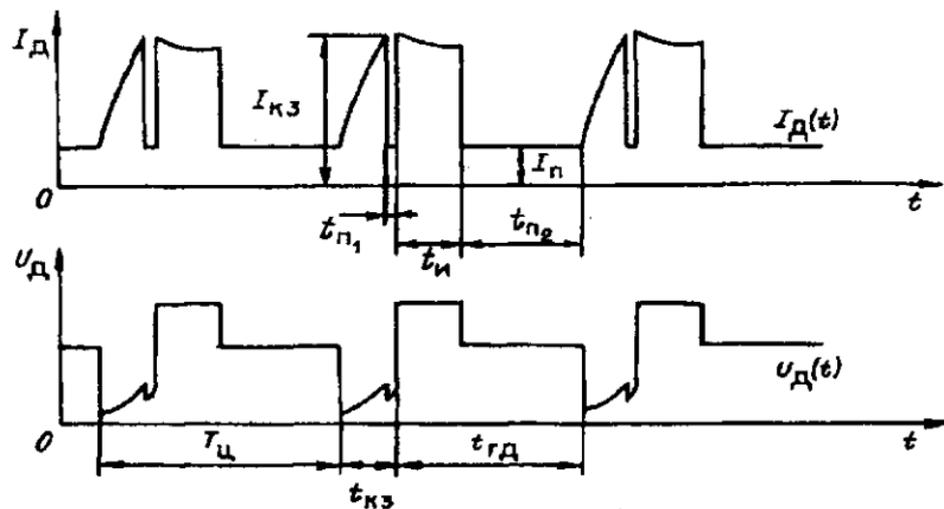


Рис. 2. Временные диаграммы тока и напряжения дуги при импульсно-дуговой сварке плавящимся электродом «короткой» дугой.

Процесс импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом короткой дугой кроме общепринятых показателей характеризуются дополнительными параметрами: T_u - периодами повторений микроциклов; t_{n1} - паузой в протекании сварочного тока к моменту разрыва перемычки; t_n - длительностью горения дуги в импульсе; t_{n2} - длительностью горения дуги в паузе; I_{K3} - пиковым значением тока короткого замыкания; I_n - значением тока паузы.

Основная из многих причин влияющая на нестабильность процесса и разбрызгивание электродного металла при сварке в среде углекислого газа «короткой дугой», связана с динамическими свойствами источника питания и определяется программой изменения мгновенной мощности как на интервале короткого замыкания, так и в момент повторного зажигания дуги [1,7]. Такое ведение процесса обеспечивается применением специальных систем управления, которые совместно с источником питания формируют необходимые динамические свойства [11].

Многочисленные исследования процесса сварки в углекислом газе с короткими замыканиями межэлектродного промежутка показали возможность выделения двух основных стадий: короткое замыкание и горение дуги [12]. Первая соответствует переносу металла, вторая – как плавлению электродного

металла, так и движению металла сварочной ванны в пределах отдельного микроцикла. С учетом этого сформулированы две основные технологические задачи применительно к совершенствованию процесса сварки короткой дугой: уменьшению разбрызгивания электродного металла; повышение стабильности процесса сварки.

Для решения первой технологической задачи необходимо ограничить ток короткого замыкания в отдельных фазах и на стадии повторного зажигания дуги. Данное ограничение достигается путем использования в современных системах питания новых типов токоограничивающих устройств. Однако данный метод лишь частично устраняет причины разбрызгивания электродного металла [1,12].

В связи с этим поддержание неизменных во времени электрических и тепловых характеристик является наиболее важным и перспективным решением. Жестко задаваемые программные алгоритмы управления реализуют качественный перенос электродного металла в сварочную ванну. Однако такие алгоритмы слишком чувствительны к возмущениям различного рода, что, к сожалению, приводит к нарушению стабильности сварочного процесса.

Для решения второй технологической задачи необходимо использовать специальных сильноточных импульсных регуляторов сварочного тока. Как правило они обладают малой инерционностью, высокой надежностью в работе, имеют минимальные массогабаритные показатели [1,12]. Все это создает благоприятные условия сварки в среде углекислого газа короткой дугой.

Процесс импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в углекислом газе «короткой дугой» широко применяется в большом спектре отраслей из-за своей высокой производительности. Дополнительные технические решения позволяют расширить возможности механизации и автоматизации и обеспечить наилучшее формирования неразъемных соединений в любых пространственных положениях. Хотя можно заметить,

что для существующих методов характерны такие черты как нестабильность и сильное разбрызгивание металла электрода, что в следствии всего приводит к снижению эффективности производства сварочных работ и к дополнительным сложностям. Эти недостатки, как правило, образуются за счет несовершенства питающей системы и напрямую зависят от того, как изменяется мгновенная мощность на интервалах короткого замыкания и горения дуги [1,12].

Чтобы предотвратить образование таких недостатков, характерных для сварки «короткой дугой», следует использовать наиболее эффективный процесс сварки, который контролируется по каналам обратных связей и зависит от мгновенных значений параметров сварочного процесса. Как показывает практика он наиболее устойчиво ведет себя как к постоянно действующим возмущениям на протяжении всего цикла сварки, так и к мгновенным возмущениям действующие в пределах микроцикла.

1.3 Алгоритмы управления источником сварочного тока

Источники сварочного тока являются одним из самых изученных систем, используемые для управления переноса электродного металла. Существует большое количество опубликованных материалов для алгоритмов управления сварочным процессом, применяемые в механизированном оборудовании рядом известных компаний.

На пример в компаниях Kemppi, Fronius, Lincoln Electric, используют импульсно-дуговые процессы со строго определенной программой формирования импульсов тока в сварочной цепи [5]. Эти программы схожи между собой структурой, но имеют единственный фактор, который отличает их друг от друга – это статическая воль-амперная характеристика (CBAХ) дугового разряда. Для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в

среде защитных газов во время подачи импульсов и паузы внешняя вольтамперная характеристика (ВВАХ) должна быть пологопадающей.

Анализируя принципы преобразования энергии системы, можно разделить их на типы: системы с накоплением; автономные системы; системы с преобразованием энергии электросети посредством специальных выпрямителей и понижающих трансформаторов [5].

Проводя исследование оборудования для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом, можно выделить различие в их силовых схемах. Данные силовые схемы могут быть следующими: с накоплением энергии в конденсаторах; с накоплением энергии в катушках индуктивности, имеющие высокое сопротивление; с накоплением энергии в искусственной формирующей линии; без накопления энергии, импульсы в которых формируются за счет полуволн или частей этой полуволны переменного или постоянного тока различной частоты; без накопления энергии, импульсы в которых образуются посредством каналов управления выпрямителями, инверторами, сварочными генераторами; гибридными, имеющие различные сочетания [5].

Генерация импульсов специальными источниками питания может достигаться различными путями [5]. Например, импульсы всевозможных величин, задаваемые блоком управления, корректирующиеся через каналы обратных связей, контролируют процесс протекания сварки или наплавки. Существуют системы генерирующие униполярные импульсы с одинаковой или различной параметризацией и импульсы с переменной полярностью.

Системы, реализующие эти алгоритмы, просты по отношению к параметрам процесса сварки, и могут разрабатываться как для однопостового, так и для многопостового сварочного оборудования, а их формы импульсов имеют различные виды: прямоугольные; синусоидальные; экспоненциальные [5].

Существуют и более сложные системы с синергетическим контролем импульсных параметров источника [5]. Данный метод облегчает работу

сварщика, путем автоматической настройки режима сварки, задавая постоянно различные характеристики процесса импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом. Использование микропроцессов в источниках питания обеспечивает создание оптимальных циклограмм, способствует благоприятному подбору параметров для формирования импульсов, вида сварочного тока, марку металла, геометрические размеры, его особенности и свойства. Также системы с синергетическим контролем позволяет менять один из параметров импульсно-дуговой сварки [5]. Допустим, изменение состава защитного газа повлечет за собой изменение напряжения дугового разряда, скорость подачи проволоки, индуктивность дуги и характер импульсов переменного тока. Такое управление включает в себя большую библиотеку всевозможных программ для выполнения соединения деталей без кропотливой настройки оборудования.

Источники для этих методов реализации импульсно-дуговых процессов представляют собой тиристорные и транзисторные источники питания инверторного типа. Существует большое количество импульсных алгоритмов для управление переноса капель электродного металла. Только инверторные источники питания используются для решения этой проблемы. Каждая характеристическая фаза образования капли и ее переход в расплавленную ванну отлажены [5]. Недостатки этих систем включают относительно сложное программирование при реализации различных методов сварки, в электродных материалах, в средах, в условиях сварки.

Существует другая система генерации сварочного тока инверторного источника питания, который может использовать практически любой алгоритм для управления переносом электродного металла. Способ применения эффекта строится непосредственно перед началом сварочного процесса и корректируется с помощью испытательных сварочных образцов. Соответствующие требованиям формы импульсов могут быть добавлены память программы и использоваться в аналогичных условиях и режимах. С этим следует относительно легкое формирование импульсных эффектов

используемых в динамических режимах нескольких вольтамперных характеристик [5]. Этот тип источника использует цифровой способ управления процессом сварки.

Более сложные системы импульсного управления источником сварочного тока являются адаптивными системами импульсного воздействия на перенос электродного металла [5]. Данный вид адаптивного управления основан на контроле и непрерывном регулировании всех этапов формирования сварного соединения: дугообразование, плавление и перенос металла электрода в сварочную ванну, контроле основными энергетическими характеристиками сварочного процесса, учитывая влияние факторов возмущения на контролируемые объекты.

Все элементы схемы с учетом функциональных соединений образуют трехконтурную электродинамическую систему. Влияние на систему любым из ранее упомянутые эффектом возмущения приводят к неизбежному изменению параметров во всех элементах цепи. Одно из основных условий процесса сварки, осуществляемый в требуемом диапазоне, заключается в обеспечении условий стабильного горения дуги в электродинамической системе. Такой подход к совершенствованию технологического процесса сварки и наплавки позволил разрабатывать новые технические и технологические решения, которые приводят к стабильным характеристикам распределения тепла и массы электродного металла различными методами импульсно-дуговой сварки [5].

1.4 Материалы используемые при сварке

Присадочные материалы играют важную роль при формировании сварного соединения. Она заключается в создании необходимой геометрии шва, в обеспечении высоких эксплуатационных характеристических значений. Состав присадочного материала мало отличается по химическому составу от

основного металла. Учитывая методы сварки, присадочные материалы разрабатывают для разных групп свариваемых металлов или сплавов. По дополнительным примесям присадочный материал должен быть более качественным и чистым, без лишних включений и меньшего количества газа, обладать высокими показателями по состоянию поверхности, овальности и другим. Присадочные материалы в основном применяют в виде проволок сплошного сечения или с порошковым сердечником, прутков, пластин, лент [7].

Стальная сварочная проволока сплошного сечения выпускается в настоящее время по ГОСТ 2246-70, в котором описано более 70 марок материала и используется для наплавки под флюсом, в среде защитных газов, для изготовления покрытых электродов. Марки материалов классифицируются по химическому составу на три основные группы: низкоуглеродистые (процент содержания углерода 2,5%); легированные (процент содержания легирующих примесей 2,5 – 10 %); высоколегированные (процент содержания легирующих элементов более 10%) [7].

Также разделяют проволоку для сварки, т.е. наплавки, и для изготовления электродов. Для предохранения поверхностей проволоки от коррозии её покрывают тончайшим слоем меди, т.е. омедняют. Пример обозначения такой проволоки обозначается по ГОСТ 2246-70 – 3Св-08А-0.

Сварочную проволоку в производстве выпускают от 0,3 мм до 12 мм. Поставляется в свернутом виде диаметром от 150 мм до 750 мм и массой от 1,5 кг до 40 кг, либо намотанной на катушки и специальные кассеты [7].

Для сварки и наплавки проволока изготавливается в основном из 9 марок углеродистой стали (Нп-25 и т.д.), из 11 марок легированных сталей (Нп-10Г и т.д.) и из 11 марок высоколегированных сталей (Нп-30Х10Г10Т и т.д.) [7].

Проволока с порошковой сердцевиной представляет собой трубчатую проволоку со сложной выполненной сердцевиной, заполненную шихтой. Оболочкой такой проволоки служит низкоуглеродистая лента толщиной 0,2-

0,5 мм. В качестве наполнителя используют смесь порошков шлако- и газообразных веществ, добавляя разные легирующие элементы [7].

При сварке открытой дугой легированных и углеродистых сталей используют порошковые проволоки: ПП-АН1, ПП-АН6 и т.д.; при сварке в углекислом газе используют проволоки маркой: ПП-АН4, ПП-АН5.

При дуговой сварке и наплавке проволоками и лентами сплошного сечения применяют большие плотности тока по сравнению с проволоками с порошковой сердцевиной, что обеспечивает большую глубину проплавления и большую степень разбавления расплавленного металла проволоки с основным металлом деталей [7].

В качестве средств защиты используют активные и инертные газы, а также их примеси. Вовремя сварки защитные газы защищают сварочную дугу и сварочную ванну от пагубного воздействия окружающей среды. Путем отстранения воздуха от места горения дуги сжатым газовым потоком происходит защита области сварки [7].

Инертные газы представляют собой одноатомные газы, которые не вступают в химические реакции с жидкой и твердой фазой свариваемого металла. Они применяются для сварки химически активных металлов таких как Ti, Al, Mg. При сварке в среде защитных газов чаще всего используют аргон и гелий. Наиболее используемый защитный газ является аргон, поскольку он прост в получении, однако гелий получают из природных газов и поэтому он дороже чем аргон. Мало того гелий дороже обходится в получении, так и при использовании его требуется на порядок больше [7].

Инертные газы представляют собой много атомные газы, которые вступают в реакцию со свариваемым металлом или растворяются в нем. Применяются в основном для низколегированных и углеродистых сталей. При сварке используют такие смеси газов как углекислый газ, кислород, водород, азот. Наиболее используемый является углекислый газ, поскольку он прост в получении. Углекислый газ выпускают по ГОСТ 8050-76 трех марок и используют чистотой не менее 99,5% [7].

Для средств защиты сварного шва от негативного воздействия применяют смеси аргона с гелием, водородом, азотом, кислородом и углекислым газом, которые обладают лучшими технологическими свойствами, чем по отдельности взятые газы. Для примера, смеси углекислого газа с кислородом от 2 до 5 % способствуют мелкокапельному переносу металла электрода и уменьшению разбрызгивания, тем самым улучшая качественные характеристики шва [7].

1.5 Импульсная подача проволоки

Для реализации импульсной подачи проволоки в сварочную ванну требуется специальный механизм, который осуществляет процесс подачи а также управление параметрами импульса [7].

Механизмы импульсной подачи проволоки разделяются по признакам, которые определяют их особенности [7].

Важным признаком подачи проволоки является способ подачи проволоки [7].

Согласно этому признаку механизмы можно разделить на:

- механизмы толкающего типа;
- механизмы тянущего типа.

Механизмы толкающего типа располагаются перед направляющим каналом, проталкивая сварочную проволоку через шланг подающего устройства в зону сварочной ванны.

Механизмы тянущего типа находятся после направляющего канала, вытягивая проволоку через сварочный шланг прямо в сварочную ванну.

Для механизмов импульсной подачи сварочной проволоки особенно важна возможность использования их в системах тянущего типа, т.к. это определяет не только портативность системы, но и, что более важно, более точную передачу формы импульса. Это объясняется тем, что перемещение

проволоки через шланг полуавтомата чувствительно к форме и размеру изгиба шланга. Перемещение проволоки в импульсном режиме через сопротивление шланга в любом случае сопровождается демпфированием переднего и заднего фронтов импульса, но если учесть, что положение шланга может меняться в ходе каких-либо манипуляций сварщика, то будет меняться и форма импульса и соответственно условия воздействия на процесс сварки [7].

Другим классификационным признаком может являться вид применяемого привода подачи сварочной проволоки. В соответствии с данным признаком можно выделить два основных направления развития механизмов импульсной подачи сварочной проволоки:

- механизмы с приводом от электродвигателя (постоянного или переменного тока, шаговые электродвигатели);
- механизмы с приводом подачи от электромагнитов;

Отдать приоритет той либо иной группы видов применяемых приводов довольно непросто, поскольку обе группы обладают как положительными так и отрицательными качествами. С одной стороны, электромагнитные механизмы более сложны в изготовлении, требуют дополнительного оборудования для управления работой электромагнитов и более чувствительны к условиям электромагнитных возмущений, но с другой стороны – наличие обратных связей позволяет более точно адаптировать систему. В механизмах же с приводом от электродвигателя довольно сложно реализовать каналы обратных связей из-за их большой инерционности. Однако, механизмы с приводом от электродвигателя более просты в изготовлении. Они не требуют никакого дополнительного оборудования и могут работать в комплекте со штатными источниками питания. Кроме того, использование в некоторых случаях малогабаритных двигателей постоянного тока позволяет использовать подобные устройства в системах тянущего типа, что как было отмечено ранее предоставляет свои положительные результаты [7].

Также важным классификационным признаком является рабочий орган импульсной подачи сварочной проволоки. Для возбуждения импульсов используют: кулачки, специальные шестерни, ролики, мальтийский крест и прочие, что позволяет разделить механизмы подачи по принципу их действия [7].

Можно отметить механизмы подающие проволоку импульсами разработанные кафедрой сварочного производства Юргинского технологического института Томского политехнического университета, преобразующие постоянную подачу проволоки в импульсную. Это осуществляется с помощью установки электромагнитного механизма в сварочном держателе, который производит принудительную остановку движения проволоки с частотой, обеспечивающей образование капли оптимального размера. Шаг подачи и скорость импульса зависят от скорости подачи проволоки серийным подающим механизмом и энергии, которую накопит сварочная проволока в направляющем канале во время ее торможения в конце шланга. Как показывают экспериментальные исследования, при применении данных механизмов потери металла на угар и разбрызгивание составляют для проволоки диаметром 1,2 мм – 3,74 % ($I_{CB}=200$ А), для проволоки диаметром 1,6 мм – 2,4 % ($I_{CB}= 240$ А) [7].

2. Аналитическая часть

2.1 Анализ эффективности импульсных технологий сварочного процесса

Дуговые способы сварки плавящимся электродом занимают ведущее место в промышленности передовых стран мира. Они являются основной научной базой для разработки новых перспективных сварочных технологий. Поскольку виды переноса металла электрода, во многом, определяют технологию сварки плавящимся электродом, важным остается воздействие на процесс посредством источника питания дуги как наиболее быстродействующего и эффективного аппаратного средства, позволяющего изменять параметры и форму сварочного тока. Таким образом, разработка современного электросварочного оборудования, которое реализует различные виды переноса металла электрода, должна происходить с применением импульсно-дугового процесса сварки.

Для решения поставленной задачи был проведен анализ особенностей протекания сварочных процессов, технологических и технических разработок позволяющие улучшить процесс сварки, алгоритмов управления источником питания.

Технологические и технологические преимущества были проанализированы и сопоставлены в следующем образом в виде таблиц.

Основным и наиболее важным фактором, влияющий на качество сварного шва, является способ переноса электродного металла в сварочную ванну. Далее приведена таблица позволяющая проанализировать действие различных способов переноса металла.

Таблица 1 – Сравнение способов переноса электродного металла.

Способ переноса электродного металла		
«Длинной дугой»		«Короткой дугой»
<p>Первый тип (Импульс обеспечивает перенос одной капли электродного металла)</p>	<p>Второй тип (Каждый импульс отделяет несколько капель электродного металла)</p>	<p>Минусы: Нестабильность к возмущениям; повышенное разбрызгивание; дополнительные мероприятия по зачистке основного металла; малый базовый ток; неконтролируемость параметров в течении сварочного цикла; низкое качество сварки; высокие динамические свойства к системам питания;</p> <p>Плюсы: широкая возможность механизации и механизации; формировать неразъемные соединения в различных пространственных положениях; широкое отраслевое применение;</p>
<p>Минусы: нестабильность к возмущениям; качество сварного шва зависит от положения; необходимость стабилизации энергии; невозможно получить перенос электродного металла с принудительным отрывом; крупнокапельный перенос металла; с ростом диаметром электрода снижается стабильность; относительно большие длительности импульсов; нерегулируемый перенос металла электрода; сварочная ванна имеет большие размеры и трудноуправляема; неравномерное формирование шва</p> <p>Плюсы: сварка на высоких напряжениях дуги;</p>	<p>Минусы: необходимость стабилизации энергии; невозможно получить перенос электродного металла с принудительным отрывом; с ростом диаметром электрода снижается стабильность; повышенное тепловыделение; качество сварного шва зависит от положения;</p> <p>Плюсы: мелкокапельный перенос металла; обеспечивает направленный перенос металла; для сварки больших толщин металлов; высокая стабильность дуги; высокая стабильность дуги; отсутствие разбрызгивания; низкое газо-выделение; хорошая смачиваемость кромок; высокое проплавление; гладкая и равномерная поверхность шва; возможность ведения сварки на повышенных режимах; высокая скорость наплавки;</p>	

Анализ особенностей переноса электродного металла показывает, что стабильность процесса сварки в углекислом газе и разбрызгивание электродного металла в основном определяют технологические факторы ведения сварки, пространственное положение и динамическое свойство источников питания. Для решения большого числа проблем вводятся специальные системы управления, которые совместно с источником питания формируют необходимые динамические свойства. Следует отметить, что стабилизация процессов сварки во время коротких замыканий дугового промежутка реализуется путем жестко задаваемой программы. В свою очередь такие процессы весьма чувствительны к возмущениям, что приводит к нарушению стабильности процесса, требующее длительной настройки режимов.

Наиболее эффективным технологическим решением является технология импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов «длинной дугой» с мелкокапельным, струйным переносом металла. Она характеризуется высокой стабильностью дуги, минимальным разбрызгиванием, что так же сказывается на качестве, умеренностью сварочных дымов, хорошей смачиваемостью кромок шва и высокой проплавленностью.

К ряду импульсных технологий относится и импульсная подача сварочной проволоки. Для реализации используется специальное устройство – механизм импульсной подачи проволоки, которое также регулирует параметры импульса.

Таблица 3 – Сравнение способов и видов подачи проволоки

Тип подачи	Характеристика
Механизм толкающего типа	<p><u>Преимущества:</u> Не утяжеляет сварочную горелку; облегчает сварочный процесс;</p> <p><u>Недостатки:</u> Чувствителен к форме и изгибу шланга; демпфирование переднего и</p>

	заднего фронта импульса; имеет существенные габариты; демпфирование переднего и заднего фронта импульса;
Механизм тянущего типа	<u>Преимущества:</u> Мобильность; компактность; более точная передача формы импульса; <u>Недостатки:</u> Чувствителен к форме и изгибу шланга; утяжеляет сварочную горелку;
Вид подачи	
Механизмы с приводом электродвигателя	<u>Преимущества:</u> Просты в изготовлении; не требуется дополнительного оборудования; работают в комплексе со штатным источником питания; <u>Недостатки:</u> Сложна реализация обратных связей вследствие их большой инерционности;
Механизмы с приводом подачи от электромагнитов	<u>Преимущества:</u> Наличие обратных связей позволяет точно адаптировать систему; <u>Недостатки:</u> Более сложны в изготовлении; требуют дополнительное оборудование; более чувствительны к электромагнитным возмущениям;

Как видно отдать приоритет какой-либо из групп довольно сложно, так как все они обладают отличительными положительными и отрицательными чертами. С одной стороны электромагнитные механизмы подачи довольно сложны в изготовлении и требуют дополнительного оборудования, однако с другой стороны наличие обратных связей позволяет более точно адаптировать систему. Также трудно выбирать преимущественную техническую разработку типа подачи проволоки, поскольку для каждой существует свое применение в производстве.

На сегодняшний день существуют и применяют современные устройства подачи проволоки, которые представляют собой сложные электронные устройства, которые значительно снижают время сварочных работ.

Механизм оснащен пультом управления, с помощью которого подается сигнал на горелку, она совмещена с пультом. В момент нажатия на кнопку происходит подача проволоки, подача прекращается в момент, когда кнопка отпускается. В следующий раз, когда необходимо подать материал нужно только слегка нажать кнопку пульта. Все устройства могут работать продолжительное время с короткими стежками сварки. Благодаря электронной системе осуществляются все необходимые функции.

К наиболее распространенной технологии импульсно-дуговой механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов относят сварочный процесс с переносом электродного металла а счет сил поверхностного натяжения «STT-II» (от англ. Surface Tension Transfer).

Сущность метода заключается в переносе металла электрода за счет синергетического изменения формы сварочного тока.

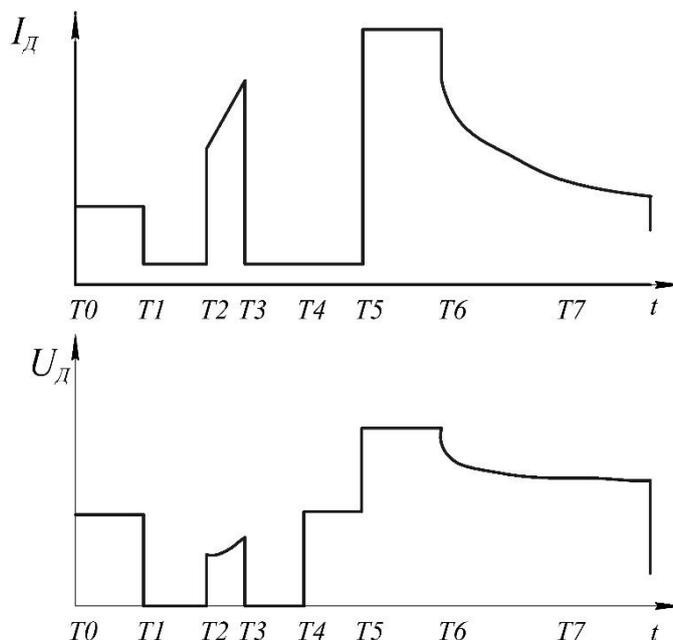


Рис. 3. Формы диаграмм сварочного тока и напряжения MIG/MAG сварки методом STT-II.

В начальный период короткого замыкания (T_1 - T_2) происходит развитие пятна контакта, вращение капли в сварочную ванну и образуется надежная перемычка между ванной и электродной проволокой.

После наступления периода короткого замыкания (T_2) резко повышается величина сварочного тока. На данной стадии электромагнитные силы стремительно увеличиваются и образовывается жидкая перемычка. Далее на стадии пинч-эффекта более плавно повышается сварочный ток. С ростом электрического сопротивления площадь поперечного сечения уменьшается. Когда скорость изменения сопротивления достигает определенного значения, источник получает от датчика напряжения дуги сигнал, свидетельствующий о том, что шейка готова к разрушению (T_3). В этот момент (T_3) прекращается плавное наращивание тока и резко снижается до уровня порядка 5-10 А. Отделение капли (T_4) происходит без разбрызгивания, присущего традиционному полуавтомату с жесткой внешней характеристикой. Силы поверхностного натяжения «втягивают» каплю вглубь, в следствии чего формируется сварочный шов.

В течении роста капли (T_5 - T_6) сварочный ток находится на пиковом уровне. После отделения капли происходит восстановление дугового промежутка.

После окончания действия роста капли пиковый ток понижает ток до базового уровня (T_6 - T_7).

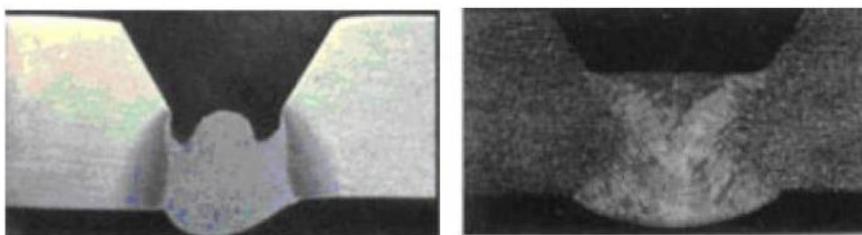


Рис. 4. Поперечное сечение корневого слоя шва:
1 – ручная дуговая сварка покрытыми электродами; 2 – сварка MIG/MAG методом STT-II.

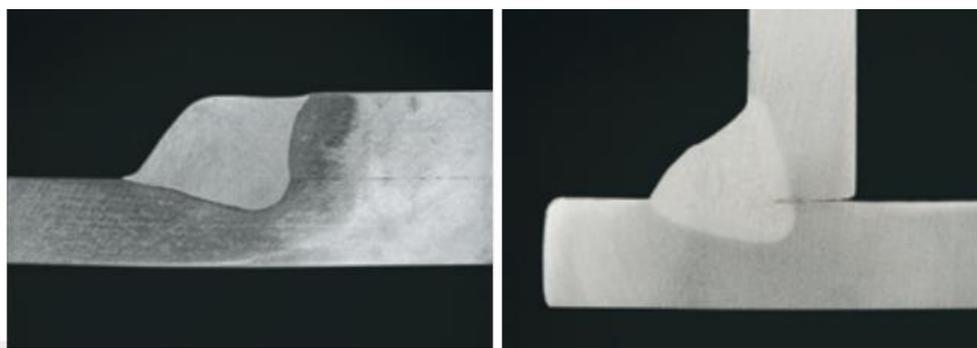
Достоинствами такого процесса являются теплофизические свойства дуги, позволяющие вести сварку корневого слоя шва с получением гарантированного проплавления и образования обратного валика требуемого

размера. Другим достоинством при сварки корня шва на трубах большого диаметра является то, что за один проход наплавляется металл, соответствующий двум проходам при использовании ручной дуговой сварки плавящимся покрытым электродом. Также следует отметить сокращение общего тепловложения в свариваемую деталь, низкий уровень разбрызгивания и дымовыделение, легкость в управлении.

К другой более распространенной технологии относят импульсно-дуговую сварку плавящимся электродом в среде защитных газов с «холодным» переносом электродного металла СМТ (от англ. Cold Metal Transfer).

Данный метод характеризуется низкой тепловой мощностью, что существенно уменьшает разбрызгивание металла и управляемым переносом металла без значительных тепловложений.

Для реализации данного метода используется высоко-динамичный механизм подачи проволоки, встроенный в горелку, который позволяет производить возвратно поступательное движение проволоки в момент короткого замыкания с одновременным снижением сварочного тока. В результате капля металла отделяется от проволоки и переходит в сварочную ванну без значительного тепловложения и гарантируется полное заполнение разделки кромок.



а) Сталь, 3мм.

б) Сталь, 10мм.

Рис. 5. Шлифы сварных соединений с применением технологии СМТ.

На данном рисунке видим сварные соединения выполненные в нижнем положении без наружных и внутренних дефектов. Можем также заметить

однородный переход от основного металла к металлу шва, надежное сплавление кромок, отсутствие пористости, практическое отсутствие разбрызгивания металла.

Оптимальные параметры импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов с «холодным» переносом металла приведены в следующей таблице.

Таблица 4 – Оптимальные параметры сварки по технологии «СМТ».

		а) Сталь, 3 мм.		б) Сталь, 10 мм.	
$V_{св}$, м/мин		3,0 м/мин		0,66 м/мин	
$V_{пр1}$ м/мин	$V_{пр2}$ м/мин	15,5 м/мин	6,2 м/мин	15,0 м/мин	8,0 м/мин
$I_{св}$, А		407 А	196 А	391 А	214 А
$U_{св}$, В		28,5 В	15,0 В	28,3 В	17,0 В

Такие параметры сварки обеспечивают надежное проплавление основного металла, оптимальное смачивание кромок, высокое качество сварного соединения.

Такие подходы в развитии импульсных технологий позволяет совершенствовать существующие технические и технологические разработки, разрабатывать новые методы импульсно-дуговых режимов сварки, что положительно влияет на эффективность создания неразъемных соединений.

Заключение

Сравнительный анализ технологических и технических особенностей импульсных процессов сварки плавящимся электродом, показывает, что в настоящее время развитие данной области интенсивно набирает обороты. Импульсно-дуговые процессы вытесняют из сферы сварочного производства традиционные дуговые методы сварки благодаря своим достоинствам.

Следует отметить, что большинство серийно выпускаемых импульсных систем питания реализует алгоритм по жестко задаваемой программе. Это обстоятельство значительно затрудняет широкое внедрение имеющегося оборудования. В основном оно применяется для сварки неплавящимся и плавящимся электродом в среде защитных газов. Использование такого оборудования для сварки в активных газах электродами с покрытием требует его усложнения, введения в его структуру блоков обратных связей, стабилизации, специальных сильно точных регуляторов и пр., обеспечивающих стабилизацию энергетических характеристик процессов сварки и наплавки на уровне мгновенных значений, что так же влияет на финансовую основу технологического развития.

Большие работы по совершенствованию сварочного оборудования, технологий сварки и наплавки, разработке новых источников питания ведутся во многих научно-исследовательских организациях стран. Так же были затронуты работы выполненные в Томском политехническом университете. Выполненные разработки внедряются и передаются для серийного производства не только на электротехнических предприятиях России, но и в широкой сети малых предприятий и опытных производителей, создаваемых при крупных научных центрах и институтах.

Имеется опыт использования создаваемого оборудования для импульсно-дуговой сварки для различных процессов сварки и наплавки. Особенности такого оборудования для наплавки заключается в том что, вследствие значительной теплоинерционности сварочной ванны требуется

значительные длительности импульсов и пауз. Переход на импульсный режим изменения энергетических характеристик при наплавке позволяет обеспечить управление процессами кристаллизации в сварочной ванне в зоне термического влияния, способствует уменьшению выгорания легирующих элементов из сварочной ванны, что обеспечивается ограничением времени их пребывания при высокой кристаллизации. При этом интенсифицируются гидродинамические процессы в сварочной ванне, что способствует более равномерному распределению легирующих элементов по всему объему расплавленного металла. Такое течение процесса обеспечивает стабильные механические свойства и покрытия по всему объему, что обуславливает его более высокие эксплуатационные характеристики.

Представленные материалы позволяют оценить сложность и многообразие возможных решений в области применения импульсных технологических процессов и устройств, обеспечивающих их реализацию. Работы в этом направлении продолжаются, необходимо широкое освоение предлагаемых разработок в промышленном производстве.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Объектом исследования в данной работе является сравнительный анализ эффективности импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом, выполняемый в рамках научно-исследовательской работы. Основная задача работы состоит в том, чтобы разработать технологии импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов, которая будет использоваться для облегчения сварки различных изделий во всех пространственных положениях.

Целью данного раздела является сравнение предлагаемой технологии с технологиями, которые уже существуют и являются основными в этой сфере.

3.1 Предпроектный анализ

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В целях полного анализа потребителей результатов исследования существует необходимость в рассмотрении целевого рынка и проведении его сегментирования.

В Целевой рынок входят организации отраслей энергетики, добычи и транспортировки полезных ископаемых, кораблестроение, ракетостроение, машиностроение а также коммунальное хозяйство, т.е. отрасли в которых наблюдается широкое применение трубопроводов и т.д.

Для данных коммерческих организаций критическим сегментирования является производство и ремонт изделий. Сегментируем технологию импульсно-дуговую сварку плавящимся электродом, оборудование, в частности уменьшение разбрызгивания электродного металла, стабильное горение дуги.

Основными сегментами данного рынка являются нефтяная и газовая промышленность на территории РФ.

На рисунке показано сегментирование рынка по использованию оборудования в различных типах производства.

Таблица 5 - Сегментирование рынка использования сварочного оборудования.

		Виды сварочного оборудования			
		Трансформаторы	Аппараты полуавтоматической сварки	Инверторы	Автоматизированные роботы
Тип производства	Мелкосерийный	А	А	А	-
	Среднесерийный	-	Б	-	Б
	Крупносерийный	-	-	-	В

А – фирма А; Б – фирма Б; В – фирма В.

Как видно из таблицы 5 наиболее заинтересованы отрасли в развитии импульсно-дуговых технологий являются крупносерийные и среднесерийные производства, поскольку для этих частей отрасли наиболее продуктивным средством повышения качества продукции является усовершенствование и дальнейшие разработки в данной области.

3.1.2 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, такие как уменьшение разбрызгивания и стабильное горение дуги. Широкое применение нашел способ синергетического управления источником

сварочного тока. На сегодняшний день используют разного рода технологии для уменьшения разбрызгивания и удержания дуги в стабильном состоянии.

Данный анализ проведен с помощью оценочной карты. Используемые техники уменьшения разбрызгивания металла электрода и стабильного горения дуги:

1. А – ручная дуговая сварка с коротким замыканием;
2. В – ручная дуговая сварка плавящимся электродом с технологией «Cold Metal Transfer»;
3. С – ручная дуговая сварка с технологией STT – II.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведены в таблице, подбираются исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей, разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:
где:

- К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;
- V_i – вес показателя;
- B_i – балл i -ого показателя.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений и разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Кооонеккурентно-способность		
		Б _А	Б _В	Б _С	К _А	К _В	К _С
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,06	5	4	5	0,3	0,24	0,12

3. Уровень качества сварных соединений	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
4. Энергоэкономичность	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
5. Надежность	0,06	5	1	3	0,3	0,06	0,18
6. Уровень производимого шума	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
7. Необходимость в высококвалифицированных специалистах	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
8. Функциональная мощность	5	1	2	0,4	0,08	0,08	0,16
9. Простота в эксплуатации	5	5	5	0,25	0,25	0,25	0,25
10. Качество интеллектуального интерфейса	5	2	3	0,25	0,25	0,2	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	1	2	0,3	0,06	0,12
2. Уровень проникновения на рынке	0,05	2	2	3	0,1	0,25	0,2
3. Цена	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
5. Срок эксплуатации	0,05	5	2	3	0,25	0,1	0,15
6. Наличие сертификации разработок	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1	75	44	36	4,75	2,9	3,32

Исходя из проведенного выше анализа можно сделать вывод, что технология «А» 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 более рационального использования электрода, уменьшается количество потерь электродного металла, 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, а именно возможности использования электродом любого покрытия, что не могут обеспечить аналоги.

3.1.3 SWOT анализ

SWOT анализ – это определение сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз по его осуществлению. Этот анализ проводят для выявления внешней и внутренней среды проекта. Проводится этот анализ в три этапа.

Первый этап

Данный этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны проекта – это его факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону научно–исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

К сильным сторонам проекта относятся:

- уменьшение разбрызгивание электродного металла – С1;
- возможность применения к любым видам дуговой сварки с короткими замыканиями – С2;
- сварка деталей разных толщин – С3;
- уменьшение трудозатрат на очистку около шовной зоны от брызг – С4;
- возможность использования технологии и оборудования для сварки других металлов – С5.

К слабым сторонам проекта относятся:

- использование дополнительного электронного оборудования – Сл.1;
- требуется незначительное повышение мощности источника питания – Сл.2.

К возможностям проекта относятся:

- внедрение схемы, уменьшающей разбрызгивание на основе тиристора на рынок за счет достоинств и вытеснение устаревших разработок – В1;
- финансовая поддержка спонсора – В2;
- возможность распространения разработки для стран зарубежья – В3.

К угрозам относятся:

- недостаток финансов на реализацию проекта – У1;
- отсутствие спроса на новые технологии производства – У2.

Второй этап

Данный этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны						
Возможности		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	0	+	+	+
	B2	+	+	-	+	+
	B3	+	+	-	+	+
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	+	+	+
	У2	+	-	+	-	-
	У3	-	-	+	-	+
Слабые стороны						
Возможности		Сл.1		Сл.2		
	B1	+		-		
	B2	+		-		
	B3	+		+		
Угрозы		Сл.1		Сл.2		
	У1	-		+		
	У2	-		-		
	У3	+		-		

Анализ интерактивной матрицы показал следующие направления проекта: В1С3С5, В2В3С4С5, В1В2Сл.1Сл.2, У1С3, У2С1С3, У3С3, У3Сл.1Сл.2.

Третий этап

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT–анализа.

Таблица 8 – SWOT – анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: Уменьшение разбрызгивание электродного металла – С1. Возможность применения к любым видам дуговой сварки с короткими замыканиями – С2. Сварка деталей разных толщин – С3. Уменьшение трудозатрат на очистку около шовной зоны от брызг – С4. Возможность использования технологии и оборудования для сварки других металлов – С5.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Использование дополнительного электронного оборудования – Сл.1. Требуется незначительное повышение мощности источника питания – Сл.2.
Возможности: Внедрение схемы уменьшающей разбрызгивание на основе тиристора на рынок за счет достоинств и вытеснение устаревших разработок – В1. Финансовая поддержка спонсора – В2. Возможность распространения разработки для стран зарубежья – В3.	В1С3С5 – возможность использования технологий для сварки других материалов не взирая на толщину, В2В3С4С5 – некоторые виды сплавов вообще не рекомендуется дополнительно механически очищать.	В1В2Сл.1Сл.2 – с повышением цен на комплектующие резко возрастет первоначальный вклад в массовое производство.
Угрозы: Недостаток финансов на реализацию проекта – У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства – У2.	У1С3 – некоторые компании не захотят рисковать, применяя новые технологии, У2С1С3 – шов станет длинней, потребует проработки новых тех. карты.	У1Сл.2; У3Сл.1Сл.2 – уменьшения разбрызгивания потребует повышения мощности источника, а у многих они и так работают на пределах своих возможностей.

3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Коммерциализация инновационного продукта – процесс совпадения форматов поведения покупателя и продавца инновационного продукта относительно возможности использования, стоимости, перехода прав собственности на инновационный продукт (или рыночное освоение инновационного продукта).

На данном этапе производится оценка степени готовности проекта к коммерциализации и определение уровня собственных знаний для ее проведения или завершения.

При проведении анализа по таблице, приведенной ниже, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 9 – Банк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	0	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3

7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	0	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	0	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	5
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
Итого		43	55

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где:

$B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Анализируя выше приведенную таблицу, значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 40 до 55, то такая разработка считается средней, а знания разработчика достаточными для ее коммерциализации.

3.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно–технических разработок владелец интеллектуальной собственности преследует вполне определенную цель,

которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела бакалаврской работы – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

В данной ВКР выбран метод инжиниринга и передачи интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия. При выборе данных методов коммерциализации возможно предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием. Также строительством и вводом объекта в эксплуатацию с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции. Так же планируется писать коммерческое предложение потенциальным покупателям, это предприятия строительство и ремонт трубопроводов в России и странах зарубежья.

4. Социальная ответственность

Введение

Объектом исследования в данной работе являются технологии механизированной импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом.

Данный раздел рассматривает вопросы, касающиеся мероприятий по технике безопасности, производительной санитарии, охране труда, правил эксплуатации помещения, ситуаций связанные с возникновением опасных и чрезвычайных ситуаций. Так же будут проанализированы вредные и опасные факторы влияющие на человека, что позволит в следствии определить индивидуальные и коллективные меры защиты, и обеспечить безопасность в организации и в помещении.

4.1 Производственная безопасность

На специалиста по сварочным работам могут действовать различного рода вредных и опасных факторов, на пример: отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность, превышение уровня шума, повышенный уровень ультрафиолетовой радиации ГОСТ 12.0.003-2015, воздействие электрического тока, возникновение пожара. Воздействия таких факторов влечет за собой к получению серьезных заболеваний и к снижению производительности труда.

В данном пункте будут проанализированы факторы наносящие вред человеческому организму, которые могут возникать при изучении импульсно-дугового процесса плавящимся электродом.

Таблица 10 – Вредные и опасные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Запуск источника питания: 1) Снятие осциллограмм	1. Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях;	1. Электрический ток; 2. Брызги металла	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ, ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ, ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ, ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ,

2) Проведение сварочных работ	2. Превышение уровня шума и вибраций; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 4. Загрязняющие вещества в воздухе рабочей зоны.		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, СанПиН 2.2.4.548-96, СН 2.2.4/2.1.8.562-96, СН 2.2.4/2.1.8.566-96, СП 52.13330.2011, СанПиН 2.2.2.540-96.
-------------------------------	--	--	--

4.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат внутренних производственных помещений определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха в помещении и температурой окружающей среды. Обеспечение оптимальных условий труда позволяет достичь ощущения комфорта в течении 8-часовой рабочей смены, не вызывающие отклонения в состоянии здоровья.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005-88. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице ГОСТ 12.1.005-88.

Таблица 11 – Оптимальные допустимы нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005-88)

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая				Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

Микроклимат производственных помещений поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

4.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик системы питания для сварки в динамическом режиме изложены в ГОСТ 12.1.035–81. Шум на рабочих местах также может проникать извне через каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБА), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – источник питания для сварки, процесс сварки. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 50 дБА, ГОСТ 12.1.003-2014.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- Изоляции источников шумов;

- Проведение акустической обработки помещения;
- Создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок;
- Проведение профилактических работ.

4.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах составляет 200 лк (СНиП 23-05-2010).

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной нагрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (Кп) должен быть не больше 10%.

4.1.4 Электрический ток

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79.Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением.

С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением установки должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку;

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

4.1.5. Загрязняющие вещества в воздухе рабочей зоны

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.

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 соединения фтора.

Таблица 12 – Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей.

Вещество	ПДК, мг/м ³	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

Действие на организм веществ, приведенные в таблице, вызывает тяжелые заболевания дыхательной системы такие как: пылевой бронхит, пневмокониоз, бронхиальная астма, профессиональная экзема, нейротоксикоз.

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.

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.

4.2 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов

промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить, как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, отчистки и утилизации отходов производства. Применение сварки в динамическом режиме значительно сокращает время изготовления деталей, но приводит к увеличению затрат электроэнергии, количества электростанций и их мощностей. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

При проведении исследования была выявлена возможная ЧС, это пожар короткое замыкание – является частой причиной возникновения пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага

возгорания и указывающий места расположения пожарной техники. С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.
1. Курить только в отведенных для курения местах.
2. В случае возникновения пожара приступить к его тушению
3. имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01» или «101» с сотового телефона.
4. сотовый «010» пожарную службу.

Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Не правильная изоляция данных проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности помещение оборудовано рубильниками для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели). Осуществляется дистанционный контроль количества кислорода в окружающем воздухе с помощью автоматических или ручных приборов. Согласно нормам, в воздухе должно присутствовать не меньше 19 % кислорода.

4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счет соблюдения законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает

обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

Требования к размещению систем питания для сварки в динамическом режиме, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86:

- рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами и экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.
- ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.
- полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.
- расстояние от стены до источника питания должно быть не менее 0,5 м.
- рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.
- следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.
- установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на фундаментах или платформах транспортных средств.

- помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.
- отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих излучение сварочной дуги (коэффициент отражения рекомендуется не более 0.4).
- двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.
- высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола.
- помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжкой с целью исключения попадания в рабочее помещение продуктов взаимодействия ультрафиолетового излучения с обрабатываемыми материалами.

Требования к персоналу, допускаемому к выполнению сварочных работ – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86:

- к выполнению сварочных работ допускаются лица прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний безопасности, имеющие квалификационную группу по электробезопасности.
- не допускаются к сварочным работам женщины в соответствии с перечнем производств, профессий и работ с тяжелыми и вредными условиями труда, на которых запрещено применение труда женщин, утвержденным в соответствии с установленным порядком.

Требования к применению средств индивидуальной защиты работающих – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86:

- 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.

- профилактическая обработка средств индивидуальной защиты работающих - по нормативно-технической документации.

Список используемой литературы:

1. Сараев Ю.Н. Импульсные технологические процессы сварки и наплавки. – Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1994. -108 с.
2. Вагнер Ф.А. Оборудование и способы сварки пульсирующей дугой. – М.: Энергия, 1980. 117 с.
3. Лоос А.В., Лукутин А.В., Сараев Ю.Н. Источники питания для импульсных технологических процессов. – Томск. Издательская фирма ТПУ, 1998, -158 с.
4. R. G. Tazetdinov , O. M. Novikov , A. S. Persidskii , B. A. Khasyanov , E.N. Ivanov & L. T. Plaksina (2013) Arc welding in shielding gases with alternate pulsed supply of dissimilar gases, *Welding International*, 27:4, 311-314, DOI: 10.1080/09507116.2012.715912
5. V. A. Lebedev & Yu. N. Saraev (2016) Effect of pulses on welding and surfacing processes in mechanized and automatic equipment, *Welding International*, 30:5, 395-402, DOI: 10.1080/09507116.2015.1090170
6. Yu. N. Saraev, S. A. Solodskiy, and O. V. Ulyanova (2016) Improving Processes of Mechanized Pulsed Arc Welding of Low-Frequency Range Variation of Mode Parameters, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, **127** 012019
7. Васильев В.И., Ильященко Д.П., Павлов Н.В. Введение в основы сварки: учебное пособие. – Юргинский технологический институт – Томск; Изд-во политехнического университета, 2011. -317 с.
8. Жерносеков А.М., Андреев В.В. Импульсно дуговая сварка плавящимся электродом // *Автоматическая сварка*, 2007, 48-52 с.
9. Ситников Б.В. Влияние параметров режима импульсно-дуговой сварки на распределение остаточных напряжений в соединениях АМгб. - Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» - Харьков; 2012. – 6 с.
10. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Способ и устройство для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов. - Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета; ISSN 0236-3941. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Машиностроение” 2014. № 2, 121 с.

11. Ермолин С.А., Тарасов А.С., Технологические возможности инвентарных источников питания для механизированной дуговой сварки. - Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» - Санкт-Петербург; ISSN0135-3500. Записки Горного института. Т.209; 5 с.

12. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Исследование процесса импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа. - Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета. - Юрга; ISSN 0236-3941. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Машиностроение”. 2014. № 5, 7 с.

13. И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Креницына Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

14. Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;

15. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности;

16. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы;

17. СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение;

18. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

19. ГОСТ 12.1.019-70 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;

20. ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в ЧС. Основные положения;

21. Трудовой кодекс, № 197-ФЗ/ Ст. 184 ТК РФ. Гарантии и компенсации при несчастном случае на производстве и профессиональные заболевания;
22. ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Роботы электросварочное. Требования к безопасности;
23. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).