

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Ерикова Кирилла Михайловича** на тему «РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИЛЬНОТОЧНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Диссертация посвящена решению актуальной задачи, направленной на совершенствование технологии модификации поверхности деталей из жаропрочных порошковых материалов посредством воздействия высокоинтенсивных импульсных электронных пучков. Исследования выполняли на образцах-свидетелях сплава системы Co-Cr-Mo, изготовленных методом селективного лазерного сплавления (СЛС). Электронно-пучковую импульсную обработку поверхности образцов проводили в двух режимах: высокоинтенсивном (установка «ГЕЗА-ММП») и низкоинтенсивном (установка «РИТМ-СП»). Режимы облучения рассчитывали с учетом теплофизических свойств материала и значений порога его плавления в программном комплексе "HEATRACK-1.0". Главные режимные параметры – плотность энергии в импульсе ($\text{Дж}/\text{см}^2$) и количество импульсов.

Экспериментальные исследования направлены на определение поверхностных свойств модифицированного порошкового сплава KX28M6. Проведена оценка значений шероховатости, микротвердости, поверхностных остаточных напряжений, жаростойкости и анализ дефектности. Используются методы металлофизического анализа – оптическая и растровая электронная микроскопия, рентгеноспектральный микроанализ.

Наименьшая шероховатость ($Ra = 3,3 \text{ мкм}$) достигнута при облучении на установке «РИТМ-СП» по режиму $W=7,1 \pm 1,5 \text{ Дж}/\text{см}^2$ при числе импульсов (n) = 60. Наиболее равномерные значения микротвердости по поверхности всего образца были получены в режиме $W= 6,2 \pm 1,2 \text{ Дж}/\text{см}^2$, $n = 45$. При облучении образцов диаметром 20 мм в режиме $W=35 \text{ Дж}/\text{см}^2$, $n = 3$, напечатанных на 3D принтере Concept Laser M2 Cusing, приводит к формированию модифицированного слоя глубиной 28-30 мкм. Исследовали два вида образцов с разной стратегией (штриховкой) сканирования при 3D-печати, диагональной (1) и зигзагообразной (2). Уровень исходных остаточных напряжений с зигзагообразной стратегией сканирования до облучения выше, чем у образца с островковой диагональной стратегией сканирования на 26%. Построены эпюры распределения остаточных напряжений по глубине залегания для искомых образцов, подвергнутых облучению, которые показали снижение уровня остаточных растягивающих напряжений. Для образца серии 1 снижение составило - 10%, для образца серии 2 - 46%.

Испытание на жаростойкость образцов, облученных в оптимальном режиме, методом непосредственного измерения глубины коррозии показали значительный рост жаростойкости после облучения, что подтверждается результатами металлографического анализа.

Основными научными результатами работы являются:

- установлено, что при облучении в режиме $35 \text{ Дж}/\text{см}^2$ — 3 импульса на опытно-промышленной установке «ГЕЗА-ММП» происходит снижение уровня остаточных растягивающих напряжений на образцах из порошкового сплава системы кобальт-хром-молибден на глубину до 80 мкм;
- установлено, что жаростойкость образцов-свидетелей деталей горячей части ГТД повышается на 25% по выбранному режиму облучения: $35 \text{ Дж}/\text{см}^2$ - 3 импульса;
- показано, что вне зависимости от используемого оборудования для электронно-пучковой обработки происходит снижение исходной шероховатости поверхности в диапазоне от 25 до 70%;

- разработана комплексная методика исследования влияния параметров облучения импульсными электронными пучками различной интенсивности на качество и физико-химические параметры поверхностного слоя образцов-свидетелей из сплава KX28M6.

По реферату диссертации имеются замечания:

1. Не указан метод измерения остаточных напряжений.
2. Без доказательств сделан вывод о неопасном влиянии кратеров на усталостную прочность и коррозионную стойкость.
3. Оптимальный режим облучения определен как $35,0 \text{ Дж/см}^2$ и $n=3$, а результаты электронной микроскопии приведены для образцов, полученных в иных режимах.

Однако отмеченные замечания не снижают ценности работы Ерикова К.М. и важность полученных в ней результатов.

Считаю, что диссертационная работа по научно-методическому уровню и практической значимости отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а её автор Ериков Кирилл Михайлович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

к.т.н., старший научный сотрудник
ФАУ ЦИАМ им. П.И. Баранова

Исаков
16.12.2024

Исаков Владимир Владимирович

Подпись Исакова В.В. заверяю:
Заместитель генерального директора по науке
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»
доктор технических наук



Луковников Александр Валерьевич

Федеральное автономное учреждение
«Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова»
111116 г. Москва, ул. Авиамоторная, 2. Тел (485) 362-40-25
vvisakov@ciam.ru

Я, Исаков Владимир Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Ерикова Кирилла Михайловича на тему «РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИЛЬНОТОЧНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ».

С отзывом ознакомлен
20.12.24. *Исаков*