

Инженерная школа **неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Отделение **электронной инженерии**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Влияние параметров режима импульсной лазерной сварки на формирование герметичного соединения из сплава АМгЗ, имеющего никелевое покрытие

УДК 621.791.725.052-027.257.669.715

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ71	Сигагин Михаил Михайлович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Фадеева В.Н.	к.ф.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Дашковский А.Г.	к.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты освоения

Код	Результат обучения
Общие по направлению подготовки (специальности)	
P1	Способность применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин с применением компьютерных технологий
P2	Способность ставить и решать инновационные инженерные задачи с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P3	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники.
P4	Способность проводить маркетинговые исследования, используя знания проектного менеджмента, участвовать в создании или совершенствовании системы менеджмента качества предприятия.
P5	Способность работать в многонациональном коллективе над междисциплинарными проектами в качестве исполнителя и руководителя.
P6	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, методическую документацию, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
Профиль 2 «Машины и технологии сварочного производства»	
P9	Применять глубокие знания в области конструирования сборочно-сварочных приспособлений, механизации и автоматизации сварочных процессов с учетом специфики технологии изготовления сварной конструкции
P10	Решать инновационные задачи по сварке специальных сталей, применению современных методов неразрушающего контроля с использованием системного анализа и моделирования процессов контроля
P11	Ставить и решать инновационные задачи по применению необходимого оборудования для контактной сварки, проектировать сварочные процессы с принципиально новыми технологическими свойствами, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа **неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Уровень образования **магистратура**
 Отделение **электронной инженерии**
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2018 /2019 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:	06.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2019	1. Литературный обзор	25
10.04.2019	2. Материалы и методы исследования	10
20.04.2019	3. Экспериментальная часть	25
10.05.2019	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
10.05.2019	5. Социальная ответственность	15
15.05.2019	6. Заключение и выводы	10
Сумма		100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	А.С. Киселев	К.Т.Н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа **неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Отделение **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ А.С. Киселев
 (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
1BM71	Сигагин Михаил Михайлович

Тема работы:

Влияние параметров режима импульсной лазерной сварки на формирование герметичного соединения из сплава АМгЗ, имеющего никелевое покрытие	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№3645/с от 13.05.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Образцы сварных соединений, с никелевым покрытием, выполненные импульсной лазерной сваркой.
---	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1.Литературный обзор сварки алюминия и его сплавов; основных способов сварки плавлением алюминиевых сплавов. 2.Материалы и методы исследования. 3.Исследование сварных соединений (Экспериментальная часть) 4.Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение. 5.Социальная ответственность 6.Заключение и выводы
--	--

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Режимы сварки; 2. Форма подготовки пластин; 3. Технические параметры лазерной установки; 4. Внешний вид сварных соединений; 5. Пористость в швах; 6. Макро и микроструктура сварных соединений; 7. Графики зависимости твердости металла шва и основного металла сварного соединения;
--	---

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

Раздел	Консультант
1.Литературный обзор; 2.Материалы и методы исследования; 3.Экспериментальная часть; 4.Заключение.	Першина Анна Александровна
5.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Фадеева Вера Николаевна
6.Социальная ответственность.	Дашковский Анатолий Григорьевич

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:
--

1.2 Способы сварки алюминиевых сплавов
--

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ71	Сигагин М.М.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1BM71	Сигагин Михаил Михайлович

Школа	ИШНКБ	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
<i>1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и технологических</i>	Стоимость сырья и материалов. Размер заработной платы исполнителям проекта
<i>2.Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Согласно проектной документации
<i>3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчисления, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>1.Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	SWOT-анализ; оценка готовности проекта к коммерциализации; способы коммерциализации
<i>2.Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Календарный план проекта, ограничения и бюджет проекта
<i>3.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка сравнительной эффективности
Перечень графического материала:	
<i>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</i> <i>2. Матрица SWOT</i> <i>3. Альтернативы проведения НИ</i> <i>4. График проведения и бюджет НИ</i> <i>5. 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
Доцент ОСГН	Фадеева Вера Николаевна	к.ф.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM71	Сигагин Михаил Михайлович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ71	Сигагин Михаил Михайлович

Школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса)	Помещение с местной вытяжной вентиляцией воздуха, расположено на 3 этаже 4 эт, производственного корпуса. В помещении размещено оборудование для лазерной сварки и резки металла, площадь помещения 70 м ² , размещено 3 РМ.
2. Отбор законодательных и нормативных документов по теме.	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Анализ выявленных вредных факторов: – Запыленность и загазованность воздуха; – Температура поверхностей оборудования; – Микроклимат в помещении; – Освещенность рабочей зоны; – Уровень шума на рабочем месте.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:	Анализ выявленных опасных факторов: – Электробезопасность; – Брызги расплавленного металла и искры; – Опасные зоны подвижных частей оборудования.
3. Охрана окружающей среды:	Анализ воздействия объекта на: – Атмосферу (выбросы): воздействие на атмосферный воздух сварочных аэрозолей и газов; – Литосферу (отходы): материалы используемые при исследованиях являются безопасными для литосферы.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Вероятной ЧС является пожар; эвакуация, средства тушения
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и социальной защиты работников на предприятии	– Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. – Правовые нормы трудового законодательства

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ71	Сигагин Михаил Михайлович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 109 страниц, 12 рисунков, 26 таблицы, 30 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: герметичность, алюминий, сварка плавлением, импульсная лазерная сварка, алюминиевый сплав АМгЗ, глубина проплавления, поры, трещины.

Объектом исследования являлись образцы сварных соединений, с никелевым покрытием, выполненные импульсной лазерной сваркой.

Цель работы – разработка технологии импульсной лазерной сварки, позволяющей сформировать герметичное соединение из алюминиево-магниевого сплава АМгЗ способом импульсной лазерной сварки.

В процессе исследования производили импульсную лазерную сварку пластин из алюминиевого сплава АМгЗ с никелевым покрытием.

Работа представлена ведением, 5 разделами и заключением, приведен список использованных источников.

В 1 разделе «Анализ методов и способов сварки алюминиевых сплавов» рассматриваются особенности сварки алюминиевых сплавов и существующие способы их сварки.

В разделе 2 «Материалы и методы исследования» рассказывается о используемых параметрах режима импульсной лазерной сварки, оборудовании, используемом для исследования.

В разделе 3 «Экспериментальная часть» описывается влияние параметров режима импульсной лазерной сварки на формирование герметичного соединения из алюминиевого сплава АМгЗ с никелевым покрытием.

В разделе 4 «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выполнено технико-экономическое обоснование научно-исследовательского проекта. В частности, это оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения данной работы с позиции

ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также планирование и организация научно-исследовательского проекта.

В разделе 4 «Социальная ответственность» проанализированы основные аспекты социальной ответственности, необходимые в ходе исследования (экологические возможные негативные последствия и ущерб здоровью человека и окружающей среде, чрезвычайные ситуации, правовые нормы и др.).

В заключении изложены основные выводы о проведенном эксперименте, выданы рекомендации по сварке алюминиевого сплава АМгЗ с никелевым покрытием и результаты данного исследования рекомендованы для выполнения сварных соединений на предприятии.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	13
1 Анализ методов и способов сварки алюминиевых сплавов	15
1.1 Особенности сварки алюминиевых сплавов	15
1.2 Способы сварки алюминиевых сплавов	17
1.2.1 Газовая сварка	18
1.2.2 Сварка угольным (графитовым) электродом	19
1.2.3 Сварка металлическим покрытым электродом.....	20
1.2.4 Сварка плавящимся электродом в инертных газах	21
1.2.5 Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах	25
1.2.6 Плазменная сварка сжатой дугой постоянным током обратной полярности	27
1.2.7 Микроплазменная сварка	28
1.2.8 Электроннолучевая сварка.....	30
1.2.9 Лазерная сварка	30
2 Материалы и методы исследования	32
3 Экспериментальная часть.....	35
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	44
1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	44
1.2 Анализ конкурентных технических решений	45
1.3 SWOT – анализ	48
1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	52
1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	54
1.6 Ограничения проекта.....	55
1.7 План проекта.....	56
1.8 Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР	58
1.8.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	58
1.8.2 Основная заработная плата	59

1.8.3	Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	61
1.8.4	Отчисления на социальные нужды	62
1.8.5	Накладные расходы	63
1.9	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	64
5	Социальная ответственность	68
5.1.	Описание рабочего места	68
5.2.	Анализ выявленных вредных факторов	69
5.2.1	Шум в процессе сварки.	69
5.2.2	Освещенность рабочей зоны.	70
5.2.3	Вредные вещества в воздухе рабочей зоны.	70
5.3	Анализ опасных факторов, создаваемых установкой при сварке.....	72
5.3.1	Электробезопасность.	72
5.3.2	Расчет защитного заземления.	72
5.3.3	Опасные зоны подвижных частей оборудования.	75
5.4	Мероприятия по обеспечению защиты исследователя от действия опасных и вредных факторов	76
5.4.1	Мероприятия по обеспечению оптимального микроклимата.....	76
5.4.2	Мероприятия по обеспечению требований норм шума.....	76
5.4.3	Мероприятия по обеспечению требований норм освещенности.....	77
5.4.4	Мероприятия по обеспечению требований норм концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.....	77
5.4.5	Мероприятия по обеспечению требований норм электробезопасности	77
5.4.6	Мероприятия по обеспечению требований норм защиты от подвижных частей оборудования.....	79
5.4.7	Мероприятия по обеспечению требований норм защиты брызг и расплавленного металла.....	79
5.5	Экологическая безопасность.....	79
5.6	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82

5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и социальной защиты работников на предприятии	85
5.8 Социальное страхование	88
5.8.1 Пособие по временной нетрудоспособности	90
5.8.2 Единовременные и ежемесячные выплаты	90
Заключение	92
Список использованных источников	93
Приложение А	96

Введение

Алюминиевые сплавы отличаются сочетанием технологических и эксплуатационных свойств:

- малые значения удельного веса;
- высокие механические свойства;
- высокие значения тепло- и электропроводности;
- хорошая технологическая обрабатываемость.

Кроме этих свойств алюминиевые сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью, что позволяет их использовать в различных агрессивных средах.

Технология сварки алюминия и его сплавов имеет особенности в сравнении со сваркой сталей по причине существенных отличий свойств этих металлов. Алюминий и его сплавы обладает теплопроводностью примерно в 5 раз выше, чем у сталей, поэтому тепло от места сварки интенсивно отводится в свариваемые детали, что требует повышенного тепловложения по сравнению со сваркой сталей [1,2]. Это крайне нежелательно, поскольку, алюминий отличается низкой температурой плавления, причем прочность его при нагреве резко снижается. Таким образом, вероятность «прожога» или расплавления детали при сварке алюминия существенно выше, чем при сварке стали.

Наиболее распространенным методом соединения алюминиевых деталей является ручная или автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся электродом в среде защитного газа. Однако, соединения, формируемые данным способом, не всегда могут отвечать требованиям к высокой точности конструкции. Так, например, при изготовлении высокоточных деталей оборонной промышленности требуется формирование швов с низким коэффициентом формы, которые при этом могли обеспечивать требуемое качество и герметичность.

В связи с этим в настоящее время активно разрабатываются и внедряются в производство лазерные технологии соединения металлов и сплавов. Импульсная лазерная сварка деталей, к которым предъявляются требования высокой точности, является перспективным методом за счет таких преимуществ:

- высокая плотность мощности излучения;
- локальность проплавления;
- формирование узкого шва достаточно большой глубины.

Сверхвысокие скорости нагрева и охлаждения после лазерного воздействия сокращают ширину зон термического влияния, а также снижают степень газонасыщения сплавов, особенно при выполнении защиты зон сварочной ванны и термического влияния инертными газами [2].

Однако даже при лазерной сварке существуют определенные проблемы получения прочных соединений алюминиевых сплавов. Это, прежде всего, быстрое образование оксидов на поверхности, поглощение газов из окружающей среды, высокая отражающая способность алюминиевых сплавов.

В настоящее время текущие проблемы решаются на предприятиях применительно к конкретным конструкциям. Особый интерес представляет разработка технологии импульсной лазерной сварки для соединения корпусных элементов электронной аппаратуры, обеспечивающих герметичность и прочность соединения.

Целью данной работы является разработка технологии импульсной лазерной сварки, позволяющей сформировать герметичное соединение из алюминий-магниевого сплава АМгЗ способом импульсной лазерной сварки.

1 Анализ методов и способов сварки алюминиевых сплавов

1.1 Особенности сварки алюминиевых сплавов

Алюминий – это металл, масштабно применяемый в машиностроении, судостроении, строительстве и в других областях. Их список все больше расширяется, объемы потребления алюминия растут [3].

Алюминий и его сплавы отличается высокой технологичностью, хорошо деформируются, из них можно получить изделия сложной формы. Алюминий и ряд его сплавов обладают довольно высокой коррозионной стойкостью. У него электропроводность ниже, чем у серебра, меди и золота [1].

Процесс сварки алюминиевых сплавов связан с целым рядом особенностей, которые сказываются на технологии, выборе метода, режимов и свойствах сварных соединений. Металлургические особенности сварки алюминиевых сплавов определяются взаимодействием их с газами окружающей среды, интенсивностью испарения легирующих элементов, а также особенностями кристаллизации в условиях сварочного процесса. Алюминий практически не меняет своего цвета при нагреве, поэтому во время сварки сложно контролировать размеры сварочной ванны. При температуре выше температуры плавления алюминий интенсивно окисляется. Образующийся оксид алюминия покрывает поверхность детали плотной и прочной пленкой. Важной характеристикой оксидной пленки алюминия является ее способность адсорбировать газы, в особенности водяной пар [4].

Оксидная пленка удаляется следующими способами:

1. Механическим способом: путем зачистки шлифовальной шкуркой, проволочной щеткой из нержавеющей стали или абразивным материалом Scotch Brite. При удалении пленки с помощью щетки следует производить Очистку только в одном направлении. Щетина щетки не должна быть слишком грубой, иначе в результате обработки оксиды могут заглубиться в металл. Необходимо помнить, что щетку,

использовавшуюся для зачистки нержавеющей или обычной стали, нельзя использовать для обработки поверхности алюминиевых сплавов.

2. Химическим способом: обезжиривание и травление специальными средствами, в состав которых не входят углеводородные компоненты, чтобы исключить диссоциацию водорода в область сварки.
3. Метод катодной очистки: оксиды с поверхностей соединяемых изделий удаляются при механизированной сварке на обратной полярности. При аргонодуговой сварке неплавящимся электродом осуществление очистки происходит на переменном токе в полупериоды обратной полярности.

В качестве защитного газа при сварке алюминия необходим чистый аргон, в отличие от сварки стали, при которой обычно используется смесь аргона и углекислого газа. Аргон обеспечивает высокое качество защиты и хорошее проплавление металла. При сварке алюминиево-магниевого сплава следует использовать комбинированную смесь из аргона и гелия (с максимальным содержанием гелия до 75 %), чтобы свести к минимуму образование оксида магния, который обладает большей адсорбционной способностью, чем окись алюминия [3].

Пористость является одним из основных дефектов швов алюминиевых сплавов (рис.1.1). Это связано с повышенной растворимостью газов в нагретом металле и задержкой их в нем при остывании [5]. Данной способностью обладает водород, источником которого является влага, входящая в состав окисной пленки в виде гидратированных окислов. Необходима тщательная химическая очистка присадочного материала и механическая обработка с последующим обезжириванием свариваемых кромок.

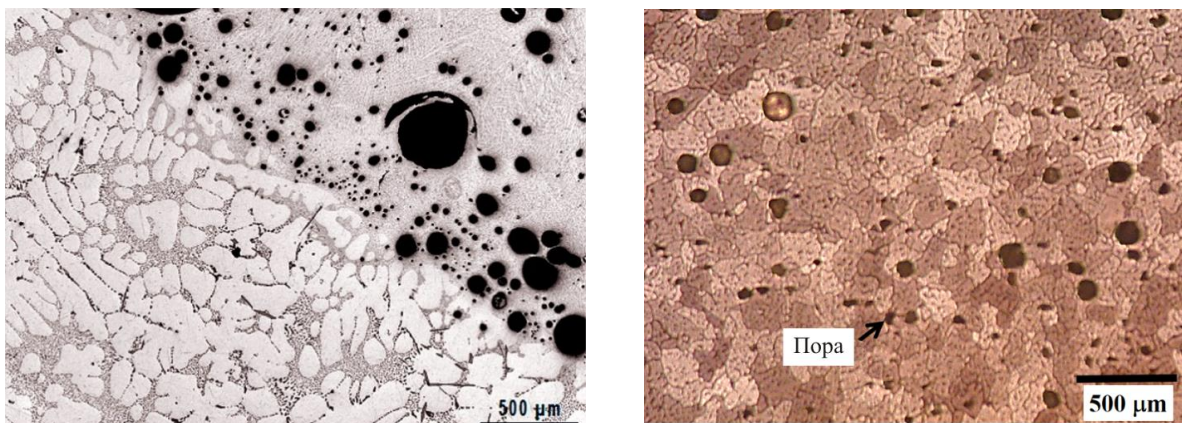


Рисунок 1.1 – Газовые поры в сварном шве [3]

При сварке в соединении могут образовываться горячие трещины. Это происходит в связи со столбчатой структурой металла шва и выделением по границам зерен легкосплавных эвтектик, а также развитием значительных усадочных напряжений в результате высокой литейной усадки алюминия. Для уменьшения вероятности появления трещин в сварные швы могут добавляться специальные модификаторы, улучшающие кристаллическую структуру шва [3].

1.2 Способы сварки алюминиевых сплавов

Для сварки алюминия и его сплавов применяют почти все известные способы сварки плавлением. В процессе самой сварки требуется защитить жидкий металл от воздействия воздуха. Поэтому пользуются защитными флюсами, проводят ее в инертной атмосфере аргона, гелия и их смесях или в вакууме [6,7].

Среди основных наиболее часто используемых способов сварки плавлением алюминиевых сплавов можно выделить следующие:

- газовая сварка;
- сварка угольным (графитовым) электродом;
- сварка металлическим покрытым электродом;
- сварка плавящимся электродом в инертных газах;
- сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах;

- плазменная сварка сжатой дугой постоянным током обратной полярности;
- микроплазменная сварка;
- электроннолучевая сварка;
- лазерная сварка.

1.2.1 Газовая сварка

Газовая сварка алюминия в настоящее время практически не применяется. Она находит свое применение при изготовлении неответственных конструкций из алюминия технической чистоты. Толщина свариваемого металла обычно составляет 0,5-10 мм. Металл толщиной до 4 мм сваривают односторонним швом без разделки кромок, а толщиной свыше 3-4 мм – односторонним швом с разделкой кромок или двусторонним швом. Газовая сварка металла толщиной свыше 10 мм мало производительна, не обеспечивает необходимого качества швов и ее рационально заменять дуговыми методами. Данный способ рекомендуется для сварки стыковых соединений. Возможна сварка угловых, с отбортовкой, тавровых и нахлесточных соединений, но следует учитывать необходимость удаления остатков шлака. Для соединения вертикальных листов толщиной свыше 3 мм на монтаже применяют сварку в вертикальном положении, причем работают два сварщика [8,9].

Присадочный металл в зону сварки наиболее удобно подавать в виде прутков, на который нанесен слой флюса.

Сварку проводят обычно левым способом. При сварке в два прохода перед выполнением второго шва удаляют шлак с поверхности первого шва. Первый шов выполняют на подкладке. Чтобы предотвратить коррозию после сварки остатки флюса смывают горячей водой.

При сварке алюминия рекомендуется применять газовую смесь кислород-ацетилен при их соотношении 1,1÷1,2.

При использовании вместо ацетиленового сжиженной смеси пропан-бутана берут соответственно на один два номера больший наконечник горелки, чем при сварке ацетиленом. Для газовой сварки алюминия применяют те же горелки, что и для сварки сталей [9].

1.2.2 Сварка угольным (графитовым) электродом

Этот способ сварки алюминия был применен одним из первых, но в настоящее время редко используется в промышленности.

Графитовые электроды более стойки против окисления чем, угольные и расход их соответственно ниже. Плотность тока при сварке угольным электродом достигает $100-200 \text{ А/см}^2$, а при сварке графитовым электродом - от 200 до 500 А/см^2 . Перед употреблением конец электрода затачивают на конус под углом 60-70 градусов [6].

При сварке графитовым электродом требуется постоянный ток прямой полярности. Чтобы избежать блуждания дуги по кромкам графитового электрода ее стабилизируют продольным магнитным полем, которое создается соленоидом, состоящим из 6 – 10 витков провода или медной трубки. Соленоид включается последовательно с дугой. Соленоид из трубки служит одновременно охлаждающим устройством электрододержателя. Электрододержатель должен обеспечивать надежный контакт с электродом.

Графитовый электрод располагают к изделию под углом 70 – 80°. Угол между графитовым электродом и присадочным прутом обычно составляет 70 – 80°. В качестве присадочного прутка используются электроды, применяемые для ручной дуговой сварки.

При сварке металла больших толщин применяют "правую" сварку. Графитовым электродом могут быть выполнены не только стыковые, но и торцевые соединения.

Односторонняя сварка стыковых соединений производится на стальной подкладке с канавкой. Короткие швы большого

сечения/шины/выполняют на графитовой подкладке. В этом случае применяют также графитовые формовочные пластины, прикладываемые к боковым поверхностям деталей. Эти пластины дают возможность хорошо прогреть соединяемые кромки и предотвращают вытекание расплавленного металла [6].

1.2.3 Сварка металлическим покрытым электродом

Ручную дуговую сварку алюминия применяют при изготовлении конструкций из алюминия технической чистоты, сплава АМц, силуминов. Толщина свариваемого металла лимитируется диаметром электрода.

Минимальный диаметр электрода обычно составляет 4 мм, что вызвано трудностями сварки электродами малого сечения вследствие высокой скорости их плавления. В связи с этим толщина свариваемого металла должна быть выше 4 мм, а угловые швы должны иметь катеты не менее 6х6 мм. Данный способ рекомендуется для сварки стыковых соединений в нижнем положении. Сварка тавровых и нахлесточных соединений также возможна, но при этом следует учитывать необходимость удаления остатков шлака. Сварка на вертикальной плоскости трудноосуществима, а сварку в потолочном положении не применяют из-за невозможности удержания металла сварочной ванны [10].

Сварку алюминия покрытыми электродами выполняют постоянным током обратной полярности. В качестве источников питания применяют сварочные генераторы или выпрямители с падающей внешней характеристикой. Дугу поддерживают более короткой. Наклон электрода составляет 90-60°. Сварка наклонным электродом позволяет легче следить за ванной расплавленного металла. Перед сваркой стыковых и угловых швов кромки листов подогревают газовым пламенем. Температуру подогрева выбирают в зависимости от толщины свариваемых деталей.

Литые детали рекомендуется подогревать до температуры 150-200 °С.

При сварке металла толщиной до 20 мм разделка кромок обычно не требуется. Проплав обеспечивает зазор между кромками свариваемых деталей, который должен быть не более 0,5-1 мм. Сварка стыковых соединений обычно двусторонняя. При толщине листов до 14 мм обратный шов заваривают без предварительной вырубки корня шва. Обратный шов листов большей толщины заваривают после контрольной вырубки корня первого шва до уровня чистого наплавленного металла.

Ручная дуговая сварка алюминия покрытыми электродами рекомендуется только в нижнем положении и, как правило, без колебаний конца электрода. Угловые швы тавровых соединений сваривают на тех же режимах, что и стыковые соединения. При многослойной сварке корневые швы выполняют электродами меньшего диаметра. После сварки с поверхности шва удаляют шлак. Брызги электродного металла и лишнее усиление шва удаляют скребком, пневматической фрезой или зубилом [10].

1.2.4 Сварка плавящимся электродом в инертных газах

Автоматическую и полуавтоматическую сварку плавящимся электродом применяют для получения стыковых, тавровых, нахлесточных и других соединений металла толщиной 4-6 мм и более (автоматическая сварка преимущественно для металла толщиной 10-12 мм и более). Экономическая целесообразность применения сварки плавящимся электродом возрастает с увеличением толщины металла, глубокое проплавление которого обеспечивает процессу высокую производительность. Этим способом сварки удается получать надежное проплавление корня шва при сварке тавровых и нахлесточных соединений [6].

Конструкция механизма подачи должна обеспечивать надежное и стабильное поступление мягкой алюминиевой проволоки. Обычно в таких механизмах предусматривают две пары ведущих и прижимных роликов, что уменьшает возможность проскальзывания проволоки и ее сминания. Ролики

применяют без насечки. Внутренняя поверхность стальной трубки в горелке, по которой движется проволока, должна быть обработана с максимальной чистотой. Сопло горелки должно обеспечивать надежную защиту инертным газом жидкой сварочной ванны. Диаметр сопел горелок для автоматической сварки 26-32 мм, для полуавтоматической 18-22 мм [6].

Токопроводящие наконечники обычно изготавливают из меди. Срок их службы 30-40 ч. Медно-графитовые наконечники склонны к более быстрому износу (срок службы 8-10 ч), однако они обеспечивают надежный токосъем и хорошие условия скольжения проволоки.

Длина видимой части дуги при сварке составляет 2-6 мм, расстояние от мундштука до торца сопла 8-10 мм. Расстояние от торца сопла до изделия 5-15 мм. Сварку осуществляют "углом вперед", угол наклона горелки 75-80°. Сварку плавящимся электродом в защитных газах выполняют на постоянном токе обратной полярности. Источники питания сварочной дуги должны иметь жесткую (проволока диаметром до 2,5 мм) или пологопадающую (проволока диаметром более 2,5 мм) внешнюю характеристику [6].

При сварке в аргоне плавящимся электродом диаметром до 2,5 мм трудно избежать образования пор в металле шва. Повысить качество металла шва алюминиевых сплавов (Al-Mg, Al-Zn-Mg) удастся применением техники управляемого переноса металла при импульсно-дуговой сварке.

Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом отличается от обычной тем, что на постоянный ток обратной полярности, получаемый от основного источника питания, накладываются кратковременные импульсы тока с заданной частотой следования, генерируемые импульсным устройством для получения мелкокапельного направленного переноса электродного металла через дугу при более низких значениях сварочного тока, чем это имеет место при естественном мелкокапельном переносе. Величину и длительность импульсов сварочного тока выбирают такими, чтобы можно было обеспечить управляемый перенос металла с торца электрода небольшими каплями в

широком диапазоне токов. В паузах между импульсами значение тока небольшое, но достаточное для поддержания горения сварочной дуги, при котором ввод теплоты в изделие уменьшается и отсутствует перенос металла [6].

Импульсно-дуговая сварка обеспечивает повышение механических свойств наплавленного металла и сварных соединений в целом, улучшает стабильность процесса, позволяет выполнять сварку в различных пространственных положениях с улучшенным формированием швов, использовать проволоку диаметром 0,8-1 мм и получать соединения металла минимальной толщины 1-3 мм, существенно стабилизировать провар корня шва.

В настоящее время при сварке плавящимся электродом металла средних и больших толщин находит применение сварка в смеси инертных газов аргона с гелием. По сравнению с аргоном гелий повышает концентрацию энергии в приэлектродных пятнах и обуславливает более высокий градиент температур в столбе дуги. Применение смеси защитных газов повышает тепловую мощность дуги, температуру сварочной ванны. особенно эффективно применение гелия для сварки алюминия высокой и технической чистоты, теплопроводность которых выше по сравнению с алюминиевыми сплавами. При введении гелия в настроенную на аргон систему дуга укорачивается, а тик несколько снижается. Для сохранения устойчивости процесса и силы сварочного тока необходимо повысить напряжение холостого хода источника питания. Это приводит к росту напряжения дуги на 20-30 % и соответственно настолько же требует увеличения скорости подачи проволоки, в результате чего возрастают глубина и ширина провара [7].

При равной погонной энергии скорость сварки в смеси газов на 40-50% выше, чем в аргоне. Металл толщиной 20-25 мм можно сваривать за один проход с каждой стороны без скоса кромок. Допускается повышенный зазор в стыках.

Применение в качестве защитной атмосферы смеси аргона (25-40%) с гелием (75-60 %) при автоматической сварке позволяет снизить объем пустот в металле шва в 2-2,5 раза. Для полуавтоматической сварки используют смесь, состоящую из 50 % каждого газа.

При сварке плавящимся электродом по глубокой V-образной разделке впереди дуги скапливаются брызги электродного металла, которые, попадая в дуговой промежуток, нарушают режим сварки. Чтобы исключить это, скопившиеся впереди дуги брызги обычно удаляют скребком. В таких случаях целесообразно применять рюмкообразную или трапецеидальную разделку кромок, особенно при использовании проволок диаметром 3-5 мм. При многослойной односторонней сварке в разделку кромок рекомендуется первые один-три прохода выполнять неплавящимся электродом, который обеспечивает более качественное формирование обратной стороны шва, а остальные проходы – плавящимся. Иногда для уменьшения усиления швов, выполняемых плавящимся электродом, применяют неглубокую, но широкую разделку кромок под углом 90-120° [6].

Полуавтоматическую сварку стыковых соединений без разделки кромок в нижнем и вертикальном положениях выполняют обычно без поперечных колебаний торца электрода. При наличии разделки кромок первый шов выполняют также без поперечных колебаний, а последующие швы – с небольшими (до 5 мм) перемещениями электрода.

При сварке угловых швов в нижнем положении угол наклона горелки от вертикальной стенки 30-45°. Сварку угловых швов на вертикальной плоскости ведут снизу вверх углом вперед. Однопроходную сварку можно выполнять с перемещениями конца электрода. Угловые швы больших сечений на вертикальной плоскости выполняют многослойными швами путем наложения узких валиков. Также выполняют и стыковые горизонтальные швы. Для заварки кратера горелку возвращают в обратном направлении на

расстояние, ненамного превышающее длину кратера, при одновременном снижении скорости подачи проволоки [6].

1.2.5 Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах

Электрическая дуга горит между изделием и неплавящимся вольфрамовым электродом. Присадочный металл вводят в сварочную ванну по необходимости независимо от сварочного тока. Способ находит применение для сварки стыковых, нахлесточных, тавровых, торцовых и других соединений, получения стыковых швов на вертикальной плоскости при двусторонней сварке в одну общую ванну одновременно двумя сварщиками. Ручную сварку рекомендуется применять для металла толщиной до 10 мм, а автоматическую – для металла толщиной до 16 мм. Во избежание попадания вольфрама в шов дугу зажигают на технологической или графитовой пластине. Дуга зажигается, когда электрод находится на расстоянии 2-3 мм от пластины. После разогрева торца вольфрамового электрода, не прерывая дуги, её переносят на изделие. Вольфрамовый электрод следует располагать к изделию под углом 60-80°. Угол между вольфрамовым электродом и присадочной проволокой обычно составляет 80-90°. Расстояние от нижнего края торца сопла до изделия должно быть минимальным (5-10 мм), но достаточным для наблюдения за сварочной дугой и концом электрода. Увеличение этого расстояния приводит к ухудшению эффективности газовой защиты и требует повышенного расхода защитного газа. Длина выступающей из сопла части вольфрамового электрода должна составлять 2-5 при сварке стыковых и до 8 мм при сварке тавровых соединений. Использование сопел с металлическими сетками, пористыми перегородками позволяет получать ламинарный стабильный поток газа на большем расстоянии от торца сопла до изделия и увеличивать вылет вольфрамовых электродов в 1,5-2 раза [7].

При сварке тавровых стыковых соединений газовая струя при выходе из сопла горелки натекает на поверхность свариваемого изделия, что приводит

к расширению зоны защиты. Торцовые соединения, наоборот, имеют небольшую отражающую поверхность, что может привести к попаданию воздуха в зону сварки. В этом случае ниже уровня шва устанавливают специальные отражающие пластинки-экраны. При сварке встык листов и труб, собранных с зазором без подкладки, возможен подсос воздуха через зазор. Для исключения подсоса внутрь трубы вдувается аргон или гелий, защищающий корень шва.

Перемещение электрода и присадочной проволоки во время ручной сварки должно быть равномерно поступательным. Конец присадочного прутка вводится в сварочную ванну и не должен находиться за пределами зоны газовой защиты. Поперечные колебания прутка и вольфрамового электрода не рекомендуются. Сварку следует вести при минимальной длине дуги (1-5 мм) на максимальных для данной толщины материала сварочном токе и скорости сварки. Обычно ручная сварка ведется "левым" способом [7].

В целях повышения производительности процесса двустороннюю сварку вертикальных швов на вертикальной плоскости металла толщиной до 16 мм производят два сварщика в одну ванну. Требуется разделка двух кромок (угол 90° , притупление 2-2,5 мм) [7].

Для зажигания дуги обычно применяются осцилляторы напряжения. Горелку устанавливают к изделию под углом $80-90^\circ$. Автоматическую сварку изделий выполняют в приспособлениях, обеспечивающих плотную сборку свариваемых кромок и их удержание в процессе сварки. Обычно сварку проводят за один проход с одной или двух сторон. При односторонней сварке изделий необходимо предусматривать проплавление кромок на всю толщину и формирование усиления с обратной стороны шва. При двусторонней сварке перед наложением шва с обратной стороны требуется механическая обработка до металла шва.

Применение смеси газов аргона (50-70%) с гелием (50-30%) обеспечивает увеличение глубины проплавления металла, повышение в 1,5-2 раза скорости сварки и снижение объема пустот в металле шва [7].

1.2.6 Плазменная сварка сжатой дугой постоянным током обратной полярности

Высокая плотность тока в столбе дуги, большая концентрация энергии при плазменном процессе позволяют повысить скорость сварки, улучшить зону термического влияния и уменьшить деформацию конструкций по сравнению с аргонодуговой сваркой переменным током [6].

Процесс горения дуги весьма устойчив, а малая чувствительность к колебаниям ее длины значительно облегчает операцию сварки.

Вольфрамовый электрод для повышения его стойкости в плазменной горелке запрессовывают в охлаждаемую медную обойму. Глубина погружения медно-вольфрамового электрода относительно среза формирующего сопла составляет 1,5-2,5 мм. При более глубоком погружении медно-вольфрамового электрода в сопло затрудняется возбуждение дежурной дуги, а также возбуждение и горение основной дуги. Рабочий конец вольфрамового электрода должен быть чистым и заточен заподлицо с медной обоймой электрододержателя. Наличие меди на рабочем торце вольфрамового электрода не допускается. Оплавленную часть электрода удаляют. Длина факела дежурной дуги поддерживается в пределах 5-8 мм [6].

При сварке поверхность электрода устанавливается перпендикулярно оси канала плазмформирующего сопла. Плазмотрон располагается к изделию под углом 80-90° "углом вперед" относительно вертикальной оси. Угол между плазмотроном и присадочной проволокой составляет 90-100°. Нарастание тока от минимального значения производится в течение 15-20 с [6].

При нарушении формирования шва, появление морщинистой поверхности уменьшают длину дуги или увеличивают скорость сварки.

Появление загрязнений на поверхности шва, сопровождаемых повышением напряжения на дуге, свидетельствует о загрязнении плазмотрона. По мере загрязнения поверхности сопел очищают от сажи, брызг и металлического конденсата.

Однопроходная сварка изделий малых толщин предусматривает проплавление кромок на всю толщину и формирование усиления с обратной стороны шва. Двусторонняя сварка стыковых соединений выполняется на подкладке, причем после сварки с одной стороны корень шва удаляется. Место сварки зачищается механическим способом, обезжиривается и производится сварка с обратной стороны. При двухслойной сварке стыковых соединений допускается первый проход выполнять путем проплавления [6].

1.2.7 Микроплазменная сварка

Микроплазменная сварка алюминия и его сплавов осуществляется асимметричным синусоидальным током промышленной частоты или разнополярными прямоугольными импульсами регулируемой частоты. Амплитуда импульсов тока прямой полярности, как правило, в 2-3 раза выше амплитуды импульсов тока обратной полярности.

Необходимым условием устойчивого процесса микроплазменной сварки является существование малоамперной (1-5 А) дежурной дуги постоянного тока, горящей непрерывно между соплом и вольфрамовым электродом [10].

По сравнению с аргонодуговой сваркой микроплазменный способ обеспечивает более устойчивое горение дуги на малых токах, меньшую ширину швов, большую глубину проплавления и более узкую зону термического влияния. Благодаря этому повышаются механические свойства сварных соединений и снижаются деформации свариваемых изделий. С помощью микроплазменной сварки можно выполнять стыковые, отбортованные и угловые соединения металла толщиной 0,2-2,0 мм. Разделка

кромки для всех типов соединений не производится. Для металла толщиной 0,2-0,5 мм более стабильное качество стыковых соединений достигается с применением присадочной проволоки. Металл толщиной 0,6-2,0 мм можно сваривать встык как с использованием присадочной проволоки, так и без нее. Сварка стыковых соединений выполняется на технологической подкладке из нержавеющей стали с канавкой прямоугольного или овального сечения для формирования обратной стороны шва. Глубина канавки 0,4-1,0 мм, ширина от 2 до 5 мм [10].

Угловые соединения с толщиной стенок менее 0,5 мм собираются на прихватках и выполняются на технологических подкладках с применением присадочной проволоки или без нее. При толщине стенок более 0,5 мм применение присадочной проволоки не обязательно. Тавровые соединения выполнять микроплазменной сваркой не рекомендуется. Микроплазменную сварку изделий следует производить в приспособлениях обеспечивающих плотную подгонку свариваемых кромок.

При ручной сварке наклон горелки к изделию составляет 60-80°, а при автоматической от 80 до 90°. Угол между присадочной проволокой и вольфрамовым электродом в процессе сварки следует сохранять равным 90°. Ручная сварка выполняется "левым способом". Поперечные колебания присадочного материала и горелки при микроплазменной сварке не производятся. Возбуждение дежурной дуги осуществляется с помощью осциллятора при обязательной подаче плазмообразующего газа. Факел дежурной дуги должен иметь форму конуса длиной 6-10 мм. Возбуждение основной дуги достигается путем сближения горелки со свариваемым металлом. В процессе сварки длину дуги необходимо выдерживать в пределах 3-5 мм [10].

Для предотвращения образования трещин в кратере шва при ручной микроплазменной сварке необходимо заканчивать шов с интенсивной подачей в сварочную ванну присадочной проволоки и плавным увеличением дугового

промежутка. При автоматической сварке используются специальные устройства для заварки кратера. После обрыва дуги подачу защитного газа следует прекращать по истечении 5-10 с. [10].

1.2.8 Электроннолучевая сварка

Электроннолучевая сварка обладает рядом преимуществ по сравнению с другими видами сварки плавлением: высокой удельной концентрацией энергии (благодаря малому диаметру луча и его стабильности), малым тепловложением и относительно высокой скоростью процесса. Поэтому она находит все более широкое применение при изготовлении конструкций из высокопрочных термически упрочняемых и нагартованных алюминиевых сплавов. В результате ее применения достигается минимальное разупрочнение металла в околошовной зоне. Электроннолучевая сварка обеспечивает минимальное коробление изделия вследствие малой ширины шва. Погонная энергия при электроннолучевой сварке в 4-5 раз меньше, чем при аргонодуговой. Электроннолучевая сварка позволяет выполнять соединения различных типов: стыковые, угловые, тавровые и нахлесточные, с отбортовкой кромок и др. Обычно присадочная проволока не применяется [11].

Электроннолучевая сварка является довольно универсальным процессом, так как позволяет выполнять соединения в различных пространственных положениях при широком диапазоне скорости сварки [11].

1.2.9 Лазерная сварка

В настоящее время лазерная сварка находит все большее применение в промышленности [12]. Излучение лазера с помощью оптических систем может быть сфокусировано в пятно диаметром в несколько микрон или линию и т. д. Световой луч может быть непрерывным или импульсным. При

импульсном луче сварка происходит отдельными или перекрывающимися точками [13].

Основными параметрами луча лазера являются его мощность, длительность импульса и диаметр светового пятна на свариваемой поверхности. Расфокусировка луча также влияет на глубину проплавления основного металла. При положительных расфокусировках глубина проплавления изменяется более резко. Поглощение световой энергии основным металлом зависит от состояния его поверхности, поглощательной способности (часть светового потока, отражаясь, теряется) [11].

Высокая концентрация теплоты в световом пятне лазера позволяет практически все металлы довести не только до расплавления, но и до кипения. Однако мощное оборудование для лазерной сварки в настоящее время все еще остается достаточно дорогим и это сдерживает его применение в промышленности. Поэтому чаще всего используют импульсную лазерную сварку и сваривают металл толщиной до 1 мм. [14].

Большим преимуществом способа сварки лучом является возможность ведения процесса в вакууме, защитных газах или на воздухе [11]. Сварку алюминиевых сплавов чаще всего производят в инертной среде аргона [15]

Из большого числа способов сварки плавлением алюминиевых сплавов, для герметизации электронных приборов с корпусами из алюминиевых сплавов малых толщин, наиболее подходящим способом является импульсная лазерная сварка, в силу своих особенностей [3]:

- высокая концентрация в пятне нагрева лазерного луча;
- малый нагрев конструкции и практически отсутствие деформаций во время сварки;
- изделие не является частью сварочной цепи, что является необходимым для многих электронных компонентов.

2 Материалы и методы исследования

В работе использовали импульсную лазерную сварку пластин из алюминиевого сплава АМгЗ, с никелевым покрытием. В таблице 1 представлены режимы сварки, при которых постоянными значениями являлись:

- частота импульса, 2 Гц;
- скорость сварки, 10 мм/мин;
- расход газа, 10 л/мин;
- степень расфокусировки, Н0,8

Таблица 1 – Режимы сварки

№ образца	Напряжение, В	Длительность импульса, мс	Q, кВт
1	650	20	3,96
2	650	15	4,46
3	650	10	5,08
4	650	5	5,88
5	550	20	2,58
6	550	15	2,86
7	550	10	3,21
8	550	5	3,65
9	450	20	1,52
10	450	15	1,67
11	450	10	1,84
12	450	5	2,05
13	350	20	0,75
14	350	15	0,78
15	350	10	0,85
16	350	5	0,92

Сварка выполнялась по отбортовке кромок. Форма подготовки пластин представлена на рисунке 2.1.

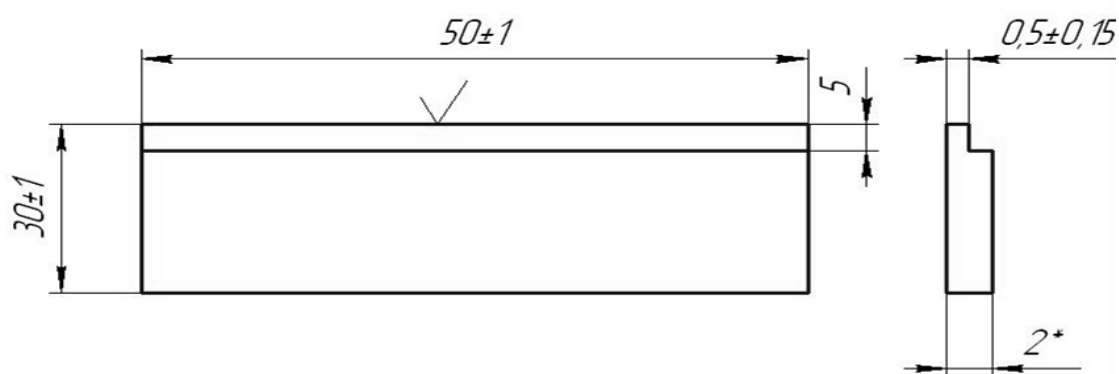


Рисунок 2.1 – Форма подготовки пластин

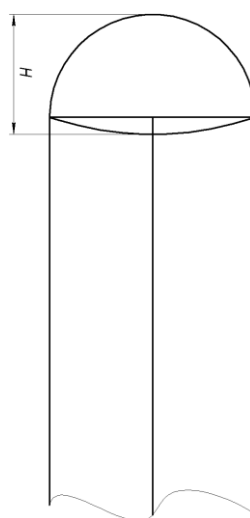


Рисунок 2.2 – Форма сварного соединения

Сварка образцов осуществлялась на установке импульсной лазерной сварки ALFA-200Auto, технические параметры которой представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические параметры лазерной установки ALFA-200Auto

Средняя выходная мощность	200 Вт
Максимальная энергия импульса, не менее	50 Дж
Тип лазера	Nd:YAG
Длина волны	1064 нм
Регулировка лазерного пучка	0,2 – 2,0 мм
Частота лазерных импульсов	≤ 100 Гц

Продолжение Таблицы 2.2

Длительность импульса	≤ 20 мс
Система точного позиционирования	Лазер-пилот, система видеонаблюдения
Ход координатного стола	300 x 200 мм
Точность перемещения координатного стола	$\pm 0,05$ мм
Нагрузка на рабочий стол	до 30 кг
Электропитание	380 В $\pm$ 10% / 50 Гц
Система охлаждения	Автономная/ водная магистраль
Габариты	1500 x 750 x 1200 мм
Вес	230 кг

Для оценки влияния режима сварки на глубину проплавления и характер формирования сварного шва в работе проводили макро- и микроисследования. Металлографические исследования выполняли на поперечных микрошлифах, вырезанных из зоны установившегося режима. Выявление структуры сварных соединений осуществляли методом окунания предварительно отполированной поверхности в раствор $\text{HF}:\text{HNO}_2:\text{H}_2\text{O}=3:3:95$ и выдержке образца в реактиве в течение 10 секунд.

Изучение макро- и микроструктуры производили с помощью оптической металлографии. Оптическую металлографию осуществляли с помощью микроскопа OLYMPUS GX51 и комплекта прикладных программ SIAMS 700.

Микротвердость измеряли на приборе HVS-1000 с шагом по глубине 10 мкм при нагрузке 0,25 Н с выдержкой в 10 с.

3 Экспериментальная часть

Для определения оптимального режима импульсной лазерной сварки необходимо решить следующие задачи:

- провести визуальный контроль сварного соединения;
- определить изменение глубины проплавления в зависимости от изменения параметров режима импульсной лазерной сварки;
- произвести макро и микроанализ сварного шва, с целью определить его качество.

Качественное сварное соединение – это соединение не имеющее трещин, пор, несплавлений и окисных включений. Сварные соединения должны обеспечивать равнопрочность с основным металлом.

Визуальная оценка поверхности сварных швов показала, что малая длительность импульса при низком напряжении (16-ый режим) не позволяет сформировать соединение. Поверхность кромок частично оплавляется (рис. 3.2,г), но сплавления не происходит. Увеличение длительности импульса (режимы 13-15) способствует большему прогреву соединяемых кромок, формируется ванна расплава, однако недостаточное напряжение приводит к пористости сварного шва (рис. 3.2,а,б,в).

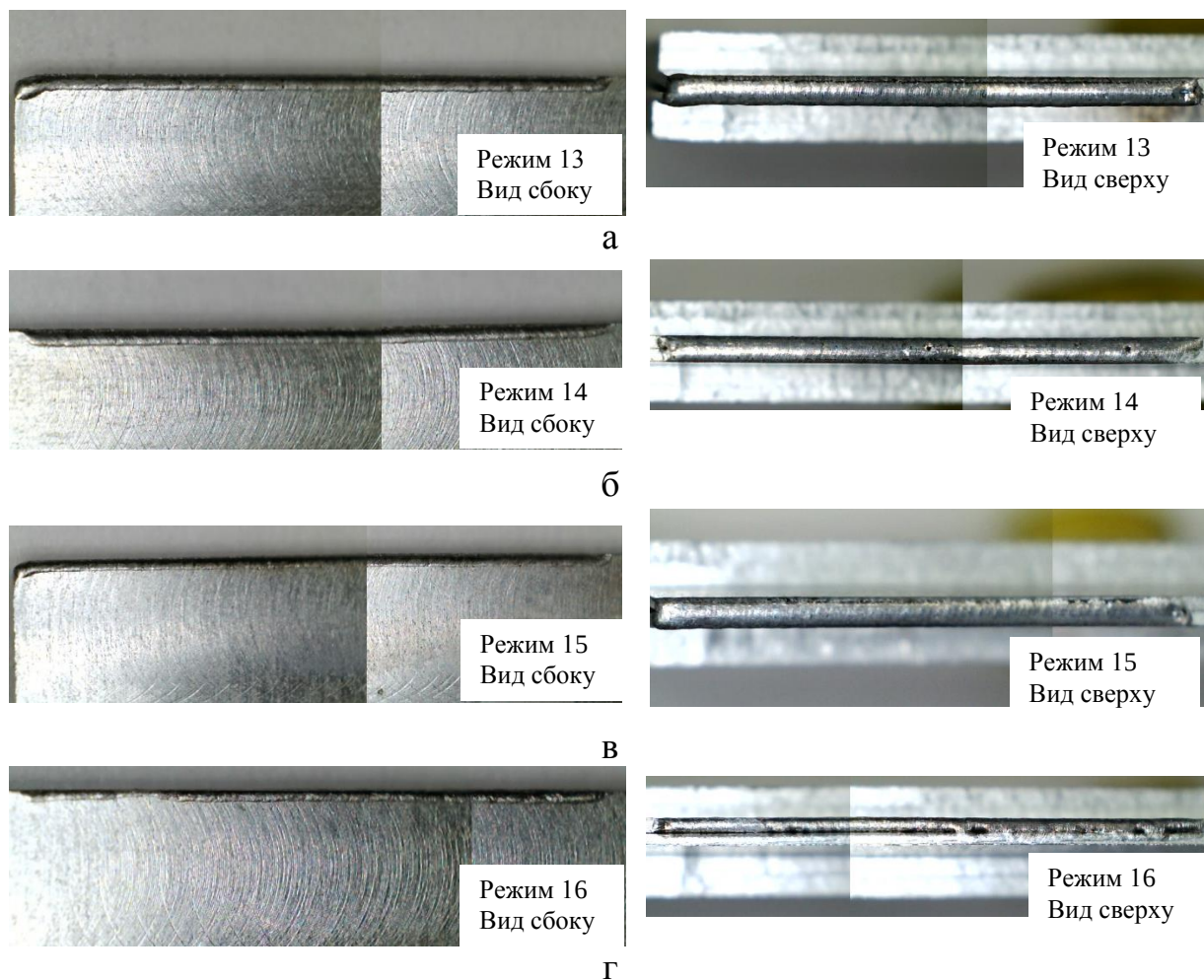


Рисунок 3.2 – Внешний вид сварных соединений для режимов 13-16

При увеличении напряжения до 450В (режимы 9-12) даже при малой длительности импульса формируется сварной шов с полным проплавлением. Высота шва находится на уровне основного металла, значительного заглубления луча лазера в основной металл не наблюдается (рис. 3.3). Увеличение длительности импульса до 15-20 мс при напряжении 450В способствует увеличению степени оплавления металла и формированию более выпуклого валика (рис. 3.3,а,б).

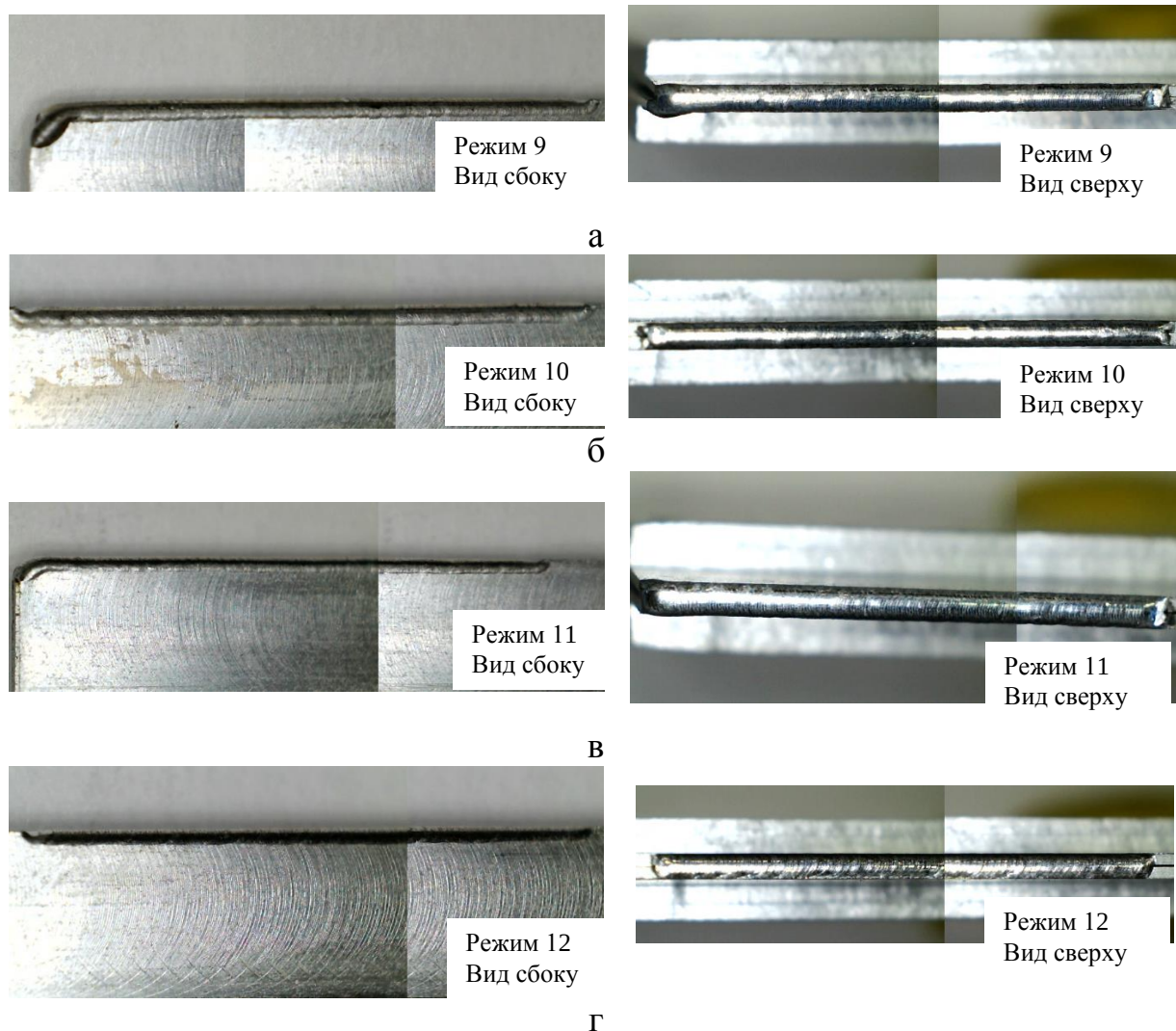
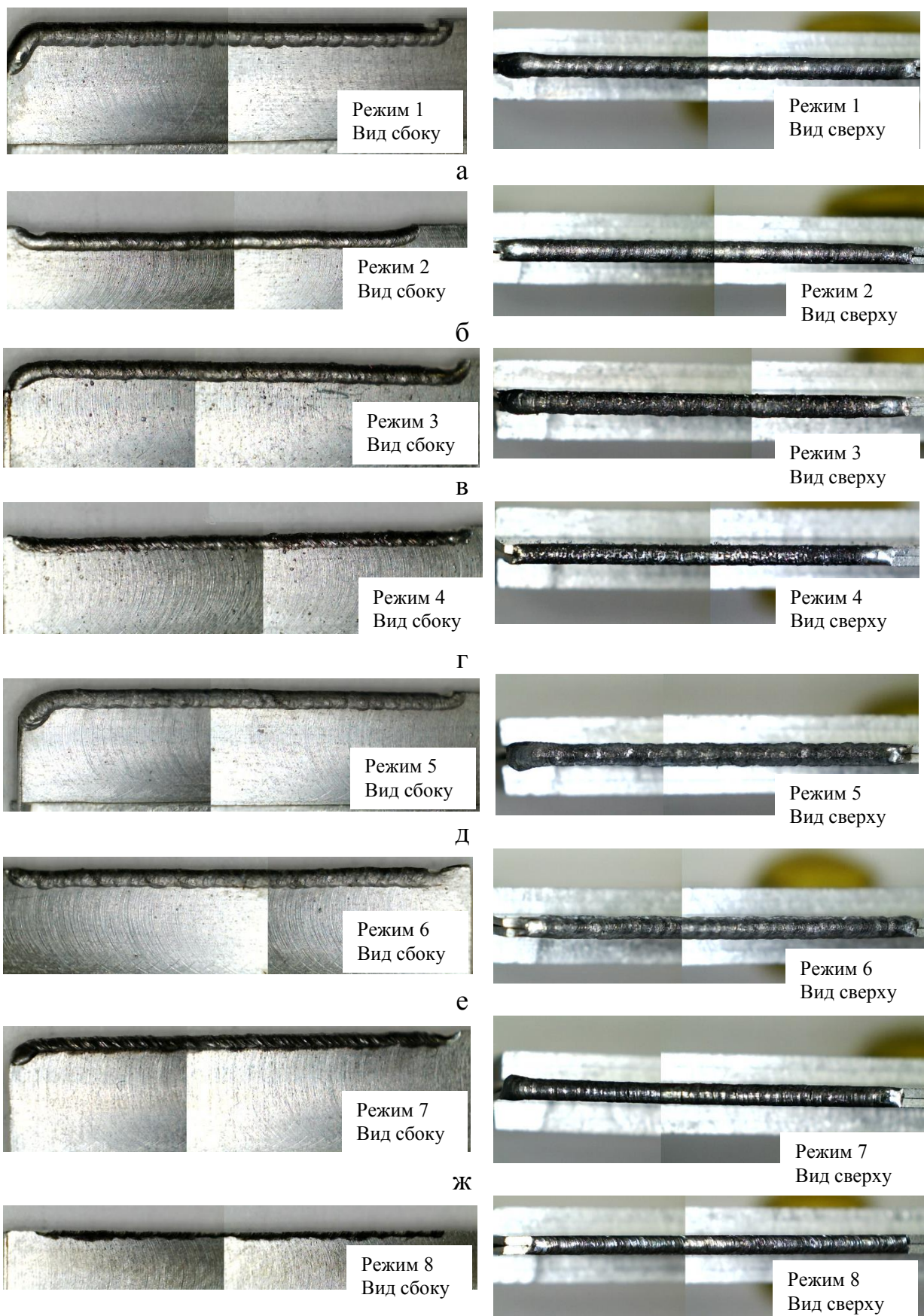


Рисунок 3.3 – Внешний вид сварных соединений для режимов 9-12

Применение режимов с напряжением 550В и 650В способствует перегреву алюминиевого сплава, что приводит к значительному оплавлению поверхности свариваемых торцов и формированию подрезов (рис. 3.4,а-з). При этом, чем больше длительность импульса и напряжение, тем глубже оплавление и ниже качество сварного шва.



3

Рисунок 3.4 – Внешний вид сварных соединений для режимов 1-8

Измерение геометрических параметров сварного шва при микроанализе поперечного сечения сварных соединений показало, что высота и ширина сварного шва при импульсной лазерной сварке увеличивается пропорционально росту напряжения и длительности импульса (рис. 3.5).

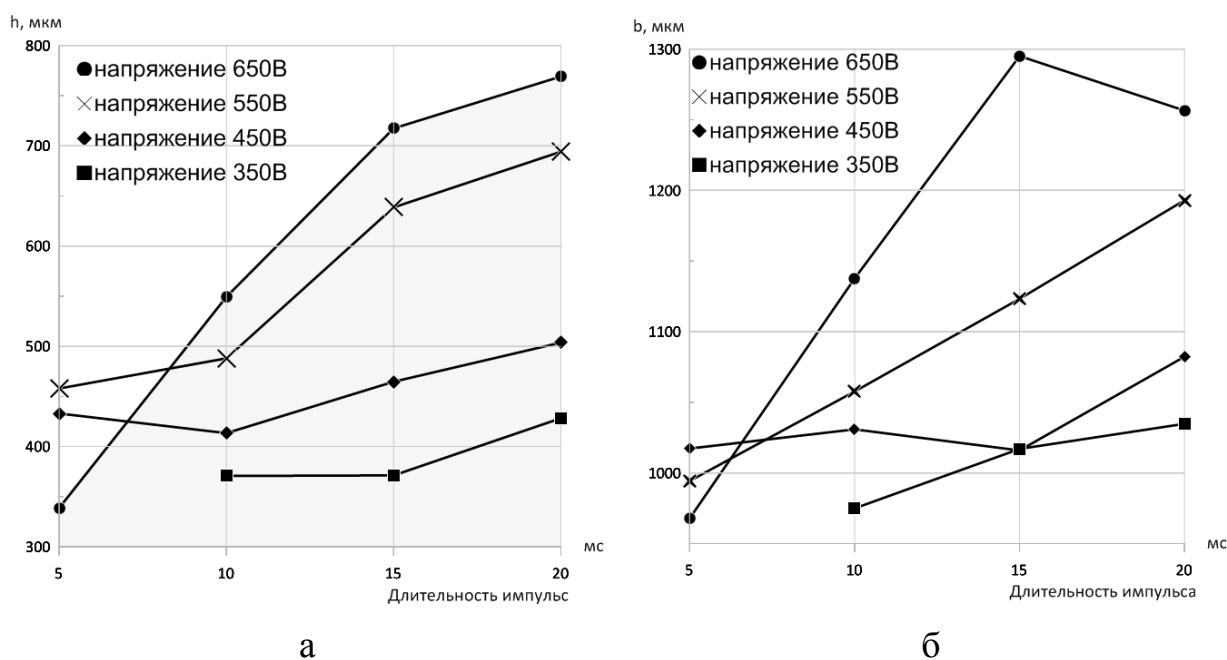


Рисунок 3.5 – Зависимость высоты h (а) и ширины b (б) сварного шва от изменения параметров режима импульсной лазерной сварки

Волновой характер лазерного излучения способствует образованию слоистой микроструктуры. На рис. 3.6 отчетливо видны структурные полосы различного оттенка.

При металлографическом исследовании сварных соединений наблюдается пористость и образование трещин (рис.3.6). Усиленное порообразование объясняется тем, что никель в расплавленном и нагретом состоянии хорошо растворяет в себе водород, кислород и углекислый газ. При сварке кислород и никель образуют оксид NiO, который затрудняет сварку. При этом наблюдается формирование поры на границе сплавления по отбортовке кромок, что вызвано наличием воздуха в стыке пластин.

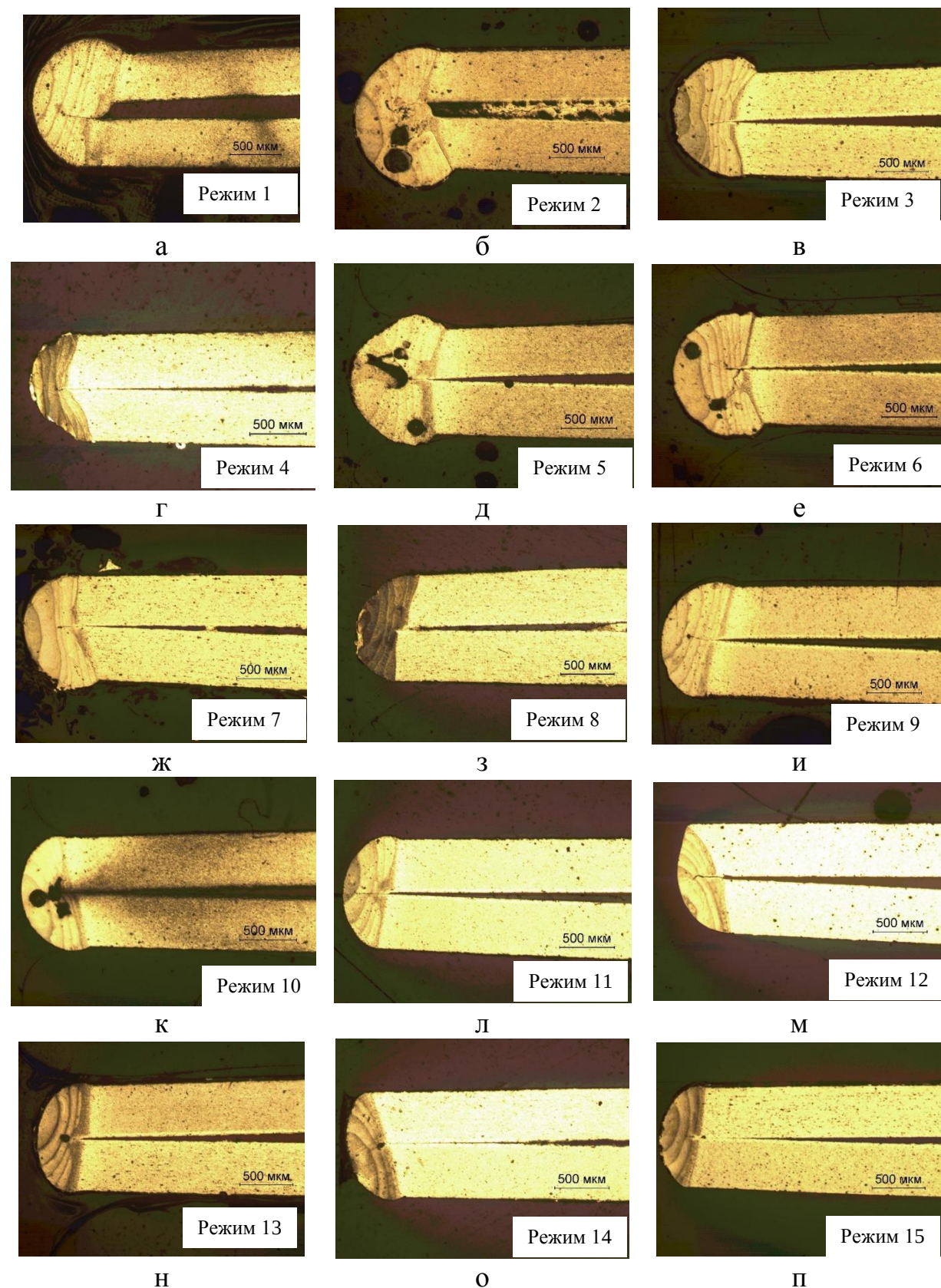


Рисунок 3.6 – Макроструктура сварных соединений

Образование трещин связано с увеличением мощности излучения. При малой мощности излучения трещины в сварном шве направлены от

центра сварной точки по границам кристаллов к линии сплавления. При увеличении мощности излучения для режима 6 характерно распространение трещины вдоль по всему шву (рис.3.7,е).

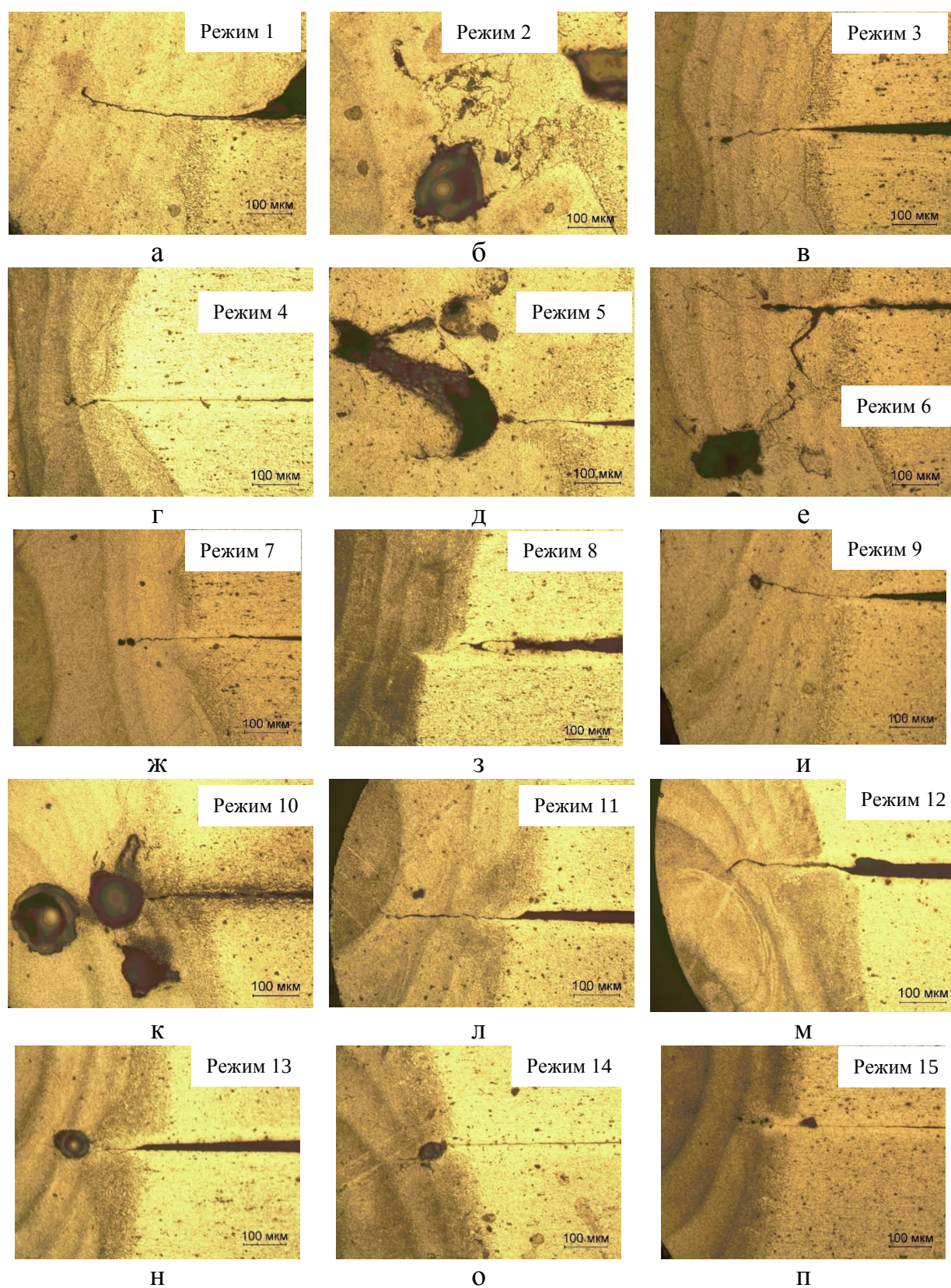


Рисунок 3.7 – Микроструктура сварных соединений

При анализе микрофотографий сварных соединений на границе сплавления образцов наблюдается зарождение трещин.

Формирование трещин в металле шва может быть вызвано внутренними напряжениями, которые увеличиваются при росте объема сварочной ванны.

Анализ распределения микротвердости по толщине сварного шва показывает то, что твердость сварных соединений увеличивается с перехода с металла шва на основной металл (рис.3.8).

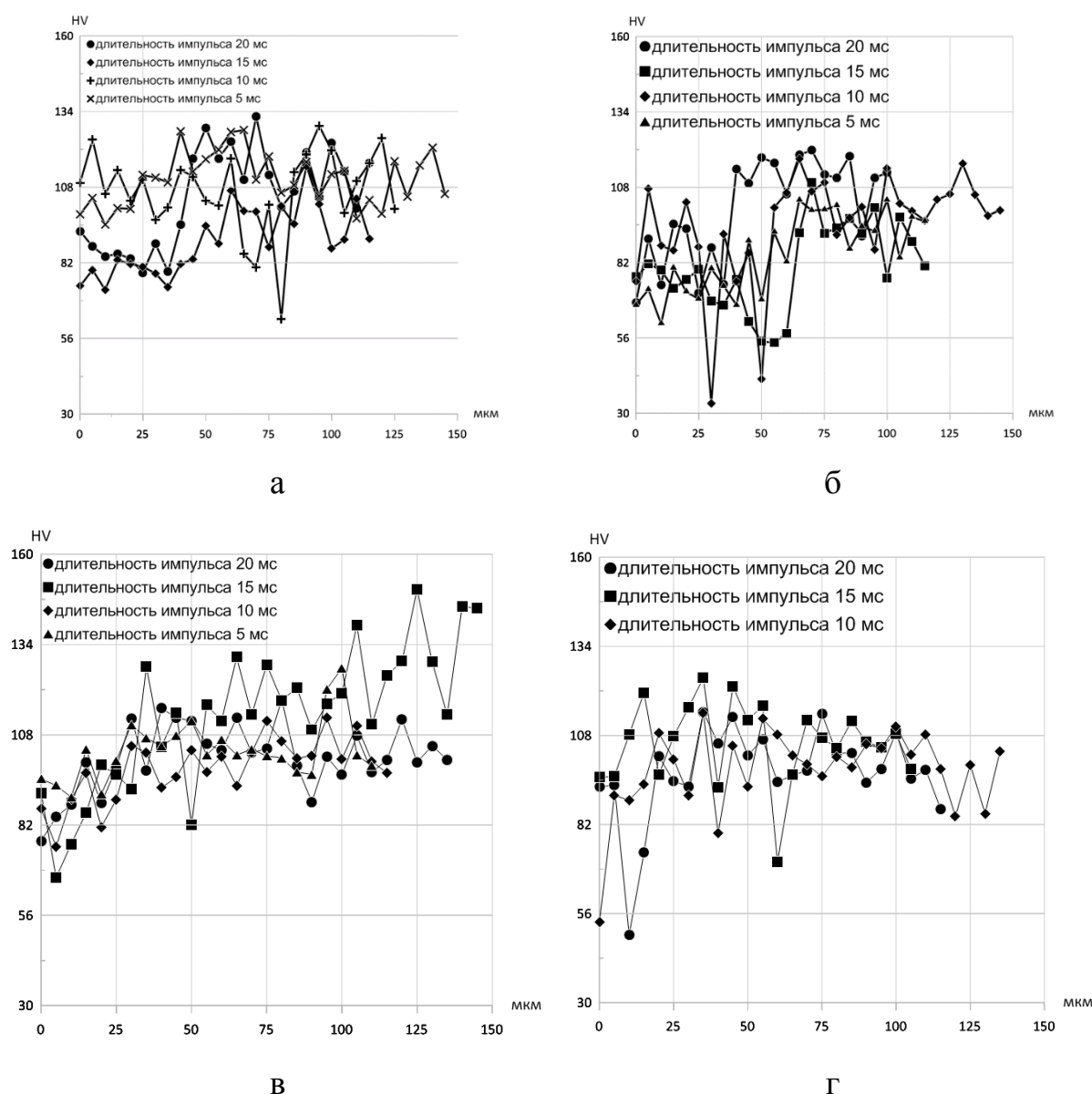


Рисунок 3.8 – Твердость образцов при напряжении 650В (а), при 550В (б), при 450В (в) и при 350В (г)

На рисунке 3.6 представлены зависимости твердости сварного соединения при одинаковом напряжении и разной длительности импульсов. Согласно сравнению графиков твердости по напряжению можно сделать вывод, что при напряжениях 450 и 350 В при длительности импульса 15 мс твердость выше, чем при других длительностях. При напряжении 550 В наибольшая твердость по всему сварному соединению наблюдается при длительности импульса 10 мс. Для режимов, где напряжение 650 В, наибольшая твердость прослеживается при длительности импульса 5 мс.

В результате экспериментального исследования оптимальных параметров режима импульсной лазерной сварки выявлено не было. Все сварные образцы имеют разные дефекты в зависимости от параметров режима. Данные дефекты возникают из-за низкой скорости сварки, что увеличивает степень тепловложения.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Выпускная квалификационная работа по теме «Влияние параметров режима импульсной лазерной сварки на формирование герметичного соединения из сплава АМгЗ, имеющего никелевое покрытие» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации.

В данном разделе ВКР выполнено технико-экономическое обоснование научно-исследовательского проекта. В частности, это оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения данной работы с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также планирование и организация научно-исследовательского проекта.

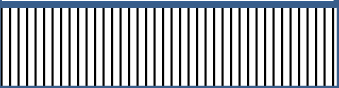
Основная задача данной работы состоит в том, чтобы подобрать оптимальные параметры режимы импульсной лазерной сварки для формирования герметичного соединения из алюминиево-магниевого сплава АМгЗ, имеющего никелевое покрытие.

1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники предприятия АО «НПЦ «Полюс». Также потенциальными потребителями результатов разработок будут предприятия космической отрасли, применяющие лазерную сварку алюминиевых сплавов.

Для более четкого понимания картины производиться сегментирование, где в качестве критериев выбираются назначение сварки и толщина покрытия. Карта сегментирования представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сегментирование рынка

Назначение	Качество сварки деталей, с толщинами:		
	До 1 мм	1 мм	Св. 1 мм
Для сварки в единичном производстве			
Для сварки в серийном производстве	 	 	
Для сварки в массовом производстве			

 – Импульсная лазерная сварка на АО «Российские космические системы»;

 – Импульсная лазерная сварка на ПО Полёт;

 – Импульсная лазерная сварка на АО «НПЦ «Полюс».

Результат сегментирования показал, что уровень конкуренции является высоким в серийном производстве, для сварки же в единичном производстве выбор импульсной лазерной сварки ограничен. Разработанные параметры импульсной лазерной сварки являются наиболее подходящими для сварки деталей выполняемых в единичном производстве, при толщинах свариваемых изделий до 1 мм включительно. У разработанных параметров режима сварки в отличие от режимов предприятий АО «Российские космические системы» и ПО Полёт, параметры режима импульсной лазерной сварки улучшают качество сварных соединений, и не усложняет конструкцию, делая их экономически более целесообразными для тонколистовых изделий.

1.2 Анализ конкурентных технических решений

На данный момент выбор параметров режима импульсной лазерной сварки в единичном производстве ограничен, режимы на таких предприятиях имеют хорошие сварные соединения, покупка же дорогостоящего

оборудования нецелесообразна, и как следствие отсутствуют конкурентные исполнения установок.

Применение разработанных параметров режима сварки способно обеспечить необходимое качество сварных соединений по доступной цене. Рациональность разработки проверяется за счет сравнения с режимами предприятиями АО «Российские космические системы» и ПО Полёт, для этого составляется оценочная карта (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	2	5	0,5	0,2	0,5
3. Энергоэкономичность	0,1	5	3	3	0,5	0,2	0,2
4. Качество сварного соединения	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
5. Надежность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность работы	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
3. Цена	0,2	5	5	2	1	1	0,4
4. Послепродажное обслуживание	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого	1	44	32	39	4,9	3,5	4

Б_ф – Импульсная лазерная сварка на АО «НПЦ «Полюс»;

Б_{к1} – Импульсная лазерная сварка на АО «Российские космические системы»;

Б_{к2} – Импульсная лазерная сварка на ПО Полёт;

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (4.1)$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Параметры режима импульсной лазерной сварки предприятия ПО Полёт производят более качественные сварные соединения в массовом производстве. Для увеличения производительности в них используют сварочных роботов, что приводит к дополнительным энергозатратам, что затрудняет их использование на небольших предприятиях. Также сварные соединения данного предприятия являются самыми дорогими среди всех конкурирующих предприятий, из-за более качественных соединений и высокой трудоемкости самого изготовления изделий.

Параметры режима импульсной лазерной сварки на АО «Российские космические системы» чаще всего имеют свое применения для сварки изделий толщиной свыше 1 мм. Эти режимы позволяют получать качественные сварные соединения, но из-за ограниченной толщины свариваемых изделий они уступают другим предприятиям.

Преимуществом разработанных параметров режима импульсной сварки является качество сварных соединений и низкая цена изделий, за счет малых габаритов и веса деталей. Данные режимы позволяют формировать герметичные соединения, что показывает качество и надежность швов.

Итогом данного анализа является то, что разработанные параметры режима импульсной лазерной сварки оказались эффективнее для изделий толщиной до 1 мм включительно, чем режимы других предприятий.

1.3 SWOT – анализ

На основе работы, проведенной в предыдущих разделах магистерской диссертации, был составлен SWOT-анализ научно-исследовательского проекта. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Матрица первого этапа SWOT – анализа

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Уменьшение веса конструкции ВИПа. С2. Высокая теплопроводность из корпуса АМгЗ. С3. Низкая стоимость материала для изготовления корпуса. С4. Наличие бюджетного финансирования.	Сл1.Необходимость отработки технологии герметизации. Сл2.Необходимость проведения испытаний на сохраняемость. Сл3. Необходимость проведения климатических испытаний.
Возможности:		
В1. Использование инфраструктуры ТПУ, АО «НПЦ «Полюс».		
В2. Применение технологии в космической технике.		
В3. Спрос на технологию.		
В4. Реализация в промышленных масштабах.		
Угрозы:		
У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2 Длительный срок окупаемости. У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.		

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 4.4, 4.5, 4.6, 4.7.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	-	+	+
	B4	0	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сочетание сильных сторон и возможности: B1C2C3C4C5, B2C1C2C3C4C5, B3C3C4C5, B4C2C3C4C5.

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

		Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	-	+	+
	B2	+	-	+	-
	B3	-	+	-	+
	B4	+	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сочетание слабых сторон и возможности: B1Сл1Сл3Сл4, B2Сл1Сл3, B3Сл2Сл4, B4Сл1Сл2Сл3.

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	+	-	+	+	+
	У3	-	-	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сочетание сильных сторон и угроз: У1С4С5, У2С1С3С4С5, У3С3С4.

Таблица 4.7 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

		Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	-	-	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сочетание слабых сторон и угроз: У1Сл1Сл2Сл3, У2Сл1Сл2Сл3.

Таким образом, по анализу интерактивных таблиц можно составить итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Итоговая матрица SWOT – анализа

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Уменьшение веса конструкции ВИПа. С2. Высокая теплопроводность из корпуса АМгб. С3. Низкая стоимость материала для изготовления корпуса. С4. Наличие бюджетного финансирования.	Сл1.Необходимость отработки технологии герметизации. Сл2.Необходимость проведения испытаний на сохраняемость. Сл3. Необходимость проведения климатических испытаний.
Возможности:		
В1. Использование инфраструктуры ТПУ, АО «НПЦ «Полус».	Так как работа выполнялась на предприятии АО «НПЦ «Полус», то есть заинтересованность со стороны государственных предприятий, следовательно, наличие финансирования.	Требуется проведение длительных и дорогостоящих испытаний что может послужить основной причиной невозможности реализовать процесс коммерциализации технологии.
В2. Применение технологии в космической технике.		
В3. Спрос на технологию.		
В4. Реализация в промышленных масштабах.		
Угрозы:		
У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2 Длительный срок окупаемости. У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.	Несвоевременное финансовое обеспечение может остановить развитие и усовершенствование технологии, а также замедлить процесс внедрения имеющейся технологии на промышленный уровень.	В настоящее время вторичный источник питания уже изготавливается из кобальта (29НК), по сравнению с которым, разрабатываемый в данной работе метод может быть более финансовозатратным. Наличие длительных и дорогостоящих испытаний могут привести медленному темпу окупаемости проекта

В представленной выше таблице перечислены все возможности и сопутствующие им сильные стороны проекта, которые в дальнейшем помогут осуществить его. Но, как и у каждого проекта, у него есть свои слабые стороны и угрозы. Данная таблица позволяет оценить на каком этапе находится работа, а также предпринять меры по устранению некоторых угроз и слабых сторон.

1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

В данном разделе проводится оценка текущего исследования и степень его готовности к коммерциализации, а также определение уровня собственных знаний для его проведения. Специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта показана в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	3
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	1	1

Продолжение таблицы 4.9

5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	1	2
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	1	1
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	2
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15	Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
	ИТОГО БАЛЛОВ	27	29

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (4.2)$$

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

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 59 до 45 – то перспективность выше среднего.

Для успешной коммерциализации текущей разработки необходимы небольшие объемы инвестиции в области маркетинговых исследований, детальная проработка вопросов международного сотрудничества с привлечением специалистов из данной отрасли в команду проекта и повышение уровня компетенций разработчика в области маркетинговых исследований рынков сбыта. По результатам оценки готовности научного проекта к коммерциализации его перспективность выше среднего.

1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Перспективность проекта ниже среднего, следовательно, для реализации проекта необходимо привлечь специалистов в сфере маркетинга, продумать вопросы финансирования со стороны предприятий космической отрасли.

В качестве методов для коммерциализации использования разработанных параметров импульсной лазерной сварки можно выбрать следующие методы: торговля патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. В случае полной доработки проекта есть возможность запатентовать технологию.

Передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия. Так данная работа осуществляется непосредственно на предприятии АО «НПЦ «Полус», то интеллектуальная собственность может отойти предприятию, на котором будет применяться в целях изготовления вторичных источников питания из алюминиевых сплавов. Данное предприятие будет финансировать развитие научно-технического исследования, следовательно, разработка может дойти до конечного готового результата.

1.6 Ограничения проекта

Как и у любого проекта есть ограничения, т.е факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы исполнителей, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта. Ограничения представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	201 204 р.
Источник финансирования	АО «НПЦ «Полус»
Сроки проекта:	01.02.19 – 14.06.19
Дата утверждения плана управления проектом	01.02.19
Дата завершения проекта	14.06.19

1.7 План проекта

В рамках планирования научного проекта был составлен календарный план проекта. Сроки проведения НИР представлены в таблицах 4.11 и 4.12.

Таблица 4.11– Календарный план проекта

Код работ	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Определение темы исследовательской работы	5	01.02	05.02	Першина А.А.
2	Литературный обзор по теме диссертации	20	08.02	28.02	Першина А.А., Сигагин М.М.
3	Подготовка экспериментальной части	31	01.03	31.03	Першина А.А, Сигагин М.М.
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	9	01.04	09.04	Сигагин М.М.
5	Социальная ответственность	5	10.04	15.04	Сигагин М.М.
6	Обработка полученных результатов	14	16.04	30.04	Сигагин М.М.
7	Оформление пояснительной записки	31	01.05	31.05	Сигагин М.М.
8	Подготовка к защите	14	01.06	14.06	Першина А.А., Сигагин М.М.
Итог:		129	01.02	14.06	

Таблица 4.12 – Календарный план-график проведения научного проекта

№	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал.д н.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	3													
2	Анализ актуальности темы	Дипломник	4													
3	Поиск и изучение материала по теме	Дипломник	4													
4	Выбор направления исследований	Руководитель	3													
5	Календарное планирование работ	Дипломник	3													
6	Изучение литературы по теме	Дипломник	15													
7	Подбор нормативных документов	Дипломник	11													
8	Разработка экспериментальной установки	Руководитель, дипломник	24													
9	Проведение экспериментальных исследований	Дипломник	20													
10	Подготовка образцов к анализу	Руководитель, Дипломник	15													
11	Анализ результатов	Руководитель, Дипломник	15													
12	Заключение	Руководитель, дипломник	16													

■ – студент; ■ – руководитель.

Составление календарного плана необходимо для осуществления контроля реализации проекта, а также для того чтобы распределить ответственность за ту или иную работу.

1.8 Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР

1.8.1 Расчет материальных затрат НТИ

Исследовательская работа проводилась в рамках магистерской диссертации и основными затратами, необходимыми для создания компактных клещей для контактной точечной сварки являются материальные.

Расчет стоимости материальных затрат производился по действующим прейскурантам и договорным ценам. В стоимость материальных затрат включили транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). Материальные затраты, необходимые для данного исследования, заносятся в таблицу 4.13.

Таблица 4.13 – Материальный затраты

Наименование	Марка, толщина	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
АМГЗ	АМГЗ, толщина 12	10кг	275 000	2750
Всего за материалы:				2 750
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				138
Итого:				2 888

Материальные затраты можно уменьшить за счет изготовления заготовок пластин с помощью оборудования ТПУ.

1.8.2 Основная заработная плата

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда) в размере 20...30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 4.14.

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Исполнитель	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.- дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1.	Руководитель	79	1367,6	108040,4
2.	Дипломник	127	325,23	37401,66
Итого по статье $C_{\text{осн}}$				336085,5

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (4.3)$$

где: $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (ассистента) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} \quad (4.4)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 4.14);

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} \quad (4.5)$$

где: $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $М = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $М = 10,4$ месяца, 6 дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 4.15).

Таблица 4.15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	125	125
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	25	42
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	100	83

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (4.6)$$

где: $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Для руководителя:

$$З_m = 26300 \cdot 1,3 = 34190 \text{ руб.}$$

$$З_{дн} = 34190 \cdot 4/100 = 1367,6 \text{ руб.}$$

$$З_{осн} = 1367,6 \cdot 79 = 108040,4 \text{ руб.}$$

Для дипломника:

$$З_m = 1854 \cdot 1,3 = 2410,2 \text{ руб.}$$

$$З_{дн} = 2410,2 \cdot 4/83 = 96,4 \text{ руб.}$$

$$З_{осн} = 96,4 \cdot 127 = 12243,8 \text{ руб.}$$

Таблица 4.16 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_b$, руб.	K_p	$З_m$, руб.	$З_{дн}$, руб.	$T_{p,раб.}$ дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	26300	1,3	34190	1367,6	79	108040,4
Дипломник	1854	1,3	2410,2	96,4	127	12243,8

1.8.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (4.7)$$

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

Таблица 4.17 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Дипломник
Основная зарплата	108040,4	12964,9
Дополнительная зарплата	12243,8	1469,2
Зарплата исполнителя	120284,2	14434,1
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	134718,3	

1.8.4 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (4.8)$$

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

Таблица 4.18 – Отчисления на социальные нужды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления, руб.
Руководитель	108040,4	12964,9	32792,4
Дипломник	12243,8	1469,2	3716,2
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%		
Итого по статье $C_{\text{внеб}}$			36508,6

1.8.5 Накладные расходы

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (4.9)$$

где: $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, равный 70%.

Таблица 4.19 – Накладные расходы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Накладные расходы, руб.
Руководитель	108040,4	12964,9	84703,7
Дипломник	12243,8	1469,2	9599,1
Коэффициент накладных расходов	70 %		
Итого по статье $C_{\text{накл}}$			94302,8

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

Таблица 4.20 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	2888,0
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	120284,2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14434,1
4. Отчисления на социальные нужды	36508,6
5. Накладные расходы	94302,8
6. Бюджет затрат НТИ	268417,7

1.9 Определение ресурсной, 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:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (4.10)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$I_{финр}^{исп1}$ – Импульсная лазерная сварка на АО «Российские космические системы»;

$I_{финр}^{исп2}$ – Импульсная лазерная сварка на ПО Полёт;

$I_{финр}^{исп3}$ – Импульсная лазерная сварка на АО «НПЦ «Полюс».

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{1500}{3541} = 0,42;$$

$$I_{финр}^{исп2} = \frac{3541}{3541} = 1;$$

$$I_{финр}^{исп3} = \frac{2888}{3541} = 0,81$$

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (4.11)$$

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

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

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 4.21).

Таблица 4.21 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп.2	Исп.3
Вес конструкции	0,25	1	5	5
Теплопроводность	0,2	2	3	5
Цена материала	0,1	1	5	5
Надежность	0,15	2	4	5
Энергосбережение	0,15	1	5	4
Удобство в эксплуатации	0,15	1	3	4
Итого:	1	1,78	4,15	4,7

Исп.1 - Импульсная лазерная сварка на АО «Российские космические системы»;

Исп. 2– Импульсная лазерная сварка на ПО Полёт;

Исп. 3– Импульсная лазерная сварка на АО «НПЦ «Полюс».

$$I_{p-исп1} = 0,25 \cdot 1 + 0,2 \cdot 2 + 0,1 \cdot 1 + 0,15 \cdot 2 + 0,15 \cdot 1 + 0,15 \cdot 1 = 1,75;$$

$$I_{p-исп2} = 0,25 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 = 4,15;$$

$$I_{p-исп3} = 0,25 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,7.$$

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

$$I_{исп.i.} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (4.12)$$

$$I_{исп1} = \frac{1,78}{0,42} = 4,24; I_{исп2} = \frac{4,15}{1} = 4,15; I_{исп3} = \frac{4,7}{0,81} = 5,8.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.4.22) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп i}}{I_{исп max}}, \quad (4.13)$$

Таблица 4.22 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,42	1	0,81
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	1,78	4,15	4,7
3	Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения	4,24	4,15	5,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,73	0,72	1

Исп.1 - Импульсная лазерная сварка на АО «Российские космические системы»;

Исп. 2– Импульсная лазерная сварка на ПО Полёт;

Исп. 3– Импульсная лазерная сварка на АО «НПЦ «Полюс».

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод о том, что реализация разработанных параметров режима импульсной лазерной сварки является наиболее эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

5 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа по теме «Влияние параметров режима импульсной лазерной сварки на формирование герметичного соединения из сплава АМгЗ, имеющего никелевое покрытие» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации.

Основная задача данной работы состоит в том, чтобы подобрать оптимальные параметры режимы импульсной лазерной сварки для формирования герметичного соединения из алюминиево-магниевого сплава АМгЗ, имеющего никелевое покрытие.

В данном разделе ВКР проанализированы основные аспекты социальной ответственности, необходимые в ходе исследования (экологические возможные негативные последствия и ущерб здоровью человека и окружающей среде, чрезвычайные ситуации, правовые нормы и др.).

5.1. Описание рабочего места

Научно-исследовательская работа выполнялась в производственной лаборатории предприятия. Помещение оборудовано местной вытяжной вентиляцией воздуха и расположено на 3 этаже 4 этажного производственного корпуса. В помещении размещено оборудование для лазерной сварки и резки. Площадь лаборатории составляет 70 м² и в ней размещено 3 рабочих места. В соответствии с [16], помещения в которых производятся исследования сварочных процессов относятся к категории Г, так как в них могут находиться негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и горючие газы, которые сжигаются в качестве топлива. Для предотвращения возникновения ЧС в помещении установлено два огнетушителя и изображен план эвакуации из здания, показанный на рис. 5.10.

5.2. Анализ выявленных вредных факторов

Показатели микроклимата в помещении

Согласно [17], показателями, характеризующими микроклимат, являются: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения.

Температуры воздуха и поверхностей, относительная влажность и скорость движения воздуха приведены в таблице 2 для категории Ib, к ней относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Таблица 5.1 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [17]

Период Года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1б (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	1б (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2 °С и выходить за пределы величин, указанных в табл.5.1.

5.2.1 Шум в процессе сварки.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для контактной сварки изложены в [18]. Шум на рабочих местах также может проникать извне через каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в

децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – контактные шумы между электродами при сварке. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 50 дБ [19].

5.2.2 Освещенность рабочей зоны.

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах составляет 200 лк [20].

Освещение осуществляется светильниками общего и местного освещения. Светильник состоит из источника искусственного освещения (лампы) и осветительной арматуры.

Отклонение освещенности от нормы может быть вызвано ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной загрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человеком технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

5.2.3 Вредные вещества в воздухе рабочей зоны.

Наиболее характерным вредным фактором практически для всех способов сварки является образование и поступление в воздух рабочей зоны сварочных аэрозолей, содержащие токсичные вещества. Причиной образования сварочных аэрозолей и вредных веществ в процессе сварки

могут быть наличие масла и антикоррозионного покрытия на поверхности свариваемых деталей. При сварке деталей из цветных металлов также выделяются вредные вещества.

Токсичные включения, входящие в состав сварочного аэрозоля, и вредные газы при их попадании в организм человека через дыхательные пути могут оказывать на него неблагоприятное воздействие и вызывать ряд профзаболеваний. Мелкие частицы пыли (от 2 до 5 мкм), проникающие глубоко в дыхательные пути, представляют наибольшую опасность для здоровья, пылинки размером до 10 мкм и более задерживаются в бронхах, также вызывая их заболевания.

В процессе исследования контактной точечной сварки могут выделяться вредные вещества и их предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны, в зависимости от химического состава материала образцов и электродов, которые указаны в таблице 5.2 [21].

Таблица 5.2 – ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности
Алюминий и его сплавы	2	A	III
Бериллий и его соединения	0,001	A	I
Ванадий и его соединения	0,1/0,5	A	I
Вольфрам	6	A	IV
Железа оксид с примесью оксидов марганца (до 3%)	6	A	IV
Кадмия оксид	0,1/0,03	A	I
Кобальт металлический, оксид кобальта	0,5	A	II
Марганец (до 20% в сварочном аэрозоле)	0,2	A	II
Медь металлическая	1/0,5	A	II
Молибден	3/05	A	III
Титан	10	A	IV
Торий	0,05	A	I

Продолжение таблицы 5.2

Цинк оксид	0,5	А	II
Хрома оксид	1	А	III

Примечания: ПДК для атмосферного воздуха, указанные в числителе, являются максимально разовыми, а в знаменателе и без дроби - среднесуточными. 2. II - пары и/или газы; А - аэрозоли.

5.3 Анализ опасных факторов, создаваемых установкой при сварке

5.3.1 Электробезопасность.

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока. В зависимости от индивидуальных показателей человека (масса, рост, строение тела, пол, род занятий), его физического состояния (болезнь, наличие состояния алкогольного опьянения), параметров протекающего тока (сила тока и его частота), состояния окружающей среды зависит поражающее воздействие на организм.

Одним из наиболее опасных параметров являются переменный ток с частотой от 10 до 120 Гц. Наиболее безопасным напряжением для человека является до 12 В, условно безопасным до 36 В [22]. Опасной величиной считается ток, более 10 мА, а смертельным более 100 мА. Опасность поражения человека электрическим током существует во всех случаях, когда используются электрические установки и оборудование.

Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением.

5.3.2 Расчет защитного заземления.

У сварочного оборудования система заземления состоит из заземлителей – металлических предметов, углубленных в землю, заземляющих проводников и заземляющей магистрали. Соединение заземлителей с элементами электроустройств должно быть надежно

закреплено посредством сварки. В качестве материала для выполнения заземлителей применяют сталь. В нашем случае – трубы диаметром 45 мм, которые соединены между собой, с помощью полосовой стали. Для того, чтобы уменьшить колебания удельного сопротивления грунта заземлители забивают в землю так, чтобы их верх находился на расстоянии 0,7-0,8 м от уровня земли. Тем самым достигаются более влажные и непромерзающие слои грунта.

Полосовую сталь для соединения заземлителей принимаем сечением 45×10 мм.

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

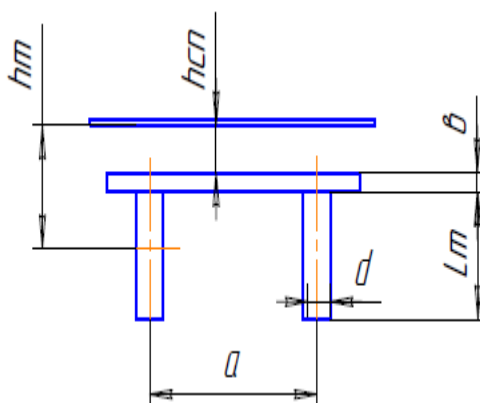


Рисунок 5.1 - Схема заземления

Основные геометрические параметры схемы заземления: $h_m = 2500$ мм; $h_{cp} = 800$ мм; $L_m = 3500$ мм; $d = 45$ мм; $a = 3800$ мм.

Учитывая возможность промерзания грунта зимой и просыхания летом, определяем расчетное значение ρ_3 и ρ_h (Ом·см) при использовании трубчатых заземлителей и стальной полосы. Коэффициенты K_3 и K_h берем из таблицы 5 [25] для соответствующей климатической зоны.

$$\rho_3 = \rho_T \cdot K_3 = 1 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,9 \cdot 10^4 \quad (5.1)$$

$$P_H = \rho_H \cdot K_H = 1 \cdot 10^4 \cdot 4,5 = 4,5 \cdot 10^4 \quad (5.2)$$

Определяем величину сопротивления растекания тока от одной забитой в землю трубы в соответствии с изложенным в [23].

$$R_{\text{э}} = \frac{\rho_{\text{э}}}{2 \cdot \pi \cdot L_m} \left(\ln \frac{2 \cdot L_m}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot H_m + L_m}{4 \cdot H_m - L_m} \right) \quad (5.3)$$

где: L_m – длина электрода, см;

d – диаметр электрода, см;

H_m – глубина заложения, см.

Подставляем значения в формулу (5.3) и получаем:

$$R_{\text{э}} = \frac{1,9 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 350} \left(\ln \frac{2 \cdot 350}{4,5} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 250 + 350}{4 \cdot 250 - 350} \right) = 49,94 \text{ Ом.}$$

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

$$n = \frac{R_{\text{э}}}{r_{\text{э}}} = \frac{49,94}{4} = 12,49 \quad (54)$$

где: $r_{\text{э}}$ – допускаемое сопротивление, Ом.

Принимаем количество труб $n = 12$ шт.

Определяем длину соединительной полосы, L_n если электроды расположены по контуру:

$$L_n = a \cdot (n - 1) = 3800 \cdot 11 = 41,8 \text{ м.}$$

Определяем сопротивление соединительной полосы (Ом) [23]:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot 3,14 \cdot L_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_n^2}{h_{cn} \cdot b} = \frac{4,5 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 41800} \cdot \ln \frac{2 \cdot 41800^2}{80 \cdot 6} = 2,69 \text{ Ом.}$$

Резльтирующее сопротивление системы заземления определяется по формуле:

$$R_c = \frac{R_{\text{э}} \cdot R_n}{R_{\text{э}} \cdot \eta_{\text{э}} + R_n \cdot \eta_n \cdot N}$$

где: $\eta_{\text{э}}$ – коэффициент использования электродов, $\eta_{\text{э}} = 0,78$;

η_n – коэффициент использования полосы, $\eta_n = 0,55$.

Тогда с учетом всех значений получаем:

$$R_c = \frac{49,94 \cdot 2,69}{49,94 \cdot 0,78 + 2,69 \cdot 0,55 \cdot 12} = 2 \text{ Ом.}$$

Проверка: $R_c < r_3$

$$R_c = 2 \text{ Ом} < r_3 = 4 \text{ Ом.}$$

5.3.3 Опасные зоны подвижных частей оборудования.

Источником возникновения аварий, связанных с телесными повреждениями и материальным ущербом при работе с компактными клещами, являются подвижные хоботы с держателями электродов, которые смыкаются с усилием прижатия 150 кН.

Аварии происходят, прежде всего, во время ручного устранения нарушений производственного процесса. Тем не менее, люди могут оказаться на пути движения машин и механизмов при выполнении других заданий, таких как:

- чистка,
- регулировка,
- переналадка вылета электродов,
- контроль,
- ремонт.

Опасным фактором, неблагоприятно воздействующим на здоровье человека в процессе сварки являются искры и брызги расплавленного металла из зоны сварки. Это явление также может быть причиной местных ожогов.

5.4 Мероприятия по обеспечению защиты исследователя от действия опасных и вредных факторов

5.4.1 Мероприятия по обеспечению оптимального микроклимата

Для того чтобы создать необходимые метеорологические условия рабочей зоны и предотвратить различные переохлаждения и перегревания организма в небольших помещениях устанавливают кондиционеры. С помощью кондиционирования воздуха в закрытых помещениях можно поддерживать необходимую температуру, а также скорость движения воздуха.

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

5.4.2 Мероприятия по обеспечению требований норм шума

Для снижения шума в помещениях используют средства звукоизоляции и звукопоглощения, устанавливают глушители шума и рационально продумывают технологию производства с использованием малошумных технологических процессов. Также в качестве индивидуальных средств защиты от шума применяют различные противοшумные наушники, вкладыши, шлемы, каски и костюмы.

В лаборатории, которой ведутся сварочные работы, главным источником шума является источник питания, который по характеру спектра является широкополосным.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) изоляции источников шумов;
- 2) проведение акустической обработки помещения;

3) создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок;

5.4.3 Мероприятия по обеспечению требований норм освещенности

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

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного факторы является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

5.4.4 Мероприятия по обеспечению требований норм концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Для эффективного улавливания сварочного аэрозоля при работе в помещении кроме общей приточной вытяжной вентиляции рекомендуется и местная вентиляция. Кроме этого в качестве индивидуальной защиты применяют фильтрующие противопылевые респираторы.

5.4.5 Мероприятия по обеспечению требований норм электробезопасности

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

- перед включением установки должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку;

- запрещается при включении контактной машины одновременно прикасаться к верхнему и нижнему электродам, имеющим естественное заземление.

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

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают:

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током;

- зануление – замыкание на корпус электроустановок;

- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;

- защитное разделение сетей;

- предохранительные устройства.

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

5.4.6 Мероприятия по обеспечению требований норм защиты от подвижных частей оборудования

Наиболее распространенной, принимаемой в этой связи с целью повышения личной безопасности, является защита человека от опасных движений машины с помощью некоторых видов устройств безопасности, таких как защитные кожухи, за исключением частей, ограждение которых не допускается функциональным их назначением. Внутренние движущиеся детали таких машин должны быть недоступны для прикосновения, а наружные движущиеся детали не должны иметь острых выступов, острые кромки должны быть притуплены.

5.4.7 Мероприятия по обеспечению требований норм защиты брызг и расплавленного металла

Для предохранения тела от ожогов основной защитой является использование специальной одежды и обуви. Костюм и рукавицы должны быть исправными. Костюм одевается с напуском брюк на обувь, чтобы не оставалось незащищенных частей тела. Наиболее подходящей обувью являются ботинки без шнурков с гладким верхом и застежкой сзади либо с резиновыми растягивающими боковинами. Пользование рукавицами предохраняет руки одновременно от ожогов и от порезов об острые кромки металла. В качестве защитных средств от действия излучения дуги, кроме спецодежды, используются маска или шлем. Глаза защищаются от излучения специальными темными стеклами, светофильтрами, вставленными в щиток или шлем, которым сварщик защищает лицо во время сварочных работ [24].

5.5 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность – это допустимый уровень негативного воздействия со стороны природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека.

При проведении исследований сварочных процессов загрязнение окружающей среды происходит за счет выбросов в атмосферу, не уловленной фильтрацией пыли, газов и других сварочных аэрозолей, а также образования твёрдых отходов (огарки электродов, спёкшийся флюс и так далее).

Воздушная среда помещений загрязняется сварочными аэрозолями, в состав которых могут входить оксиды марганца, хрома, цинка и кремния, фтористые и другие соединения, а также газы (оксиды углерода, азота и т.п.). Эти вещества оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека. В связи с этим необходимо проводить мероприятия по очистке вредных выбросов, например, устанавливать очистные фильтры на выходе воздуховода, что значительно снизит количество выбросов вредных веществ в атмосферу.

В качестве фильтров, применяемых для осуществления местной вентиляции, рекомендуется использовать «сухие» пористые фильтры так называемые рукавные фильтры ФРКИ. Степень очистки газов в них при соблюдении правил технической эксплуатации достигает 99,9% [26].

К твердым отходам, образующимся при проведении исследований в сварочном производстве можно отнести уже отработанные образцы, обрезки металла, используемого для их изготовления, металлическая стружка от электродов и прочие. Отходы собираются в мусоросборники и контейнеры, которые по мере заполнения удаляются из помещений в специально отведенные места. Вывозят отходы, как правило на специально выделенные места захоронения или на общие свалки [27].

Использование вторичных сырьевых ресурсов и отходов производства - одно из важнейших направлений повышения эффективности производства. Является необходимым условием снижения уровня промышленного загрязнения окружающей среды.

Существует два пути утилизации металлических отходов: без переплава и с переплавом. В соответствии с этим отходы можно

подразделить на следующие две основные группы: деловые (кусковые) отходы сортового и листового проката, используемые для изготовления новых образцов или предназначенные для передачи другим предприятиям; металлолом и стружка.

Очевидно, что утилизация отходов без переплава является более рациональной, поскольку в этом случае отпадает необходимость в их переработке, связанной с большими энергозатратами и отрицательно воздействующей на окружающую среду.

Переработка металлических отходов с переплавом является основным путем их утилизации. Выплавка вторичных металлов из скрапа - амортизационного лома, т.е. металлолома, получаемого от амортизации и морального износа металлических конструкций, машин и т.д., и производственных отходов (обрезков, стружки и т.п.) представляет собой самую крупную сферу потребления, твердых отходов в промышленности [27].

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, отчистки и утилизации отходов производства. Так, внедрение различных установок для контактной сварки в автомобилестроении значительно упрощают процесс изготовления и ремонта деталей кузовов машин. Также контактную сварку используют в вагоностроении, судостроении и авиастроении. Применение контактной сварки значительно сокращает время изготовления деталей, но приводит к увеличению затрат электроэнергии, количества электростанций и их мощностей. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии. Применение конденсаторов позволяет снизить

потребляемую мощность, в 2-3 раза по сравнению с трансформаторными контактными машинами.

При написании дипломного проекта были следующие отходы: использованная бумага и шариковые ручки, которые в ходе их непригодности выкидывались в мусорное ведро, а затем и в мусорный контейнер. Вредных выбросов в водные источники и атмосферу не производилось, радиационного заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, к которым относятся: сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина. Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации, - это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов, терроризм, войны.

Инженерно-технические мероприятия должны обеспечивать повышенную устойчивость промышленных зданий и сооружений при наступлении чрезвычайных ситуаций.

Должны проводиться организационные мероприятия, которые предусматривают заблаговременную разработку и планирование действий

персонала или личного состава штаба, служб и формирований государственной обороны в условиях возникновения чрезвычайной ситуации.

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарная защита – это комплекс организационных и технологических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожаров.

Пожар – неконтролируемое горение, приводящее к ущербу и возможным человеческим жертвам. Опасными факторами пожара, воздействующими на людей являются: открытый огонь; искры; повышенная температура окружающей среды; токсичные продукты горения, дым; пониженная концентрация кислорода.

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

С целью предотвращения пожаров необходимо:

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

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

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

В целях безопасности в помещениях имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение спец. Защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели).

План эвакуации людей из лаборатории производственного корпуса показан на рисунке 5.2.

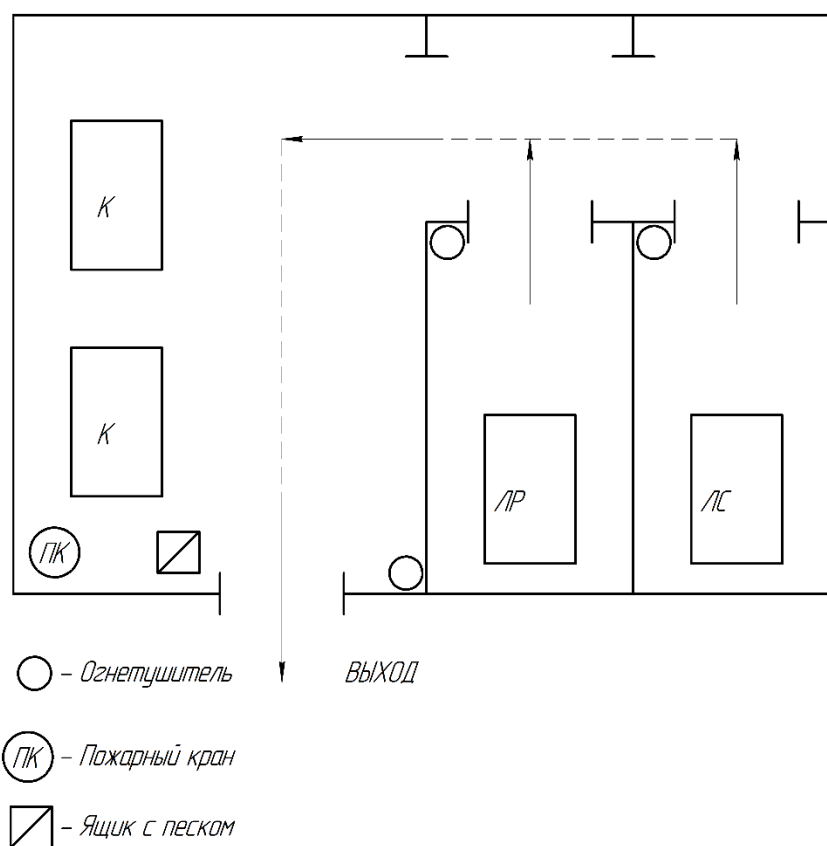


Рисунок 5.2 – План эвакуации при пожаре.

5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и социальной защиты работников на предприятии

Все требования по технике безопасности можно разделить на следующие виды: требования безопасности к сварочному оборудованию, предупреждение травматизма, требования к вентиляции помещения, противопожарная безопасность.

К электросварочному оборудованию предъявляются следующие требования безопасности. Электросварочная установка всегда должна иметь паспорт, инструкцию по эксплуатации, инвентарный номер. Электроустановки включаются в электросеть только при помощи пусковых устройств. Включать в электросеть и отключать от нее электросварочные установки, а также производить ремонтные работы должны только электромонтеры. Прочему персоналу эти операции производить запрещается. Необходимо постоянно следить за исправностью изоляции питающих проводов, отсутствием оголенных токоведущих частей, а также за целостностью заземляющего провода. Состояние изоляции должно проверяться мегомметром не реже одного раза в месяц. Размещение сварочного оборудования, а также расположение и конструкция его узлов и механизмов должны обеспечивать безопасный и свободный доступ к нему.

Все электрооборудование должно быть заземлено. Заземление выполняется с целью обеспечения безопасности людей при нарушении изоляции токоведущих частей, для обеспечения нормальных режимов работы установки, для защиты электрооборудования от перенапряжений, для молниезащиты зданий и сооружений. Надежность заземления проверяется путем замеров.

Наиболее распространенными средствами индивидуальной защиты от различных вредных и опасных факторов является спецодежда, спецобувь, предохранительные приспособления.

Для предохранения тела от ожогов основной защитой является использование специальной одежды и обуви. Костюм и рукавицы должны

быть исправными. Костюм одевается с напуском брюк на обувь, чтобы не оставалось незащищенных частей тела. Наиболее подходящей обувью являются ботинки без шнурков с гладким верхом и застежкой сзади либо с резиновыми растягивающими боковинами. Пользование рукавицами предохраняет руки одновременно от ожогов и от порезов об острые кромки металла. В качестве защитных средств от действия излучения дуги, кроме спецодежды, используются маска или шлем. Глаза защищаются от излучения специальными темными стеклами, светофильтрами, вставленными в щиток или шлем, которым сварщик защищает лицо во время сварочных работ.

К проведению сварочных работ разрешается допускать сварщиков после соответствующего обучения, имеющих удостоверение на право выполнения данного вида сварочных работ, прошедших инструктаж и проверку знаний техники безопасности с оформлением в специальном журнале, а также прошедших медицинский осмотр. Запрещается выполнять электросварочные работы лицам, не достигшим 18-летнего возраста. Все сварщики должны ежегодно проходить проверку знаний инструкции по охране труда.

Не подготовленному персоналу категорически запрещается исправлять силовые электрические цепи. Не разрешается скручивать сварочные провода и использовать провода с поврежденной изоляцией. Запрещается выполнять сварочные работы вблизи взрывоопасных и огнеопасных материалов. Не разрешается загромождать, закрывать пожарные проезды и проходы к пожарному инвентарю, оборудованию и пожарным кранам. Персоналу необходимо уметь пользоваться средствами огнетушения и применять их в соответствии с инструкциями в зависимости от характера горящего вещества и вещества огнетушителя. Во время работы сварщик обязан закрывать лицо щитком или шлемом со специальными защитными стеклами, для защиты кожи от ожогов работать в спецодежде и рукавицах.

Проверка сварочного аппарата должна производиться в следующие сроки. Наружный осмотр каждый раз перед работой. Ревизия с разборкой и проверкой – не реже двух раз в год.

Основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счет соблюдения законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

Требования к размещению машин для контактной точечной сварки, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с [28].

Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами или экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежную защиту.

Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.

Ширина проходов между контактными машинами должна быть: при расположении рабочих мест друг против друга для точечных и шовных машин - не менее 3 м, при расположении машин тыльными сторонами друг к другу - не менее 1 м, при расположении машин передними и тыльным и сторонам и друг к другу - не менее 1,5 м.

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

Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений

и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.

Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.

Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на фундаментах или платформах транспортных средств.

Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.

Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих излучение сварочной дуги (коэффициент отражения рекомендуется не более 0,4).

Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.

Высота помещений должна быть не менее 4,2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2,2 м от пола.

Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжкой с целью исключения попадания в рабочее помещение продуктов взаимодействия ультрафиолетового излучения с обрабатываемыми материалами.

5.8 Социальное страхование

Страховщик – Фонд социального страхования РФ.

Страхователь – Юридические лица любой организационно-правовой формы (в том числе иностранные организации, осуществляющие свою деятельность на территории РФ и нанимающие граждан РФ) либо физические лица, нанимающие лиц, подлежащих обязательному социальному страхованию.

Федеральным законом [29] произведена замена должника в обязательствах по возмещению вреда, причиненного работнику при исполнении им трудовых обязанностей.

Сам пострадавший или лица, имеющие право на получение возмещения, должны предъявлять соответствующие требования не к работодателю, а к органам Фонда социального страхования РФ.

Если гражданин выполняет работу по гражданско-правовому договору, условия которого не предусматривают обязанность уплаты работодателем страховых взносов, то возмещение работнику утраченного заработка, в части оплаты труда, осуществляется причинителем вреда.

Возмещение застрахованным лицам морального вреда, причиненного, в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием, осуществляется причинителем вреда.

Виды обеспечения по страхованию:

- Пособие по временной нетрудоспособности;
- Единовременные страховые выплаты;
- Ежемесячные страховые выплаты;
- Лечение застрахованного, осуществляемое на территории РФ;
- Приобретение лекарственных препаратов;
- Уход за застрахованным, в том числе осуществляемый членами его семьи;
- Проезд застрахованного и сопровождающего его лица для получения отдельных видов медицинской и социальной реабилитации;
- Медицинская реабилитация;
- Изготовление и ремонт протезов;

- Обеспечение транспортными средствами при наличии соответствующих медицинских показаний;
- Профессиональное обучение и получение дополнительного профессионального образования.

5.8.1 Пособие по временной нетрудоспособности

Пособие по временной нетрудоспособности в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием подлежит выплате застрахованному работнику за весь период временной нетрудоспособности до его выздоровления или установления стойкой утраты трудоспособности, в размере 100 % среднего заработка, исчисленного в соответствии с действующим законодательством РФ о пособиях по временной нетрудоспособности.

5.8.2 Единовременные и ежемесячные выплаты

Размер единовременной страховой выплаты определяется в соответствии со степенью утраты застрахованным профессиональной трудоспособности исходя из максимальной суммы, установленной федеральным законом о бюджете Фонда социального страхования Российской Федерации на очередной финансовый год.

Ежемесячные страховые выплаты подлежат выплате застрахованному работнику на протяжении всего периода стойкой утраты им профессиональной трудоспособности.

Если при расследовании страхового случая комиссией по расследованию страхового случая установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, размер ежемесячных страховых выплат уменьшается соответственно степени вины застрахованного, но не более чем на 25 процентов. Степень вины застрахованного устанавливается комиссией по расследованию страхового случая в процентах и указывается

в акте о несчастном случае на производстве или в акте о профессиональном заболевании.

При определении степени вины застрахованного рассматривается заключение профсоюзного комитета.

Закключение

В ходе выполнения теоретической части магистерской диссертации был проведен литературный обзор, в котором были особенности и основные способы сварки алюминиевых сплавов.

В ходе литературного обзора было показано, что для герметизации является способ импульсной лазерной сварки.

В результате экспериментального исследования было установлено:

1) Высота сварного шва при импульсной лазерной сварке уменьшается при уменьшении напряжения и длительности импульса.

2) Наиболее высокий сварной шов достигается при параметрах режима сварки на образце № 1.

3) Для образцов характерна пористость сварных швов.

4) На границе сплавления всех образцов наблюдается зарождение трещин. При этом в сварных соединениях образцов интенсивного развития трещин не происходит вследствие оплавления слоя никеля и заполнения им пространства на границе раздела двух пластин.

5) Анализ распределения микротвердости по толщине сварного шва свидетельствует об увеличении твердости при переходе с металла шва на основной металл.

В результате проделанной работы были выданы рекомендации по сварке алюминиевых сплавов АМгЗ с никелевым покрытием.

Результаты данного исследования рекомендованы для выполнения сварных соединений на предприятие АО "НПЦ "Полус".

Список использованных источников

1. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов / Б.А. Колачев, В.И. Елагин, В.А. Ливанов. – М.: Изд-во МИСИС, 2001. – 416 с.
2. Н.Б. Пугачева, Н.С. Мичуров, Е. Б. Трушина // Особенности строения сварных соединений алюминиевых сплавов. – Екатеринбург: Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук, 2015.
3. Т.В. Ольшанская, С.Ю. Некрасова // Особенности сварки алюминия. № 1. – Пермь: Национальный исследовательский политехнический университет, 2015.
4. А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, Лазерная сварка металлов. Москва, Издательство «Высшая школа» 1988 г.
5. Ambriz R.R., Jaramillo D. Mechanical Behavior of Precipitation Hardened Aluminum Alloys Welds // InTech. – 2014. – P. 35–58.
6. Дуговая сварка алюминия и его сплавов / Д.М. Рабкин, В.Г. Игнатьев, И.В., Довбищенко. – М.: Машиностроение, 1982. – 95 с.
7. Металлургия сварки плавлением алюминия и его сплавов / Д.М. Рабкин. – Киев: Наук думка, 1986. – 256 с.
8. Теория сварочных процессов / В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров – М.: Высш. Шк., 1988. – 559 с.
9. Газовая сварка и резка металлов / Д.Л. Глизманенко – М.: Высш. Шк., 1969. – 304 с.
10. Металловедение сварки алюминия и его сплавов / Д.М. Рабкин, А.В. Лозовская, И.Е. Склабинская. – Киев: Наук думка, 1992. – 160 с.(9)
11. Сварка в машиностроении: Справочник, в 4-х т. / т. 2 / под ред. А.И. Акулова. М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.
12. Лазерная сварка металлов / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов. – М.: Высш. Шк., 1988. – 206 с.

13. Barik Amit Kumar. Joining of dissimilar materials using Nd: YAG laser welding: thesis. bachelor of technology : roll no. 10603066. – National Institute of Technology, Rourkela, India, 2010.
14. Технологические процессы лазерной обработки / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров – М.: МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2008. – 664 с.
15. Теория сварочных процессов / В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров – М.: Высш. Шк., 1988. – 559 с.
16. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
17. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
18. ГОСТ 12.1.035–81. ССБТ. Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений.
19. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
20. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
21. ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
22. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
23. ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты от воздействия механических факторов.
24. ГОСТ 12.4.250-2013. ССБТ. Одежда специальная от искр и брызг расплавленного металла.
25. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. М.: Энергия, 1990. – с.336.
26. Методические указания по определению эколого-экономической эффективности технологических процессов и производств в дипломных работах. – Москва: 1985 – 98с.

27. Ансеров Ю.М., Дурнев В.Д. Машиностроение и охрана окружающей среды. - Ленинград: Машиностроение, 1989. - 224 с
28. ГОСТ 12.3.003-86 (ССБТ). Работы электросварочные.
29. Федеральный закон от 24 июля 1998 года № 125-ФЗ "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний"
30. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков. Высш.шк., 1999.-448 с.: ил.

Приложение А

(справочное)

Раздел (1.2)

Способы сварки алюминиевых сплавов

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM71	Сигагин Михаил Михайлович		

Консультант – лингвист отделения электронной инженерии ИШНКБ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Смирнова У.А.			

1.2 Methods of welding aluminum alloys

Almost every known method of fusion welding is used for welding aluminum and its alloys. Liquid metal needs to be protected from air during the welding process. For that purpose we use protective fluxes, carry it out in an inert atmosphere of argon, helium and their mixtures, or carry out the process of welding in vacuum [4,5].

The following methods are among most commonly used for welding of aluminum alloys:

- gas welding;
- welding with carbon (graphite) electrode;
- welding with a metal coated electrode;
- welding with consumable electrode in inert gases;
- welding with non-consumable tungsten electrode in inert gases;
- plasma welding with compressed arc direct current of reversed polarity;
- microplasma welding;
- electron beam welding;
- laser welding.

1.2.1 Gas welding

Nowadays gas welding of aluminum is practically unused. It is used during manufacturing of non-critical aluminum structures of technical purity (lower level of purity). The thickness of the welded metal is normally 0.5-10 mm. Metal up to 4 mm thick is welded with a one-sided welding line (weld) without cutting the edges, and if the metal is thicker than 3-4 mm, it should have one-sided weld with cut edges, or double-sided weld. Gas welding of metal thicker than 10mm is not effective and does not provide a proper quality of weld. In that case arc welding should be applied. Gas welding is recommended to be used for butt welding. Welding of cornered, flared, T-shaped and overlapped joints is possible,

but residual slag should be removed. To connect the vertical sheets with a thickness of more than 3 mm during the installation, welding is conducted in vertical position by two welders [6, 7].

The filler metal in the welding zone is most conveniently served in the form of rods, on which a layer of flux is applied.

Welding is usually conducted with a “left” method. When welding in two passes, slag must be removed from the surface of the first weld before performing the second weld. The first seam is performed on the lining. Residues of used flux are washed off with hot water to prevent corrosion after welding.

During welding of aluminum, it is recommended to use an oxygen-acetylene gas mix at a ratio of 1.1 ÷ 1.2.

When a liquefied propane-butane mixture is used instead of acetylene, take one or two numbers bigger torch tip than if welding was conducted with acetylene. Same torches are used for welding both aluminum and steels [8].

1.2.2 Welding with coal (graphite) electrode

This method of aluminum welding was one of the first methods. But now it is rarely used in industry.

In comparison to carbon, graphite electrodes are more resistant against oxidation and their consumption is consecutively lower. The current density in welding with a carbon electrode reaches 100-200 A / cm², and in welding with a graphite electrode it ranges from 200 to 500 A / cm². The tip of the electrode is coned at an angle of 60-70 degrees before using it [4].

A direct current of direct polarity is required for welding with a graphite electrode. To avoid wandering of the arc along the edges of a graphite electrode, it is stabilized by a longitudinal magnetic field, created by a solenoid consisting of 6 to 10 loops of wire coil, or a copper tube. The solenoid is connected in series with the arc. At the same time, the solenoid from the tube serves as a radiator for the electrode holder. The electrode holder must ensure reliable contact with the electrode. A graphite electrode is placed at an angle of 70 ° to 80 °. The angle

between the graphite electrode and the filler rod normally is around 70 - 80 °. Electrodes used for manual arc welding are used as filler bars.

“Right” welding method is used for welding thicker metal. Both butt and end connections can be made with a graphite electrode.

Unilateral welding of butt joints is made on a steel lining with a groove. Short seams of large cross-section / tires / perform on a graphite lining. In this case we use graphite molding plates attached to the lateral surfaces of the parts. These plates make it possible to properly heat the joined edges well and prevent the molten metal from leaking out [4].

1.2.3 Welding with a metal coated electrode

Manual arc welding of aluminum is used in the manufacture of structures from aluminum of technical purity, AMts(AMu) alloy, silumin. The thickness of the metal being welded is limited by the diameter of the electrode.

Minimal diameter of the electrode is normally 4 mm, because of the difficulties of welding with small section electrodes due to their high melting rate. Which is why the thickness of the welded metal must be higher than 4 mm, and the corner seams must have cathetus of at least 6x6 mm size. This method is recommended for welding butt joints in the lower position. Welding of T-shaped and overlapped joints is also possible, but it note that slag residue must be removed. Welding on a vertical plane is difficult to conduct, and welding in the ceiling position is not conducted because of the impossibility of holding the metal of the welding pool [9].

Aluminum welding with coated electrodes is performed with a direct current of reverse polarity. Welding generators or rectifiers with a falling external characteristic are used as power sources. The arc is kept short. The slope of the electrode is 90-60 °. Welding with a sloping electrode makes it easier to follow the molten metal pool. Before welding butt and fillet welds, the edges of the sheets are heated by a gas flame. The heating temperature is picked depending on the thickness of the welded parts.

It is recommended to heat cast parts to a temperature of 150-200 ° C.

Usually it is unnecessary to cut edges when welding metal thinner than 20 mm. Melt provides a gap between the edges of the welded parts, which should be thinner than 0.5-1 mm. Welding of butt joints is usually performed on both sides. If the sheet thickness is less than 14 mm, the reverse seam is welded without cutting the root of the seam beforehand. The reverse seam of sheets of greater thickness is welded after the control cutting down of the root of the first seam to the level of clean weld metal.

Manual arc welding of aluminum with coated electrodes is recommended only in the lower position and, as a rule, performed without oscillation of the end of the electrode. The corner seams of T-joints are welded in the same modes as the butt joints. In multilayer welding, root welds are made with electrodes of smaller diameter. After welding, slag is removed from the surface of the seam. Splashes from an electrode and excess seam reinforcement are removed with a scraper, pneumatic cutter, or chisel [9].

1.2.4 Welding with consumable electrode in inert gases

Automatic and semi-automatic welding with consumable melting electrode is used to produce butt, tee, lap and other metal joints 4-6 mm thick or more (automatic welding mainly for metal 10-12 mm thick and more). The economic feasibility of using consumable electrode welding increases as thickness of welded metal increases, because the deep penetration provides high performance to the process. With this method of welding, it is possible to obtain reliable penetration of the root of the seam when welding T-joints and overlapping joints [4].

The design of the feeder should ensure reliable and stable supply of soft aluminum wire. Typically, these mechanisms have two pairs of leading and pressure rollers, which reduces the possibility of wire slipping or crushing. Rollers are used without a notch. The inner surface of the steel tube in the burner (where the wire moves), must be processed with maximum purity. The nozzle has to

provide reliable protection of the liquid weld pool with an inert gas supplies. The diameter of the burner nozzles for automatic welding is 26–32 mm, for semi-automatic – 18-22 mm [4].

Conductive tips are usually made of copper. Their service life is 30-40 hours. Copper-graphite tips wear off faster (service life of 8-10 hours), but they provide reliable current collection and good sliding conditions of the wire.

The length of the visible part of the arc during welding is 2-6 mm, the distance from the mouthpiece to the end of the nozzle is 8-10 mm. The distance from the end of the nozzle to the metal 5-15 mm. Welding is performed with "forward angle" method, the angle of inclination of the burner is 75-80 °. Welding with consumable electrode in shielding gas environment is performed with direct current of reverse polarity. Power sources of the welding arc must have a hard (wire with a diameter of up to 2.5 mm) or a hollow dipping (wire with a diameter of more than 2.5 mm) external characteristic [4].

It is difficult to avoid the formation of pores in the weld metal during welding in argon with a consumable electrode thinner than 2.5 mm in diameter. The quality of the weld metal made of aluminum alloys (Al-Mg, Al-Zn-Mg) can be improved by using the technology of controlled metal transfer in pulsed arc welding.

Pulsed-arc welding with a consumable electrode differs from the usual one: short-term current pulses with a given repetition rate are superimposed on the direct current of reversed polarity received from the main power source, they are generated by a pulse device to obtain a fine-drop directional transfer of an electrode metal through an arc at lower values of the welding current than is the case with natural fine-drop transfer. The magnitude and duration of the welding current pulses are chosen such that it is possible to ensure the controlled transfer of metal from the electrode end with small drops in a wide range of currents. In the pauses between pulses, the current value is small, but sufficient enough to maintain the welding arc burning, during which heat input into the product decreases and there is no metal transfer [4].

Pulsed-arc welding enhances the mechanical properties of the deposited metal and welded joints in general, grants improved stability to the welding process, allows welding in various spatial positions with improved weld formation, using a wire of 0.8-1 mm in diameter and producing joints of minimum 1–3 metal thickness mm, significantly stabilize the penetration of the root of the seam.

Nowadays, welding in a mixture of argon and helium inert gases is used for welding of metal with a consumable electrode of medium and large thicknesses. Helium, in comparison with argon, increases the energy concentration in the near-electrode spots and causes a higher temperature gradient in the arc column. The use of a mixture of protective gases increases the thermal power of the arc and the temperature of the weld pool. Application of helium for welding aluminum of high and technical purity is especially effective due to their higher thermal conductivity (compared to aluminum alloys). With addition of helium into an arc tuned to use argon, the arc shortens, and the tick decreases a little. To maintain the stability of the process and the strength of the welding current, it is necessary to increase the no-load voltage of the power source. This leads to an increase in the arc voltage by 20–30% and, accordingly, requires an increase in the wire feed speed, and, as a result the penetration depth and width increase [5].

If the heat input is equal, the welding speed in the gas mixture is 40-50% higher than in argon. Metal thickness of 20-25 mm can be welded in one pass on each side without cutting the edges. Increased gap in the joints is allowed.

The use of a mixture of argon (25–40%) and helium (75–60%) as a protective atmosphere in automatic welding reduces the total volume of voids in the weld metal by 2–2.5 times. For semi-automatic welding gases are used in 1:1 proportion.

Spatter of the electrode metal accumulates in a deep V-shaped front during welding, it falls into the arc gas and defects the welding mode. Spatters accumulated in front of the arc are usually removed with a scraper to avoid such

error. In such cases, it is advisable to use glass-shaped or trapezoidal groove edges, especially when using wires with a diameter of 3-5 mm. During the multi-layer one-sided welding, it is recommended that the first 1-3 passes are performed with a non-consumable electrode, which provides a better formation of the back side of the seam, and the rest of the passes are performed with melting electrode. Sometimes shallow, but wide cutting of the edges at an angle of 90-120 ° is used to reduce the gain of the seams performed by the consumable electrode [4].

Semi-automatic welding of butt joints without cutting edges in the lower and vertical positions is usually performed without transverse oscillations of the electrode end. If the edges are cut, the first seam is also performed without transverse vibrations, and subsequent seams with small (up to 5 mm) electrode movements.

The angle of inclination of the torch from the vertical wall is 30-45° for welding fillet welds in the lower position. Welding of fillet welds on a vertical plane is performed from the bottom upwards with a forward angle. Single-pass welding can be performed with movements of the tip of the electrode. Angular seams of large sections on the vertical plane are performed with multi-layer seams by overlapping narrow ridges. Horizontal seams butt are made in the same way. To weld the crater, the burner should be returned in the opposite direction by a distance slightly longer than the length of the crater, while simultaneously reducing the wire feed rate [4].

1.2.5 Welding with non-consumable tungsten electrode in inert gases

An electric arc burns between the product and the non-consumable tungsten electrode. The filler metal is introduced into the weld pool as needed, regardless of the welding current. The method is used for welding butt, lap, T-shaped, end and other types of joints. Butt weld on a vertical plane is performed in one weld bath by two welders. Manual welding is recommended for metal with less than 10 mm thickness, and automatic - for metal with a thickness of up to 16 mm. In order to avoid the entry of tungsten into the seam, the arc is ignited on a

technological or graphite plate. The arc should be ignited when the electrode is at a distance of 2-3 mm from the plate. After warming up the tip of the tungsten electrode, the arc is transferred to the product without interruptions. The tungsten electrode should be positioned to the product at an angle of 60-80 °. The angle between the tungsten electrode and the filler wire is usually 80-90 °. The distance from the bottom edge of the nozzle end to the product should be minimal (5-10 mm), but sufficient enough to observe the welding arc and the end of the electrode. Increasing this distance leads to a deterioration in the efficiency of gas protection and requires an increased flow of protective gas. The length of the part of the tungsten electrode protruding from the nozzle should be 2–5 mm when welding butt joints and up to 8 mm when welding tee joints. The use of nozzles with metal grids and porous partitions allows to obtain a laminar stable gas flow at a greater distance from the end of the nozzle to the product and increases the emission of tungsten electrodes by 1.5-2 times [5].

A gas flow at the exit of the burner nozzle flows onto the surface of the welded product during welding T-shaped butt joints which leads to an expansion of the protection zone. On the other hand, end connections have a small reflective surface, which can lead to air entering the welding zone. In this case, special reflective plate-screens are installed below the seam level. When welding butt-welding of sheets and pipes assembled with an unlined gap, air is allowed to leak through the gap. To prevent suction, argon or helium is injected into the pipe, protecting the root of the seam.

The movement of the electrode and filler wire during manual welding should be uniformly translational. The end of the filler rod is introduced into the weld pool and must not be outside the gas protection zone. Transverse oscillations of the rod and tungsten electrode are not recommended. Welding should be performed with a minimum arc length (1-5 mm) at the welding current maximum for a given material thickness and welding speed. Usually manual welding is carried out with the "left" method [5].

Two-sided welding of vertical welds on a vertical plane of metal up to 16 mm thick is performed by two welders in one bath in order to increase the productivity. It requires cutting two edges (angle of 90 °, blunting 2-2.5 mm) [5].

Voltage oscillators are commonly used to ignite an arc. The burner is installed to the product at an angle of 80-90 °. Automatic welding of products is carried out in devices that ensure the tight assembly of the welded edges and their retention during the welding process. In case of one-sided welding of products, it is necessary to provide the penetration of edges to the full thickness and the reinforced formation on the back side of the seam. It is necessary to mechanically process the weld metal before machining the seam from the back side during two-sided welding.

The use of a mixture of argon gases (50-70%) with helium (50-30%) provides an increase in the depth of penetration of the metal, an increase of 1.5-2 times the welding speed and a decrease in the volume of voids in the weld metal [5].

1.2.6 Plasma arc welding with direct current of reversed polarity

High current density in the arc and a high energy concentration in the plasma process allows increasing the welding speed and improving the heat-affected area and reduce the deformation of structures compared to argon-arc welding with alternating current [4].

The arc burning process is very stable, and low sensitivity to fluctuations of its length makes the welding much easier.

To increase robustness of a tungsten electrode inside of a plasma torch it is pressed into a cooled copper holder. The immersion depth of the copper-tungsten electrode in relative to the slice of the forming nozzle is 1.5-2.5 mm. The excitation of the pilot arc, as well as the ignition and burning of the main arc is hampered because of the deeper immersion of the copper-tungsten electrode in the nozzle. The working end (the tip) of the tungsten electrode should be clean and sharpened flush with the copper holder of the electrode holder. Copper is not

allowed to be on the working end of the tungsten electrode. The melted part of the electrode is removed. The length of the torch is maintained within 5-8 mm [4].

The electrode surface is set perpendicular to the axis of the channel of the plasma-forming nozzle during the welding process. The plasma torch is located to the product at an angle of 80-90 ° "angle forward" in relative to the vertical axis. The angle between the plasma torch and filler wire is 90-100 °. The increase in current from the minimum value should be performed gradually in 15-20 s [4].

If the formation of a seam is disturbed, wrinkled surface appears and the length of the arc should be decreased, or the welding speed should be increased. The appearance of contamination on the surface of the weld, with an increase in the voltage across the arc, indicates that the plasmatron is contaminated. As the surface is being contaminated further, the nozzles should be cleaned from slag, drops and metal condensate.

One-sided welding of thin lists penetrates of the edges to the full length and forms a reinforced line on the back side of the seam. Double-sided welding of butt joints is performed on the lining, and after welding on one side, the root of the seam is removed. The welding area is mechanically cleaned, degreased and welding is performed on the flip side. In the case of two-layer welding of butt joints, the first pass is allowed to be melted [4].

1.2.7 Microplasma welding

Microplasmic welding of aluminum and its alloys is carried out by an asymmetric sinusoidal current of industrial frequency or multi-polar rectangular pulses of adjustable frequency. As a rule the amplitude of the pulses of current of polarity is 2-3 times higher than the amplitude of the pulses of current of reversed polarity.

A necessary condition for the sustained process of microplasma welding is the existence of a low-ampere (1-5 A) DC "duty arc" burning continuously between the nozzle and the tungsten electrode [9].

Compared with argon-arc welding, the microplasmic method provides a more stable arc burning at low currents, a smaller weld width, a greater penetration depth, and a narrower heat-affected zone. This increases the mechanical properties of welded joints and reduces the deformation of the welded products. Microplasmic welding allows performing butt, flanged and angular metal joints with a thickness of 0.2-2.0 mm. Edging is not performed for every type of joint. For metal with a thickness of 0.2-0.5 mm, a more stable quality of butt joints is achieved by using filler wire. Metal thickness of 0.6-2.0 mm can be butt-welded with or without filler wire. Welding of butt joints is carried out on a technological lining made of stainless steel with a groove of rectangular or oval shape to form the back side of the seam. The depth of the groove is 0.4-1.0 mm, width is from 2 to 5 mm [9].

Corner joints less than 0.5 mm thickness are collected on tacks and are made on technological linings with or without filler wire. When the wall thickness is more than 0.5 mm, filler wire is not necessary. T-shaped connections are not recommended for microplasmic welding. Microplasmic welding should be performed in devices that ensure a tight fit of welded edges.

For manual welding, the inclination of the torch to the product is 60-80 °, while for automatic welding it is from 80 - 90 °. The angle between the filler wire and tungsten electrode during the welding process should be 90 °. Manual welding is done in the "left way". The transverse oscillations of the filler material and the torch during microplasmic welding should not be performed. Excitation of the pilot arc is carried out using an oscillator with the obligatory supply of plasma-forming gas. The torch of the pilot arc should be a cone of 6-10 mm long. The excitation of the main arc is achieved by bringing the torch closer to the welded metal. The length of the arc must be maintained within 3-5 mm during the process of welding, [9].

To prevent the formation of cracks in the weld crater during manual microplasma welding, it is necessary to finish the weld with an intense feed of filler wire into the weld pool and a smooth increase in the arc gap. Special devices

for crater welding should be used during the automatic welding. Protective gas supply should be stopped 5–10 s after the arc breaks. [9].

1.2.8 Electron Beam Welding

Electron beam welding has several advantages compared over the other types of fusion welding: high specific energy concentration (due to the small diameter of the beam and its stability), low heat input and relatively high speed of the process. Therefore, it finds more and more use in the manufacture of structures from high-strength thermally and strain hardened aluminum alloys. As a result, the softening of the metal in the heat-affected zone is kept to a minimum. Electron-beam welding ensures minimal warping of the product due to the small width of the seam. The heat input in electron beam welding is 4–5 times less than in argon arc welding. Electron beam welding allows making connections of various types: butt, corner, T-bar and lap-top, with flanging and others. Usually filler wire is not used [8].

Electron beam welding is a fairly universal process, as it allows making connections in different spatial positions with a wide range of welding speeds [8].

1.2.9 Laser welding

Nowadays, the use of laser welding in industry is increasing [14]. Laser irradiation can be focused into a spot with a diameter of several micrometers or a line by optical systems. The light beam can be continuous or pulsed. In the case of a pulsed beam, welding is performed by separate or overlapping points [10].

The main parameters of the laser beam are its power, pulse duration and the diameter of the light spot on the welded surface. Defocusing the beam also affects the penetration depth of the base metal. Depth of penetration changes sharper when positive defocusing is used. The absorption of light energy by the base metal depends on the state of its surface and its absorption capacity (part of the light flux is reflected and lost) [8].

High concentration of heat in the laser light spot allows not only melting, but also boiling almost all metals. However, powerful enough equipment for laser welding still remains relatively expensive and this limits its use in industry. Therefore, pulsed laser welding is most often used and the metal is welded to a thickness of 1 mm. [11].

The major advantage of beam welding method is possibility to conduct the process in a vacuum, protective gas environment, or in air [8]. Aluminum alloys are most often welded in an inert argon atmosphere [12]

The most suitable method from a large number of methods of fusion welding of aluminum alloys for sealing electronic devices with housings made of aluminum alloys of small thickness is pulsed laser welding, due to its advantageous features [13]:

- high concentration in the heating spot of the laser beam;
- low heating of the structure and virtually no deformation during welding;
- the product is not part of the welding circuit, which is necessary for many electronic components.