



**КРИОГЕНМАШ**

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО КРИОГЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ  
(ПАО «КРИОГЕНМАШ»)

Проспект Ленина, 67, г. Балашиха, Московская обл., 143907  
Тел. (495) 505-9333 Факс (495) 521-5722 root@cryogenmash.ru www.cryogenmash.ru  
ОГРН 1025000513878 ИНН 5001000066

11.11.21 № 263/5519

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе,  
д. 4, А-80, ГСП-3, МАИ  
Ученому секретарю диссертационного  
совета  
paltievichar@mati.ru.

### 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»

Значение исследований, позволяющих соединять полупроводниковые элементы термоэлектрического модуля с алюминиевой шиной более высокотемпературным цинковым припоем, состоит в возможности повышения рабочих температур модуля. В свою очередь, это позволяет значительно расширить область применения термоэлектрических модулей. Так как припои на основе олова имеют склонность к старению, применение высокотемпературных цинковых припоев позволит повысить долговечность и надежность модулей. Таким образом, выбранная для исследования тема является актуальной.

Научная новизна работы определяется тем, что:

1. Впервые установлено, 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.

2. Впервые обнаружено на алюминиевых сплавах (кроме Д16) 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 повышение концентрации магния и кремния на фронте растекающейся жидкости.

3. Установлено, что формирование «ореола» растекания цинкового припоя на алюминиевых сплавах происходит только при предварительной абразивной обработке и

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«25» 11 2021г.

наличии шероховатой поверхности Ra не менее 1 мкм. Это связано с образованием микрокапилляров, облегчающих транспортировку расплава припоя.

4. Сформулированы закономерности бесфлюсовой пайки алюминия цинковыми припоями, которые заключаются в предварительном нанесении шероховатости на поверхность паяемых деталей не менее 1 мкм, создании локальной деформации поверхности алюминия за счет приложения давления не менее 1,67 МПа или вибрации, а также применении защитной газовой среды после предварительного вакуумирования до 1,3 Па.

Автором на основе экспериментальных исследований структуры зоны паяного шва в зависимости от состояния предварительной обработки поверхности и режимов пайки определены условия для растекания цинк-алюминиевых припоев по поверхности алюминия при нанесении припоя методом трения.

В результате разработаны основы технологии пайки термоэлектрического модуля.

Однако работа не лишена недостатков, в частности, не приведены данные по измерению шероховатости поверхности образцов, исследованных на растекание цинкового припоя в зависимости от шероховатости поверхности, не описаны механические свойства паяного шва, кроме того, присутствуют орфографические и стилистические ошибки.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости работы. В целом диссертационная работа Шаргаева Е.О. является законченной квалификационной работой, в которой представлены новые технические решения, позволяющие обеспечить разработку современных и перспективных образцов термоэлектрических элементов.

**Вывод:** диссертация Шаргаева Е.О. удовлетворяет требованиям Положения ВАК РФ «О порядке присуждения ученых степеней», а её автор, Шаргаев Евгений Олегович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии.

Главный специалист научно-лабораторного отдела  
кандидат технических наук

Лантушенко Л.С.

Подпись Лантушенко Л.С. удостоверяю,  
заместитель директора научно-исследовательского и  
конструкторского института  
доктор технических наук, доцент



Степанов А.В.

« 11 » 11 2021 г.