

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Селиванова Константина Сергеевича, выполненной на тему «МНОГОСЛОЙНЫЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЛОПАТОК ТУРБОМАШИН ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ», представленный на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение (технические науки)»

Диссертационная работа направлена на решение одной из ключевых проблем эксплуатации энергетического оборудования – повышение долговечности лопаток турбомашин из титановых сплавов, что особенно актуально при их работе в условиях абразивного износа, капельной эрозией, фреттинг-коррозии. Одним из путей решения проблемы повышения долговечности лопаток является разработка новых износостойких покрытий применительно к реальным условиям эксплуатации, что соответствует стратегическим документам развития топливно-энергетического комплекса Российской Федерации в части разработки новых инновационных материалов и функциональных покрытий. Таким образом, выбранная тема, посвященная разработке многослойных ионно-плазменных покрытий для повышения износостойкости и долговечности лопаток турбомашин из титановых сплавов, является крайне актуальной и востребованной.

Исследование носит завершённый характер и соответствует паспорту специальности 2.6.17. «Материаловедение (технические науки)» по нескольким пунктам: 2, 5, 6, 7, 8.

Научная новизна работы, представленная в автореферате, четко сформулирована и подтверждается результатами проведенных экспериментов. К наиболее значимым результатам необходимо отнести следующие:

- Разработаны новые композиции многослойных ионно-плазменных покрытий на основе тугоплавких металлов (Ti, V, Zr) и их нитридов с варьируемой толщиной от 2 до 20 мкм и количеством слоев от 2 до 40.

- Установлена связь между составом материалов, формирующимися фазами (δ -TiN, ϵ -Ti₂N, VN) и механическими свойствами такими как микротвердость и прочность при индентировании.

- Исследовано влияние границ металлических (Ti, V) и нитридных слоев в качестве барьеров для распространения трещин. По критерию минимального размера зоны пластической деформации, возникающей у вершины трещины, определено оптимальное соотношение толщин металлических и нитридных слоев 1:4, обуславливающее торможение трещин на их границах.

- Описан процесс дислокационного упрочнения и формирования остаточных напряжений сжатия при ионной имплантации азота, обеспечивающий повышение сопротивления усталости лопаток с исследуемыми покрытиями, что является чрезвычайно важно для обеспечения надежности эксплуатации газотурбинных двигателей и паровых турбин.

– Изучена роль слоев α -Ti в многослойном покрытии Ti+TiN, который, окисляясь при фреттинге, работает как твердая смазка, обеспечивая износостойкие свойства покрытия.

Практическая значимость работы заключается в разработке и внедрении технологических процессов и оборудования для упрочнения лопаток. В соответствии с актами и справками о внедрении результаты работы использованы на производственных предприятиях ПАО «Газпром», ПАО «ОДК-УМПО», АО «Силовые машины» и др. Получено 20 патентов РФ на изобретения. Технология апробирована при опытно-промышленной эксплуатации лопаток в составе полноразмерных изделий, что подтверждает ее готовность к промышленному применению.

Достоверность и обоснованность результатов обеспечена использованием аттестованного оборудования, стандартных и общепринятых методик испытаний и исследований, статистической обработкой данных и апробацией полученных результатов на реальных изделиях.

К вопросам, требующим уточнения на защите, следует отнести следующие:

1. Из текста автореферата не вполне ясно, был ли проведен сравнительный анализ с альтернативными материалами и покрытиями, применяемыми для лопаток из титановых сплавов?

2. Насколько предложенная методика измерения прочности покрытий по критерию максимального контактного давления применима в промышленной практике? Есть ли ограничения по толщине и материалам покрытий? Проведены ли сравнительные испытания по аналогичным методикам испытания?

3. Теоретические положения, выносимые на защиту, убедительно подтверждаются большим числом экспериментов. Как была обеспечена статистическая надежность получаемых экспериментальных данных? Какие методы статистической обработки применялись?

4. Для нанесения разработанных износостойких покрытий предлагается использовать достаточно сложное и дорогостоящее вакуумное оборудование. Выполнялся ли анализ энергозатрат и себестоимости внедрения нового технологического процесса? С какими потенциальными технологическими рисками и ограничениями может столкнуться предприятие при внедрении предлагаемых техпроцессов в производство?

Сделанные замечания не снижают научную ценность, практическую и теоретическую значимость работы и не ставят под сомнение результаты исследования, полученные соискателем.

На основании изучения представленного автореферата считаю, что диссертационное исследование Селиванова К.С. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны в части обеспечения ее энергобезопасности.

По своей актуальности, научно-практической значимости, новизне результатов представленная работа полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением

Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013г., предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Селиванов Константин Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение (технические науки)».

Заведующий лабораторией поверхностей раздела в металлах Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, старший научный сотрудник



Борис Борисович Страумал

Подпись Б.Б. Страумала заверяю
Ученый секретарь ИФТТ РАН,
к.ф.-м.н.





Алексей Николаевич Терещенко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук

142432 г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 2

e-mail: straumal@issp.ac.ru <http://www.issp.ac.ru/> тел. + 7 (496)52 283-00

Дата составления отзыва «25» декабря 2025 года