



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и стратегическим проектам

ФГАОУ ВО НИ ТПУ

А.С. Гоголев

«29» марта 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет**

**на диссертационную работу Быковой Алины Дмитриевны
«УВЕЛИЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ЗА
СЧЕТ СИНТЕЗА КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА МЕТАЛЛАХ
МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов**

Диссертация Быковой Алины Дмитриевны посвящена исследованию процессов формирования композиционных керамических покрытий на поверхностях трения металлов методом микродугового оксидирования для увеличения износостойкости трибосопряжений

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 198 источников и 3 приложений. Общий объем диссертации составляет 165 страниц, содержит 61 рисунок и 10 таблиц.

Актуальность темы диссертационной работы. Потребность в разработке и усовершенствовании методов упрочнения поверхностей деталей машин постоянно возрастает и привлекает все большее внимание специалистов в области материаловедения и технологии создания износостойких слоев на поверхности металлов. Одним из перспективных методов упрочнения

поверхностей металлических изделий является микродуговое оксидирование (МДО). Данный метод обладает возможностью создания покрытий с микроструктурой, обеспечивающей высокие адгезионные свойства, повышенную износостойкость и коррозионную стойкость покрытий. Достигнутые результаты использования метода микродугового оксидирования являются основой для его развития и совершенствования в целях увеличения эффективности и расширения области его применения в различных отраслях промышленности.

Исследования процессов формирования керамических покрытий на металлах, и структурных и трибологических характеристик покрытий в настоящее время являются актуальными

Целью диссертационной работы является разработка составов, обеспечивающих формирование композиционных керамических покрытий на поверхностях трения металлов методом микродугового оксидирования, увеличивающих износостойкость трибосопряжений.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Исследование структурных характеристик и износостойкости керамических покрытий, сформированных методом микродугового оксидирования алюминия и его сплавов в катодно-анодном режиме в силикатно-щелочных, боратных и фосфатных электролитах из экспериментальной выборки составов с различным содержанием пассиватора.

2. Определение параметров изменения микротвердости керамических покрытий по толщине, а также маслостойкости, в зависимости от технологических характеристик процесса микродугового оксидирования алюминия и его сплавов в катодно-анодном режиме в силикатно-щелочных электролитах.

3. Исследование способов уменьшения коэффициента трения керамических покрытий, сформированных методом микродугового оксидирования алюминия и его сплавов на катодно-анодном режиме в силикатно-щелочных электролитах в паре трения со стальным материалом.

4. Исследование способа создания прекурсорного интерметаллидного слоя с финишным керамическим покрытием на металлах и сплавах за счет применения комплексного подхода: «холодное» газодинамическое напыление композиционных порошков, термическая обработка, микродуговое оксидирование, с проведением сравнительной оценки износостойкости композиционного покрытия на основе модификации структуры прекурсорного покрытия.

5. Исследование способа создания прекурсорного металлокерамического слоя с финишным керамическим покрытием на металлах и сплавах за счет применения комплексного подхода: «холодное» газодинамическое напыление армированных композиционных порошков с различным содержанием упрочняющего модификатора, микродуговое оксидирование, с обоснованием оценки однородности распределения керамических частиц в объеме прекурсора и проведением сравнительной оценки износостойкости композиционного покрытия на основе модификации структуры прекурсорного покрытия.

Научная новизна диссертационной работы.

1. Установлено, что лучшими структурными характеристиками и функциональными свойствами по износостойкости в паре трения со сталью обладают керамические покрытия, сформированные в боратном электролите состава $\text{KOH} - 5 \text{ г/л}$, $\text{H}_3\text{BO}_3 - 20 \text{ г/л}$: упрочнение алюминиевой поверхности в 3 раза (основная фаза – корунд, открытая пористость порядка 3 %). В силикатно-щелочных электролитах происходит активное внедрение компонентов электролита в формируемое покрытие, что приводит к формированию покрытий толщиной более 100 мкм с рельефной структурой, при этом происходит упрочнение алюминиевой поверхности в 1,3–1,9 раз.

2. Установлено, что керамические покрытия, сформированные методом микродугового оксидирования на металлах и сплавах, упрочняются тугоплавкими частицами заданного фазового состава и дисперсности (на примере карбида кремния) не только через водный раствор электролита, но и через формирование прекурсорного слоя. При этом введение 5–10 % мас.

карбида кремния в покрытие приводит к увеличению износостойкости алюминиевой поверхности в 3,4 раза.

3. Установлено, что прекурсорный алюминиевый слой, предназначенный для финишной обработки микродуговым оксидированием, подвергается полному переходу в упрочняющее интерметаллидное соединение регулируемого фазового состава посредством варьирования режимов термообработки, что позволяет увеличивать износостойкость алюминиевой поверхности в 3,8 раза за счет формирования функционально-градиентной структуры покрытия.

Теоретическая значимость диссертационной работы.

1. Развиты представления о процессах формирования керамических покрытий на металлах методом микродугового оксидирования, в части влияния состава и концентрации электролитов на процессы и способов введения дополнительных керамических компонентов в покрытия.

2. Получены новые данные влияния фазового состава и структуры керамических покрытий на их свойства, включая износостойкость в паре трения со стальным контртелом.

Практическая значимость диссертационной работы

Разработаны и апробированы в производственных условиях три способа получения керамических покрытий на металлах методом микродугового оксидирования. Новизна разработок подтверждена патентами Российской Федерации: Патент № 2714015 С1. Способ получения покрытий; Патент № 2713763 С1 Способ получения беспористого композиционного покрытия; Патент № 2678045 С1. Способ получения керамоматричного покрытия на стали, работающего в высокотемпературных агрессивных средах.

Анализ содержания диссертации

Введение содержит актуальность темы диссертационной работы, цели и задачи работы, научную новизну, теоретическую и практическую значимость диссертационного исследования, положения, выносимые на защиту.

Первая глава представлена анализом научных публикаций по методам упрочнения поверхностей металлов, преимущественно поверхностей деталей из стали. Приводится обоснование использования метода микродугового оксидирования (МДО) для получения керамических покрытий на металлах. Метод является экологически безопасным и позволяет обрабатывать сложнопрофильные изделия, а также формировать покрытия с высокой твердостью, стойкостью к износу и коррозии с высокой адгезией к основе.

Во второй главе представлена краткая характеристика всех используемых в диссертационной работе методик и материалов.

Третья глава содержит результаты исследований влияния химических составов электролитов с различным типом и содержанием пассиватора на структуру и трибологические свойства керамических покрытий, формируемых с применением метода микродугового оксидирования алюминия и его сплавов.

Четвертая глава содержит результаты исследований по увеличению износостойкости керамических покрытий, полученных методом микродугового оксидирования, за счет создания прекурсорного слоя на металлической основе

Заключение включает в обобщенном виде основные результаты диссертационного исследования.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации, результаты проведенных исследований, сформулированные выводы и публикации по рассматриваемой теме.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, а также их достоверность подтверждена их воспроизводимостью, применением современных методов физико-химического анализа, использованием стандартизированных методик, соответствием результатов международному уровню знаний в исследуемой области науки.

По результатам исследований опубликована 21 научная работа, включая 18 статей в журналах из перечня ВАК, 16 статей в журналах, индексируемых в международных базах данных (Scopus, Web of Science и др.). Также получено 3

патента РФ на изобретение и подготовлено 17 тезисов докладов международных и всероссийских конференций.

В представленной работе выполнены все представленные задачи, а результаты исследований соответствуют поставленной цели и согласуются с паспортом специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, полученных в диссертационной работе. Научные и практические результаты диссертационной работы рекомендуется использовать следующими организациями: НИЦ «Курчатовский институт – ЦНИИ КМ «Прометей», ООО «Невский инструментальный завод», ООО «Научно-производственное предприятие «Металлокерамические композиционные материалы», ФГБУН «Институт проблем машиноведения Российской академии наук», ПАО «Силовые машины», ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук».

Результаты диссертационной работы позволяют научным и производственным предприятиям использовать отечественные разработки при упрочнении и восстановлении металлических узлов трения в машиностроении.

Вопросы и замечания по диссертационной работе

1. Формулировки пунктов научной новизны отражают только области, где она имеет место, а не её содержание. «Обоснование влияния химических составов...», «Обоснование структурных преимуществ», «Разработка новых научно-технических подходов.....», «Экспериментальная демонстрация возможности введения...» не отражают научное содержание диссертации.

2. Результаты исследований и способы чего-то не могут быть научными положениями, выносимыми на защиту! Какие научные положения, выносимые на защиту, являются для этой диссертации?

3. Каким образом удастся сохранять постоянную концентрацию электролитов при проведении микродугового оксидирования поверхностей металлов?

4. Не ясно, чем обоснован выбор конкретных керамических модификаторов для упрочнения прекурсорных слоев микродугового оксидирования. В таком случае было бы актуально оценить влияние размера упрочняющих частиц на износостойкость и коэффициент трения формируемых покрытий в паре трения с различными сплавами.

5. Замечания по структуре диссертации: нет выводов по главам 3 и 4; не изложена методология работы во второй главе; отсутствует личный вклад автора во введении. В соответствии с пунктом 25 «Положения о присуждении ученых степеней» основные результаты диссертации в заключении следует приводить в форме выводов.

Несмотря на вышеуказанные вопросы и замечания, в целом, диссертация Быковой Алины Дмитриевной является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработаны новые подходы к синтезу керамических покрытий для защиты металлов от износа, что имеет существенное значение для развития машиностроения. В ней изложены научно-обоснованные решения и разработки, имеющие практическое применение для развития страны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Быковой Алины Дмитриевной на тему: «Увеличение износостойкости поверхностей трения за счет синтеза керамических покрытий на металлах методом микродугового оксидирования» соответствует **критериям, установленным пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842 (с изменениями), предъявляемым к кандидатским диссертациям.**

В соответствие с п. 9 диссертационная работа Быковой Алины Дмитриевной является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения, имеющие существенное значение для развития страны, в частности в ней

содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития машиностроения Российской Федерации.

Быкова Алина Дмитриевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Научное сообщение и отзыв ведущей организации по результатам диссертационной работы Быковой Алины Дмитриевны были заслушаны на заседании научно-исследовательской лаборатории «Тугоплавкие неметаллические и силикатные материалы» (протокол № 94 от 27.03.2024 г.).

Отзыв подготовил:

Верещагин Владимир Иванович

Доктор технических наук по специальности 05.17.11 – Технология тугоплавких неметаллических материалов, профессор, заслуженный деятель науки РФ Научный руководитель НИЛ «Тугоплавкие неметаллические и силикатные материалы» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Телефон: +7 (3822) 70-17-77 доп. 1407; e-mail: tpu@tpu.ru; vver@tpu.ru

Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30

27 марта 2024 г.

Верещагин Владимир Иванович

Подпись заверяю:

И.О. ученого секретаря



В.Д. Новикова

Сведения об организации:

Полное наименование организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Адрес: Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30

Телефон: +7 (3822) 60-63-33;

Сайт: <https://tpu.ru/>; e-mail: tpu@tpu.ru