

**НПО ТЕХНОМАШ**  
им. С.А.Афанасьева

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «РОСКОСМОС»  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ТЕХНОМАШ»  
(ФГУП «НПО «Техномаш»)

127018, г.Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, д. 40, а/я 131  
тел.: 8 (495) 689-50-66, факс: 8 (495) 689-73-45  
www.tnpo.ru e-mail: info@tnpo.ru

ОКПО 07527638, ОГРН 1037739453982, ИНН 7715012448, КПП 771501001

Исх. от 10.11.2021 № 001-004/6467  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ

И.о. генерального директора,  
доктор технических наук,  
профессор

А.И. Кузин  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-производственное объединение «Техномаш» имени С.А. Афанасьева (ФГУП «НПО «Техномаш») на диссертацию Шаргаева Евгения Олеговича на тему: «Соединение термоэлектрических элементов припоями на основе цинка» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – «Сварка, родственные процессы и технологии»

**Актуальность темы диссертации.** В настоящее время в конструкции ряда приборов используются термоэлектрические преобразователи малой мощности до 1 кВт. Основной особенностью таких термоэлектрических преобразователей является сложность получения неразъёмных соединений конструкции, выполненной, как правило, из разнородных материалов. При этом от качества соединений в значительной степени зависит эффективность преобразования и, как следствие, общая мощность.

Современное развитие применения термоэлектрических преобразователей связано с увеличением рабочих температур, что в ряде конструкций позволяет увеличить мощность преобразования. Однако увеличение рабочих температур приводит к невозможности использования наиболее широко применяемых припоев на основе олова и требует внедрения припоев с температурой плавления выше 300°C, например, на основе цинка. В этой связи тема диссертации Шаргаева Е.О., посвященной разработке технологии получения надёжного соединения термоэлектрических элементов припоями на основе цинка, является безусловно актуальной.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

11. 11. 2021 г.

**Целью** диссертационной работы является получение качественного соединения компонентов термоэлектрического модуля из алюминиевых сплавов с помощью бесфлюсовой пайки цинковыми припоями.

Для достижения поставленной цели поставлены и решены следующие **задачи**:

1. Проанализированы методы соединения алюминиевых деталей цинковыми припоями без использования флюса;

2. Исследовано растекание цинкового припоя по поверхности алюминия при нанесении трением в зависимости от состояния поверхности и температурных режимов пайки;

3. Исследовано влияние защитной атмосферы и дополнительного механического воздействия на формирование паяного шва в процессе пайки алюминия цинковыми припоями;

4. Разработаны основы технологии пайки термоэлектрического модуля.

**Научная новизна** диссертации Шаргаева Е.О. заключается в установлении закономерностей бесфлюсовой пайки алюминия цинковыми припоями, которые заключаются в предварительном нанесении шероховатости на поверхность паяемых поверхностей не менее 1 мкм, создании локальной деформации поверхности алюминия за счет приложения давления не менее 1,67 МПа или вибрации, применении защитной газовой среды после предварительного вакуумирования до 1,3 Па.

**Практическая значимость** диссертации Шаргаева Е.О. состоит в следующем:

– предложена технология бесфлюсового соединения элементов термоэлектрического модуля с помощью припоя Zn – 4 % Al с применением давления и защитной атмосферы аргона;

– определены температуры, при которых возможно получение адгезионного соединения между цинковым припоем и алюминиевой подложкой методом трения;

– разработаны основы технологии пайки компонентов термоэлектрического модуля с алюминиевыми шинами;

– сконструирована лабораторная печь с цилиндрическим муфельным нагревателем на базе управления прибором ОВЕН ТРМ200, а также стенд для пайки в защитной среде, которые могут использоваться как в учебно-лабораторных целях, так и для экспериментальных исследований;

– разработана установка для исследования поведения алюминиевых сплавов с индукционным нагревом в различных газовых атмосферах и с приложением физического воздействия.

**Достоверность результатов** диссертационной работы Шаргаева Е.О. определяется набором взаимодополняющих методов, адекватных целям и задачам исследования, привлечением обширного экспериментального материала и его

количественным и качественным анализом, а также корректным применением методик экспериментальных исследований и современных методов статистической обработки полученных данных. Для проверки выдвинутых в работе гипотез соискателем было проведено экспериментальное исследование образцов элементов термоэлектрического модуля.

### **Публикация и апробация работы**

По теме диссертации соискателем опубликовано 9 работ, в том числе 2 статьи в изданиях из Перечня ВАК РФ.

Основные положения диссертации были представлены на Международной конференции «International Brazing and Soldering Conference (IBSC)» (New Orleans, USA, 2018); XLIV Международной конференции «Гагаринские чтения» (Москва, 2018); Международной конференции «Пайка-2018» (Тольятти, 2018); XV Международной научно-технической конференции «Быстрозакалённые материалы и покрытия» (Москва, 2018); XLV Международной конференции «Гагаринские чтения» (Москва, 2019); 18-й Международной конференции «Авиация и космонавтика» (Москва, 2019); XVII Международной научно-технической конференции «Быстрозакалённые материалы и покрытия» (Москва, 2020); XLVII Международной конференции «Гагаринские чтения» (Москва, 2021).

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов и списка использованных источников. Работа изложена на 123 страницах машинописного текста, содержит 7 таблиц и 53 рисунка. Библиографический список включает 66 наименований.

Материал диссертации в достаточно полном объёме даёт необходимую информацию для эффективного использования её результатов в приборостроении и машиностроении. Автореферат диссертации и приведенные в нём публикации соискателя достаточно полно отражают содержание диссертации.

### **Рекомендации по использованию результатов диссертации.**

Результаты диссертационного исследования направлены на расширение номенклатуры использования термоэлектрических преобразователей и представляют интерес для внедрения на предприятиях приборостроения и машиностроения, а также могут быть использованы в учебном процессе в вузах, имеющих кафедры технологии машиностроения, технологии сварочного производства.

Следует отметить следующие **замечания** по диссертации:

1. В тексте автореферата не приведены рекомендации по предварительной обработке поверхности алюминиевых сплавов.
2. Исходя из возможности растворения в процессе пайки алюминиевого покрытия и взаимодействия цинкового припоя с антидиффузионным покрытием, целесообразно проведение коррозионных испытаний паяной конструкции.

Указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы и не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертации.

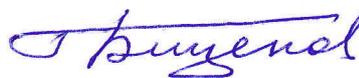
**О соответствии работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям**

Диссертация Шаргаева Е.О. является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научно-технической задачи получение качественного соединения компонентов термоэлектрического модуля из алюминиевых сплавов с помощью бесфлюсовой пайки цинковыми припоями.

Диссертация Шаргаева Е.О. выполнена на высоком научно-техническом уровне и соответствует паспорту специальности 2.5.8 – «Сварка, родственные процессы и технологии». По актуальности темы, постановке научной проблемы, полноте охвата решаемых задач исследования, полученным результатам, их практической значимости диссертация соответствует требованиям п.п. 9-11, 13-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации 29.04.2013 № 842, Шаргаев Евгений Олегович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – «Сварка, родственные процессы и технологии».

Отзыв ведущей организации на диссертацию и автореферат Шаргаева Е.О. рассмотрен и одобрен на заседании секции № 1 «Специальные технологии и оборудование для производства изделий ракетно-космической техники» научно-технического совета ФГУП «НПО «Техномаш», протокол от 09.11.2021 № 13.

Главный научный сотрудник  
отделения сварки и родственных технологий  
Научно-технологического центра,  
доктор технических наук  
« 9 » ноябрь 2021 г.



В.Г. Бещеков

Подпись Бещекова В.Г. заверяю.  
Учёный секретарь НТС,  
кандидат технических наук



Д.А. Муртазин

Бещеков Владимир Глебович,  
доктор технических наук по специальностям 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» и 05.02.09 – «Технологии и машины обработки давлением»,  
доцент, заслуженный изобретатель РФ, академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, главный научный сотрудник отделения сварки и родственных технологий Научно-технологического центра федерального государственного унитарного предприятия «Научно-производственное объединение «Техномаш» им. С.А. Афанасьева, 3-й проезд Марьиной Роши, д. 40, Москва, 127018, а/я 131; тел. (495) 689 95 71, доб. 97-27, e-mail: kulik-nic-svarka@mail.ru