

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Селиванова Константина Сергеевича
«Многослойные ионно-плазменные покрытия для повышения износостойкости и долговечности
лопаток турбомашин из титановых сплавов», выполненный
на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.6.17 – «Материаловедение (технические науки)»

1. Актуальность темы

Актуальность выбранной темы не вызывает сомнений и напрямую соотносится с приоритетными направлениями развития современных технологий, оборудования и материалов, обозначенными в Энергетической стратегии РФ на период до 2050 года и в государственной программе «Научно-технологического развития Российской Федерации». Проблема повышения долговечности деталей турбомашин, изготавливаемых из титановых сплавов, является ключевой для обеспечения надежности эксплуатации энергетического и газотранспортного оборудования России. Выбор в качестве объекта исследования многослойных ионно-плазменных покрытий соответствует современным мировым тенденциям в области инжиниринга поверхности и инновационных технологий упрочнения материалов, позволяя целенаправленно создавать функциональные покрытия применительно к конкретным условиям эксплуатации.

2. Научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов

К наиболее значимым результатам диссертации можно отнести следующее:

- Установлены фундаментальные закономерности целенаправленного формирования многослойных покрытий способных значительно (до 12,3 раз) повысить износостойкость титановых сплавов (на примере сплава ВТ6) к газоабразивному изнашиванию, что подтверждено экспериментально.
- Разработана и экспериментально подтверждена модель формирования многослойных титан-ванадиевых покрытий (V,Ti)N, объясняющая образование твердых растворов внедрения и некогерентных межфазных границ, являющихся барьерами для движения дислокаций и протекания пластической деформации.
- Раскрыт механизм повышения стойкости к фреттингу многослойных нитридных титановых покрытий Ti+TiN за счет введения в их состав слоев α -Ti, которые, окисляясь в зоне трения, выполняют роль твердой смазки.

Теоретическая значимость работы заключается в создании научных основ для проектирования многослойных износостойких покрытий в соответствии с требованиями эксплуатации.

Представленные в работе результаты являются значительным вкладом в практическое материаловедение и направлены на решение ключевой проблемы повышения надежности эксплуатации газотурбинных установок и паровых турбин, используемых на предприятиях энергетического сектора РФ. Разработанные износостойкие покрытия позволяют увеличить долговечность рабочих лопаток турбомашин, снижая технологические и экономические риски, связанные с их преждевременным износом и, как следствие, отказами в работе энергетического оборудования.

3. Оценка достоверности результатов

Достоверность и обоснованность полученных результатов обусловлена проведением достаточного количества экспериментов с применением современных методов исследования, включающих численное моделирование (ANSYS, COMSOL), металлографический анализ (SEM, EDS, XRD), испытания на специализированных стендах, имитирующих реальные условия эксплуатации (газоабразивный износ, каплеударная эрозия, фреттинг-коррозия, усталость). Экспериментальные данные обрабатывались с использованием теории ошибок и математической статистики.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 11-ти статьях в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, в 8-ми статьях в рецензируемых журналах, включенных в базы данных Scopus и Web of Science, использованы автором в 20-ти патентах РФ на изобретение, докладывались на российских и международных конференциях.

4. Замечания и вопросы по работе

Ознакомившись с авторефератом, можно выделить несколько моментов, требующих уточнения на защите:

1. Вопрос по термостабильности покрытий. Как ведут себя предлагаемые в работе многослойные покрытия при длительном воздействии повышенных температур (до 600 °С), характерных для некоторых ступеней ГТД? Не происходит ли диффузионного разупрочнения или окисления на границах слоев?
2. Вопрос по адгезии. Каким образом обеспечивается и контролируется адгезионная прочность многослойных покрытий к подложке из титанового сплава, особенно при циклических термических и механических нагрузках? В патенте на изобретение №2728732 автором предлагается способ оценки прочности сцепления многослойного покрытия с подложкой, который следовало бы кратко описать в автореферате.
3. Вопрос по экономической эффективности. В автореферате автором приводятся значимые результаты по повышению долговечности лопаток газотурбинных установок и паровых турбин. Была ли проведена оценка себестоимости нанесения таких многослойных покрытий по сравнению с известными способами упрочнения, используемых промышленными предприятиями?

Сделанные замечания не ставят под сомнение значимость и достоверность полученных в диссертационной работе результатов, обладающих несомненной научной ценностью и практической значимостью.

Общая оценка работы и заключение

Работа представляет собой завершенное системное исследование по разработке и применению многослойных ионно-плазменных покрытий для повышения износостойкости рабочих лопаток турбомашин из титановых сплавов. Исследование выполнено на высоком научно-техническом уровне, носит завершенный характер и соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук.

В целом автореферат позволяет сделать вывод о том, что диссертация Селиванова К.С. на тему «Многослойные ионно-плазменные покрытия для повышения износостойкости и долговечности лопаток турбомашин из титановых сплавов» выполнена на достаточно высоком научном уровне, представляет собой самостоятельное завершенное исследование, отвечающее всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора

технических наук по специальности 2.6.17 – «Материаловедение (технические науки)», а ее автор, Селиванов Константин Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук

Профессор кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа»
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», доктор технических наук по специальности 05.02.01 – «Материаловедение (машиностроение)», профессор



Щипачев Андрей Михайлович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

Адрес организации: 199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2

Телефон организации: +7(812) 382-01-28

e-mail: schipachev_am@pers.spmi.ru

Подпись Щипачева А.М. заверяю



Заместитель начальника управления
производства и
документооборота
И.А. Яковлева

19.12.2025