



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОБЪЕДИНЕННАЯ
ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ»

ПРОСПЕКТ БУДЕННОГО, 16, КПП 997450001
МОСКВА, РОССИЙСКАЯ ОГРН 1107746081717
ФЕДЕРАЦИЯ, 105118 ИНН 7731644035

Т: +7 495 232-55-02 UECRUS.COM
Ф: +7 495 232-69-92 INFO@UECRUS.COM

УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер,
к.т.н. Нуртдинов Ю.Р.



« 12 » ноября 2021

ОТЗЫВ

ведущей организации – акционерного общества «Объединённая двигателестроительная корпорация» на диссертационную работу Морозова Вячеслава Андреевича по теме ««Разработка процесса пайки сотового уплотнения газотурбинного двигателя с использованием пластифицированного порошкового припоя в виде ленты», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии (технические науки)»

Актуальность работы

Создание неразъемных соединений с помощью пайки является широко распространённым процессом, применяемым при производстве газотурбинных двигателей. Качество сотовых уплотнений авиационных газотурбинных двигателей напрямую зависит от стабильности технологического процесса пайки, который включает в себя подготовку паяемых поверхностей, сборку под пайку, нанесение припоя и непосредственно высокотемпературного процесса пайки, который осуществляется в том числе и в вакуумных печах.

Принимая во внимание конструктивные особенности сотового уплотнения существует ряд проблем, связанных с получением стабильного качества паянных соединений. В первую очередь это связано со сложностью нанесения припоя и неравномерностью нагрева разнотолщинной детали.

Разработка новых материалов для пайки, исследование формирования паянного соединения, а также понимание тепловых процессов при нагреве до температуры пайки сотового позволит значительно повысить качество паянных соединений сотовых уплотнений, что несомненно является актуальной задачей исследования.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

« 25 » 11 2021 г.

Научная новизна

Научная новизна работы заключается в том, что:

- определено, что для достижения максимальной плотности и высокой однородности порошковой ленты на органическом пластифицированном связующем – высокомолекулярном каучуке необходимо использовать сферические порошки с размером частиц 40-70 мкм.

- впервые обнаружен эффект уплотнения порошкового наполнителя в следствии испарения растворителя из связующего вещества, определено, что для максимальной утяжки порошка следует использовать 6,8-7,5% раствор высокомолекулярного каучука в нефтяном сольвенте, при этом вязкость связующего вещества составляет 5,8-6,9 Н×с/см².

- впервые обнаружен эффект изменения кривой заполнения вертикального неравномерного зазора расплавом припоя и предложен механизм формирования паяного соединения избыточным количеством порошкового припоя ВПр11-40Н при пайке стали ХН78Т

- впервые разработана методика компьютерного моделирования распределения температуры в сотовом уплотнении при нагреве до температуры пайки в вакууме. Определено, что отставание тонкостенного сотового блока от массивного корпуса составляет 20-25 °С, при этом разница температур провоцирует преждевременное растекание припоя по сотовому блоку до достижения $T_{\text{ликвидуса}}$ припоя.

Практическая значимость

Практическая значимость результатов, полученных в работе Морозова В.А. заключается в том, что:

- впервые получен пластифицированный порошковый припой в виде ленты методом шликерного литья на подложку с использованием высокомолекулярного каучука в качестве связующего вещества обладающий плотностью 0,7 от уплотненной насыпной плотности порошка;

- данные полученные при исследовании влияния формы, размера частиц порошка, составу и вязкости связующего вещества на свойства ленты могут быть использованы для аналогичных материалов для наплавки с применением различных органических соединений;

- разработанная компьютерная модель тепловых процессов, протекающих при пайке сотового уплотнения в вакууме, позволяет использовать ее для разработки технологических процессов на аналогичные изделия без необходимости проведения большого количества экспериментальных нагревов.

- в результате проведенных исследований сформулированы общие рекомендации по расчёту припоя для пайки сотового уплотнения с гексагональной шестигранной ячейкой, подготовительным операциям и технологическим режимам пайки в вакууме

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных Морозовым В.А. результатов в диссертации определяется использованием поверенной контрольно-измерительной аппаратуры, применением общепринятых физико-химических методов исследования таких как световая и электронная микроскопия, доказанной адекватностью компьютерной модели распределения температур при пайке сотового уплотнения в вакууме, а также результатами опытно-промышленной проверки и апробацией результатов.

Замечания по работе

1. Во второй главе диссертации представлена методика определения однородности распределения порошка припоя в ленте. «Однородность рассчитывали в % как разницу между наибольшей и наименьшей массой образца ленты, полученной из одного порошка». При этом стоит отметить, что масса не позволяет точно определить однородность ленты по всему объему, так как концентрация порошка припоя может значительно различаться внутри одного образца.
2. В третьей главе автор описывает механизм формирования паяного соединения в неравномерном не капиллярном зазоре. Отклонение кривой заполнения зазора от параболической объясняется активным взаимодействием расплава припоя с паяемым материалом, в результате чего происходит выпадение первичных дендритов, которые уменьшают величину зазора. Однако данный механизм не объясняет образование наплывов припоя в ячейках сотового уплотнения, так как величина наплыва на порядок превышает размеры первичных дендритов.
3. В четвертой главе диссертации представлено компьютерное моделирование тепловых процессов при пайке макета сотового уплотнения. Рассмотрен процесс теплопереноса при непосредственном контакте сотового блока с корпусом сотового уплотнения. Однако в реальном процессе пайки на параметры теплопереноса оказывает значительное влияние расплав припоя, образующийся в процессе его плавления, что не учтено в данной работе.
4. В пятой главе автором предлагается методика по расчёту необходимого количества припоя для пайки сотового уплотнения. Методика сводится к определению величины нахлестки паяного соединения с помощью математической модели сотового уплотнения с применением САПР, однако данный метод затруднительно реализовать на реальном предприятии. Для полноценного расчёта необходимо вывести математическую зависимость изменения площади нахлестки в зависимости от влияющих на это факторов, таких как толщина гофрированной фольги, высота сотового блока, диаметр вписанной в ячейку окружности и т.д.
5. В целом в работе имеются грамматические ошибки, используются единицы измерения, не попадающие под международную систему измерений, а также ошибки в оформлении.

Сделанные замечания не снижают высокой оценки диссертации и являются лишь рекомендациями для повышения качества дальнейшей научной карьеры соискателя.

Заключение по работе

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 такие как новый материал для пайки сотовых уплотнений и технология его получения, описание механизма формирования паянного соединения и компьютерное моделирование тепловых процессов при пайке сотового уплотнения.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 7-ми научно-технических конференциях, опубликованы в 9 печатных работах, в том числе 3 статьи в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в области энергетического машиностроения.

Автореферат полностью отражает 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, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Морозов Вячеслав Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8-Сварка, родственные процессы и технологии.

Отзыв ведущей организации на диссертацию и автореферат Морозова Вячеслава Андреевича рассмотрен на совещании отдела Главного сварщика протокол № 0085/22-2313 от 11 ноября 2021 года.

Начальник сектора, к.т.н.

З.Е. Никалин

Главный сварщик

Э.М. Арутюнян

Начальник технологического бюро пайки

М.И. Грачева