

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.05

**Соискатель:** Шаргаев Евгений Олегович

**Тема диссертации:** Соединение термоэлектрических элементов припоями на основе цинка

**Специальность:** 2.5.8. «Сварка, родственные процессы и технологии» (технические науки).

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 15 декабря 2021 года, протокол № 19/21, диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению она удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Шаргаеву Евгению Олеговичу ученую степень кандидата технических наук

### **Присутствовали:**

Галкин В.И. - председательствующий на заседании диссертационного совета, по приказу о возложении обязанностей;

Палтиевич А.Р. - ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета: Батышев К.А., Васильев В.А., Ершов М.Ю., Коллеров М.Ю., Конкевич В.Ю., Крит Б.Л., Латыпов Р.Л., Лозован А.А., Мамонов А.М., Никитина Е.В., Пашков И.Н., Петров А.П., Серов М.М., Смыков А.Ф., Чумадин А.С.

Председательствующий  
на заседании диссертационного совета



Галкин В.И.

Ученый секретарь диссертационного совета

Начальник отдела УДО МАИ  
Т.А. Анисина



Палтиевич А.Р.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
**ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.05,**  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ,  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 15 декабря 2021 № 19/21

О присуждении Шаргаеву Евгению Олеговичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Соединение термоэлектрических элементов припоями на основе цинка», по специальности 2.5.8. - «Сварка, родственные процессы и технологии» (технические науки), принята к защите 11 октября 2021 г., протокол № 16/21 диссертационным советом 24.2.327.05, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4, приказ о создании совета № 426/нк от 17.04.2018г.

Соискатель Шаргаев Евгений Олегович, 21 марта 1994 года рождения.

В 2017 г. соискатель окончил магистратуру ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет МИСиС», в 2021 г. окончил аспирантуру кафедры «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», работает в должности инженера в «Союз профессиональных паяльщиков имени С.Н. Лоцманова», по совместительству инженером в ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук Пашков Игорь Николаевич, профессор кафедры «Технологии и системы автоматизированного проектирования

металлургических процессов» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Овчинников Виктор Васильевич - доктор технических наук, профессор ФГАУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва, заведующий кафедрой материаловедения;

Краснопевцев Александр Ювенальевич - кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», г. Тольятти, доцент кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»,

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация ФГУП «НПО «Техномаш», г. Москва., в своем положительном заключении, подписанным главным научным сотрудником отделения сварки и родственных технологий Научно-технического центра, д.т.н. Бещековым В.Г. и утвержденный и.о. генерального директора д.т.н., проф. Кузиным А.И., указала, что по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9 – 14 Положения о присуждении учёных степеней в редакции Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8.-«Сварка, родственные процессы и технологии» (технические науки).

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, опубликовано 2 работы.

Опубликованные работы, выполнены диссертантом в соавторстве с другими авторами, отражают результаты исследований и внедрений основных положений диссертации, полученных лично автором. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Шаргаев Е.О., Пашков И.Н. Исследование взаимодействия цинковых припоев со сплавами алюминия при нанесении трением / Вектор науки Тольяттинского государственного университета // - 2020. -№4. -С. 58-66.
2. Пашков И.Н., Шаргаев Е.О., Базлова Т.А., Баженов В.Е. Пайка термоэлектрического модуля сплавом на основе цинка / Сварочное производство // - 2020. -№1. -С. 30-35.
3. Шаргаев Е.О., Пашков И.Н. Достижения в пайке термоэлемента сплавом на основе цинка / XLVII Гагаринские чтения. Международная молодежная научная конференция // М.: МАИ, -2021. - С. 984 – 985.

4. Шаргаев Е.О., Иванова И.В., Пашков И.Н. Исследование взаимодействия цинковых припоев со сплавами алюминия при нанесении трением / В сб. «Быстрозакаленные материалы и покрытия». XVII Международная научно-техническая конференция // М.: МАИ, - 2020. -С. 389 – 394.

5. Шаргаев Е.О., Пашков И.Н. Проверка возможности соединения элементов термоэлектрического модуля с помощью цинкового припоя / Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2019». Тезисы // М.: МАИ. -2019. - С. 250 – 251.

6. Шаргаев Е.О., Пашков И.Н. Исследование пайки алюминиевой шины и термоэлектрического модуля с нанесенным алюминиевым покрытием с помощью цинкового припоя / XLV Гагаринские чтения. Международная молодежная научная конференция // М.: МАИ, - 2019. - С. 933 – 934.

7. Шаргаев Е.О., Пашков И.Н. Проверка возможности соединения элементов термоэлектрического модуля с помощью цинкового припоя / Пайка-2018. Сборник материалов международной научно-технической конференции // Тольятти, - 2018. - С. 268-274.

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных Шаргаевым Е.О. работах.

На автореферат поступило 11 отзывов от организаций:

1) ПАО Криогенного машиностроения «КРИОГЕНМАШ», за подписью гл. специалиста научно-лабораторного отдела, к.т.н. Лантушенко Л.С.

Замечания:

- Не приведены данные по измерению шероховатости поверхности образцов, исследованных на растекание цинкового припоя в зависимости от шероховатости поверхности.
- Не описаны механические свойства паяного шва.
- Присутствуют орфографические и стилистические ошибки.

2) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», за подписью к.т.н., доцента Сучкова А.Н.

Замечания:

- При исследовании поверхностного растекания цинкового припоя по алюминию желательно показать поперечное сечение растекшегося припоя для того, чтобы доказать, что «ореол» растекается под оксидной плёнкой алюминия.
- В четвертой главе недостаточно подробно раскрыта методика создания локальной деформации оксидной пленки в условиях печной бесфлюсовой пайки.
- Недостаточно раскрыта суть применения давления в процессе пайки. Желательно рассмотреть это более подробнее.
- В автореферате присутствуют несущественные опечатки.

3) ООО НПП «Тепловые Агрегаты и Системы», за подписью гл. инженера Конищева С.Н.

Замечания:

- Не приведены данные по шероховатости поверхности исследуемых образцов алюминиевых сплавов при изучении площади растекания цинкового припоя при нанесении методом трения.
- В автореферате нет сведений о величине давления, применяемого при пайке термоэлектрических модулей и не приведены данные о его влиянии на образование паянного шва.

4) АО «НПО им. С.А. Лавочкина», за подписью гл. сварщика Пономарева К.Е.

Замечания:

- Недостаточно подтверждено предположение о затекании припоя под оксидную пленку. Следует отметить, что пленка оксида алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> образуется непосредственно на ювенильном алюминии без зазора, необходимого для затекания цинка. Вместе с тем, на карте распределения элементов (рисунок 7 автореферата) отчетливо различаются две горизонтальные риски - предположительно следы от обработки поверхности абразивными частицами. В последующих работах можно рекомендовать также рассмотреть гипотезу о преобладающем аспекте капиллярных каналов, полученных абразивными частицами, на «движение ореола» вокруг растекающегося припоя.

5) Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ, за подписью к.т.н., доцента кафедры «Материаловедения, сварки и производственной безопасности» Беляева А.В.

Замечания:

- На стр. 7 перед абзацем «На рисунке 1 ...» отсутствует красная строка.
- Некоторые ссылки на собственные публикации (стр. 21 - 22) оформлены с отступлением требований ГОСТа на библиографическое описание.

6) ФГБОУ ВО Липецкий гос. технический университет, за подписью д.т.н., профессора кафедры «Оборудование и процессы машиностроительных производств» Лебедева С.В.

Замечания:

- После экспериментов по исследованию разрушения оксидной пленки алюминия при нанесении припоя трением для большинства последующих экспериментов был выбран припой Zn - 4 %Al, нет сведений об использовании других;
- В работе рассматривается нанесение алюминиевого покрытия толщиной 40 мкм на полупроводниковые элементы, нет информации о покрытиях большей толщины.

7) ФГАОУ НИТУ «МИСиС», за подписью д.т.н., профессора кафедры «Обработка металлов давлением» Белова Н.А.

Замечания:

- Хотя описание обзора литературы (главы 1) занимает непропорционально много места для автореферата, не приведены требования к физико-механическим свойствам алюминиевых сплавов, которыми предполагается заменить медные проводники.
- Выбор марочных сплавов (АМг2, АД31 и Д16) для проведения эксперимента не обоснован, а их состояние (а именно вид полуфабриката и термообработка) не указано.
- Поскольку для припоев ключевыми характеристиками являются температуры ликвидуса и солидуса (особенно в контексте цели данной работы), то их следовало бы привести в табл.1.
- Количество публикаций следовало бы увеличить, а уровень журналов повысить (в свете современных тенденций желательно, чтобы они входили в международные базы цитирования Scopus и WoS)

8) ОАО "ВИЛС", за подписью нач. лаборатории металловедения и технологии легких сплавов, д.т.н. Захарова В.В.

Замечания:

- Недостаточно подробно раскрыт вопрос, почему нет растекания цинкового припоя по поверхности алюминиевого сплава Д16.
- Не обосновано высокое содержания магния и кремния на границе протекания жидкого припоя.

9) ФГБОУ ВО «Московский гос. технический университет имени Н.Э. Баумана» (национальный исследовательский университет)», за подписью д.т.н., профессора кафедры «Технологии сварки и диагностики» Неровного В.М.

Замечания:

- В автореферате отсутствуют исследования влияния давления в вакуумной камере при предварительной ее откачке и чистоты аргона (объемное содержание кислорода) на кинетику разрушения оксидной пленки, что не позволяет дать конкретные рекомендации по технологии пайки в промышленных условиях.
- В 6-м выводе опечатка - аргон повышенной «частоты», вместо чистоты. Аргон повышенной чистоты в ТУ и ГОСТе отсутствуют. Возможно, автор имел в виду аргон высшего сорта или аргон высокой чистоты.
- Не приведены данные по влиянию величины прикладываемого давления на паяемое соединение в процессе пайки на его качество с точки зрения его сплошности и механических свойств.

10) ФГБОУ ВО «Самарский гос. технический университет» за подписью к.т.н., доцента кафедры «Литейные и высокоэффективные технологии» Тимошкина И.Ю.

Замечания:

- На рис. 5 представлена зависимость растекания припоя от размера абразивных частиц. Правильнее было бы указать шероховатость поверхности, а не размер абразивов, предназначенных для получения шероховатости;

- Не представлены результаты количественной оценки структуры паяного шва и около шовной зоны;
- Неясно, с какой целью проводились эксперименты с разным количеством алюминия и меди в цинковых припоях.

11) АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», за подписями первого зам. ген. конструктора КБ «Салют», д.т.н. Владимирова А.В.; зам. ген. конструктора КБ «Салют» Ямилиница А.Л. и утвержденный зам. ген. директора по НИР и ОКБ и пусковым услугам, к.т.н. Соколовым М.Б.

Замечания:

- В работе отсутствуют данные об исследованиях влияния давления на образование паяного шва, это важно с точки зрения влияния нагрузки на формирование структуры шва и влияния на стойкость покрытий;
- В качестве пожелания можно было бы рассмотреть вопрос о проведении коррозионных испытаний паяных соединений цинковым припоем.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокими компетенциями в области защищаемой диссертационной работы, подтвержденными наличием у них соответствующих публикаций.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана научная концепция бесфлюсовой печной пайки алюминия цинковыми припоями;**

**предложен: оригинальный подход для бесфлюсовой пайки алюминия цинковыми припоями, сочетающий применение механического воздействия и защитной среды;**

**доказана зависимость формирования адгезионного соединения от температуры и шероховатости поверхности; для получения соединения за счет разрушения оксидной пленки на микровыступах поверхности, необходимым условием является снижение концентрации кислорода в зоне соединения в результате предварительного вакуумирования до 1,3 Па;**

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказана возможность получения адгезионного соединения плоских пластин из алюминиевого сплава с помощью цинкового припоя без использования флюсов и ультразвуковых колебаний;**

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы методика создания локальной деформации оксидной пленки в условиях печной бесфлюсовой пайки, методика пайки алюминиевых образцов в защитной среде с приложением давления,**

комплекс исследований по стандартным методикам (металлографические и микрорентгеноспектральные исследования);

**изложены** условия, необходимые для растекания цинкового припоя по поверхности алюминиевого сплава;

**раскрыты** особенности пайки термоэлектрического элемента через газодинамическое покрытие алюминия и определена его оптимальная толщина для предотвращения эрозионного воздействия;

**изучены** зависимости поверхностного растекания цинкового припоя по алюминию от температуры и предварительной обработки поверхности;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**разработаны и внедрены** основы технологии пайки компонентов термоэлектрического модуля с алюминиевыми шинами;

**определены** научно-обоснованный процесс бесфлюсового соединения элементов термоэлектрического модуля с помощью локальной деформации выступов для разрушения оксидной пленки посредством давления и вибрации в защитной атмосфере;

**представлены** рекомендации для пайки многокомпонентных сборок из элементов термоэлектрического модуля;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** результаты получены на современном сертифицированном оборудовании для металлографических исследований и микрорентгеноспектрального анализа, достоверность результатов подтверждается привлечением обширного экспериментального материала и его количественным и качественным анализом, использованием современных методов статистической обработки полученных экспериментальных данных, а также практической реализацией полученных результатов;

**теория** получена на проверяемых данных и согласуется с ранее опубликованными результатами экспериментальных исследований по теме диссертации;

**идея базируется** на анализе и обобщении теоретических и практических данных технологического процесса печной бесфлюсовой пайки алюминиевых сплавов цинковыми припоями;

**использованы** данные исследований, проводившихся ранее в области пайки алюминиевых сплавов цинковыми припоями;

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации;

**Личный вклад соискателя состоит в:** его непосредственном участии в проведении научных экспериментов; личном участии в апробации результатов исследования;

разработке экспериментальных стендов и установок; обработке и интерпретации экспериментальных данных; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации замечаний критического характера высказано не было.

Соискатель Шаргаев Е.О. ответил на все заданные ему в ходе заседания вопросы, с частью не критических замечаний согласился. Все, высказавшие замечания и задавшие вопросы соискателю, выразили удовлетворенность его ответами.

На заседании 15 декабря 2021 г. диссертационный совет принял решение:

за решение научно-технической задачи, в которой в результате выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические разработки процесса получения качественного соединения компонентов термоэлектрического модуля из алюминиевых сплавов с помощью бесфлюсовой пайки цинковыми припоями, внедрение которых имеет существенное значение для развития отечественного литейного производства,

присудить Шаргаеву Е.О. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 доктора наук по специальности 2.5.8. – «Сварка, родственные процессы и технологии» (технические науки), участвовавших в заседании, 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени - 17, против присуждения учёной степени - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председательствующий

на заседании диссертационного совета

Галкин Виктор Иванович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Палтиеви́ч Андрей Романович

15 декабря 2021

Начальник отдела УДС МАИ  
Т.А. Аникина

