

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.04 (Д 212.125.15)

**Соискатель:** Чекалова Елена Анатольевна

**Тема диссертации:** «Научные и технологические основы формирования на поверхности режущего инструмента и деталей дискретных диффузионных оксидных слоев для повышения их долговечности» выполнена на кафедре «Технологии и оборудование машиностроения» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и в НИО-9 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

**Специальность:** 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 27 января 2022 года, протокол № 167/22, диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению она удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить **Чекаловой Елене Анатольевне** ученую степень доктора технических наук

### **Присутствовали:**

Мамонов А.М. – председатель диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

Абраимов Н.В., Бабаевский П.Г., Бецофен С.Я., Бухаров С.В., Егорова Ю.Б., Коллеров М.Ю., Конкевич В.Ю., Костина М.В., Лозован А.А., Моисеев В.С., Серов М.М., Слепцов В.В., Шляпин С.Д., Шляпин А.Д., Эпельфельд А.В.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

С.В. Скворцова

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
**ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.04 (Д 212.125.15),**  
**СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО**  
**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ**  
**(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**  
**МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,**  
**ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 27 января 2022 года № 167/22

О присуждении Чекаловой Елене Анатольевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научные и технологические основы формирования на поверхности режущего инструмента и деталей дискретных диффузионных оксидных слоев для повышения их долговечности» по специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы» принята к защите 19 октября 2021 г., протокол № 155/21 диссертационным советом 24.2.327.04 (Д 212.125.15), созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4, приказ о создании совета № 129/нк от 22.02.2017г. и приказ о внесении изменений в состав совета № 692/нк от 18.11.2020г.

Соискатель Чекалова Елена Анатольевна, 28 октября 1966 года рождения, в 1990 году закончила Московский ордена трудового Красного Знамени станкоинструментальный институт.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Повышение надежности инструмента из быстрорежущей стали путем комбинированной обработки с оптимальными параметрами ионно-плазменной среды» защитила в 1997 году в диссертационном совете К 063.42.05, созданном на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего профессионального образования «Московского государственного технологического университета «Станкин», работает профессором кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, по совместительству старшим научным сотрудником НИО-9 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Технологии и оборудование машиностроения» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и в НИО-9 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук Овчинников Виктор Васильевич, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», кафедра «Материаловедение», профессор.

Официальные оппоненты:

Филиппов Михаил Александрович, доктор технических наук, профессор ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Металловедение», профессор;

Еремеева Жанна Владимировна, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВПО «национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», кафедра «Порошковая металлургия и функциональные покрытия», профессор;

Кусманов Сергей Александрович, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», Институт физико-математических и естественных наук, директор дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова (ИМЕТ РАН), г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном заместителем директора по науке, доктором технических наук Банных И.О. и утвержденном директором, чл. корр. РАН Комлевым В.С., указала, что по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9 – 14 Положения о присуждении учёных степеней в редакции Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Соискатель имеет 61 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации 61 работу, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 28 работы.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Чекалова Е.А. Повышение долговечности режущего инструмента и тяжело нагруженных деталей методом нанесения диффузионного сетчатого покрытия: монография / Е. А. Чекалова; под ред. Е. А. Чекаловой. – М.: Изд-во Университет машиностроения, 2014. – 127 п. с

2. Chekalova E.A. Improving the durability of titanium alloy products through a combined hardening technology/E. Chekalova, A. Zhuravlev// Materials Today: Proceedings – 2020. – №33–p.142-147–ISSN: 2214-7853.

3. Chekalova E.A. Discrete oxidation of a Hard Carbide Tool/ E. Chekalova, A. Zhuravlev// Book: «Materials Engineering and Technologies for Production and Processing VI» – 2020. p.777-782 – ISSN: 2214-7853.

4. Chekalova E.A. Study of diffusion oxide hardening on intermetallic materials/E. Chekalova, A. Zhuravlev//IOP Conference Series: Materials Science and Engineering – 2020. – №889(1) 012001–p.1-7 –ISSN: 1757-8981.

5. Chekalova E.A. Increasing the wear resistance of a complex profile cutting tool by applying a diffusion discrete coating/E. Chekalova, A. Zhuravlev// Materials Today: Proceedings–2019. –№19 –p.2442-2444–ISSN: 2214-7853.

6. Чекалова Е.А. Повышение производительности сложнопрофильного инструмента из быстрорежущих сталей за счет дискретного диффузионного упрочнения /Е.А. Чекалова, А.В. Журавлев // «Машиностроение и инженерное образование» - 2019. №4(61). – С. 28 – 31

7. Чекалова Е.А. Дискретное оксидирование сложнопрофильного инструмента из быстрорежущих сталей/ Е.А. Чекалова, А.В. Журавлев // «Упрочняющие технологии и покрытия» – 2019 Том 15. – №12(180). – С. 546 – 549. РИНЦ (на платформе Web of Science ISSN:1813-1336)

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных Чекаловой Е.А. работах.

На автореферат поступило 12 отзывов: от ФГБУН «Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук», за подписью директора института, доктора технических наук Колубаева Евгения Александровича; от ФГАОУ ВО «Сибирского федерального университета», Института инженерной физики и радиоэлектроники, кафедры ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии», за подписью доктора технических наук, профессора кафедры, Ушакова Анатолия Васильевича; от АО «Арконик СМЗ», Директора по развитию бизнеса и новых технологий, за подписью кандидата технических наук, Дриц Александра Михайловича; от ФГБОУ ВО «Московского государственного технического университета гражданской авиации», за подписью Заведующего кафедрой авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов, доктора технических наук, профессора, Самойленко Василия Михайловича; от ФГБОУ ВО «Юго-Западного

государственного университета», за подписью профессора кафедры технологии материалов и транспорта, доктора технических наук, профессора, Колмыкова Валерия Ивановича; от ФГБОУ ВО «Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова», за подписью профессора кафедры «Литейных процессов и материаловедения», доктора технических наук, профессора, Емелюшина Алексея Николаевича; от ФГБОУ ВО «Ярославского государственного технического университета», за подписью профессора кафедры «Информационные системы и технологии Института цифровых систем», доктора физико-математических наук, профессора, Соловьева Михаила Евгеньевича; от ФГБОУ ВО «Пермского национального исследовательского политехнического университета», за подписью профессора кафедры «Инновационные технологии машиностроения», доктора технических наук, профессора, Каменевой Анны Львовны; от АНО ДПО «Института развития новых образовательных технологий», за подписью ректора, доктора технических наук, профессора Порошина Валерия Владимировича; от ФГБОУ ВО «Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», за подписью заведующего кафедрой «Лазерные технологии в машиностроении», доктора технических наук, профессора Шиганова Игоря Николаевича; от ФГБОУ ВО «Рыбинского государственного авиационного технического университета (РГАТУ) имени П.А. Соловьева», за подписью доктора технических наук, профессора Изотова Владимира Анатольевича; от Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», за подписью к.ф.-м.н., доцента Сурина Виталия Ивановича.

Все отзывы положительные, в них отражена научная новизна, актуальность и практическая значимость работы, некоторые отзывы содержат замечания, например:

- В качестве замечания по тексту автореферата можно отметить, что из данного текста не ясно были ли реализованы попытки дополнительного

улучшения служебных свойств покрытий, например, с помощью локальной поверхностной термообработки.

- Из текста автореферата недостаточно ясно, анализировалась ли влияние температуры, при которой происходит формирование дискретного покрытия, ведь для быстрорежущего материала это немаловажно.

- Из автореферата нельзя однозначно судить об уровне напряжений, формируемых в создаваемых дискретных диффузионных покрытиях.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области данной диссертационной работы, подтвержденной наличием у них соответствующих публикаций, а также их согласием.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– разработана физико-химическая модель формирования диффузионных дискретных оксидных слоев системы  $Me-MeO-MeO-O_2$  в зоне контакта металла с потоком холодной воздушной плазмы, рассчитаны пороговый коэффициент активации коронного разряда начала протекания процесса ионизации и электрические параметры стационарного процесса формирования оксидного слоя;

– доказано, что при обработке током коронного разряда в диапазоне 140 – 440 мкА и температурах 20 – 25°C на поверхности инструментальных и конструкционных материалов (Р6М5, Р6М5К5, ВК10ХОМ, ВТЗ-1) происходит образование дискретных оксидных слоев нестехиометрического состава ( $Fe_xO(x \sim 0,84-0,96)$ ,  $Fe_2O_3; Fe_3O_4; WO_2(\delta)$ ;  $Co_3O_4(II,III)$ ,  $CoO(II); WO_{2,90}$ ;  $WO_{2,72}; TiO, Ti_2O$ ).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– доказано, что при фиксированной относительной деформации наличие диффузионного дискретного оксидного слоя на поверхности инструментальных и конструкционных материалов приводит к снижению растягивающих напряжений в прилегающих к нему слоях, изменению термофлуктуационного

механизма разрушения нагруженных межатомных связей, приводящих к увеличению износостойкости и долговечности материала,

- применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования структуры и механических свойств материалов, в том числе: экспериментальные методики металлографического и рентгеноструктурного анализа, измерения твердости, механических испытаний;

– изложены закономерности процесса изнашивания режущего инструмента с диффузионным дискретным оксидным слоем при точении и фрезеровании, состоящей в торможении процессов зарождения и распространения трещин, обусловленном формированием переменного напряженного состояния в поверхностном слое;

– изучены факторы, определяющие влияние состава газовой среды, параметров технологического процесса и состава обрабатываемого материала на структуру формируемого оксидного слоя, обеспечивающего повышение долговечности деталей и инструментов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– разработаны установка и технология обработки режущего инструмента на воздухе током коронного разряда для создания на поверхности диффузионных дискретных нестехиометрических оксидных слоев, что позволило увеличить долговечность инструмента из быстрорежущих материалов в 1,5–3 раза, из твердосплавных материалов в 1,8–2,5 раза, а циклическую долговечность на 30–50% по сравнению со сплошным стехиометрическим оксидным покрытием;

– разработанный технологический процесс находится в стадии внедрения на АО «МПО им. И. Румянцева», АО «НПЦ газотурбостроения «Салют», АО «ММЗ», ПАО «АК Рубин», ООО «РИП», ООО «ИТМ» и на ООО ТД «КАЙЛАС».

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с применением современных методов

исследования, показана воспроизводимость результатов измерения механических свойств; обработка результатов проводилась с использованием методов математической статистики;

– идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта создания технологий получения упрочняющих оксидных покрытий на инструментальных материалах;

– использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в формировании цели и задач исследования, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, анализе и обработке полученных результатов, их обобщении, формулировке рекомендаций и выводов по диссертации, в подготовке основных публикаций по теме диссертации, личном участии автора в апробации результатов исследования.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

– В работе представлена быстрорежущая сталь Р6М5. Почему нет оксида молибдена?

– Скажите, почему нет нитрида титана, только оксид титана?

– Скажите в чём преимущество вашего дискретного покрытия?

Соискатель Чекалова Е.А. ответила на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

– В процессе обработки молибден не взаимодействовал с кислородом из-за своей пассивности, он менее активен при комнатной температуре. Проведенный рентгеноспектральный анализ распределения элементов показал, что содержание молибдена не изменяется.

– Поскольку азотная компонента электроположительна и не образует отрицательных ионов, то хемосорбция электроотрицательного кислорода с образованием оксидной пленки будет препятствовать хемосорбции азота и образованию нитридов. Это в свою очередь, облегчает диффузию ионов кислорода через поверхностный слой с образованием диффузионного внутреннего покрытия оксидного типа.

– Во-первых, это покрытие формируется при низких температурах (вплоть до комнатной) и состоит из нестехиометрических оксидов, которые при повышении температуры становятся стехиометрическими, что способствует увеличению поверхностного упрочнения. Во-вторых, при определенных условиях оксидный слой становится неоднородным (дискретным), в котором покрытые участки регулярно чередуются с непокрытыми. В-третьих, механизм изнашивания режущего инструмента с диффузионным дискретным оксидным слоем при точении и фрезеровании, состоящий в торможении процессов зарождения и распространения трещин, обусловлен наведением переменного напряженного состояния в поверхностном слое.

На заседании 27 января 2022 года диссертационный совет принял решение за новые технические и технологические решения по созданию на поверхности инструментальных и конструкционных материалов диффузионных дискретных нестехиометрических оксидных слоев потоком холодной воздушной плазмы для повышения износостойкости и долговечности инструментов и деталей, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, присудить Чекаловой Е.А. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель  
диссертационного совета



Мамонов Андрей Михайлович

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Скворцова Светлана Владимировна

27 января 2022 года

