

Акционерное общество
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР имени М.В. ХРУНИЧЕВА»
(АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»)

Новозаводская ул., д. 18, г. Москва, 121309, тел.: 8 (499) 749 99 34, факс: 8 (499) 749 51 24
Тел.: 8 (499) 749 83 43, факс: 8 (499) 142 59 00, e-mail: agd@khrunichev.ru, <http://www.khrunichev.ru>
ОГРН 5177746220361, ИНН/КПП 7730239877/773001001

от 09.12.2021 № КЗоефенВ-84

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по НИР, ОКР и пусковым услугам,
кандидат технических наук

Соколов Михаил Борисович



2021 г.

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»

Расширение областей применения термоэлектрических преобразователей связано с температурами пайки полупроводниковых ветвей из которых состоят термоэлектрические модули. Применение цинкового припоя позволит повысить рабочие температуры модулей и расширить области их применения.

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

Основные задачи диссертации:

1. Проанализировать методы соединения алюминиевых деталей цинковыми припоями без использования флюса;
2. Исследовать растекание цинкового припоя по поверхности алюминия при нанесении трением, в зависимости от состояния поверхности и температурных режимов пайки;

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«13» 12 2021 г.

3. Исследовать влияние защитной атмосферы и дополнительного механического воздействия на формирование паяного шва в процессе пайки алюминия цинковыми припоями;
4. Разработать основы технологии пайки термоэлектрического модуля.

Научная новизна работы определяется тем, что:

1. Автором 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 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 поверхностей 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.

Практическая значимость работы состоит в предложенной технологии бесфлюсового соединения элементов термоэлектрического модуля с помощью припоя Zn – 4 % Al с применением давления и защитной атмосферы аргона; в определении температур, 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 исследований данной работы. А также, разработана установка для исследования поведения алюминиевых сплавов с индукционным нагревом в различных атмосферах и с приложением физического воздействия.

Материалы автореферата Шаргаева Е.О. позволяют сделать следующие **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.

Перечисленные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы и не снижают ее научной и практической значимости.

Диссертация Шаргаева Е.О. соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и требования ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Шаргаев Евгений Олегович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии.

Первый заместитель генерального
конструктора КБ «Салют», д.т.н.
Контактный телефон: 8(499)749-99-56

Александр Владимирович Владимиров

Заместитель генерального
конструктора КБ «Салют»
Контактный телефон: 8(499)749-50-37

Алексей Леонидович Ямилинец