

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Шаргаева Евгения Олеговича на тему: «Соединение термоэлектрических элементов припоями на основе цинка», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – «Сварка, родственные процессы и технологии»

В настоящее время актуальной является задача увеличения рабочих температур термоэлектрических преобразователей, нашедших широкое применение в микропроцессорной электронике, радиоэлектронике, электроэнергетике и холодильной технике, а также повышения надежности их работы.

Повышение рабочих температур связано с температурой пайки элементов. Результаты данного исследования позволяют соединить полупроводниковые элементы термоэлектрического модуля с алюминиевой шиной более высокотемпературным цинковым припоем и создаст предпосылки для повышения рабочих температур модуля. Поэтому, выбранная тема для исследования является актуальной.

**Научная новизна** исследования определяется тем, что адгезионное взаимодействие цинковых припоев с поверхностью алюминиевых сплавов при нанесении трением, происходит при температуре подложки, превышающей температуру ликвидуса припоя более чем на 20 – 30 °С; автором впервые обнаружено, что на алюминиевых сплавах (кроме сплава Д16) происходит растекание цинкового припоя под оксидной плёнкой в виде тонкого слоя, за пределы нанесенного трением объема припоя, с образованием «ореола». При этом на подложке из сплава АД31 обнаружено повышенное содержание магния и кремния на фронте растекающейся жидкости.

**Практическая значимость** диссертационной работы Шаргаева Е.О. состоит в том, что была 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 получить адгезионное соединение между цинковым припоем и алюминиевой подложкой методом трения. В ходе работы 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 проведения исследований.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

« 25 » 11 2021 г.

**В качестве замечаний**, которые относятся к материалам, представленным в автореферате, следует отметить следующее:

1. Не достаточно подробно раскрыт вопрос почему нет растекания цинкового припоя по поверхности алюминиевого сплава Д16.

2. Не обосновано высокое содержания магния и кремния на границе протекания жидкого припоя.

Сделанные замечания не умаляют достоинств работы и не снижают общей высокой оценки работы.

В целом диссертационная работа Шаргаева Е.О. выполнена на высоком научно-техническом уровне. Она соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК, а Шаргаев Евгений Олегович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии.

Начальник лаборатории металловедения и технологии легких сплавов ОАО "Всероссийского института легких сплавов", доктор технических наук

12 ноября 2021г.

Захаров Валерий Владимирович

Адрес: 121596, Москва, ул. Горбунова, 2

Телефон (служебный) +7(495)287-74-00 доб. 3082

Адрес электронной почты: zakharov\_valery@mail.ru

Подпись Захарова Валерия Владимировича заверяю

Директор по персоналу ОАО "ВИЛС"



Н.А. Третьякова