

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.04 (Д 212.125.15)

**Соискатель:** Мамонтова Екатерина Павловна

**Тема диссертации:** «Исследование геометрических и физико-технологических факторов формирования многокомпонентных твердосмазочных покрытий TiN-Me магнетронным распылением» выполнена на кафедре 1101 «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

**Специальность:** 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы» (технические науки)

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 14 декабря 2023 года, протокол № 218/23, 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 Мамонтовой Екатерине Павловне ученую степень кандидата технических наук

### **Присутствовали:**

Мамонов А.М. – председатель диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

д.т.н. Абраимов Н.В., д.т.н. Андрианова Н.Н., д.т.н. Бабаевский П.Г., д.т.н. Бецофен С.Я., д.т.н. Бухаров С.В., д.т.н. Егорова Ю.Б., д.т.н. Жуков А.А., д.т.н. Иванов Д.А., д.т.н. Коллеров М.Ю., д.т.н., Крит Б.Л., д.т.н. Лозован А.А., д.т.н. Никитина Е.В., д.т.н. Серов М.М., д.т.н. Слепцов В.В., д.т.н. Чекалова Е.А., д.т.н. Шефтель Е.Н., д.т.н. Шляпин С.Д, д.т.н. 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 14 декабря 2023 года № 218/23

О присуждении Мамонтовой Екатерине Павловне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование геометрических и физико-технологических факторов формирования многокомпонентных твердосмазочных покрытий TiN-Me магнетронным распылением» по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы» принята к защите 05 октября 2023г., протокол № 212/23 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 22.02.2017 г. и приказ о внесении изменений в состав совета № 692/нк от 18.11.2020 г.

Соискатель Мамонтова Екатерина Павловна, 18 июня 1995 года рождения, в 2018 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», в 2022 г. окончила очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», работает заведующим лаборатории в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский

авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре 1101 «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель:

доктор технических наук Лозован Александр Александрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов», профессор.

Официальные оппоненты:

Калита Василий Иванович, доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова Российской академии наук, лаборатория физикохимии и технологии покрытий, заведующий лабораторией;

Ткаченко Никита Владимирович, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Научно-исследовательский институт Ядерной физики имени Д. В. Скобельцына, младший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Суминым И.В., профессор кафедры высокоэффективных технологий обработки, доктором технических наук, профессором, и утвержденном Колодяжным Д. Ю., проректором по научной

деятельности, доктором технических наук, указала, что диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Соискатель имеет 22 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 22 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Лозован А.А., Бецофен С.Я., Ляховецкий М.А., Павлов Ю.С., Грушин И.А., Николаев И.А., Кубатина Е.П. Структура и свойства композитных TiN-Pb покрытий, напыленных на сплав ВТ6 магнетронным распылением постоянного тока // Изв. Вузов. Цветная металлургия, 2021 г., № 4, с. 70-77. (Перевод) Lozovan A.A., Betsofen S.Ya., Lyakhovetsky M.A., Pavlov Yu.S., Grushin I.A., Nikolaev I.A., Kubatina E.P. Structure and Properties of TiN–Pb Composite Coatings Deposited on VT6 Alloy Magnetron Sputtering DC // Izvestiya. Non-Ferrous Metallurgy, 2021, No. 4, p. 70-77

2. Лозован А.А., Бецофен С.Я., Павлов Ю.С., Грушин И.А., Кубатина Е.П. Структура и свойства магнетронных TiN-Pb- покрытий на сплавах ВТ6 и 12Х18Н10Т // «Металлы», 2021 г., №5, с. 94-101. (Перевод) Lozovan A.A., Betsofen S.Ya., Pavlov Yu.S., Grushin I.A., Kubatina E.P. Structure and Properties of TiN–Pb Magnetron Coatings on VT6 and 12Kh18N10T Alloys // Russian Metallurgy (Metally), 2021 г., №5, с. 94-101.

3. Lozovan A.A., Betsofen S. Ya., Savushkina S. V., Lyakhovetskii M. A., Lesnevskii L. N., Nikolaev I. A., Kubatina E.P. Influence of sputtering geometry and conditions on the structure and properties of the Tin–Pb solid lubricating coatings fabricated by magnetron co-sputtering of two separate targets // Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2022, No. 11, pp. 1441–1448.

4. Лозован А. А., Бецофен С. Я., Савушкина С. В., Ляховецкий М. А., Лесневский Л. Н., Николаева И. А., Павлов Ю. С., Кубатина Е. П., Агуреев Л. Е. Исследование структуры и механизмов изнашивания твердых смазочных

покрытий системы TiN–Pb // Журнал Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2023, № 8, с. 1–10. (Перевод) Lozovan A. A., Betsofen S. Ya., Savushkina S. V., Lyakhovetsky M. A., Lesnevsky L. N., Nikolaeva I. A., Pavlov Yu. S., Kubatina E. P., Agureev L. E. Study of the Structure and Mechanisms of Wear of Solid-Lubricant Coatings of the TiN–Pb System // Journal of Surface Investigation. X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques, Vol. 2023, No 8, pp. 1–10.

5. Lozovan A.A., Prishepov S.V., Frangulov S.V., Rizakhanov P.N., Sigalaev S.K., Kubatina E.P. Process parameters influence on formation of oxides in coatings during pulsed laser deposition of titanium on inner surface of tubes // Journal of Physics: Conf. Series. – 2017. –V. 857. – P. 012027.

6. Lozovan A.A., Betsofen S. Ya., Alexandrova S. S., Lyahovetskiy M.A., E.P. Kubatina. Study of a variable deposition angle effect on the structure of Ti-Pb composite coatings // Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2018. –Vol. 387 – P. 012049.

7. Lozovan A.A., Lenkovets A. S., Ivanov N. A., Alexandrova S. S., Kubatina E.P. System of inverted magnetrons for the formation of multilayer composites on axisymmetric small-sized substrates // Journal of Physics: Conf. Series. – 2018. – Vol. 1121. – P. 012020.

8. Lozovan A. A., Betsofen S. Ya., Lyakhovetsky M. A., Pavlov Yu. S., Grushin I. A., Lebedev M. A., Sukhova T. S., Kubatina E. P. Study of the influence of the substrate material on the phase composition and thickness of Ti-Pb coatings deposited by a magnetron // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1713. – P. 012027.

9. Lozovan A.A., Savushkina S. V., Lyahovetskiy M.A., Betsofen S. Ya., Kubatina E.P. Investigation of Structural and Tribological Characteristics of TiN Composite Ceramic Coatings with Pb Additives // Coatings. – 2023. – Vol. 13. – №8. – P. 1463.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Мамонтовой Е. П. работах.

На автореферат поступило 9 отзывов: от ФГБОУ ВО «Юго-западный государственный университет» за подписью профессора кафедры технологии

материалов и транспорта, д.т.н., доцента Агеевой Е. В.; от ФГБУН Институт проблем машиноведения РАН за подписью главного научного сотрудника лаборатории модифицирования поверхностей материалов, д.т.н. Кузнецова В. Г.; от ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет» за подписью старшего преподавателя кафедры общей и теоретической физики, к.т.н. Комиссаровой М.Р.; от АО «Композит» за подписью начальника отделения металлических материалов и металлургических технологий, к.т.н. Ленковца А.С.; от ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» за подписью доцента кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», доцента Хамина О.Н.; от ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова» за подписью профессора кафедры ФЭТ, д.т.н., профессора Шаповалова В.И.; от ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова» за подписью главного специалиста, к.т.н. Щитова Н. Н.; от ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»» за подписью профессора МИСИС, д.т.н., профессора Блинкова И. В.; от ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» за подписью доцента кафедры ФТЭМК, к.т.н. Серебрянникова С. С.

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

- в автореферате отсутствует объяснение использование постоянной величины тока  $T_i$  катода;
- в тексте отсутствует пояснение, почему в качестве подложек были выбраны именно титановый сплав ВТ6 и сталь AISI 304 для формирования покрытий;
- считаю, что неудачно сформулирована научная новизна работы в первом пункте. Трудно воспринимается словосочетание «геометрия процесса напыления».

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:

предложен новый подход к созданию твердосмазочных покрытий в рамках концепции «твердая матрица – мягкий металл» путем управления геометрическими и физико-технологическими параметрами магнетронного напыления;

доказано влияние направления вращения образцов относительно стационарного расположения магнетронов на трибологические характеристики покрытий системы TiN-Cu/In-Sn: наименьший коэффициент трения показали покрытия с последовательно осажденными слоями TiN-Cu/In-Sn, сформированными при скорости вращения 2 об/мин против часовой стрелки.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано влияние геометрических параметров процесса магнетронного напыления на фазовый состав и структуру формируемых покрытий TiN-Pb от столбчатых до наноструктурированных бестекстурных с содержанием свинца от 3 до 13%,

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования состава, структуры и механических свойств материалов, в том числе: экспериментальные методы электронно-микроскопического, энерго-дисперсионного и рентгеноструктурного анализов, измерения твердости, механических и трибологических испытаний;

изложены результаты исследований влияния геометрии осаждения, угла падения осаждаемых атомов, скорости и направления вращения подложки на состав, структуру и свойства твердосмазочных покрытий;

изучено влияние направления вращения мишеней и температурного воздействия на трибологические свойства покрытий системы TiN-Cu-In-Sn. Показано, что при увеличении температуры нагрева до 200°C возрастает

износостойкость в 5 раз по сравнению с показателями, полученными при испытании покрытий без нагрева.

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

разработаны способы получения твердосмазочных покрытий методом магнетронного раздельного распыления мишеней Ti, Pb, Cu, In-Sn, которые были использованы при нанесении износостойких покрытий на режущий инструмент для изготовления вакуумного технологического оборудования в ООО «ИТЦ «Микрон».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с применением современных методов исследования, показана воспроизводимость результатов измерения механических и трибологических свойств;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта разработки многокомпонентных твердосмазочных покрытий TiN-Me(Pb, Cu, In, Sn) с повышенными характеристиками.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном и активном участии в формировании цели и задач исследования, в модернизации экспериментальной установки, 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 участии в рамках темы гранта №22-19-0754 Российского научного фонда.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- Какой диапазон углов падения атомов на подложку на последней схеме?
- Как готовили образцы под анализ структуры покрытий на поперечном шлифе? Ионный нож использовали?



- С чем связано повышение износостойкости покрытий? Почему при практически равных толщинах, при практически равном содержании свинца, возрастает микротвердость?

Соискатель Мамонтова Е. П. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

- Не менее  $\pm 75^\circ$ . Ограничение связано с геометрией схемы и экранами.
- Структуру покрытий изучали на их изломах на ситалле.
- Повышение износостойкости связано с образованием оксидов и оксинитридов свинца, а также с миграцией свинца к поверхности. Что касается микротвердости, то это связано с композитной структурой покрытия, в котором свинец в основном присутствует в виде островковых включений, что позволяет сохранять твердую матрицу. При этом содержание крупных включений свинца возрастает при приближении к поверхности. Кроме того, уменьшение зерна обеспечивает упрочнение в соответствии с законом Холла-Петча.

На заседании 14 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические и технологические решения по созданию износостойких многокомпонентных твердосмазочных покрытий TiN-Me(Pb, Cu, In, Sn) путем управления их структурой, химическим и фазовым составом, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Мамонтовой Е.П. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы», участвовавших в заседании; из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета



Мамонов Андрей Михайлович

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
14 декабря 2023 года



Скворцова Светлана Владимировна

Начальник отдела УДС МАИ  
Т.А. Анискина