

«Утверждаю»

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «УГАТУ»

доктор технических наук, профессор

Еникеев Р. Д.

« 16 » 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ) на диссертационную работу Амуи Али Мохаммад на тему «Метод восстановления работоспособности рабочих лопаток турбины ГТД за счет применения усовершенствованного защитного покрытия», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.14 – «Эксплуатация воздушного транспорта»

Представленная на оппонирование диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА).

Структура работы. Диссертация объемом 137 страницах машинописного текста, иллюстрированного 73 рисунками, состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка используемых источников и библиографического списка используемой литературы из 155 наименований.

Актуальность проблемы. Высокие тепловые и механические нагрузки, воздействующие на рабочие лопатки турбины при работе современных авиационных ГТД, приводят к значительным структурным изменениям в поверхностных слоях лопаток. Применяемые в настоящее время для изготовления лопаток жаропрочные сплавы на никелевой основе не обладают достаточной жаростойкостью при воздействии высокотемпературной газовой среды, что значительно снижает работоспособность лопаток турбины и двигателя в целом. Применение защитных покрытий позволяет решить данную задачу. Работоспособность деталей, работающих в газовых средах при высоких температурах, во многом зависит от стабильности фазового состава, структуры и свойств поверхностного защитного слоя. Поэтому одним из основных направлений в повышении защитных свойств покрытия является совершенствование существующих и разработка новых методов формирования покрытий.

Таким образом, тема диссертационной работы Амуи Али Мохаммад, посвященная повышению работоспособности лопаток турбины двигателей путем восстановления защитного покрытия, является весьма актуальной.

Степень обоснованности научных положений и выводов диссертации. Обоснованность научных положений диссертационной работы подтверждается привлечением большого массива научных публикаций по кластерной тематике, как отечественных, так и зарубежных авторов, данных российской государственной статистики. В рамках достижения цели и решения поставленной в работе задачи подтверждается также необходимым объемом экспериментов по изучению факторов и параметров, определяющих работоспособность лопаток турбины с предложенным покрытием в сравнении с серийно применяемыми покрытиями.

Основные положения, выносимые диссертантом для публичной защиты, прошли успешную апробацию в рамках научных конференций Всероссийского и Международного уровней.

Научная новизна работы.

Задачу увеличения работоспособности лопаток турбин автор решает путем нанесения на лопатки турбины усовершенствованного защитного покрытия системы Al-Cr-Hf, формируемого из водной суспензии в процессе отжига.

Для получения нового покрытия диссертантом предложен состав активной части водной суспензии с протеканием экзотермической реакции. Что также является научной новизной диссертации и личным вкладом диссертанта. Такой подход к решению проблемы позволил получить покрытие, обладающее барьерным эффектом за счет введения в структуру покрытия хрома более 10%.

Теоретические разработки были подтверждены экспериментальными исследованиями. На основании проведенных исследований был определен рациональный состав суспензии на водной основе, а также разработана технология ее нанесения на рабочие лопатки.

Большое внимание автор уделил экспериментальному подтверждению разработанного защитного покрытия. Представленные закономерности формирования защитного покрытия на никелевых сплавах ЖС32 и суперсплава INCONEL-713LC, изменения химического состава, микроструктуры и толщины покрытия продемонстрировали возможность целенаправленного формирования структуры и легирования защитных покрытий необходимыми элементами. В работе проведено сравнительное исследование покрытий на изотермическую жаростойкость, термостойкость и солевую коррозию. Установлено, что разработанное покрытие обладает барьерным эффектом, что в совокупности обеспечивает увеличение работоспособности лопаток с таким покрытием.

Несомненно, научной новизной работы является математическая модель исчерпания защитных свойств и прогнозирования работоспособности диффузионных покрытий на никелевых сплавах в зависимости от технологических параметров процесса нанесения покрытия на свойства получаемого покрытия без проведения большого количества экспериментов.

В работе рассмотрены проблемы ремонта лопаток турбины с защитными покрытиями, что позволило автору разработать метод восстановления предложенного в диссертационной работе покрытия и определить параметры технологического процесса удаления разработанного покрытия.

Практическая значимость работы. Диссертация Амуи Али Мохаммад не лишена и практической направленности. Разработанное автором защитное

покрытие и способ восстановления рабочих лопаток турбины при ремонте прошли промышленную апробацию на заводском оборудовании.

Следует отметить практическое использование экспериментальных исследований получения защитного покрытия на сплаве INCONEL-713LC.

В ходе проведенных исследований отработана технология нанесения предложенного покрытия, выбран температурно-временной режим его нанесения. При разработке нового покрытия автором уделено внимание вопросу создания экологически чистой технологии его нанесения.

Положительным моментом диссертации является проведенные расчеты сравнительной экономической эффективности разработанных покрытий с серийно применяемыми.

Достоверность полученных результатов. Основные результаты не вызывают сомнений в их достоверности. Работа выполнена на кондиционных материалах с использованием современных методов исследования. Полученные экспериментальные данные обеспечиваются близостью результатов, полученных другими авторами.

Личный вклад автора в получении результатов исследования.

Автор принимал непосредственное участие во всех проводимых экспериментах, направленных на повышение работоспособности лопаток турбины за счет применения усовершенствованного покрытия.

Соответствие автореферата диссертации ее содержанию.

Автореферат полностью отражает основное содержание работы, ее актуальность, научную и практическую значимость, содержит основные положения работы и выводы, результаты которой докладывались на научных конференциях, опубликованы в 8 научных трудах, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК при Минобрнауки РФ.

Диссертация и автореферат написана грамотным техническим языком и снабжена достаточным количеством иллюстраций и обладает внутренним единством.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Разработанная автором модель прогнозирования получаемых свойств покрытия от технологических параметров целесообразно использовать при разработке новых диффузионных покрытий.

Результаты диссертации могут быть использованы в НИУ, ВУЗах, ОКБ и в других организациях, связанных с разработкой и эксплуатацией ГТД.

Замечания по работе:

- в работе не исследовано влияние разработанного покрытия на механические характеристики сплава;

- не исследовано влияние температурных нагревов на структурные изменения материала лопатки, как при протекании экзотермической реакции, так и при последующих режимах термообработки;

- целесообразно провести исследование возможности нанесения покрытия из водной суспензии на внутреннюю полость лопатки, а также на другие детали ГТД (например, камера сгорания, детали выходного устройства);

- целесообразно было бы провести длительные испытания лопаток с новым покрытием в составе двигателя;

- в диссертационной работе имеются отдельные недостатки стилистического и редакционного характера, например, нарушена нумерация страниц – нет страницы 135, в автореферате на странице 16 неправильно указана ссылка на рисунок, на что указано автору.

Заключение.

Диссертация Амуи Али Мохаммад представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, в которой решена научно-техническая задача повышения работоспособности лопаток турбины за счёт применения усовершенствованного покрытия. Основное содержание работы широко отражено в авторских публикациях.

В работе Амуи Али Мохаммад имеются все компоненты: научная новизна, практическая ценность, актуальность, личный вклад диссертанта, достоверность результатов, которые позволяют считать её диссертационной, законченной научно-исследовательской работой. Диссертация отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Амуи Али Мохаммад, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта.

Отзыв рассмотрен на расширенном заседании кафедры «Современные методы сварки и контроля конструкций» и кафедры «Технология машиностроения», протокол № 17 от «30» октября 2019 г.

Результаты голосования: за - 19, против – нет, воздержались – нет.

Заведующий кафедрой, д.т.н., профессор

 В.В. Атрощенко

Д.т.н., профессор кафедры «Технология машиностроения»

 А.М. Смыслов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» (ФГБОУ ВО «УГАТУ»)

Адрес: 450008, Республика Башкортостан,

г. Уфа, ул. К. Маркса, 12

Тел. +7 (347) 273-07-63

Адрес электронной почты: nii-at@ugatu.su

Атрощенко В.В. – д.т.н. по спец-ти 05.13.07 «Автоматизация процессов управления» от 28.06.1991 г.

Смыслов А.М. – д.т.н. по спец-ти 05.07.05 «Тепловые двигатели летательных аппаратов» от 24.06.1994 г.

ФГБОУ ВО
МГТУ ГА
ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ
ВХ. РЕГ. № 49
КОЛ-ВО ЛИСТОВ 4
03.12. 2019 г.