

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

Институт неразрушающего контроля _____
Направление подготовки 15.04.01. машиностроение _____
Кафедра оборудования и технологии сварочного производства _____

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
ВЛИЯНИЕ РОДА И ПОЛЯРНОСТИ ТОКА НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ШВА ПРИ СВАРКЕ ПОКРЫТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

УДК 621.791.75:621.791.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ41	Булдаков Сергей Васильевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Киселев А.С.	К.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Чистякова Н.О.	К.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) - 15.04.01. машиностроение
Кафедра - Оборудования и технологии сварочного производства

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

ЗАДАНИЕ

На выполнение выпускной квалификационной работы

В форме: _____ магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ41	Булдакову Сергею Васильевичу

Тема работы:

Влияние рода и полярности тока на геометрические параметры шва при сварке покрытыми электродами	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	24.03.2016 №2197/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Ручная дуговая сварка электродом с основным типом покрытия
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Литературный обзор проблемы использования переменного тока, влияние покрытых электродов на геометрию сварного шва при сварке на переменном токе, особенности горения дуги переменного тока 2. Методика проведения экспериментов, выбор оборудования 3. Результаты и обсуждения экспериментов 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность

	6. Заключение и выводы
Перечень графического материала	1. Тема диссертации 2. Обоснование выбора данной темы 3. Актуальность работы 4. Цель и задачи исследования 5. Исследования, проводившиеся для решения поставленных задач 6. Заключение и выводы
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
1. Литературный обзор 2. Методика проведения экспериментов 3. Экспериментальная часть 4. Заключение	Филишов Евгений Николаевич
5. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение	Чистякова Наталья Олеговна
6. Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна
Название разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	Литературный обзор: актуальность проблемы, технологические свойства сварочной дуги, сварка на переменном токе, способы повышения устойчивости горения сварочной дуги на переменном токе, сварка покрытыми электродами, обоснование экспериментов.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	25.09.2014
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		25.09.2014

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ41	Булдаков Сергей Васильевич		25.09.2014

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

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки (специальность) - 15.04.01. Машиностроение
 Кафедра – Оборудования и технологии сварочного производства
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2014/2015 и 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела
02.04.2016	. Литературный обзор	25
12.04.2016	. Методика проведения экспериментов	10
13.05.2016	. Экспериментальная часть	25
26.05.2016	. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
26.05.2016	. Социальная ответственность	15
30.05.2016	. Заключение и выводы	10

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н., доцент		

Реферат

Магистерская диссертация состоит из – 95 с., 29 рисунков, 29 таблиц, 21 использованного источника, 4-х приложений.

Ключевые слова: сварка, магнитное дутье при сварке покрытыми электродами, стабилизация горения дуги, род и полярность тока, геометрия шва.

Объектом исследования магистерской диссертации является геометрические параметры сварного шва.

Цель работы – выявление влияния рода и полярности тока на геометрические параметры шва при сварке покрытыми электродами.

В работе исследована зависимость глубины и ширины проплавления металла при различном роде и форме тока, а также при разной силе тока.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- проведен анализ отечественной и зарубежной литературы, сформулирована актуальность исследований с постановкой задачи;
- проведен ряд экспериментов;
- была выявлена зависимость глубины и ширины проплавления металла от силы тока и разных его форм.

Определения, обозначения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе применены следующие обозначения и сокращения:

- КПД – Коэффициент полезного действия;
- УСГД – Устройство стабилизации горения дуги;
- TIG - Tungsten Inert Gas;
- ТДМ – Трансформатор для дуговой сварки, механического регулирования сварочного тока;

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- РД 153-34.1-003-01 – «Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования»
- РД 25.160.00 – КТН011-10 – «Сварка при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов»;
- ГОСТ 12.1.003-83 – «Шум. Общие требования безопасности»;
- СНиП 23-03-2003 – «Защита от шума»;
- ГОСТ 12.3.003-86 «Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные»;
- ФЗ-123 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность»;
- ГОСТ 12.1.010-76 «Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность»;
- ГОСТ 12.3.002-75 «Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные»;
- ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарные и гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне».

Оглавление	С
Введение.....	9
Глава 1. Литературный обзор.....	11
1.1. Актуальность проблемы	11
1.2. Технологические свойства сварочной дуги.....	12
1.3. Сварка на переменном токе.....	13
1.4. Способы повышения устойчивости горения сварочной дуги переменного тока	15
1.5. Сварка покрытыми электродами	17
1.6. Обоснование экспериментов.....	18
Глава 2. Методика проведения экспериментов	19
2.1. Выбор материала образцов.....	19
2.2. Выбор электродов	20
2.3. Выбор оборудования.....	21
2.4. Методика подготовки шлифов.....	25
2.5. Измерение микротвердости.....	28
Глава 3. Экспериментальная часть	36
Глава 4 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	44
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	44
4.2 Технология QuaD	44
4.3 SWOT-анализ.....	46
4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	48
4.5 Планирование научно-исследовательских работ	49
4.5.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	49
4.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ	49
4.5.3 Разработка графика проведения научного исследования	50
4.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	54
4.6.1 Расчет материальных затрат НТИ	54
4.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	55
4.6.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	56
4.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	57
4.6.5 Накладные расходы	58
4.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	58
4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	58
Глава 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	62

Введение	62
5.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.	62
5.1.1 Повышенный уровень шума.	62
5.1.2. Недостаточное освещение.	63
5.1.3. Отклонение параметров микроклимата.	64
5.3. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.	67
5.4. Экологическая безопасность.....	69
5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	70
5.6. Организационные вопросы обеспечения безопасности.	72
Заключение	75
Список использованных источников	77
Приложение А	79
Приложение Б.....	87
Приложение В	90
Приложение Г	94

Введение

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

При сварке имеет место дуга постоянного и переменного тока. Основное преимущество дуги постоянного тока заключается в стабилизации горения. В дугах переменного тока происходят непрерывные изменения направления и силы тока. Такие дуги угасают каждый раз при переходе тока через ноль и возобновляют горение снова в начале каждого полупериода питающего их переменного тока [2]. Поэтому дуга переменного синусоидального тока нуждается в стабилизации. В настоящее время данная проблема решается путем применения устройств стабилизации горения дуги, а также использование переменного прямоугольного тока.

Наличие внешнего магнитного поля способствует нарушению горения дуги постоянного тока. Под влиянием магнитного дутья дуга может перемещаться, изменять свою длину и форму и весьма часто обрываться – все это нарушает стабильность процесса сварки [3].

В случае с переменным током ослабляется электромагнитная сила взаимодействия магнитного поля с током. В результате все явления магнитного дутья в дуге переменного тока значительно ослабляются и практически незаметны даже при значительных токах.

Дуговая сварка на переменном токе значительно экономнее с точки зрения расхода электроэнергии: КПД сварочных трансформаторов выше, чем у источников питания постоянного тока. Снижаются также расходы на эксплуатацию и обслуживание сварочного оборудования, так как сварочные трансформаторы более простые по устройству, требуют минимального ухода и текущего ремонта: кроме того, они существенно дешевле и легче, занимают меньшую производительную площадь, чем обычные источники питания

постоянного тока. Сварочные трансформаторы могут работать в более суровых условиях [4].

Преимущества сварки переменным током в том, что данный ток позволяет получить качественное формирование шва с высокими геометрическими показателями и профилем проплавления, также возможно качественное отличие соединений, отличие структуры металла шва и околошовной зоны полученных при сварке как переменным, так и постоянным током [4].

Глава 1. Литературный обзор

1.1. Актуальность проблемы

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

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

Сварку постоянным током характеризует такое отрицательное явление как магнитное дутье, что является следствием взаимодействия собственного магнитного поля дуги с полем сварочного контура. Под влиянием магнитного дутья дуга может перемещаться, изменять свою длину и форму, а также довольно часто обрываться – все это нарушает стабильность процесса сварки [4].

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

Также в нормативной документации рассмотрена проблема магнитного дутья и предложены методы борьбы с ней:

При сварке трубопроводов и других массивных металлоконструкций из ферромагнитных сталей довольно частым явлением бывает так называемое «магнитное дутье», которое значительно затрудняет ведение процесса сварки и приводит к образованию дефектов в сварном шве. Для устранения или уменьшения магнитного дутья могут быть применены следующие

мероприятия: выполнять сварку, когда это возможно, на переменном токе [РД 153-34.1-003-01].

Переменный ток позволяет получить качественное формирование шва с благоприятными геометрическими показателями и профилем проплавления. Структура металла сварочного шва получается более мелкозернистая, качество сварного шва лучше, чем при сварке постоянным током электродами одной и той же марки [4].

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

Следовательно, проблема, рассматриваемая в данной работе, а именно: «влияние рода и полярности тока на геометрические параметры шва при сварке покрытыми электродами» является не менее актуальной, чем проблема магнитного дутья.

1.2. Технологические свойства сварочной дуги

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

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

Отклонение столба дуги под действием магнитного поля, наблюдаемое в основном при сварке постоянным током, называют магнитным дутьем [3].

1.3. Сварка на переменном токе

Универсальным методом борьбы с магнитным дутьем является применение переменного тока. Дугу переменного тока окружает переменное магнитное поле, действующее как движущее поле. В любом замкнутом проводнике движущее поле индуцирует токи. Следовательно, переменное магнитное поле дуги индуцирует токи в частях заготовки. Направление этих дополнительных (вихревых) токов таково, что в любой момент времени создаваемые ими магнитные поля направлены противоположно основному магнитному полю сварочного тока (Рисунок 1.).

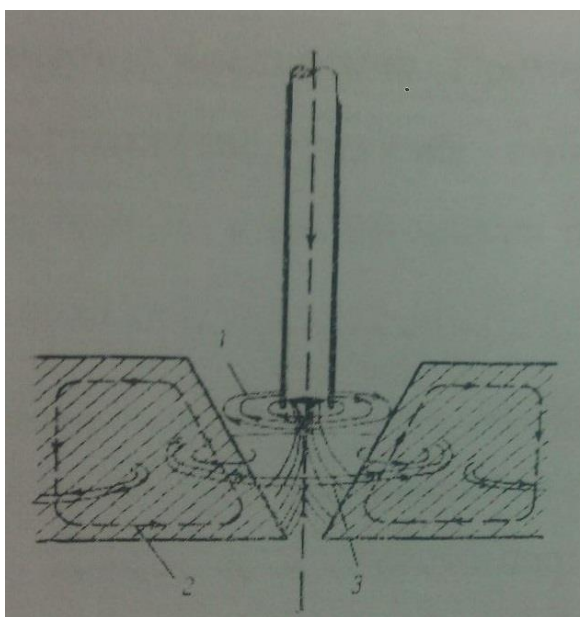


Рисунок 1. Влияние вихревых токов на основное магнитное поле дуги переменного тока: 1 – основное магнитное поле; 2 – линии вихревых токов; 3 – магнитное поле вихревых токов.

Именно частичной нейтрализацией основного магнитного поля дуги магнитным полем вихревых токов можно объяснить ослабление магнитного дутья при сварке на переменном токе [5].

Из множества свойств и особенностей дуги переменного тока для сварки особенно важны те, которые влияют на устойчивость горения дуги и перенос электродного металла. В общем виде устойчивость любого процесса оценивают по изменению энергии системы тел, участвующих в этом процессе [3].

Дуга переменного тока периодически, с частотой питающей сети f , изменяет свою полярность, гаснет и зажигается вновь с частотой $2f$. При использовании тока промышленной частоты $f=50$ Гц электрод и изделие 50 раз за секунду поочередно бывают катодом и анодом, т.е. 50 раз в секунду происходит разрушение и формирование катодной и анодной областей и активных пятен, а также переориентация заряженных частиц в столбе дуги. Ток дуги, величина которого непрерывно изменяется в течении каждого полупериода по синусоидальному закону, обуславливает изменение радиальных размеров столба, его температуры, размеров изотермических областей активных пятен на электродах, что в ряде случаев является причиной существенного различия технологических свойств дуг переменного и постоянного токов [3;6].

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

Наличие перерывов в горении – характерная особенность сварочной дуги переменного тока. К концу полупериода перед угасанием дуги и после него с некоторым отставанием температура дугового газа существенно уменьшается (практически в два раза) [7].

Стабильность процесса сварки на практике оценивают двумя методами: непосредственно во время проведения самой сварки или же после обработки результатов, характеризующих сварку. Первый – это субъективный метод, когда сварщик наблюдает непосредственно за горением дуги и оценивает начальное зажигание дуги, разбрызгивание металла, эластичность дуги. По второму методу определяют параметры дугового процесса: частоту обрыва горения дуги; минимальное напряжение холостого хода сварочного трансформатора, при котором все еще возможно стабильное горение дуги; разрывную длину дуги [4;8].

Устойчивые критерии стабильности горения дуги учитывают многие физические процессы как в дуге, так и в ее цепях питания. Их применяют без

каких-либо изменений для оценки устойчивости горения дуги как с плавящимися электродами. Процесс переноса металла так же существенно влияет на устойчивость процесса и при разработке критериев стабильности горения дуги должен учитываться [4].

От характера переноса электродного металла зависят такие показатели сварки, как стабильность, качество металла шва, потери металла, возможность или легкость осуществления сварки в наклонном, вертикальном и потолочном положениях [4].

1.4. Способы повышения устойчивости горения сварочной дуги переменного тока

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

Металлургические способы:

Активирование легкоионизирующимися добавками, вводимыми через сварочную проволоку, покрытие электрода или защитную среду, в которой горит дуга. Устойчивость горения дуги повышается за счет уменьшения эффективного потенциала ионизации дугового разряда, что в свою очередь ведет к уменьшению сопротивления дугового промежутка и увеличению постоянной времени дуги. Этот способ получил широкое применение в сварочной практике. Однако имеет ряд недостатков: уменьшается производительность сварки за счет катодного падения напряжения, уменьшается глубина проплавления изделия за счет уменьшения плотности тока, часто ухудшаются механические свойства металла шва [4;9].

Электрические способы:

Обеспечение высокой скорости нарастания напряжения и силы тока при смене полярности. При этом способе, применяются источники питания повышенной частоты, источники питания с крутопадающей внешней характеристикой, а также имеющие прямоугольную форму кривой тока. Этот способ значительно улучшает стабильность горения дуги [4;10].

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

Применение инверторных источников питания переменного тока. Высокая частота выходного напряжения инверторного источника питания позволяет получить высокую стабильность горения дуги [4].

Сварка на повышенных частотах имеет ряд преимуществ:

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

2. Питание дуги током высокой частоты должно привести за счет индукционного нагрева металла к некоторому подогреву плавящегося электрода и дополнительному нагреву отрывающейся от него капли металла. При прочих равных условиях в сварочную ванну будет поступать больше тепла, что повысит КПД, с так же производительность процесса.

3. Сварка на переменном токе повышенной частоты позволяет исключить из сварочных аппаратов достаточно мощные и дорогостоящие выпрямители с соответствующими охладителями, а это уменьшает массу и габариты аппаратов [11].

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

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

Кратковременный искровой разряд развивается в дуговой, поддерживаемый основным источником питания. Сварочный осциллятор способен обеспечить надежную стабильность горения практически любой сварочной дуги переменного тока. Однако, осциллятор имеет ряд недостатков: он создает значительные радиопомехи, требует специальной защиты сварщика, сварочного источника питания и другого оборудования от сети высокого напряжения [4;12].

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

1.5. Сварка покрытыми электродами

При ручной дуговой сварке покрытыми электродами существенное повышение качества сварных швов и производительности сварки достигается за счет применения электродов с основным покрытием. Применение сварочных трансформаторов с УСГД позволяет реализовывать преимущества переменного тока при сварке такими электродами [4].

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

При использовании источника питания, имеющего УСГД коэффициент потерь K_n несколько меньше, чем при использовании источника питания или сварочного трансформатора без УСГД. За счет снижения потерь увеличивается коэффициент наплавки – K_n . Тенденция увеличения K_n и уменьшения K_n характерна для сварки с импульсной стабилизацией горения дуги. Она четко наблюдается при сварке электродами с основным покрытием. Объяснить это можно тем, что при сварке переменным током электрод половину времени

плавится при прямой полярности, а остальное время – при обратной полярности. При прямой полярности покрытие электрода плавится менее интенсивно, вследствие чего образуется небольшой козырек, и расплавление металла стержня электрода без разбрызгивания стекает в жидкую ванну [4].

1.6. Обоснование экспериментов

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

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

Возникает необходимость в проведении экспериментов по выявлению влияния рода и полярности тока на геометрические параметры шва при сварке покрытыми электродами. А именно выявление отличий между геометрическими параметрами, анализ микро- и макроструктуры.

Глава 2. Методика проведения экспериментов

2.1. Выбор материала образцов

Для проведения экспериментов были выбраны образцы из стали 09Г2С, а именно труба \varnothing 57мм, толщиной стенки трубы 5 мм. Сталь является конструкционной, низколегированной. Химический состав и механические свойства представлены в таблице 1 и таблице 2, соответственно.

Таблица 1. – Химический состав в % материала 09Г2С

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0,12	0,5 – 0,8	1,3 – 1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Таблица 2. – Механические свойства материала 09Г2С

Сортамент	Размер	σ_b	σ_T	δ_5	КСУ
	D, мм	МПа	МПа	%	ДЖ / см ²
Труба	57	490	343	20	78,4

Химический состав и механические свойства по ГОСТ 19281-89.

Сталь марки 09Г2С имеет ряд свойств:

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

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

Данная марка стали широко используется в сварных конструкциях. Сварка стали 09Г2С может производиться как без подогрева, так и с подогревом до 100-200 С. В донной стали мало углерода, что делает сварку довольно простой, при этом сталь не закаливается и не перегревается в процессе сварки. Поэтому не происходит увеличение зернистости и не снижается пластичность металла. Также эта сталь не склонна к отпускной хрупкости, а вязкость после отпуска не снижается. Для сварки 09Г2С можно применять любые электроды, которые предназначены для сварки низколегированных и малоуглеродистых сталей, такие как LB 52U, Э50А и Э42А.

2.2. Выбор электродов

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

Ряд преимуществ электродов LB 52U:

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

Данные электроды используются в газовой и нефтяной промышленности. Электродами этой марки возможно производить сварочные работы на магистральных трубопроводах в различных климатических условиях.

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

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

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

Швы, сваренные при помощи такого электрода, прочны и ударостойкие. Поэтому данные электроды применяют при сварке резервуаров и конструкций, которые эксплуатируются в морской воде.

Перед вводом в эксплуатацию электроды подвергаются термической обработке, или прокаливаются в условиях воздействия высоких температур (300-350 С). Обработка производится в течение 30-60 минут. Этот шаг является необходимым при выполнении сварочных работ данными электродами. Это нужно для того, чтобы удалить влагу из покрытия электрода, так как наличие высокого уровня влаги снижает качество получаемого шва.

2.3. Выбор оборудования

Для выполнения экспериментов было применено следующее оборудование, указанное в таблице 4.

Таблица 4. – Применяемое сварочное оборудование.

№ п.п	Применяемый источник питания
1	Сварочный инвертор СВАРОГ TIG 160 AC/DC
2	Сварочный трансформатор ТДМ 317 У2
3	Стабилизатор горения дуги УСГД

Сварочный инвертор СВАРОГ TIG 160 AC/DC (рисунок 2) позволяет сваривать металлы как на постоянном токе, так и на переменном. Также с данного аппарата возможно увеличить КПД сварочного процесса до 85 %, обеспечить точное и удобное управление силой сварочного тока, стабильность и устойчивость дуги [13].



Рисунок 2. Сварочный инвертор СВАРОГ TIG 160 AC/DC

Важной особенностью сварки на переменном токе является прямоугольная форма тока, что обеспечивает устойчивость дуги, возможность установки оптимального баланса и превосходное качество сварки. В данных аппаратах предусмотрено возможность увеличения значения сварочного тока для надежного поджига дуги и разогрева сварочной ванны на начальной стадии сварки. Характеристики инвертора представлены в таблице 5 [13].

Таблица 5. – Основные характеристики сварочный инвертор СВАРОГ TIG 160 AC/DC

Тип	TIG 160 AC/DC
Параметры электросети, В	1-фазное напряжение 220+10%
Частота, Гц	50/60
Номинальный ток (А) потребления	15
Потребляемая мощность, кВт	3,3
Номинальный сварочный ток, А	160
Диапазон регулирования сварочного тока, А	10-160
Форсаж дуги, %.	-
Напряжение холостого хода, В	45
Рабочее напряжение дуги, В	16,4

Рабочая частота, Гц	60
Баланс полярности, %	20-80
Время спада тока, сек.	2-10
Дистанционное управление	Да
Способ возбуждения дуги	Высокочастотный разряд
КПД, %	85
ПВ, %	60
Коэффициент мощности	0,93
Класс изоляции	F
Класс защиты	IP23
Вес, кг	19
Габаритные размеры, мм	480x240x330

Сварочный трансформатор ТДМ 317 У2 (рисунок 3) служит для питания одного сварочного поста однофазным переменным током частотой 50 Гц при ручной дуговой сварке, резке и наплавке металла. Трансформаторы выполняются на одно из напряжений сети. 220 В, 50 Гц; 380 В, 50 Гц [14] Технические данные представлены в таблице 6.



Рисунок 3. Сварочный трансформатор ТДМ 317 У2

Таблица 6. – Основные характеристики сварочного трансформатора ТДМ 317
У2

Тип	ТДМ 317
Напряжение питающей сети при частоте 50 Гц, В	220, 380
Номинальный сварочный ток, А	315
Продолжительность работы при цикле 5 мин., %	60
Номинальное рабочее напряжение, В	33
Пределы регулирования сварочного тока, В	60-360
Номинальная полезная мощность, кВт	10,4
КПД, %	0,3
Степень защиты	IP22
Класс изоляции	Н
Габаритные размеры, мм	585x555x820
Масса, кг	130

Для стабильного горения дуги было выбрано устройство стабилизации горения дуги (УСГД). Силовая цепь этого УСГД (рисунок 4) представляет собой последовательно соединенные источник питания U_3 , реактор L , коммутируемый конденсатор C , коммутатор $VS1-VS2$ [4].

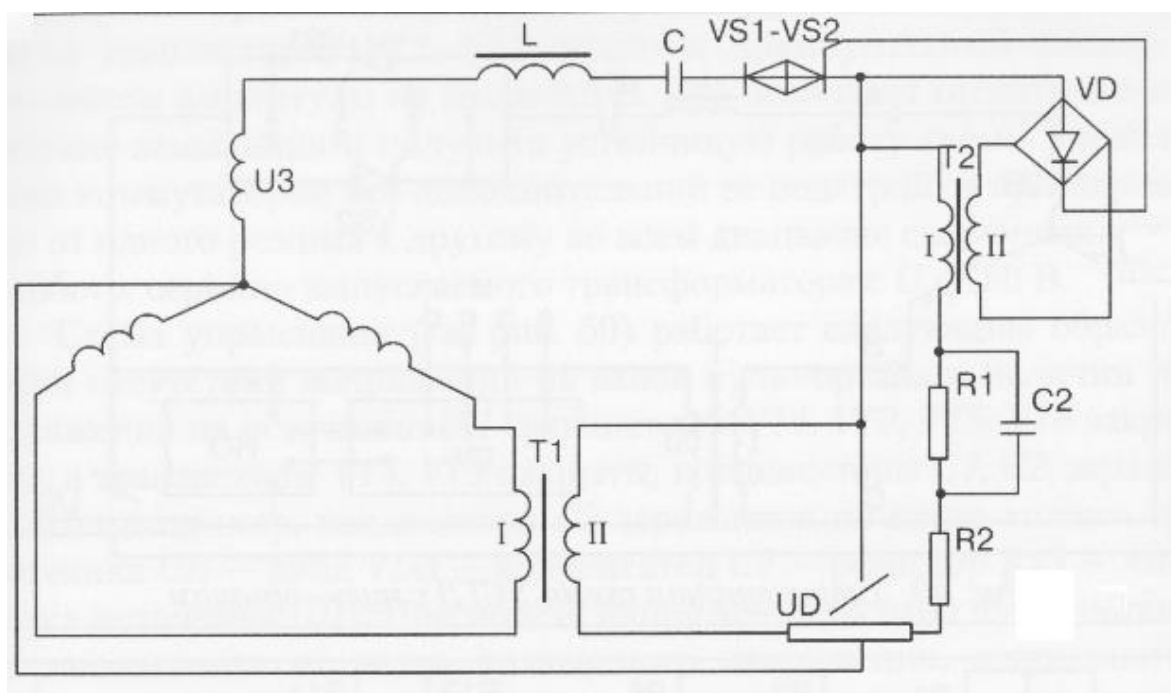


Рисунок 4. Резонансный УСГД: принципиальная электрическая схема.

Она присоединена к дуговому промежутку UD, к которому подключен сварочный трансформатор T1. Этот УСГД не боится коротких замыканий блока питания коммутируемого конденсатора С, потому что сам конденсатор С здесь является токоограничивающим элементом. В этом устройстве зарядный трансформатор отсутствует, так как коммутируемый конденсатор заряжается непосредственно от сети. Принцип работы устройства основан на том, что предварительно заряженный от источника U3 конденсатор С при включении коммутатора VS1-VS2 импульсно разряжается и перезаряжается через дуговой промежуток UD, стабилизируя горение дуги, а при отсутствии дуги (на холостом ходу трансформатора T1) – через его вторичную обмотку (рисунок 5) [4].

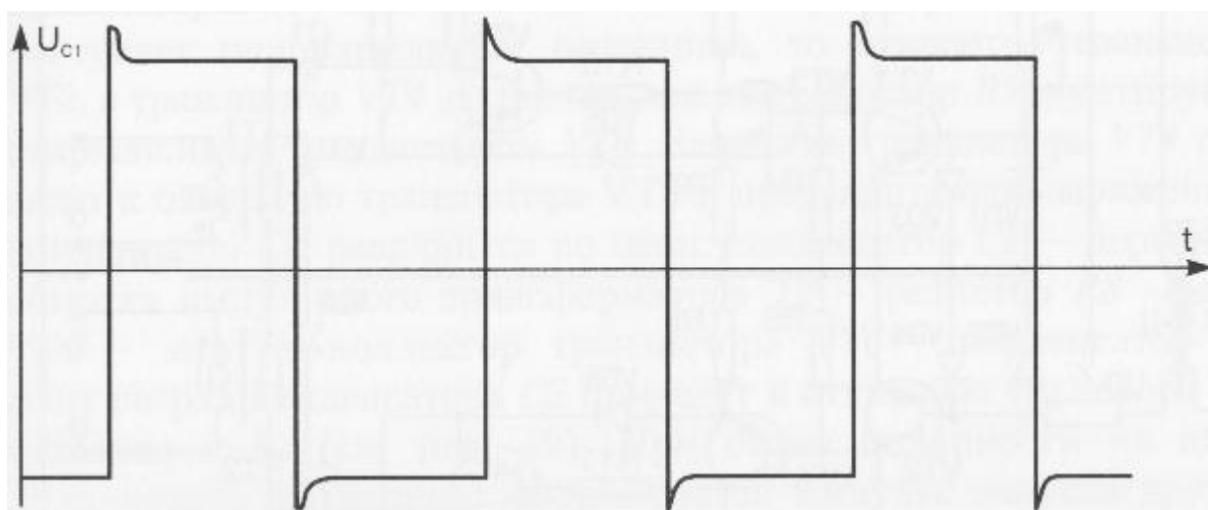


Рисунок 5. Эпюры напряжения на коммутируемой емкости С.

Такое исполнение силовой части УСГД рационально, поскольку исключаются активные потери при формировании стабилизирующего импульса с одновременной защитой зарядного блока конденсатора С [4].

2.4. Методика подготовки шлифов

Подготовка плоской поверхности микрошлифа включает в себя несколько этапов:

1. Вырезка и выравнивание поверхности.
2. Шлифование.
3. Полирование.

Все перечисленные операции должны проводиться таким образом, чтобы они не изменили макроструктуру металла. В этом отношении особенно ответственны первая и вторая операции, которые не должны сопровождаться деформацией поверхностных слоев и нагревом образца. Поверхность подготовленного образца должна быть зеркально гладкой, плоской по всей его поверхности, без царапин и загрязнений.

Вырезку образца для изготовления микрошлифа обычно проводят абразивными кругами, выравнивание поверхности – на токарных, фрезерных или шлифовальных станках. На этой стадии подготовки образца, необходимо свести к минимуму деформацию поверхности и нагрев образца, что достигается надлежащим выбором инструмента и режима обработки, а также интенсивным охлаждением обрабатываемой поверхности и инструмента [15].

Шлифование проводят с целью уменьшения неровностей на поверхности образца. При этом используют шлифовальную шкурку различных номеров, которые обозначают размер зерен абразивного порошка, прикрепленного к бумажной основе шкурки. Абразивом могут быть электрокорунд, карбид кремния и другие твердые вещества; размер зерен абразива на разных номерах шкурки может составлять от 250 до 4 мкм. При шлифовании вручную, шкурку помещают на стекло, образец прижимают обрабатываемой поверхностью к шкурке и перемещают возвратно-поступательными движениями. Шлифование можно проводить также на станке с горизонтально расположенным вращающимся кругом, на котором закрепляют шкурку. Образец прижимают к кругу вручную или фиксируют в специальном приспособлении. Перед шлифованием обрабатываемую поверхность очищают от частиц металла и абразива [15].

Движение образца при шлифовании вручную производят под углом 90° к направлению царапин от предшествовавшей обработки. Шлифуют до тех пор, пока полностью не исчезнут все следы царапин от предыдущей операции. Затем образец вновь очищают от налипшей наждачной пыли и переходит к шлифованию шкуркой более мелким абразивом. Обычно оказывается

достаточным использовать шлифовальные шкурки №4-5. После завершения шлифования образец тщательно промывают под струей воды [15].

Полирование служит для дальнейшего уменьшения неровностей на плоской поверхности образца. Полирование заканчивают, когда на поверхности исчезнут всякие риски, а сама поверхность станет зеркально гладкой. Полирование проводят механическим, электролитическим либо химическим методами.

Для механического полирования используют станок с вращающимся кругом, который обтянут тканью (фетром, сукном, драпом и т.д.). в качестве абразива чаще всего применяют тонкоизмельченный оксид хрома, который в виде взвеси в воде наносят на поверхность круга во время его вращения. Образец шлифованной поверхностью слегка прижимают к поверхности круга. Во время полировки образец перемещают от периферии к центру круга и периодически поворачивают. Для получения хороших результатов при полировании необходимо, чтобы образец и руки оператора были очищены от шлифовального абразива. Круг во время полирования должен быть влажным. Механическое полирование можно производить также с помощью алмазных паст, в которых размеры зерен абразива могут достигать до 1 мкм. Пасту наносят на ватман тонким слоем и полирование проводят также, как и шлифование образца [15].

В способе электролитического полирования используют эффект растворения анода. На поверхности образца-анода при пропускании тока через электролит происходит растворение и выравнивание выступов. По-видимому, это результат образования у поверхности образца вязкого слоя, состоявшего из продуктов реакции металла и электролита. Толщина слоя над выступами и, следовательно, его электросопротивление в этих местах меньше, чем над впадинами. Поэтому во время электролитического полирования происходит преимущественное растворение выступов, и поверхность микрошлифа становится гладкой. Качество полирования зависит от исходного состояния поверхности образца, расстояния между образцом и катодом, плотности тока,

температуры перемешивания электролита. Преимущество электролитического полирования перед механическим состоит в том, что электролитическое полирование удаляет деформированный слой, образовавшийся на поверхности образца при шлифовании, тогда как при механическом полировании этого не происходит. Поэтому при изготовлении образцов из мягких материалов электрополирование практически незаменимо. Недостатками электрополирования являются, ускоренное растворение металла вблизи неметаллических включений и возникновению “завала” кромок образца [15]. В некоторых реактивах взаимодействие с неровной поверхностью образца дает эффект выглаживания поверхности и в отсутствие тока. Такое полирование называется химическим.

После полирования шлиф промывают в воде либо, если металл окисляется, в этиловом спирте и просушивают фильтровальной бумагой [16].

2.5. Измерение микротвердости

Для испытания металлов на микротвердость методом вдавливания в качестве наконечника применяются алмазные пирамиды. Наиболее распространена пирамида с квадратным основанием и углом при вершине между противоположными гранями в 136° . На рисунке 6 изображен наконечник данного типа. При испытании однородного материала с помощью такого наконечника значения твердости почти не зависят от применяемой нагрузки в интервале от 1 г. до 1 кг.

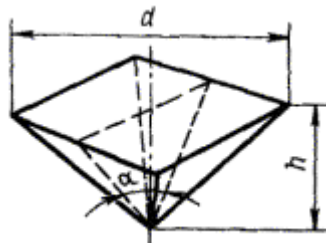


Рисунок 6. Стандартный пирамидальный наконечник.

Размеры отпечатка, полученного в материале в результате вдавливания какого-либо наконечника, уменьшаются при удалении нагрузки за счет упругой деформации материала. Поэтому различают отпечаток при неснятой нагрузке и

отпечаток при снятой нагрузке. Обычно при испытании с помощью конуса, шарика или квадратной пирамиды, измеряется отпечаток после снятия нагрузки и удаления наконечника, т.е. восстановленный отпечаток [17].

Число твердости H определяется как отношение нагрузки к боковой поверхности восстановленного отпечатка. При этом предполагается, что угол между гранями пирамидального восстановленного отпечатка остается таким же, как и угол между гранями не восстановленного отпечатка, или тоже что и угол между гранями наконечника. Если обозначить через d длину диагонали восстановленного отпечатка, α – угол между гранями наконечника, P – нагрузку на пирамиду, h – глубину восстановленного отпечатка, то

$$H = 2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{P}{d^2}, \text{ при } \alpha = 136^\circ, H = 1,854 \cdot \frac{P}{d^2} \quad (1)$$

Для глубины вдавливания также принимается, что угол между гранями пирамидального восстановленного отпечатка остается таким же как и у наконечника.

$$h = \frac{d}{\sqrt[2]{2 \tan \frac{\alpha}{2}}} \text{ при } \alpha = 136^\circ, h = \frac{d}{7} \quad (2)$$

Хорошо выполненные алмазные пирамиды наконечников должны иметь острые ребра, вершина не должна иметь закругления, грани должны быть плоскими, тщательно отполированными, в целях уменьшения коэффициента трения между алмазом и исследуемым материалом [17].

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

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

неповрежденные отпечатки даже на весьма хрупких материалах или структурных составляющих [17].

Измерение микротвердости производится либо при помощи специальных приборов, совмещающих в своей конструкции элементы микроскопа для наблюдения структуры и измерения отпечатка с элементами, предназначенными для получения отпечатков, либо при помощи специальных приспособлений к металлографическим микроскопам.

Прибором, получивший распространение, является прибор ПМТ-3 отечественной конструкции.

Прибор устроен следующим образом: основание 1 (рисунок 7) представляет собой коробку, открытую снизу и снабженную внутри ребрами жесткости. На основание закреплена цилиндрическая колонка 2, имеющая снаружи ленточную резьбу. Кронштейн 5 можно передвигать по колонке с помощью кольцевой гайки 3 вдоль точно пригнанной шпонки [18].

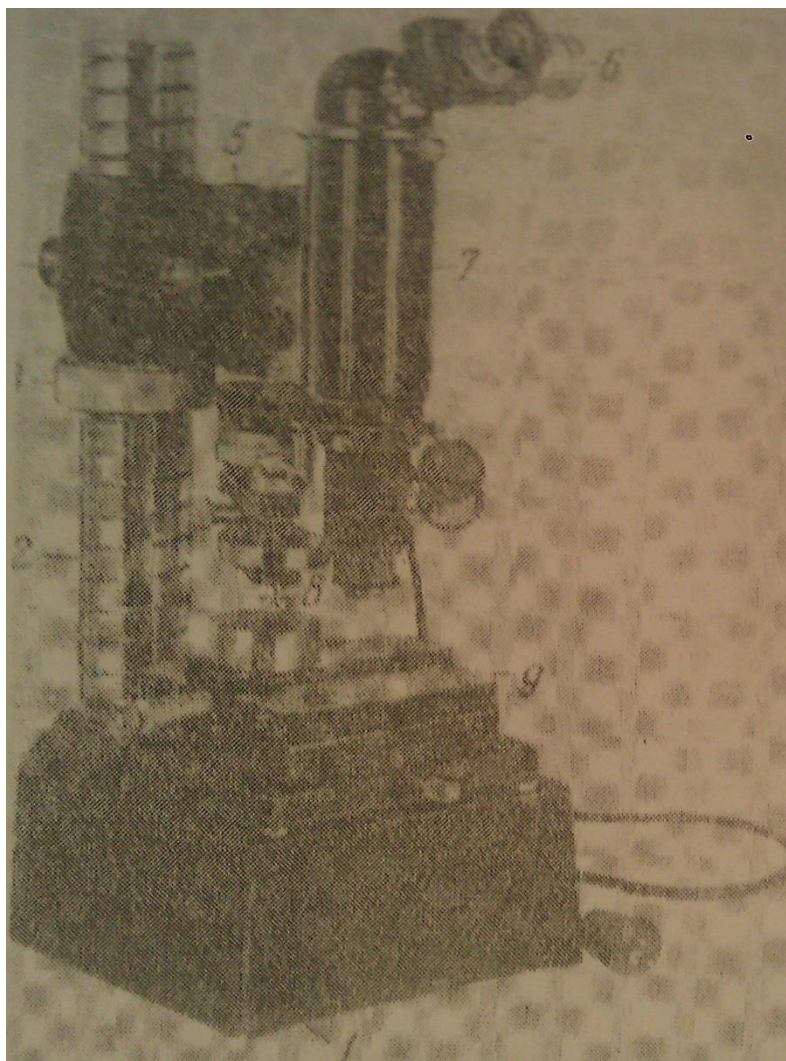


Рисунок 7. Внешний вид прибора ПМТ-3 с наклонной окулярной насадкой

Кронштейн закрепляется на колонке при помощи разрезной втулки 4 с зажимным винтом. Кронштейн несет тубус микроскопа 7 и кронштейн наконечника 8. В верхнюю часть тубуса для визуального наблюдения устанавливается наклонная трубка с фото насадкой для фотографирования [19].

В кронштейне 5 между колонкой и тубусом размещены механизмы грубой и микрометрической подачи, рукоятки которых выведены снаружи кронштейна в местах, удобных для пользования. Для производства отсчетов микроподачи один из барашков снабжен делениями, причем одно деление соответствует 0,002 мм подъема или опускания тубуса [18].

Предметный столик 9 имеет взаимно перпендикулярное движение, удобное при исследовании поверхности шлифа. Длина хода столика в каждом направлении 10 мм.

Отпустив стопорный винт, можно поворачивать столик от упора до упора (приблизительно на 180°) из начального положения, в котором фиксируется место испытания, во второе положение для выполнения отпечатка и обратно в первое положение для измерения диагонали отпечатка [18].

При такой конструкции столика обеспечивается совмещение места, намеченного для испытания, с местом фактического отпечатка с точностью до трех микрон. Столик снабжен подставкой для исследования цилиндрических поверхностей и пластинкой, на которую с помощью пластилина можно установить деталь любой конфигурации исследуемой поверхностью вверх. На рисунке 7 показано такое положение столика, при котором исследуемый образец находится под острием наконечника при получении отпечатка [18].

Винтовой окулярный микрометр 6 состоит из компенсационного окуляра, неподвижной сетки и отчетного приспособления с подвижной сеткой. На подвижной сетке нанесены пунктирный угольник с прямым углом и две риски. Угольник служит для наводки на отпечаток, а риски для произведения отсчетов. На неподвижной сетке нанесены пять штрихов через 1 мм и угольник, вершина которого совпадает с делением 0. Подвижной угольник и риски перемещаются точным винтом с барабаном на конце. Цена деления барабана микрометра 0,01 мм. полный оборот барабана соответствует перемещению подвижного угольника и рисков на 1 мм, а весь ход винта обеспечивает их перемещение на расстояние до 5 мм [18].

В механизме нагружения прибора ПМТ-3 (рисунок 8) шток 1 с алмазной пирамидой А укреплен на свободных концах двух упругих пластин 2 и 3. При юстировке прибора механизм нагружения при помощи гайки 4 устанавливается по высоте так, чтобы острие алмаза А касалось поверхности образца П тогда, когда по этой поверхности фокусируется микроскоп прибора [18].

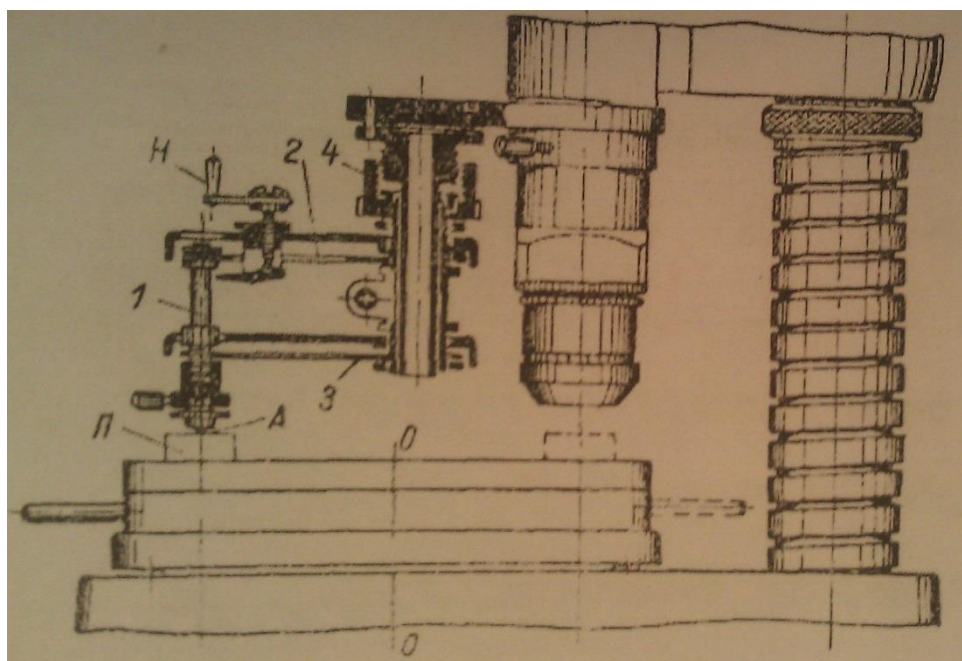


Рисунок 8. Схема нагружающего устройства прибора ПМТ-3.

При правильной установке механизма острие алмаза свободного ненагруженного наконечника оставляет на поверхности шлифа едва заметный отпечаток, при увеличении 487 крат.

Для нагружения применяются специальные гири весом 2, 5, 10, 20, 50, 100 и 200 г, имеющие форму шайб с вырезом, укладываемые на утолщенную часть штока. Подъем и опускание штока осуществляется поворотом на пол-оборота рукоятки Н, что соответствует перемещению алмазной пирамиды на 1 мм. ошибка в величине нагрузки, происходящая в результате влияния упругости самих пружинных пластин при вдавливании, мала и составляет, в частности, для отпечатка с диагональю 140 мкм всего около 0,3 г [18].

Прежде чем перейти к непосредственному измерению отпечатков на приборе ПМТ-3, необходимо провести ряд подготовительных операций:

- проверить исправность нагружающего механизма путем нескольких перемещений штока вхолостую с грузом 5 – 10 г, шток должен передвигаться свободно, без заеданий;

- надежно закрепить на столике исследуемый шлиф, расположив пол объективом подготовленную поверхность строго параллельно рабочей плоскости столика при помощи запрессовки шлифа в пластилин обычным ручным прессом;

- отцентрировать прибор так, чтобы центр отпечатка, получаемого от вдавливания алмазной пирамиды под нагрузкой, совмещался с вершиной угольника неподвижной сетки.

После подготовки прибора к замерам на шлифе выбирается желательное для получения отпечатка место. Намеченный груз устанавливается на площадке штока с алмазным наконечником. Предметный столик плавно поворачивается на 180° (от одного удара до другого), и выбранное место совмещается с осью алмазной пирамиды. Медленным (10 – 15 сек.) поворотом ручки шток алмаза опускается на поверхность шлифа. После выдержки под нагрузкой в течение пяти секунд ручка возвращается в исходное положение, и отпечаток поворотом предметного столика до упора (в обратном направлении) совмещается с оптической осью прибора [18].

Длина диагонали с учетом цены деления C определяется из формулы:

$$d = M \cdot C \quad (3)$$

где M – число делений микрометра,

d – диагональ отпечатка.

Существенное влияние на результаты замеров оказывает подготовка исследуемой поверхности. При такой работе, как исследование отдельных структурных элементов, сравнительно мало отличающихся друг от друга по твердости, следует избегать механического полирования и подготавливать поверхность при помощи электролитического полирования [18].

Значение микротвердости при различных методах обработки исследуемой поверхности может колебаться в значительных пределах. При механическом полировании поверхности стального образца твердость выше, чем при электролитном полировании. Это связано с упрочнением поверхностных слоев металла в результате наклепа в процессе механического полирования. Особенно чувствительны к состоянию поверхности шлифа замеры, получаемые при малых нагрузках (до 10 г), при этом помимо наклепа сказывается разрыхление поверхностного слоя металла в результате травления

и окисления. В связи с этим следует избегать глубокого травления и длительного промежутка времени между окончанием подготовки шлифа и началом испытаний. При сопоставлении результатов определения микротвердости необходимо учитывать возможный разброс получаемых значений за счет различной толщины испытываемых элементов структуры, а также за счет влияния соседних с ними элементов структуры, имеющих другую твердость. В связи с этим надлежит пользоваться средними данными из нескольких замеров, произведенных в одинаковых условиях [18].

Для получения сравнимых результатов при исследовании различных материалов можно пользоваться определением чисел твердости при постоянной заданной величине диагонали отпечатка (5, 10 или 20 мкм). Для этого на образцах производят несколько отпечатков при разных нагрузках P с таким расчетом, чтобы отпечаток с условно заданной диагональю d был между полученными отпечатками. По найденным таким образом данным строится график в координатах $\lg d - \lg P$ и определяется нагрузка, соответствующая заданной величине диагонали [17].

В целях снижения погрешности рекомендуется делать по 3 – 5 отпечатков для каждой нагрузки и значение величины диагонали брать как среднее арифметическое из отдельных определений [17].

Глава 3. Экспериментальная часть

Исследования проводили на образцах трубы из стали 09Г2С диаметром - \varnothing 57 мм и толщиной стенки - 5 мм. Перед испытаниями поверхность образцов зачищалась до металлического блеска в местах бедующей наплавки универсальной угловой шлифовальной машинкой УШМ – 125.

Для наплавки металла при постоянном токе прямой и обратной полярности, а также на переменном прямоугольном токе использовался сварочный инвертор СВАРОГ TIG 160 AC/DC (рисунок 2). Для наплавки металла при переменном синусоидальном токе использовался сварочный трансформатор ТДМ 317У2 (рисунок 3) с применением УСГД. Параметры использованного оборудования указаны в пункте 2.3.

На рисунке 9 представлены образцы на каждый из которых наплавлено по четыре валика при определенных параметрах режима сварки, при которых изменялись только род тока и его форма. Параметры режимов представлены в таблице 7

Таблица 7. – Параметры режимов наплавки валиков.

№	Род и форма тока	f , Гц.	$I_{св}$, А.	$I_{св}$, А.	$I_{св}$, А.	$d_{эл}$, мм.	Марка электрода
1	Постоянный прямой полярности	-	60	80	100	2,6	LB-52U
2	Постоянный обратной полярности	-	60	80	100	2,6	LB-52U
3	Переменный прямоугольный	50	60	80	100	2,6	LB-52U
4	Переменный синусоидальный	50	60	80	100	2,6	LB-52U

Наплавка производилась методом ручной дуговой сварки, на стационарном рабочем посту, в нижнем положении. Также наплавка всех валиков проводилась при прочих равных условиях, при одной и той же скорости и без колебаний. Каждый следующий валик наплавливали после полного остывания образца до комнатной температуры, дабы избежать термического влияния на ранее наплавленный металл.

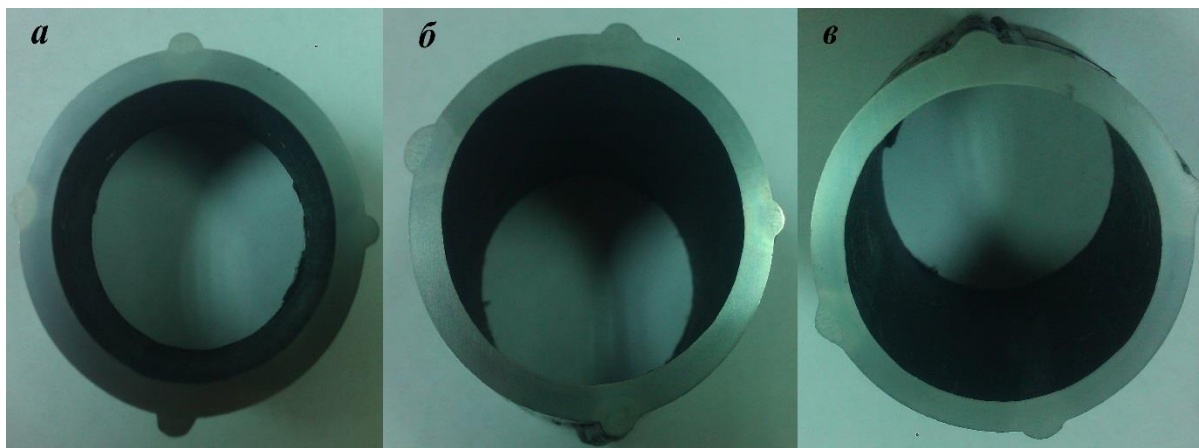


Рисунок 9. Образцы: а – наплавка металла при силе тока 60 А.; б – наплавка металла при силе тока 80 А.; в – наплавка металла при силе тока 100 А.

После наплавки металла из трубы произвели вырезку образцов для изготовления микрошлифа. Вырезка проводилась с помощью отрезного станка абразивным кругом. Вырезка производилась с охлаждением, дабы избежать пережога металла будущих шлифов.

Каждый валик полученных образцов был клеймен согласно порядку наплавления 1, 2, 3 и 4 соответственно.

Далее после вырезки были подготовлены шлифы образцов (рисунок 9). Для последующего выявления глубины и ширины проплавления металла. Для определения геометрических параметров шва был проведен анализ микро- и макроструктуры образцов. Анализируя макроструктуру, (фото которой представлено в Приложении Б), провели измерение геометрических параметров шва, а именно глубину и ширину проплавления (Таблица 8).

Исходя из полученных данных построены графики зависимостей глубины и ширины проплавления от величины сварочного тока при различных его формах и роде (Приложение В).

По построенным графикам можно выявить некоторую зависимость роста величины глубины и ширины проплавления от роста сварочного тока.

Взяв за основу то, что наилучшая глубина и ширина проплавления при прочих равных условиях, достигается при наплавке постоянным током обратной полярности с величиной тока в 80 А (см. таблицу 8).

Таблица 8. – Значения геометрических параметров.

№ п.п.	Род и полярность тока геом. параметры	Глубина проплавления, мм., при токе, А.			Ширина проплавления, мм., при токе, А.		
		60	80	100	60	80	100
1	Постоянный ток прямой полярности	1,25	1,49	1,8	6,35	8,16	7,84
2	Постоянный ток обратной полярности	0,81	1,86	1,6	5,85	7,32	8,34
3	Переменный прямоугольный ток	0,9	1,88	1,89	5,93	6,2	8,30
4	Переменный синусоидальный ток	0,66	1,15	1,27	5,3	6,54	7,45

Определили величину тока, при котором достигаются такие же геометрические параметры для постоянного тока прямой полярности, переменного прямоугольного и синусоидального тока, и построили соответствующие графики (рисунки 10, 11).

Из графика глубины проплавления (рисунок 10) видно, что та же глубина проплавления для постоянного тока прямой полярности достигается при значении тока в 100 А, для переменного прямоугольного тока при 80 А, для переменного синусоидального при значении тока более 100 А.

Из графика ширины проплавления (рисунок 11) видно, что та же ширина проплавления для постоянного тока прямой полярности достигается также при значении тока в 80 А, для переменного прямоугольного тока в промежутке между 80 и 100 А, для переменного синусоидального при значении тока более 100 А.

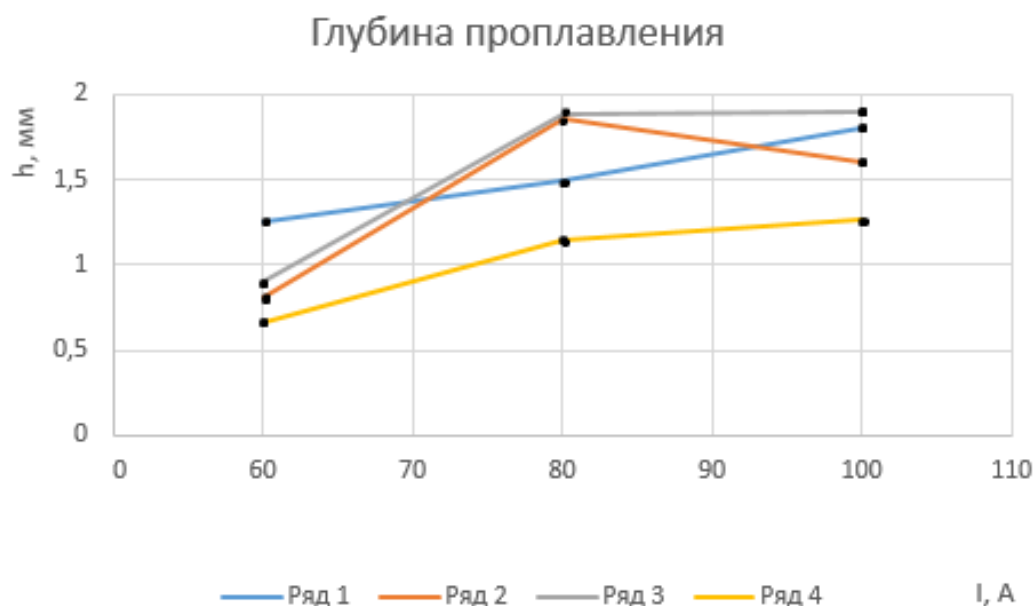


Рисунок 10. График глубины проплавления: ряд 1 - постоянный ток прямой полярности; ряд 2 - постоянный ток обратной полярности; ряд 3 - переменный прямоугольный ток; ряд 4 - переменный синусоидальный ток.

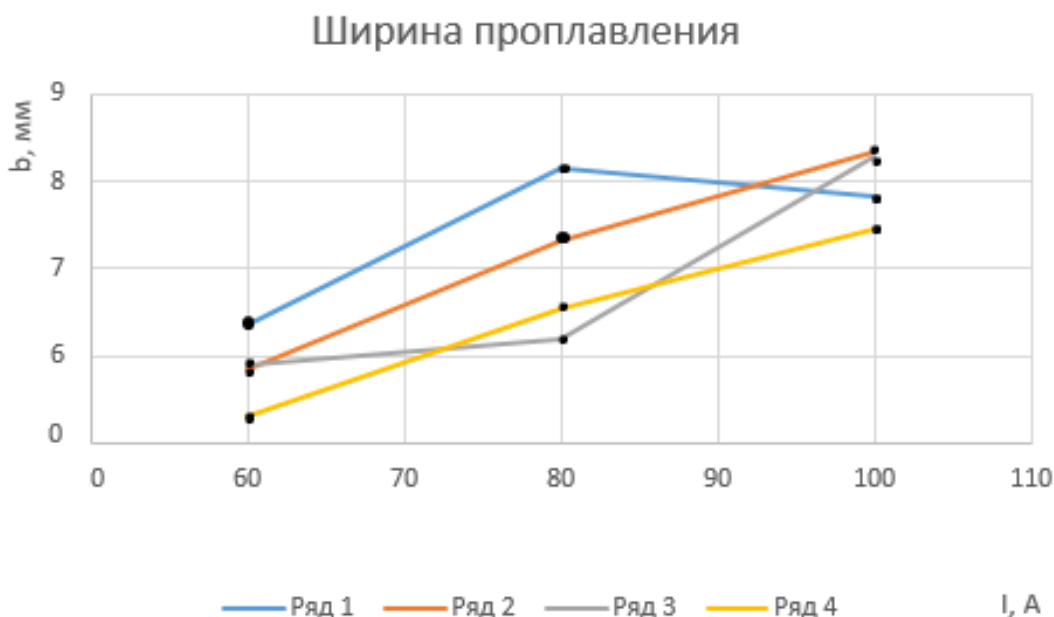


Рисунок 11. График ширины проплавления: ряд 1 - постоянный ток прямой полярности; ряд 2 - постоянный ток обратной полярности; ряд 3 - переменный прямоугольный ток; ряд 4 - переменный синусоидальный ток.

Анализ микроструктуры и измерение микротвердости проводились на первом опытном образце (рисунок 12), на котором было наплавлено четыре валика с разными параметрами режима сварки. Параметры режимов наплавки, указанные в таблице 9.



Рисунок 12. Исходный образец после шлифовки, полировки и травления: а – постоянный ток обратной полярности; б – постоянный ток прямой полярности; в – переменный прямоугольный ток; г – переменный синусоидальный ток.

Таблица 9. – Параметры режимов наплавки валиков.

№	Род и форма тока	f , Гц.	$I_{св}$, А.	$d_{эл}$, мм.	Марка электрода
1	Постоянный прямой полярности	-	90	2,6	LB-52U
2	Постоянный обратной полярности	-	80	2,6	LB-52U
3	Переменный прямоугольный	50	85	2,6	LB-52U
4	Переменный синусоидальный	50	85	2,6	LB-52U

Исходя из макроструктурного анализа (рисунок 13) можно сказать, что отличие размеров зерна не велико. Однако самой мелкозернистой структурой является структура при сварке на переменном синусоидальном токе. У всех образцов структура феррито-перлитная. Перлит выступает по границам зерен феррита. При применении переменного тока структура наплавленного металла становится более однородной, зона термического влияния меньше чем у образцов наплавленные на постоянном токе. Отсутствует явно выраженный переход от основного к наплавленному металлу.

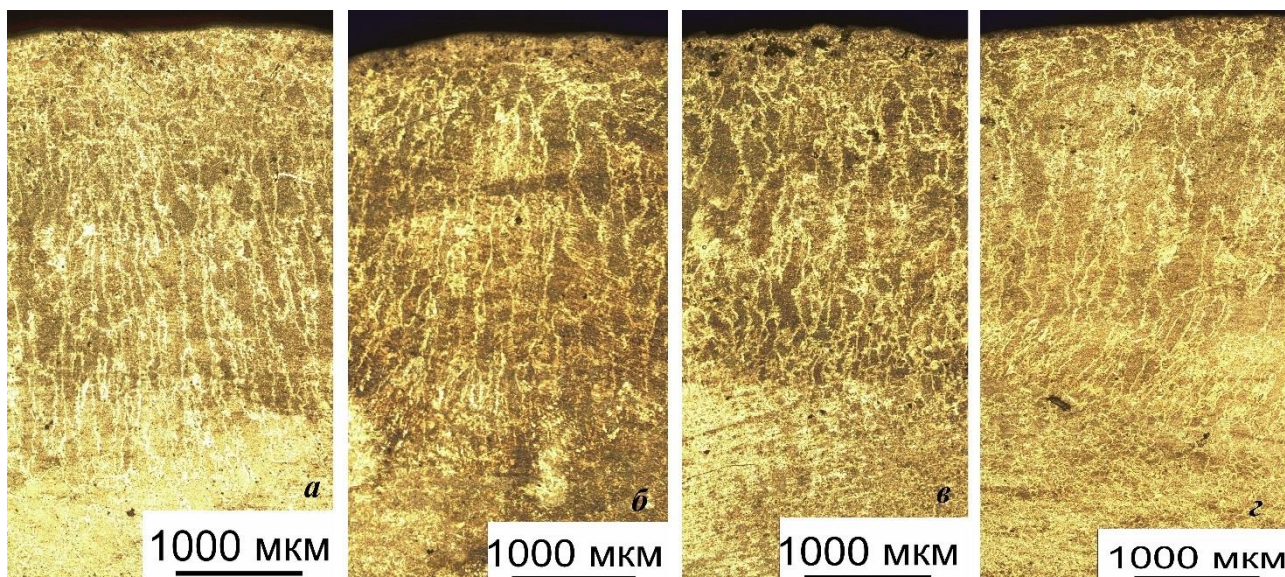


Рисунок 13. Микроструктура металла, наплавленного на: а – постоянный ток прямой полярности; б – постоянный ток обратной полярности; в – переменный прямоугольный ток; г – переменный синусоидальный ток.

Микротвердость на шлифах определяли с помощью прибора ПМТ-3 при нагрузке 1 Н с шагом по глубине 10 мкм (ГОСТ 9450-76). Было проведено по 70 замеров на каждом образце в виде дорожек, что позволило построить графики распределения микротвердости по сечению (Приложение Г) наплавленного металла. Для сопоставления данных был построен график наложения диаграмм микротвердости наплавленного металла при разных формах тока (рисунок 14). Из которого видно, что отличие микротвердости наплавленного металла при разных формах тока не существенное.



Рисунок 14. Микротвердость наплавленных образцов, где: ряд 1 – при постоянном токе обратной полярности; ряд 2 – при постоянном токе прямой полярности; ряд 3 – при переменном прямоугольном токе; ряд 4 – при переменном синусоидальном токе.

Проанализировав можно сделать вывод о том, что род тока и его форма не оказывают существенного влияния на структуру наплавленного металла и его микротвердости. А значит, получение качественного соединения при сварке покрытыми электродами возможно, как на постоянном токе, так и на переменном. Следовательно, применение переменного тока при сварке ответственных конструкций не только возможно, но и рекомендовано, особенно когда присутствует такой фактор как магнитное поле.

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ41	Булдакову Сергею Васильевичу

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<i>Оценка конкурентоспособности технических решений Матрица SWOT Альтернативы проведения НИ График проведения и бюджет НИ Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав.кафедрой	Чистякова Н. О	К.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ41	Булдаков Сергей Васильевич		

Глава 4 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Исследовали влияние рода и полярности тока на геометрические параметры шва при сварке покрытыми электродами. Следовательно, потенциальными потребителями результатов наших исследования нефте- и газодобывающие компании находящиеся любой области Российской Федерации, производящие ремонт и укладку нефте- и газопроводов. В Томске, например, этим занимается такая компания как ООО «Газпром трансгаз Томск».

4.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

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

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

Таблица 10 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

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

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

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

где $P_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

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

4.3 SWOT-анализ

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

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

Таблица 11- Матрица SWOT

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

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 12, 13, 14, 15.

Таблица 12- Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	-	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: В1С2С3С4С5, В2В4С1С2С3С4С5, В3С1С2С3С4С5.

Таблица 13- Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	В1	-	-
	В2	+	-
	В3	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: В2Сл1, ВСл1.

Таблица 14- Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	+	-	-	-	-

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

Таблица 15 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	+	+
	У2	-	+

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

4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 16 - Морфологическая матрица методов получения качественного сварного шва.

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

Возможные варианты решения технической задачи:

- 1) A1B1B1 – В первом случае, применяем сварку на постоянном токе это связано со стандартными рекомендациями, высокой концентрацией тепловой мощности, наиболее эффективно сваривать металл на постоянном токе обратной полярности, увеличивается стабильность горения дуги, хорошее качество сварного шва
- 2) A2B2B2 – Во втором случае, применяем на переменном токе это связано с тем, что при данном методе достигается мелкозернистость металла шва, что увеличивает его прочностные свойства, а это в свою очередь увеличивает долговечность эксплуатации трубопроводов.

4.5 Планирование научно-исследовательских работ

4.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 17-Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

4.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (5)$$

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

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

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

4.5.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (6)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (7)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

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












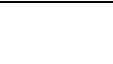




Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 17).

После заполнения таблицы 18 строим календарный план-график (таблица 19). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 18 - Временные показатели проведения научного исследования

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

Таблица 19 - Календарный план-график проведения научно-технического исследования

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				Март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	3											
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	2		 									
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	2			 								
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2											
5	Календарное планирование работ	Руководитель	3											
6	Изучение литературы по теме	Студент	15											
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	5					 						
8	Изучение влияния рода и полярности тока на параметры шва	Студент	6											
9	Наплавка на металл трубы	Студент	3											
10	Изучение результатов	Студент	3											
11	Анализ результатов	Студ.-рук.	3									 		
12	Заключение	Студент	4											

 – студент;  – руководитель.

4.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

4.6.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

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

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 20- Материальный затраты

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

4.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

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

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

Таблица 21-Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

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

4.6.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

Таблица 22- Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение проекта темы	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
2.	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	1	1	1	4,4			5	5	5
3.	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
4.	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	2	3,6			4	8	8
5.	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
6.	Изучение литературы по теме	Студент	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
7.	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	19,7
8.	Изучение влияния рода и полярности тока на параметры шва	Студент	4	6	6	0,8			3,6	5,4	5,4
9.	Наплавка на металл трубы	Студент	2	3	4	0,8			1,8	2,7	3,6
10.	Изучение результатов	Студент	2	3	3	0,8			1,8	2,7	2,7
11.	Анализ результатов	Студ.-рук.	2	2	2	4,4			9,8	9,8	9,8
12.	Вывод по цели	Студент	3	3	3	0,8			2,7	2,7	2,7
Итого:									79,7	84,2	85,1

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

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

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

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

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

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

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

4.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

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

Таблица 23- Отчисления во внебюджетные фонды

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

Исполнение 2	25556,4 руб.
Исполнение 3	25829,5 руб.

4.6.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (12)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны: $Z_{\text{накл}} = 3745306,5 \cdot 0,16 = 599249,2$ руб.

4.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 24-Расчет бюджета затрат НИИ

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

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (13)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-

исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблице 25).

Таблица 25- Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Надежность	0,2	5	5	4
2. Универсальность	0,2	4	4	5
3. Уровень материалоемкости.	0,15	4	4	5
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,20	5	5	4
5. Ремонтпригодность	0,1	5	5	5
6. Энергосбережение	0,15	4	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,15	3,8

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

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

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

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (15)$$

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

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (16)$$

Таблица 26- Сравнительная эффективность разработки

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

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

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ41	Булдакову Сергею Васильевичу

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является влияние рода и полярности тока на геометрические параметры шва при сварке покрытыми электродами.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: действие фактора на организм человека; предлагаемые средства защиты; (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: механические опасности (источники, средства защиты); термические опасности (источники, средства защиты); электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты).	Высокий уровень шума проявляется из-за большого количества производственного оборудования и рабочего персонала, возможны появления головных болей, утомленности, чувств усталости. Не нормированная температура или концентрация влажности воздуха в помещении может быть вызвана не правильной эксплуатацией отопительных приборов, не правильно подготовленной внутренней обстановки помещения в различные времена года. Недостаточная освещенность может быть вызвана не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной нагрузкой на них электрического тока.
2. Экологическая безопасность: разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Воздействие на окружающую среду сводится к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ, за исключением бытовых отходов, которые систематически убираются.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Возможные чрезвычайные ситуации являются: пожары, ситуации природного характера. К мерам по предупреждению будут относиться: 1. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности; 2. Выявление угроз пожара и оповещение персонала; 3. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Руководитель принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требований безопасности в помещении.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.т.н.		

Глава 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.

Введение

Исследуемые в данной работе процессы дуговой сварки, постоянный и переменные токи относятся к области электродуговой сварки, поэтому в диссертации приводится анализ вредных и опасных факторов, характерных именно для этой сферы производственной деятельности.

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

5.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.

5.1.1 Повышенный уровень шума.

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

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

Уменьшение влияния данного фактора возможно путем:

- Изоляции источников шумов;
- Проведения акустической обработки помещения;
- Создания дополнительных изоляционных перегородок;

- Защита от шумов - заключение вентиляторов в защитный кожух.

5.1.2. Недостаточное освещение.

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

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

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

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

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

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

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

5.1.3. Отклонение параметров микроклимата.

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

Микроклимат помещений для лёгкой категории работ включает определённую температуру и влажность. Нормы метеорологических условий учитывают время года и характер производственного помещения. Нормы метеоусловий для категорий работ по Па согласно СНиП 2.2.4. 548-96 см. в таблице 27.

Таблица 27- Нормы метеорологических условий

Холодный период года $t_{нар}^{возд}$ ниже +10, °C						Тёплый период года $t_{нар}^{возд}$ +10, °C					
Оптимальные			Допустимые			Оптимальные			Допустимые		
Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
19-21	40-60	Не более 0,1	17-23	15-75	Не более 0,1	20-22	40-60	Не более 0,1	18-27	15-75	0,1-0,2

В настоящих нормах нормируется отдельно каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: относительная влажность, температура, скорость воздуха в зависимости от способности человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производственной работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

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

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

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

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

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

В таблице 28 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей.

Таблица 28 – 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

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

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

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна соответствовать нормам, приведенным в таблице 29.

Таблица 29 – Скорость движения воздуха, создаваемая отсосами у источников выделения вредных веществ

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

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

5.3. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.

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

В соответствии с ГОСТ 12.3.003—75 средства индивидуальной защиты органов дыхания следует применять при отсутствии местных отсосов. В некоторых случаях местные вытяжные устройства не могут обеспечить требуемых параметров воздушной среды, поэтому также необходимо применение средств индивидуальной защиты органов дыхания.

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

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

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

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

- сварочные провода на всей длине должны иметь надежную изоляцию. Их присоединение к контактными болтам клемных досок источников сварочного тока необходимо производить с помощью наконечников;

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

- корпус мотора сварочной машины и кожух сварочного трансформатора должны быть подключены к общей сети заземления медным проводом сечением не менее 6 мм² или стальной шиной сечением не менее 12 мм². Кроме того, у сварочного трансформатора кожух должен быть соединен с магнитопроводом медной шиной сечением не менее 6 мм². Медная шина к магнитопроводу крепится пайкой мягким припоем. К кожуху трансформатора шина крепится болтом для заземления;

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

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

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

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

5.4. Экологическая безопасность.

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

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

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

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

5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.6. Организационные вопросы обеспечения безопасности.

К электросварочным работам под руководством инструктора допускаются учащиеся не моложе 15 лет, прошедшие инструктаж по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья. Длительность рабочего дня сварщика при работе в особо вредных условиях ограничена шестью часами. Сварщикам предоставляется дополнительный отпуск.

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

За каждым учащимся в учебных мастерских закрепляется постоянное рабочее место.

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

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

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

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

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

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

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

Ответственность за охрану труда, общее состояние техники безопасности и производственной санитарии возлагается на руководителей предприятия, а также цехов и отделов (главных инженеров, главных механиков и инженеров по технике безопасности).

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

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

Электросварщику и подсобному рабочему запрещается:

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

Электросварщик и подсобные рабочие обязаны знать правила и приемы оказания первой помощи пострадавшему.

После выполнения сварочных работ электросварщик обязан:

- отключить сварочную аппаратуру от сети;
- отсоединить провод с электродержателем от сварочного оборудования и убрать их для хранения в специально отведенное место;

- тщательно осмотреть рабочее место и принять меры, исключающие возможность возникновения очага пожара;
- в случае возникновения пожара немедленно вызвать пожарную команду и принять меры по ликвидации очага возгорания имеющимися средствами;
- очистить стекло, защищающее светофильтр шлем-маски (щиток) от брызг металла, убрать инструмент и защитные средства в отведенное для хранения место.

Заключение

При анализе геометрических параметров шва, выявили некоторую зависимость роста глубины и ширины проплавления от увеличения сварочного тока, при прочих равных условиях

Взяв за основу то, что наилучшая глубина и ширина проплавления при прочих равных условиях, достигается при наплавке постоянным током обратной полярности с величиной тока в 80 А. Определили величину тока, при котором достигаются такие же геометрические параметры для постоянного тока прямой полярности, переменного прямоугольного и синусоидального тока, и построили соответствующие графики.

Из графиков глубины проплавления видно, что та же глубина проплавления для постоянного тока прямой полярности достигается при значении тока в 100 А, для переменного прямоугольного тока при 80 А, для переменного синусоидального при значении тока более 100 А. Из графиков ширины проплавления видно, что та же ширина проплавления для постоянного тока прямой полярности достигается также при значении тока в 80 А, для переменного прямоугольного тока в промежутке между 80 и 100 А, для переменного синусоидального при значении тока более 100 А.

При анализе микроструктуры наплавленных валиков, выявили, что при наплавке переменным током в целом структура благоприятнее ввиду измельчения зерна и отсутствия резкого перехода от основного металла к наплавленному, по сравнению с образцами, наплавленными на постоянном токе. Отличие микротвердости у образцов, наплавленных при различных родах и формах тока не существенное.

Исходя из всего вышесказанного можно сделать следующее заключение, что род тока и его форма не оказывают влияния на качество сварного соединения, образцы, сваренные на переменном токе, по некоторым показателям превосходят образцы, сваренные на переменном токе.

Учитывая у переменного тока низкую чувствительность к электромагнитным возмущениям, можно сделать вывод, что наиболее простым

и универсальным методом борьбы с влиянием магнитных полей и магнитным дутьем в частности, является применение переменного тока.

Список использованных источников

1. Ручная дуговая сварка: учебник/ В.Г. Лупачев. – 3-е изд. – Минск: Выш. шк., 2010 – 416 с.: ИЛ
2. Браткова О.Н. Источники питания сварочной дуги: Учебник. – М.: Выш. школа, 1982. – 182 с., ил.
3. Электрическая сварочная дуга. Лесков Г.И., - М., «Машиностроение», 1970. – 335 с.
4. Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. Б.Е. Патон, И.И. Заруба, В.В. Дыменко, А.Ф. Шатан. – К.: «Экотехнология», 2007. – 248 с.
5. Сварка магнитоуправляемой дугой. Ю.Г. Гаген, В.Д. Таран. М., «Машиностроение», 1970. – 160с.
6. Оценка устойчивости дуги переменного тока / Л.Г. Шафранский, Л.Н. Орлов, А.В. Абрашин // Автоматическая сварка. - №8. С. 18 – 19.
7. Кирдо И.В. О механизме повторного зажигания сварочной дуги переменного тока // Автоматическая сварка. – 1956. - №6. – С. 39 – 54.
8. Хренов К.К. электрическая сварочная дуга. Машгиз. – К., 1949.
9. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. – М.: Машиностроение, 1977. – 428с.
10. Лаужадис А.И. Влияние характеристик источников питания на эластичность дуги при сварке покрытыми электродами // Автоматическая сварка. – 1976. - №2. – С. 5 – 8.
11. Бардин В.М., Земсков А.В. Высокочастотные инверторы для сварки на переменном токе. – М.: ДМК Пресс, 2015 – 144с.
12. Лесков Г.И. Сравнение динамических свойств сварочных трансформаторов // Автоматическая сварка. – 1964. - №1. – С. 9 – 11.
13. Инверторный аппарат TIG модели 160 AC/DC. Руководство по эксплуатации. Санкт-Петербург, 2011.
14. Сварочный трансформатор ТДМ 317 У2. Руководство по эксплуатации.
15. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. – М.: «Металлургия», 1984. – 348с.
16. Микроскопическое исследование металлов: практическое руководство. Левин Е.Е. – 2-е изд., испр. – М.: Машгиз, 1955. – 259с.
17. Стереометрическая металлография. С.А. Салтыков. М., «Металлургия», 1970. – 376.
18. Микротвердомер ПМТ-3. Руководство по эксплуатации.
19. Александров А.Г., Милютин В.С. Источники питания для дуговой сварки. – М.: Машиностроение, 1982. – 79 с.

20. Гордынец А.С., Киселев А.С., Дедюх Р.И., Советченко Б.Ф.
Влияние возмущающего воздействия внешнего магнитного поля на процесс
дуговой сварки покрытыми электродами // Сварка и диагностика. – 2011. N4. –
С. 37-40.
21. Мазель А.Г., Технологические свойства электросварочной дуги. –
М.: Машиностроение, 1969. – 178 с.

Приложени А

Раздел 1 Literature review

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ41	Булдаков Сергей Васильевич		

Консультант кафедры ОТСП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Консультант – лингвист кафедры ИЯФТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мыльникова Татьяна Степановна			

Chapter 1. Literature review

1.1. The urgency of the problem

In some industries, in construction, during installation, especially when welded structures and production conditions limit the possibility of application of mechanized welding, the bulk of the work falls to the share of manual arc welding and approximately 80% of these works performed with alternating current. The issue of the use of alternating current for arc welding remains relevant in the present time [4].

As for the performance of welding, when welding with alternating current, it can be higher than that in welding with direct current.

A constant current welding is followed such a negative phenomenon as magnetic blast that is the result of the interaction of its own magnetic field with the field of arc welding circuit. Under the influence of the magnetic blowing the arc can be moved to change its length, and also often to end up. All these things this violates the stability of the welding process [4].

The negative effect of the magnetic blast is particularly high when welding at a large current (more than 300). The magnetic blast limits the use of high performance modes when welding with direct current. The use of alternating current, is the most simple and reliable solution in dealing with a magnetic blast. When applying AC magnetic blast invisible even at very high currents (1000 A), more efficient modes of welding can be used [4].

Also the regulations deals with the problem of magnetic-blast and proposed methods of dealing with it:

When welding pipelines and other massive structures made of ferromagnetic steels a quite frequent phenomenon is the so-called "magnetic blast", which greatly complicates the welding process and leads to the formation of defects in the weld. To eliminate or reduce the magnetic blast to the following activities can be applied: to perform welding, when possible, AC [RD 153-34.1-003-01].

Alternating current allows you to get a quality weld with a favorable geometric parameters and profile of penetration. The structure of the weld metal is a

more fine-grained, the quality of the weld is better than when welding with direct current with electrodes of the same brand [4].

After analyzing the research work described in literature, an actual problem of the magnetic blast current at the moment and the most versatile and accessible method for its solution is the application of a variable or modulated current. Therefore, the problem considered in this paper, namely: the influence of the kind and polarity of current on the geometrical parameters of the weld when welding with coated electrodes" is no less urgent than the problem of the magnetic blast.

1.2. Technological properties of arc welding

The technological properties of arc welding imply the sum of its thermal, mechanical and physico-chemical effects that determine the intensity of melting of the electrode, the nature of electrode metal transfer, the penetration of the basic material, forming and seam quality. The technological properties of the arc are interrelated and determine the parameters of the welding regime [1].

Technological characteristics include spatial arc resistance and elasticity. This is the ability of preserving an arc of a constant spatial position relative to the device in the mode of stable combustion and the possibility of deflection and movement without attenuation under the influence of external factors. Such factors can be the magnetic field and the ferromagnetic mass, which affects the magnetic field of the arc. When this interaction occurs, the arc deviates from the natural position in space. Deviation of arc column under the influence of the magnetic field observed mostly when welding with direct current called the magnetic-blast [3].

1.3. Welding with alternating current

A universal method of dealing with the magnetic blast is the use of alternating current. AC arc surrounds an alternating magnetic field acting as a driving field. In any closed conductor the driving field induces currents. Consequently, an alternating magnetic field of the arc induces currents in the parts of the workpiece. The direction of these additional (eddy) currents is so that at any time they create a magnetic field directed opposite to the main magnetic field of the welding current (figure 1.).

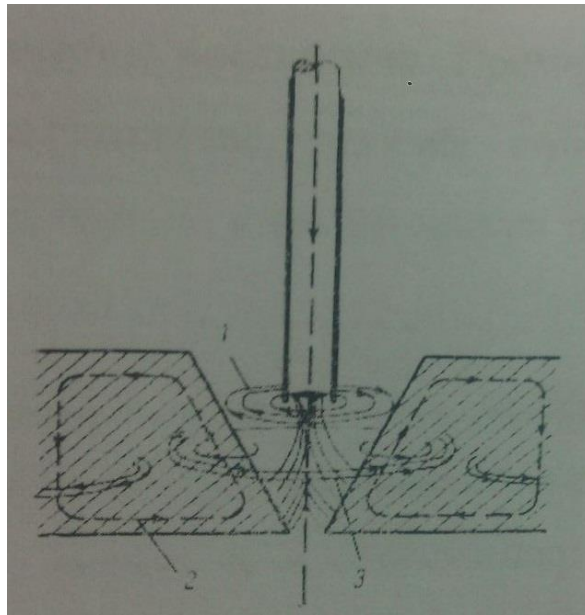


Figure 1. The influence of eddy currents on the main magnetic field of the arc AC: 1 – is main magnetic field; 2 – is line eddy current; 3 – is magnetic field of eddy currents.

Partial neutralization of the basic magnetic field of the arc by the magnetic field of eddy currents can be explained by the weakening of the magnetic blast when welding with alternating current [6].

Among numerous properties and characteristics of AC arc for welding, especially important are ones that affect the combustion stability of the arc and transfer of electrode metal. In general, the stability of any process is estimate by the energy change of a system of bodies involved in this process [3].

Arc AC periodically, with the frequency of the mains f , changes its polarity, extinguishes and re-ignitions again with a frequency $2f$. If you use the current of industrial frequency $f=50$ Hz the electrode and the product 50 times per second are alternately cathode and anode, i.e. 50 times per second is the destruction and formation of cathode and anode active areas and spots, as well as the reorientation of charged particles in the arc column. The arc current, the magnitude of which changes continuously during each half-cycle sinusoidal, causes the changes in radial dimensions of the column, its temperature, dimensions of the insulated regions of the active spots on the electrodes which in some cases is the cause of significant differences in technological properties of the arcs AC and DC [3;10].

From the point of view of the stability of the arc, important factors are the formation of steady discharge and time of de-ionization of plasma of the arc column.

The presence of interruptions in the combustion is a characteristic feature of AC arc welding. By the end of the half cycle before the extinction of the arc and after it, with some lag, the temperature of the arc gas significantly reduced (almost twice) [11].

The stability of the welding process in practice is evaluated in two ways: directly during the welding or after the result processing, characterizing the welding. The first is a subjective method when the welder observes directly behind the arcing and evaluates the initial ignition of the arc, and spatter, the arc elasticity. The second method determines the parameters of the arc process: the frequency of breakage of the arc; minimum open-circuit voltage of the welding transformer, at which stable arc burning is still possible; breaking arc length [4; 12].

Sustainable criteria for the stability of the arc take into account many physical processes in the arc and its power circuits. They are used without any changes to evaluate the sustainability arc with consumable electrodes. The process of metal transfer also significantly affects the stability of the process and in developing the criteria for the stability of the arc it should be considered [4].

The nature of electrode metal transfer depends on such indicators of welding as stability, the quality of the weld metal, loss of metal, the possibility or ease of performing welding in inclined, vertical and overhead positions [4].

1.4. Methods of improving combustion stability of the arc AC

Methods of improving combustion stability of the welding arc stability for AC welding applied in practice can be divided into two groups: metallurgical and electrical [4].

Metallurgical ways:

Activation easily ionized additives is injected through the welding wire, the coating of the electrode or a protective environment in which the arc is burning. Arc stability enhanced by reducing an effective ionization potential of the arc discharge, which, in turn, leads to a decrease of the resistance of the arc gap and increases the time constant of the arc. This method is widely used in welding practice. But it has

some drawbacks: decreases the welding efficiency due to the voltage drop of the cathode, reduces the depth of penetration of the product by reducing the current density, often degrade the mechanical properties of the weld metal [4; 13].

Electrical methods:

Ensuring a high rate of rise of voltage and amperage when changing the polarity. In this method, power sources with high frequency power sources with steeply dipping external characteristic and having a rectangular shape of the current curve are applying. This method improves the stability of the arc [4; 14].

The use of a welding transformer with high open circuit voltage (90...120 V) provides welding with alternating current with coated electrodes with any coatings.

The use of inverter AC power sources. High frequency output voltage inverter-type power supply allows obtaining high stability of the arc combustion [4].

Welding at high frequencies has several advantages:

1. When welding at a higher frequency frequent change of polarity of the electrodes should lead to the decrease of the average droplet size of the metal to increase in the frequency of their introduction in the zone of metal connection. Atomized migration contributes to the formation of more homogeneous structure of the grains of the metal in the weld joint and improving its strength.

2. The power arc with high frequency should cause heating to a certain melting of the electrode and the additional heat coming off from his metal droplets due to the induction heating of metal. Under other equal conditions more heat will flow in the weld pool, which will increase the efficiency and the productivity of the process.

3. Welding with alternating current of high frequency excludes powerful enough and expensive rectifiers with appropriate coolers from welding machines, but this reduces the weight and dimensions of the devices [5].

The connection of the capacitor to the primary or secondary windings of the welding transformer. Serial or parallel connection of the capacitor in the welding circuit increases the arc stability [4].

The use of welding oscillators and high-voltage pulsed generators with a voltage 1000 V creating a decaying amplitude alternating pulses of high frequency and high voltage. When applying pulses to the arc gap electrode unit and in the moments of starting and re-ignitions of the arc is its breakdown. A transient spark discharge develops in the arc supported by the main power supply. The welding oscillator capable of providing reliable stability of combustion of almost any arc welding AC. However, the oscillator has several disadvantages: it creates significant interference, requires special protection welder, welding power source and other equipment from the high-voltage network [4;15].

Generators of low-voltage pulses with a voltage of 1000 V (DSA) are used. Compared to DSA, the oscillator generates low voltage (500 V) pulses, which are unable to carry out the initial ignition of the arc, but make it easier to re-ignite the arc. DSA are widely used both in the traditional region – argon arc welding by non-consumable electrode and the consumable electrode welding [4].

1.5. Welding with covered electrodes

For manual arc welding with coated electrodes significantly improved the quality of welds, and welding performance is achieved through the use of electrodes with basic coating. The use of welding transformers with DSA allows realization the advantages of alternating current during welding of such electrodes [4].

Using DSA, it is possible to ensure a stable welding process with alternating current electrodes, as well as to solve the problem of increasing the weld quality and productivity of the welding process with alternating current.

When using a power source having DSA, loss factor K_p is slightly less than when using a power supply or welding transformer without DSA. Reduced losses increase, the deposition rate is K_n . The trend of increasing K_n and decreasing K_p is characteristic of welding with pulse stabilization of arc burning. It is clearly observed when welding with basic electrodes. This can explained by the fact that the welding alternating current electrode half the time melted with straight polarity, while the rest of the time with reverse polarity. When straight polarity of the electrode coating

melts less rapidly, as consequence, a small visor, and melting of the rod electrode metal without dripping in the liquid bath [4].

1.6. The rationale of the experiments

High-risk facilities must meet high requirements to quality of welded joints. When welding with coated electrodes is significantly improved, the quality of connection is achieved using electrode with a basic type coating. Therefore, the application of devices of stabilization of the arc proves the advantages of AC welding with coated electrodes [4].

Even with the use of high-quality welding materials the expected quality of the connection is not achieved. The application of AC can make a qualitative difference: the difference of structure of the weld metal and heat affected zone, the difference of geometrical parameters of the weld, in comparison with the compounds produced when welding with direct current.

There is a need to conduct experiments to identify the influence of type and polarity of current on the geometrical parameters of the weld when welding with coated electrodes, namely, to identify differences between geometric parameters, analysis of micro - and macrostructure.

Приложение Б

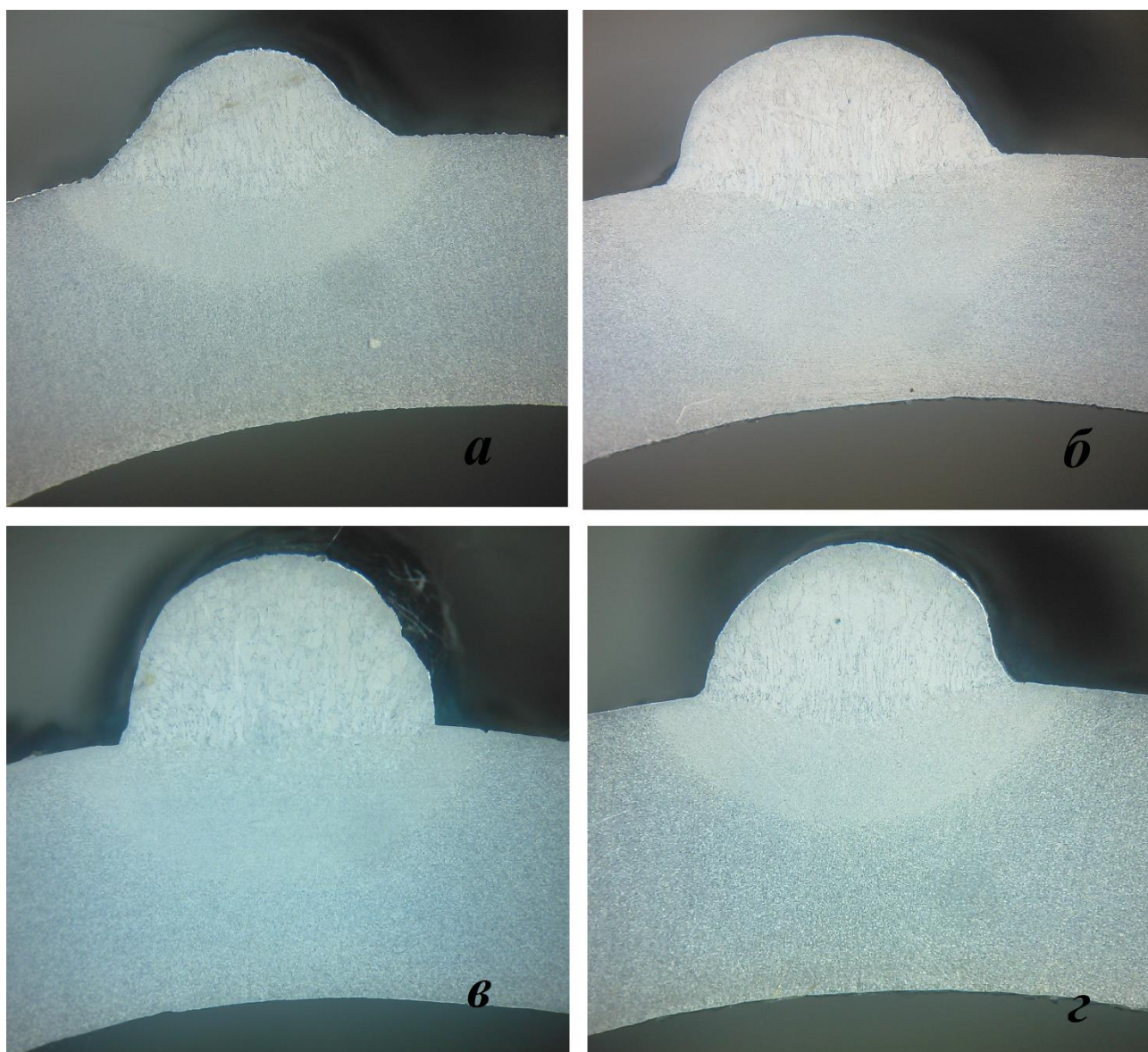


Рисунок 15. Проплавление при токе в 60 А: а) постоянный ток прямой полярности; б) постоянный ток обратной полярности; в) переменный прямоугольный ток; г) переменный синусоидальный ток.

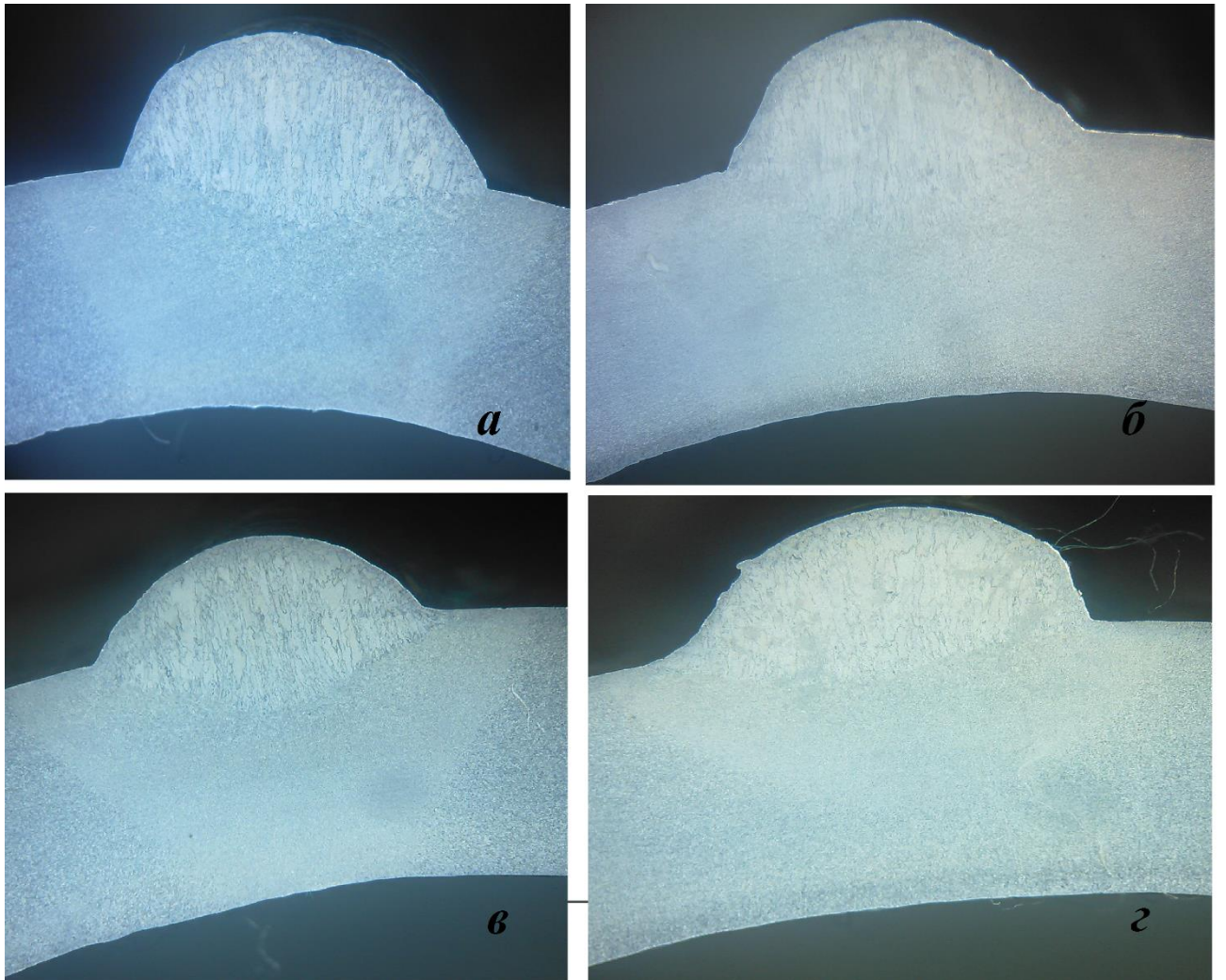


Рисунок 16. Проплавление при токе в 80 А: а) постоянный ток прямой полярности; б) постоянный ток обратной полярности; в) переменный прямоугольный ток; г) переменный синусоидальный ток.

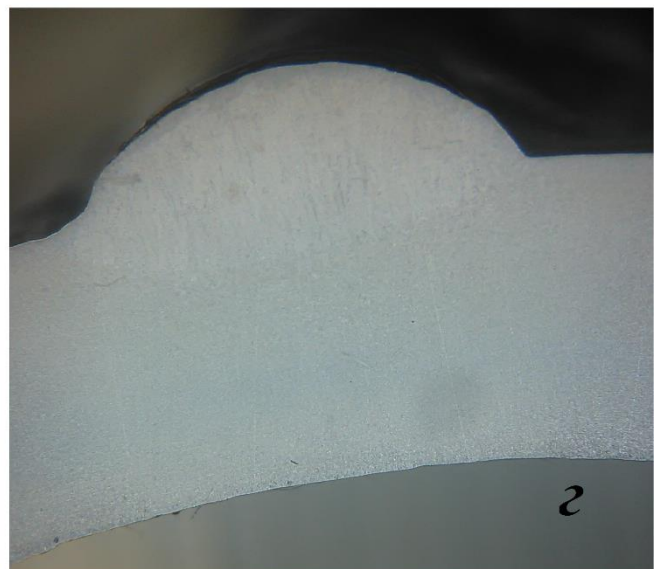
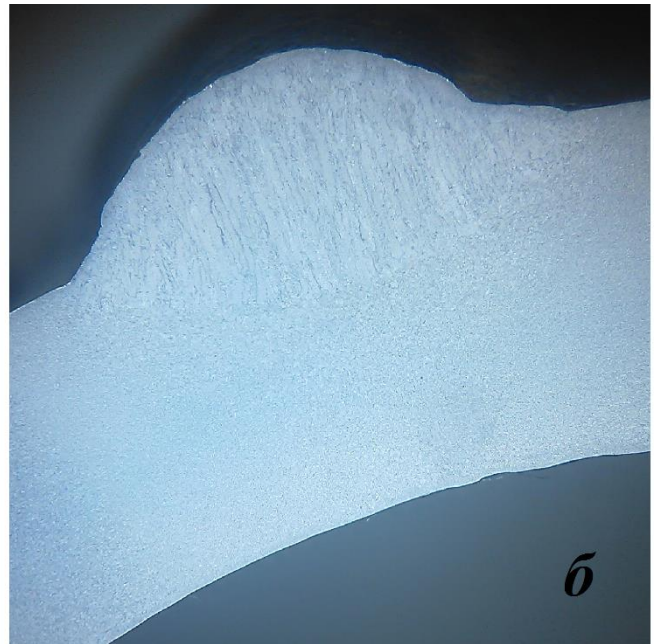
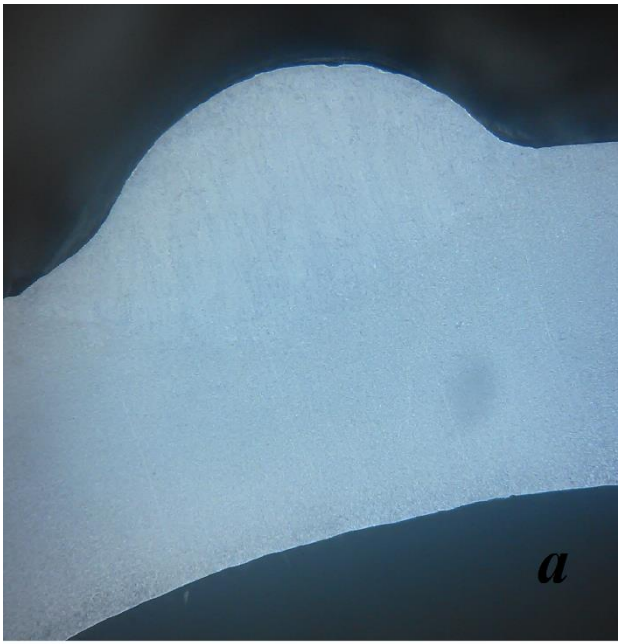


Рисунок 17. Проплавление при токе в 100 А: а) постоянный ток прямой полярности; б) постоянный ток обратной полярности; в) переменный прямоугольный ток; г) переменный синусоидальный ток.

Приложение В

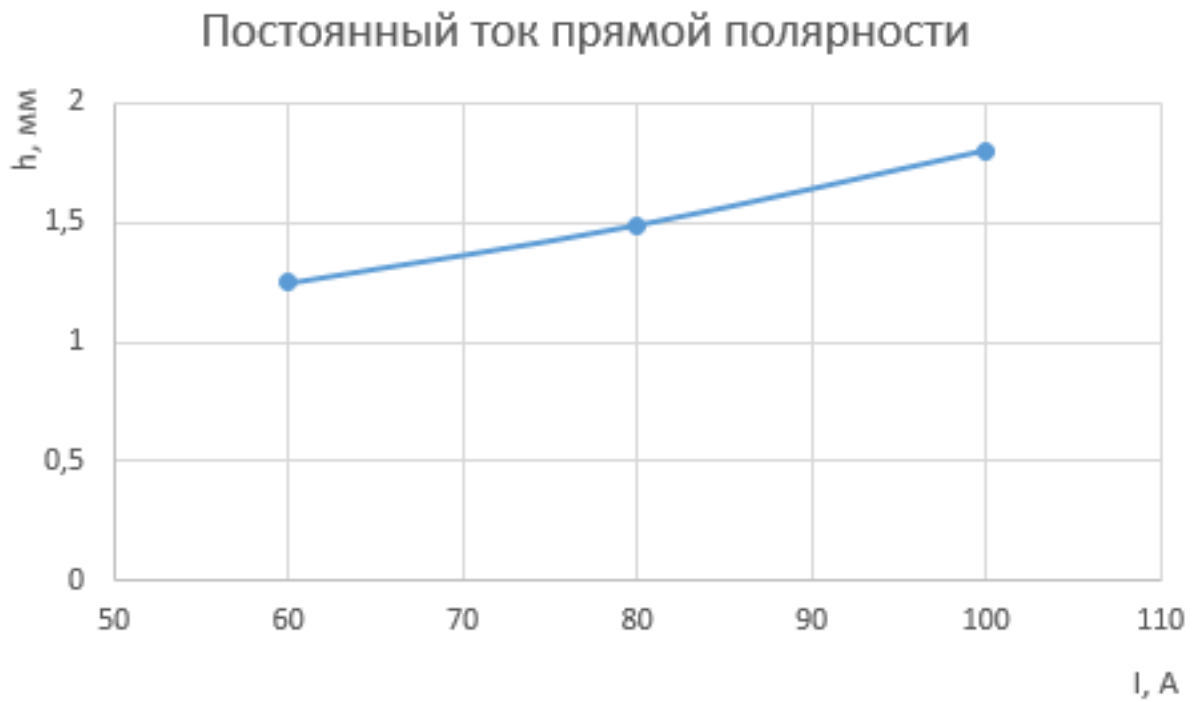


Рисунок 18. Зависимость глубины проплавления от величины силы тока при постоянном токе прямой полярности.

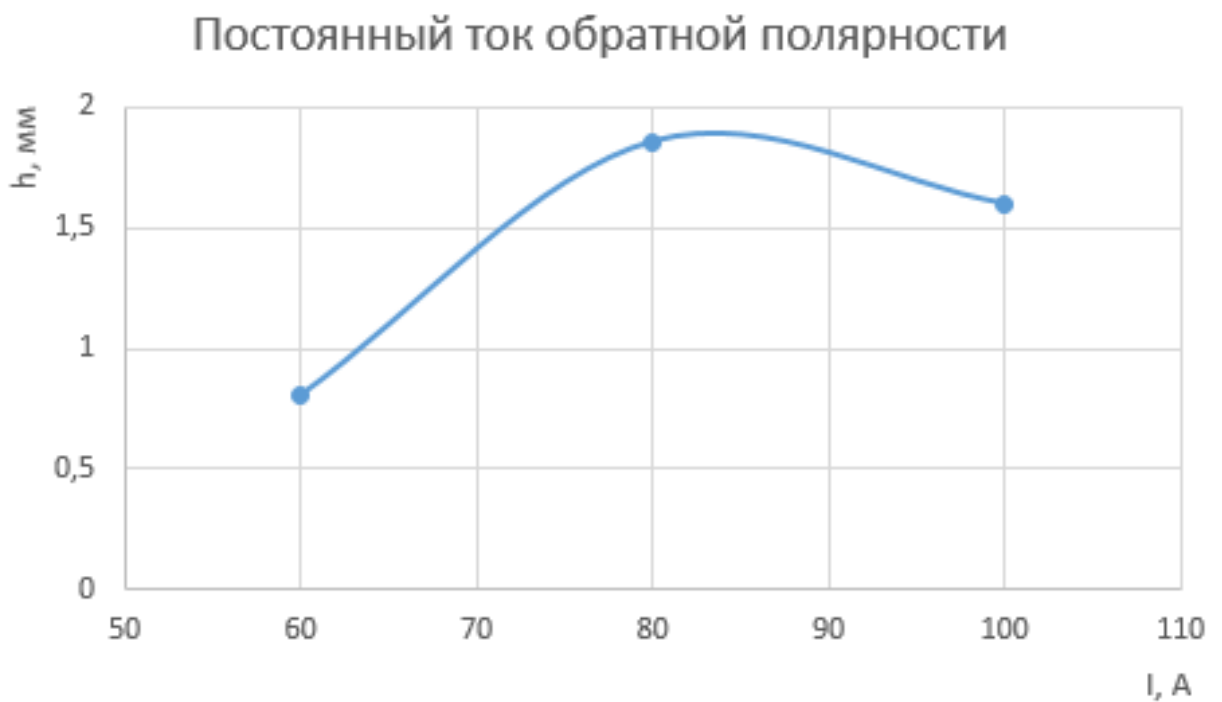


Рисунок 19. Зависимость глубины проплавления от величины силы тока при постоянном токе обратной полярности.

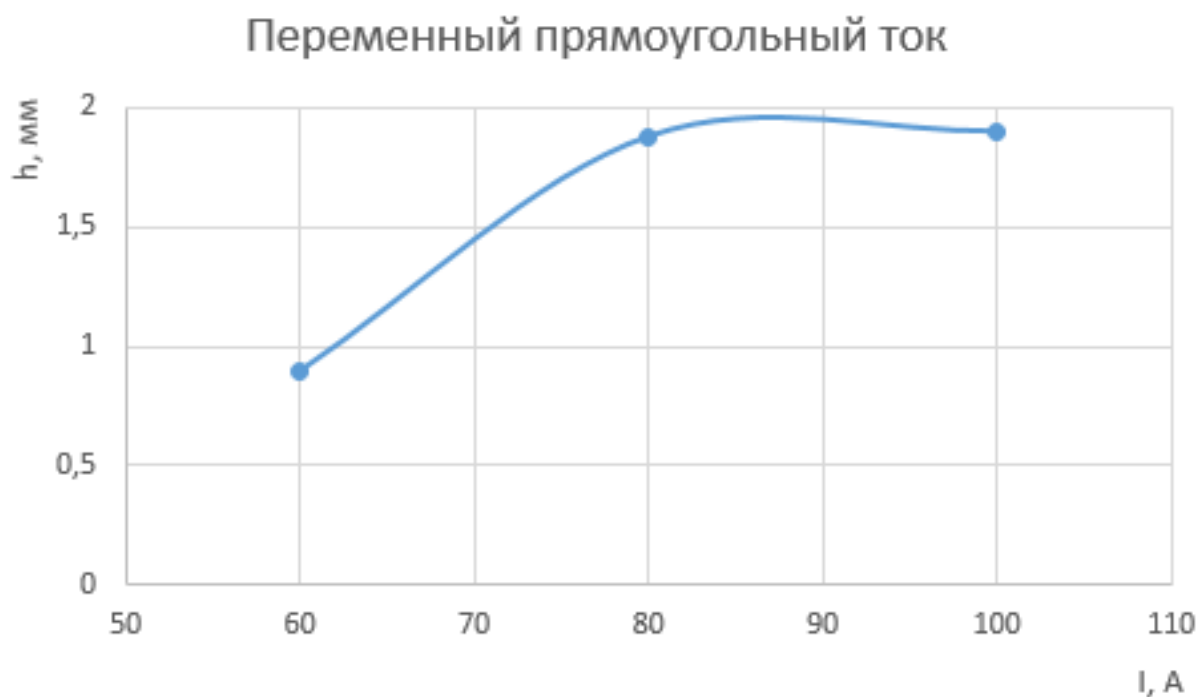


Рисунок 20. Зависимость глубины проплавления от величины силы тока при переменном прямоугольном токе.

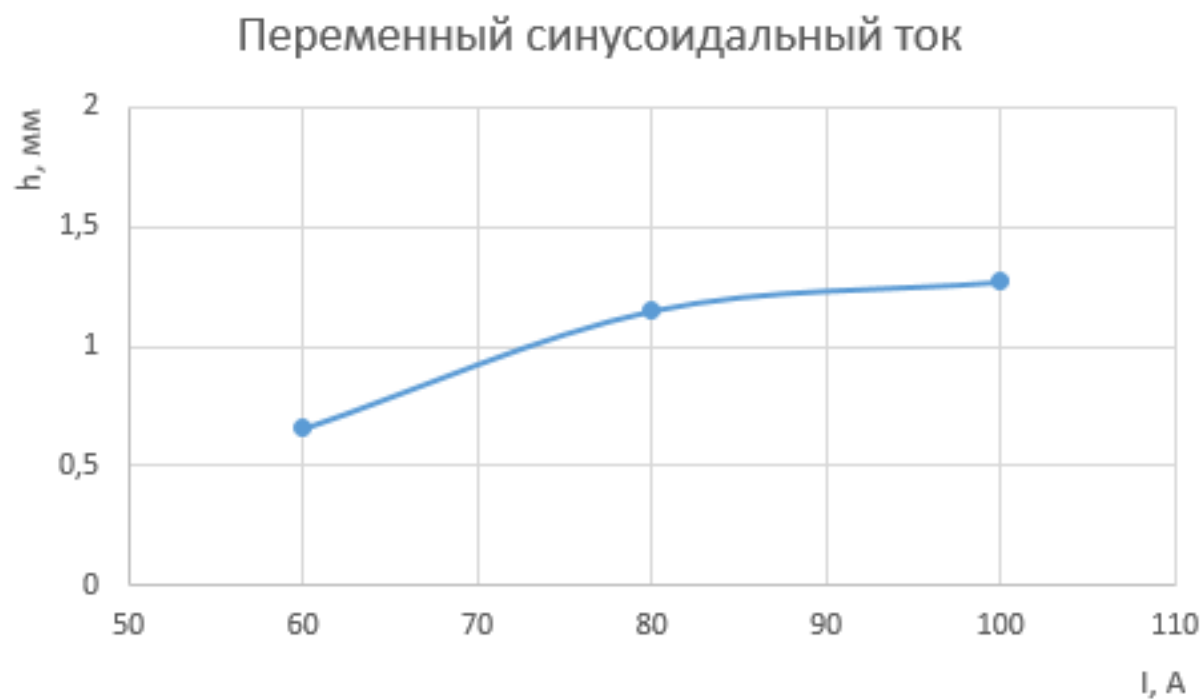


Рисунок 21. Зависимость глубины проплавления от величины силы тока при переменном синусоидальном токе.

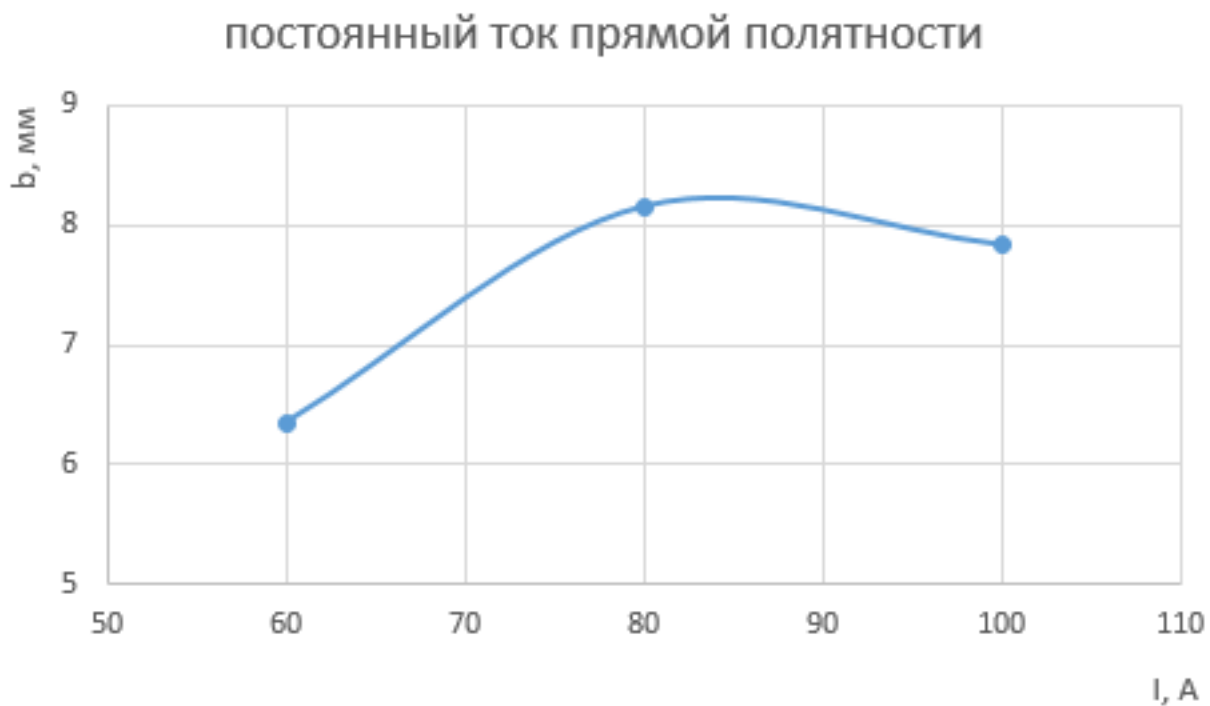


Рисунок 22. Зависимость ширины проплавления от величины силы тока при постоянном токе прямой полярности.

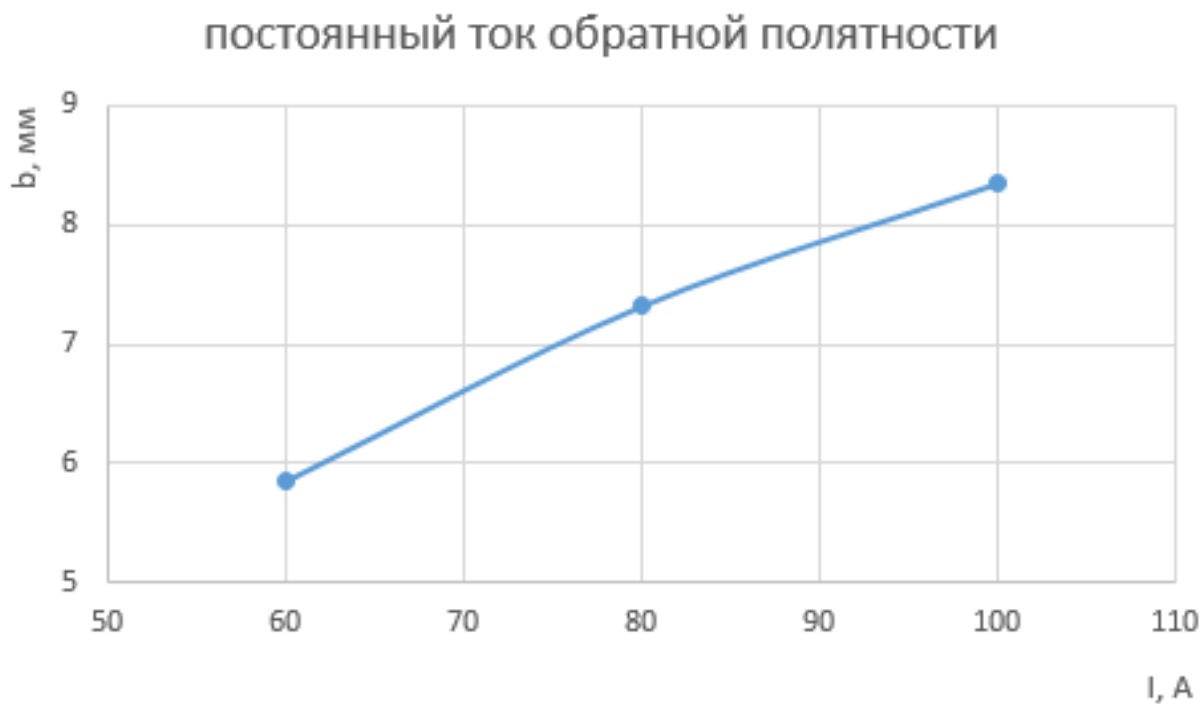


Рисунок 23. Зависимость ширины проплавления от величины силы тока при постоянном токе обратной полярности.

переменный прямоугольный ток

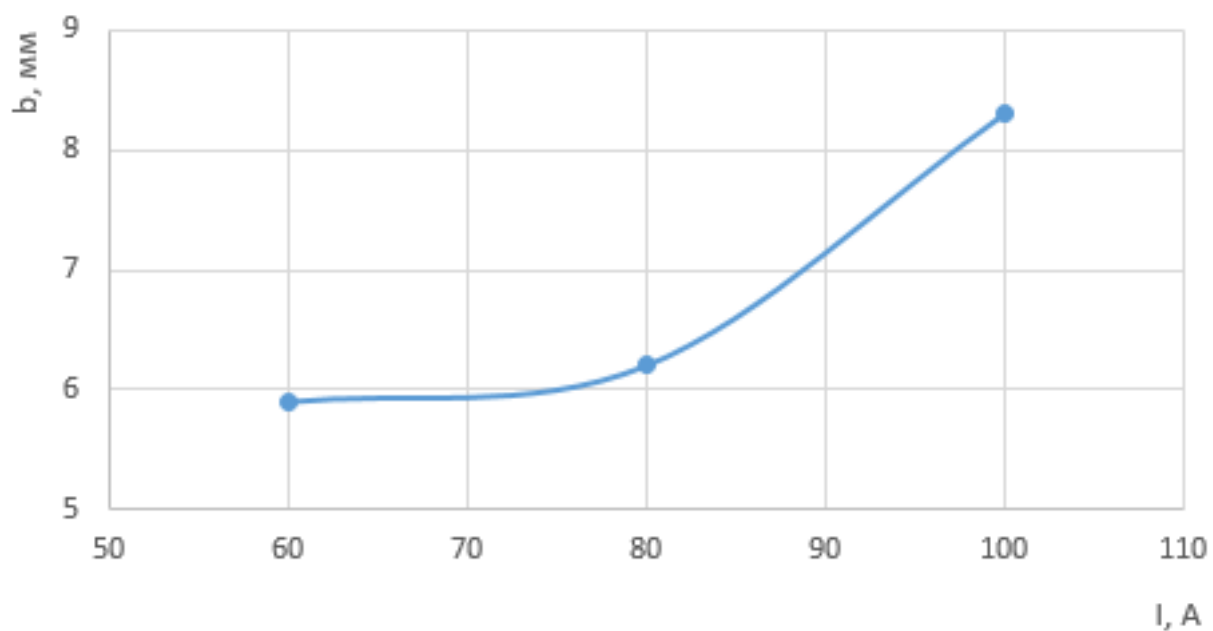


Рисунок 24. Зависимость ширины проплавления от величины силы тока при переменном прямоугольном токе.

переменный синусоидальный ток

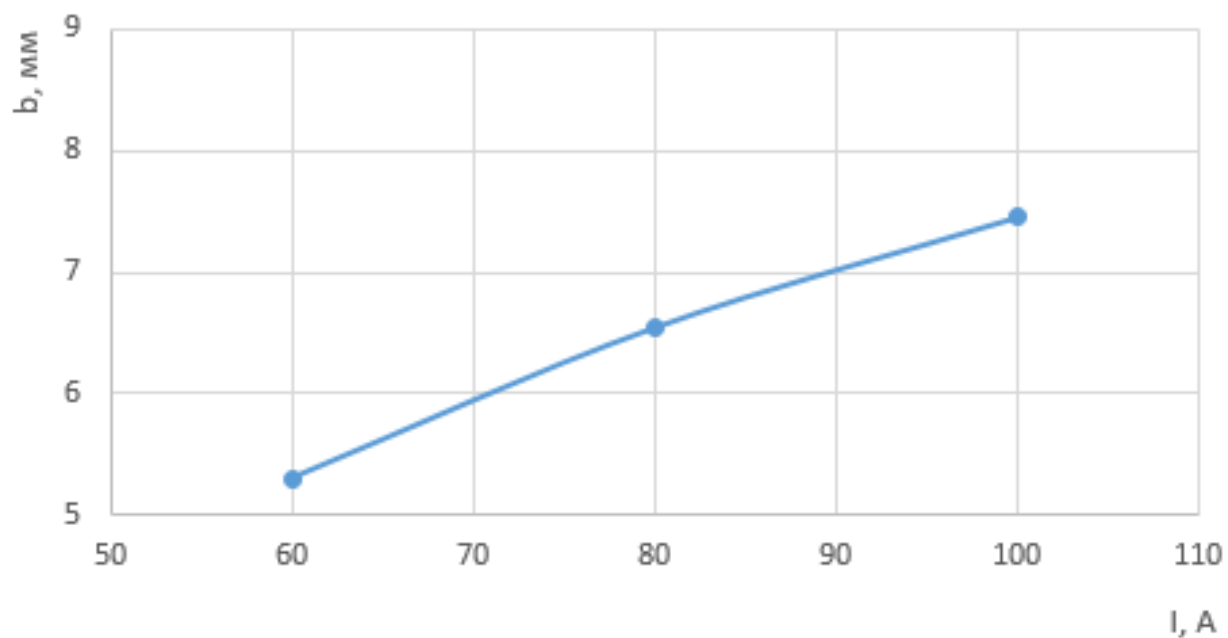


Рисунок 25. Зависимость ширины проплавления от величины силы тока при переменном синусоидальном токе.

Приложение Г



Рисунок 26. Микротвердость наплавленного металла при постоянном токе прямой полярности.

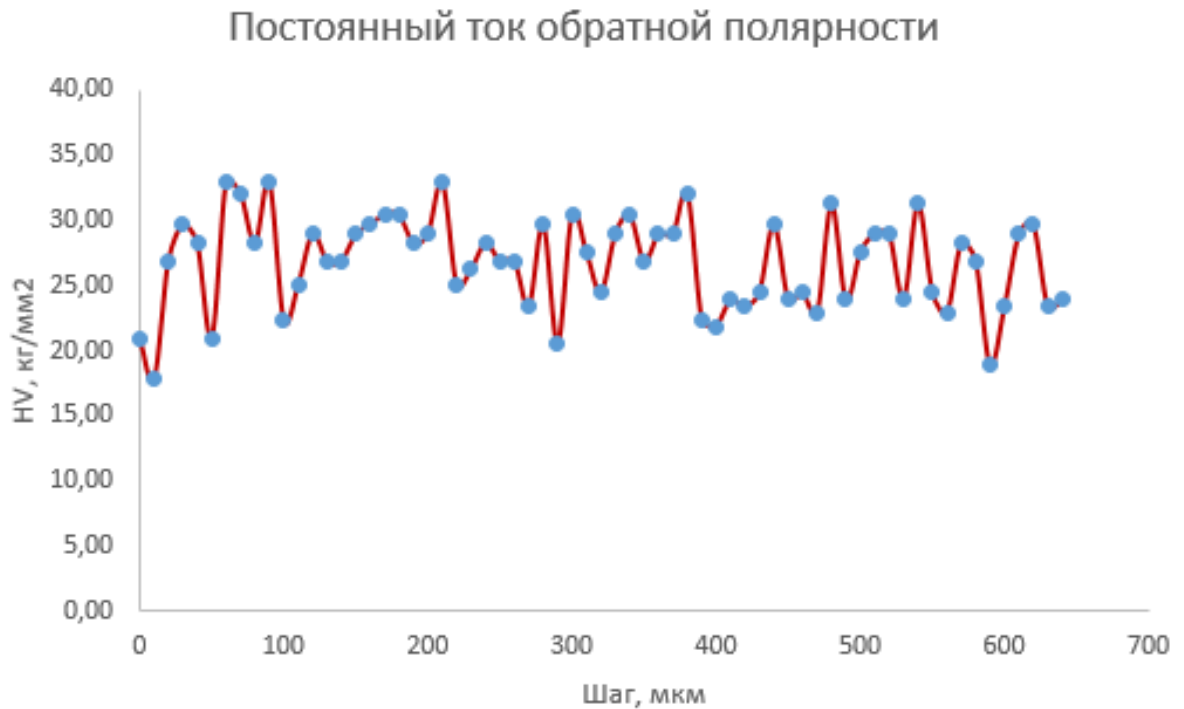


Рисунок 27. Микротвердость наплавленного металла при постоянном токе обратной полярности.

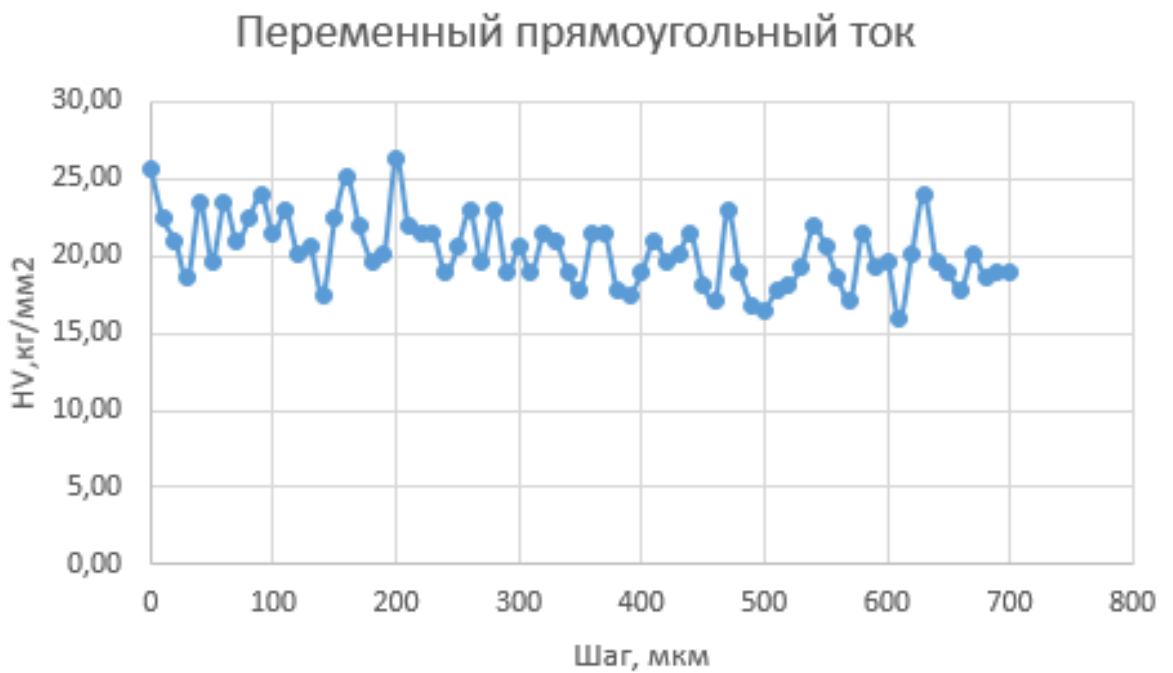


Рисунок 28. Микротвердость наплавленного металла при переменном прямоугольном токе.

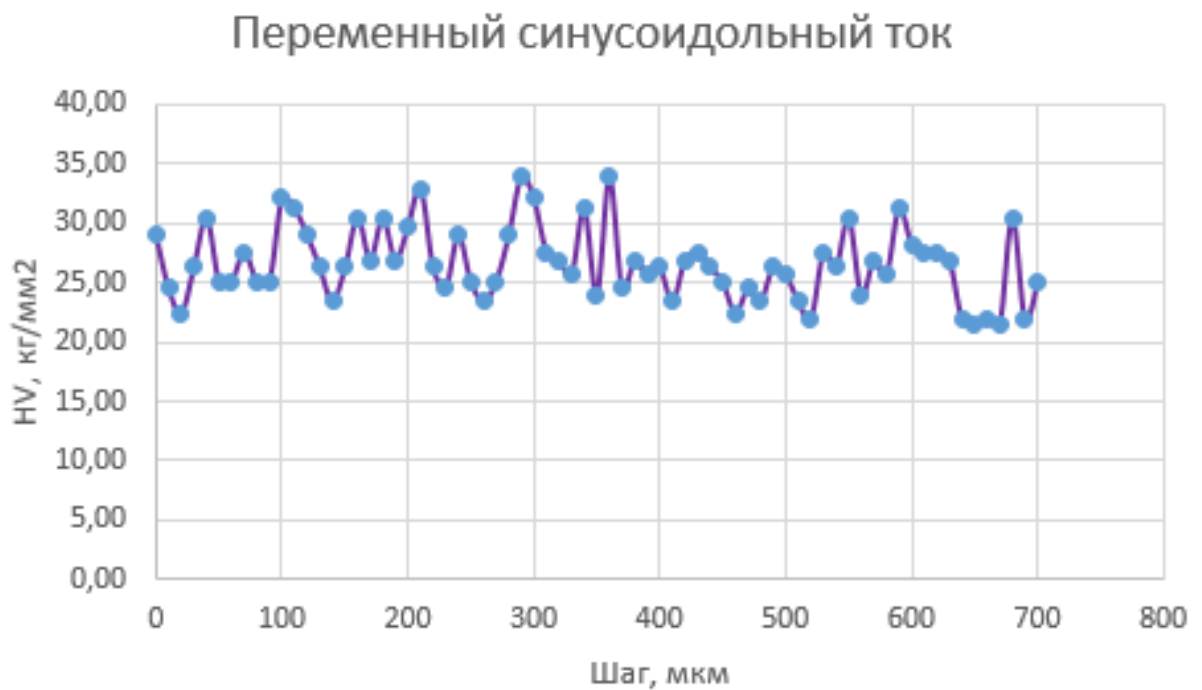


Рисунок 29. Микротвердость наплавленного металла при переменном синусоидальном токе.