

ОТЗЫВ

официального оппонента

кандидата технических наук Краснопевцева Александра Ювенальевича
на диссертационную работу Шаргаева Евгения Олеговича
на тему «Соединение термоэлектрических элементов припоями на основе цинка»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.8 – «Сварка, родственные процессы и технологии»

Актуальность темы исследования

Термоэлектрические преобразователи могут работать как в режиме генераторов электроэнергии, преобразуя тепло в электроэнергию, так и в качестве холодильников, трансформируя электроэнергию в холод. По техническим, эксплуатационным и экологическим характеристикам, а также по удельной стоимости преобразования энергии они превосходят существующие генераторы электроэнергии и охлаждающие приборы компрессорного типа. Термоэлектрические приборы нашли свое применение в радиоэлектронике, электроэнергетике, холодильной технике, а также в тех областях техники, где предъявляются высокие требования к долговечности, надежности и высокой стойкости приборов к внешним воздействиям. Однако значения мощности преобразования термоэлектрических преобразователей, как правило, не превышают 500 – 1000 Вт.

Расширение области применения термоэлектрических преобразователей связано с увеличением разрешенных температур эксплуатации, что в свою очередь требует увеличения температур распайки, а следовательно и температур пайки преобразователей. В связи с этим, диссертационная работа Е.О. Шаргаева, направленная на разработку технологии пайки термоэлектрических элементов припоями на основе цинка, является актуальной.

Научная новизна

Научная новизна работы состоит в том, что:

1. Автором 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 растекание цинкового припоя на алюминиевых сплавах под оксидной плёнкой за пределы нанесенного трением объема припоя в виде тонкого слоя с образованием ореола. При этом на подложке из сплава АД31 обнаружено повышение концентрации магния и кремния на фронте растекающейся жидкости.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

30 11 2021 г.

3. Установлено, что формирование ореола растекания цинкового припоя на алюминиевых сплавах происходит только при предварительной абразивной обработке поверхности и наличии шероховатости Ra не менее 1 мкм. Это связано с образованием микрокапилляров, облегчающих транспортировку расплава припоя.

4. Автор сформулировал закономерности обеспечения бесфлюсовой пайки алюминия цинковыми припоями, которые заключаются в обеспечении шероховатости 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 заключается в разработке основ технологии пайки компонентов термоэлектрического модуля с алюминиевыми шинами, обеспечивающей повышение рабочих температур преобразователя. Определены режимы бесфлюсовой пайки припоями системы Zn – Al с применением давления в защитной атмосфере аргона, даны конструктивные рекомендации, включающие замену материала шины и покрытия. Следует также отметить, что в процессе работы сконструированы и разработаны оригинальные установки, которые могут использоваться для дальнейших исследований, а также в учебном процессе.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Степень достоверности результатов научных тезисов и выводов, сформулированных в диссертации, определяется использованием современных взаимодополняющих методов, адекватных целям и задачам исследования, получением обширного экспериментального материала, его качественным и количественным анализом.

Для проверки выдвинутых положений в работе было проведено самостоятельное экспериментальное исследование образцов элементов термоэлектрического модуля, получены многочисленные экспериментальные результаты, представленные в диссертации в виде графиков, фотографий и таблиц с результатами измерений.

Основные результаты работы апробированы на международных конференциях, соответствующих тематике диссертационного исследования и представлены в 9 публикациях в научных изданиях, в том числе 2 публикациях в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Замечания:

К диссертационному исследованию имеются следующие замечания:

1. В работе рекомендуется использование припоев на основе цинка с одновременной заменой материала изделия с меди на алюминий. Следовало бы предварительно обосновать, почему нежелательно использование цинковых припоев при пайке меди.

2. Выбор припоя Zn-4%Al с минимальной в этой системе температурой плавления (в то время как ставилась задача повышения температуры пайки) становится обоснованным только после тщательного анализа полученных в дальнейшем результатов. Возможно стоило подробнее объяснить его в тексте работы.

3. В главе 4 приведены результаты исследований условий растекания цинкового припоя по поверхности алюминия при индукционном нагреве, в то время как ставилась задача разработки технологии пайки в печи. Очевидно скорости индукционного и печного нагрева, а следовательно и условия формирования оксидной пленки алюминия при индукционном и печном нагреве существенно отличаются. Впрочем, результаты, полученные в главе 5 при пайке в печи, качественно подтверждают сделанные в четвертой главе выводы, а следовательно и допустимость замены способа нагрева при проведении исследований.

Указанные замечания ни в какой мере не ставят под сомнение полученные в диссертации результаты и сделанные выводы, а скорее служат пожеланием автору при проведении дальнейших научных исследований и трактовке полученных результатов.

Заключение:

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения по соединению компонентов термоэлектрического модуля из алюминиевых сплавов с помощью бесфлюсовой пайки цинковыми припоями.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 8 научно-технических конференциях, опубликованы в 9 печатных работах, в том числе 2 статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в области микропроцессорной электроники, радиоэлектроники и электроэнергетики.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Шаргаев Евгений Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии.

К.т.н., доцент, зав. секцией

«Пайка» кафедры «Сварка,

обработка материалов

давлением и родственные

процессы» ФГБОУ ВО

«Тольяттинский

государственный

университет»

Краснопетцев Александр Ювенальевич



Подпись *Краснопетцев А.Ю.*
ЗАВЕРЯЮ
Начальник управления делами ТГУ
А.Ю. Краснопетцев
20 21 г.

Сведения об организации:

ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»

Адрес: 445020, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Белорусская, д. 14.

Телефон: +7 (8482) 54-64-24. Email: office@tltsu.ru