

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Морозова Вячеслава Андреевича на тему: «Разработка процесса пайки сотового уплотнения газотурбинного двигателя с использованием пластифицированного порошкового припоя в виде ленты», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии

Диссертация посвящена решению актуальной технологической задачи производства авиационных газотурбинных двигателей - совершенствованию операции высокотемпературной пайки сотовых уплотнений, предотвращающих утечку газового потока в горячей зоне. Повышение качества пайки сотовых уплотнений припоями на никелевой основе достигается использованием пластифицированного порошкового припоя в виде ленты.

Автор предложил гипотезу об определяющем влиянии на стабильность процесса применения порошковой ленты на органическом пластифицированном связующем. Для этого использован высокомолекулярный каучук, содержащий сферический порошок припоя с размером частиц 40-70 мкм.

На основе экспериментальных исследований установлен механизм заполнения некапиллярного зазора расплавом припоя ВПр11-40Н при пайке сотовых уплотнений из сплава ХН78Т. Результаты подтверждены микрорентгеноспектральным (МРСА) и металлографическим анализом. Выбрана оптимальная температура, обеспечивающая пайку сотового уплотнения с неравномерным зазором. Для массы припоя 10 гр., она составляет 1040 °С.

Численное моделирование тепловых процессов, протекающих при пайке макета сотового уплотнения выполнено в программном пакете ProCAST. Моделировался процесс нагрева по двум режимам, с непрерывным нагревом до температуры нагревателя 1220 °С, скорость нагрева 80 град/мин и нагрев с технологической выдержкой при температуре нагревателя 1000 °С и скорости нагрева 11 град/мин. Экспериментальная пайка макета сотового уплотнения

подтвердила разницу температур между сотовым блоком и подложкой. При приближении температуры детали к интервалу плавления припоя идет активное растекание первичной жидкой фазы по сотовому блоку из сплава ХН62ВМЮТ.

Экспериментальные исследования микроструктуры при различной стратегии получения ленты, показали, что структура паяного соединения в этом случае более однородная по содержанию кремния.

Основными научными результатами работы являются:

- обнаружен и обоснован эффект изменения кривой заполнения вертикального неравномерного зазора расплавом припоя при формировании паяного соединения избыточным количеством порошкового припоя ВПр11-40Н при пайке сплава ХН78Т;
- методика компьютерного моделирования распределения температуры в сотовом уплотнении при нагреве до температуры пайки в вакууме.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- разработке технологической схемы изготовления порошкового припоя ВПр11-40Н в виде ленты на основе 8 % (по массе) раствора высокомолекулярного каучука в нефтяном сольвенте;
- разработке технологических режимов пайки припоем ВПр11-40Н в вакууме сотового уплотнения с гексагональной шестигранной ячейкой из сплава ХН78Т.

По автореферату имеются замечания.


1. Отсутствует постановка задачи расчета термических циклов и описание методики численного эксперимента в пакете ProCAST.
2. Не отражены применяемые диссертантом методы исследования, прочностных свойств паяных соединений, необходимые для оценки достоверности полученных результатов.

Однако указанные замечания не влияют на общий высокий научный уровень диссертационной работы.

**Заключение.** Таким образом, диссертация Морозова Вячеслава Андреевича на тему «Разработка процесса пайки сотового уплотнения газотурбинного двигателя с использованием пластифицированного

порошкового припоя в виде ленты» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, имеет теоретическую и практическую значимость. Основные результаты диссертации изложены в 11 научных работах, в том числе, три статьи опубликованы в изданиях, входящих в Перечень ВАК РФ. Автореферат отражает основное содержание диссертации, выводы и заключения обоснованы. Диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 № 842 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 № 335), ее автор, Морозов Вячеслава Андреевича, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии

Научный сотрудник отдела ИЦ «Динамика, прочность, надежность»  
ФГУП «Центральный институт авиационного  
моторостроения имени П.И. Баранова»,  
кандидат технических наук

 07.12.2021  
Исаков Владимир Владимирович

Подпись к.т.н. Исакова В.В. заверяю

Учёный секретарь ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,  
доктор экономических наук, доцент

 Джамай Екатерина Викторовна

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова»  
111116 г. Москва, ул. Авиамоторная, 2, Тел. (495)-362-40-25  
[vvisakov@ciam.ru](mailto:vvisakov@ciam.ru) [www.ciam.ru](http://www.ciam.ru)

