

Отзыв

официального оппонента

доктора физико-математических наук, профессора, ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М.

Прохорова Российской академии наук» Лигачева Александра Егоровича

на диссертационную работу

Ерикова Кирилла Михайловича

«Разработка технологии модификации поверхности деталей из жаропрочных порошковых материалов с применением сильноточных импульсных электронных пучков», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Актуальность темы диссертационной работы. Настоящая работа посвящена исследованию эксплуатационных свойств деталей и узлов современных и перспективных ГТД из конструкционных материалов, в частности, кобальт-хромовых сплавов. Использование инновационных технологий изготовления деталей требует и нового подхода к вопросу получения деталей, имеющих высокий уровень эксплуатационных свойств поверхностного слоя. Выбор процессов модифицирования поверхностного слоя с помощью технологий близких по своему механизму к механизму выращивания деталей с помощью селективного лазерного плавления (СЛС) и последующая обработка делмй полученных СЛС-еиодом потоками электронов является обоснованным. Данная диссертация направлена на исследование и создание методик обработки деталей и узлов ГТД из кобальт-хромовых жаропрочных сплавов с помощью интенсивных импульсных потоков энергии, которое позволит с достаточно высокой эффективностью и экономичностью повысить параметры и улучшить свойства деталей, применяемых в авиационном двигателестроении. Актуальность работы подтверждается и запросом производства в настоящее время на серийную технологию обработки и упрочнения изготавливаемых деталей и узлов перспективных ГТД.

Научные работы по теме и структура диссертации. По теме диссертации опубликовано 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях рекомендованных ВАК и изданиях, приравненных к ним, опубликовано 2 работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 98 наименований и 2 приложений. Общий объем диссертации - 157 страниц, 85 рисунков и 19 таблиц. Рисунки, графики и таблицы, хорошо

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

25 ноября 2024 г.

выполнены.

Научная новизна и практическая значимость исследований. В диссертации Ериковым К.М. на основании выполненных им исследований, получены следующие научные и практические результаты:

- Разработана комплексная методика исследования влияния параметров облучения импульсными потоками электронов различной интенсивности на физико-химические параметры поверхности деталей и узлов ГТД из жаропрочного кобальтового сплава и их эксплуатационные характеристики;
- Диссертантом экспериментально установлено, что в результате облучения на поверхности мишеней из деталей горячей части ГТД формируется модифицированный слой с отличным от основного материала структурно-фазовым состоянием протяженностью от 5 до 40 мкм в зависимости от используемого источника электронов и режима облучения;
- Показано, что жаростойкость образцов-свидетелей деталей горячей части ГТД повышается на 25% по выбранному режиму облучения: 35 Дж/см² – 3 импульса;
- Очень важно, что в результате проделанной работы соискателю удалось снизить шероховатость поверхности материала после воздействия на него импульсного потока электронов от 25 до 70 %;
- Также автор диссертационной работы на основе выполненных экспериментов показал, что модифицированный слой имеет более высокую микротвёрдость за счёт его упрочнения карбидами, формирующимися в процессе облучения потоком электронов.

На основании полученных диссертантом экспериментальных данных по исследованию структуры и свойств образцов теперь можно целенаправленно выбирать режимы обработки деталей импульсным электронным пучком для улучшения эксплуатационных характеристик перспективных авиационных двигателей.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций и личный вклад автора в получении результатов исследования.

Использование для исследований современного аттестованного оборудования и измерительных приборов при применении апробированных методик

проведения испытаний подтверждают достоверность результатов исследования. Полученные соискателем результаты не противоречат опубликованным близким к тематике диссертации данным в работах других исследователей и подтверждаются сопоставлением с известными экспериментальными данными.

Личный вклад Ерикова К.М.:

- постановка задач и формулировании технических требований к экспериментальным работам по определению основных характеристик образцов, получаемых методом аддитивных технологий из сплава кобальт-хром;
- проведение экспериментов лично диссертантом и обработка им экспериментальных данных;
- формулировка основных рекомендаций к технологическому процессу обработки изделий перспективных ГТД высокоточными импульсными электронными пучками.

Соответствие автореферата диссертации ее содержанию.

Автореферат отражает содержание диссертации. Работа написана грамотно, с иллюстрациями хорошего качества и подтверждающими таблицами.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Разработанные автором режимы облучения импульсными электронными пучками поверхности деталей ГТД из кобальт-хромовых сплавов могут быть использованы на серийных предприятиях авиадвигателестроительной отрасли в технологическом процессе постобработки изделий, созданных методом аддитивного производства. Также результаты работы можно включить в учебные планы высших учебных заведений авиационного профиля в виде лекций и использовать для дальнейшего дипломного проектирования в рамках тематики данной диссертационной работы.

Замечания по диссертации:

1. Каков механизм образования кратеров при облучении поверхности кобальтовых сплавов с помощью интенсивных импульсных электронных пучков (стр.82 диссертации рис.3.2). Какое количество кратеров приходится на единицу площади облученного материала и каково их критическое значение, превышение которого может привести к ухудшению прочностных свойств материала(стр.102 диссертации) ?

2. При анализе данных по испытанию на жаростойкость не представлен вывод о преимущественном месте зарождения очагов деградации поверхностного слоя при высокотемпературном окислении. За счет чего повышается коррозионная стойкость кобальтовых сплавов подвергнутых последующей обработке импульсным потоком электронов ?
3. Каков механизм выглаживания поверхности металла (стр. 58, 59 данной диссертации) в процессе ее обработки потоками электронов и почему выбраны именно три импульса воздействия потоков электронов на жаропрочный сплав (научная новизна - пп. 5 и 6)?
4. Автор считает (стр. 82 диссертации), что «определяющим параметром для достижения необходимого состояния поверхностного слоя при обработке как высокоинтенсивными (при использовании установки «ГЕЗА-ММП»), так и низкоинтенсивными импульсными электронными пучками (при использовании установки «РИТМ-СП»), является плотность энергии потоков электронов в импульсе». Изучалось ли влияние распределения электронов в поперечном сечении пучка на свойства обрабатываемой поверхности после воздействия на нее потока электронов ? Какова скважность импульсов в обоих ускорителях электронов
5. В обзоре научно-технической литературы (Глава 1) отсутствуют ссылки на публикации по использованию конденсированных потоков заряженных (электронов, ионов, плазмы) частиц и лазерного излучения для модификации поверхностных слоев кобальтовых сплавов.
6. Как именно оказывает влияние перераспределение таких элементов, как Si, C, Fe, Co и Mo в процессе облучения на свойства материала после воздействия на него потока электронов ? Почему в результате облучения низкоинтенсивными импульсными электронными пучками в поверхностном слое материала увеличивается именно концентрация таких элементов как молибден и кремний (стр. 91 диссертации)?
7. Стр. 70 диссертации. Автор пишет: «...поверхностный слой облучаемой мишени состоит из набора последовательно расположенных параллельных микроскопических пластин, общая площадь мишени может нагреваться в течение длины импульса τ двумя способами: последовательно или одновременно». Не понятно как располагается траектория электронов относительно пакета пластин – параллельно или перпендикулярно пакету пластин ?

Представленные замечания носят рекомендательный характер, могут быть учтены автором диссертации при последующем изучении и совершенствовании данного технологического процесса, не снижают научно-практическую значимость и актуальность представленной диссертационной работы.

Заключение. Диссертационная работа Ерикова К.М. представляет собой законченную самостоятельную научную работу по разработке технологии модификации поверхности деталей из жаропрочных порошковых материалов сильноточными импульсными электронными пучками. Научно-практическая значимость работы заключается в том, что автор впервые применил импульсные потоки электронов для модификации поверхности материалов авиационного назначения и обосновал выбор режима облучения для достижения высоких параметров качества изделий. Материал диссертации изложен грамотным техническим языком. Основное содержание работы отражено в публикациях автора в научных журналах из перечня ВАК, авторитетных отечественных научных журналах и российских конференциях, также опубликованы и в материалах международных конференций.

Диссертация Ерикова К.М. отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Ериков Кирилл Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. — «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»,
д.ф.-м.н., профессор

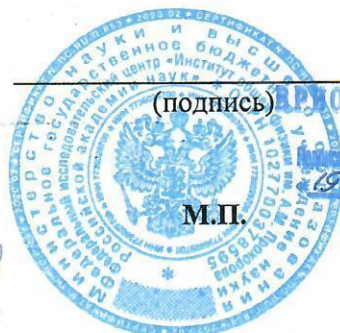
Лигачев А

А.Е. Лигачев

Адрес: 119991 ГСП-1, г. Москва, ул. Вавилова д. 38.
carbin@yandex.ru, Телефон: +7 (499) 503-8734

Подпись Лигачева Александра Егоровича удостоверяю:

(должность)



ПОДПИСЬ

ЗАВЕРЯЮ

Лигачев А.Е.

УЧЕНОГО СЕКРЕТАРЯ ИОФ РАН

В.В. Глушков
11 20 24г.

ГЛУШКОВ В.В.

Сотрудник ознакомлен 25.11.24г.