

## ОТЗЫВ

официального оппонента Владимира Константиновича Иванова на диссертационную работу Константинэ Вахтанговича Надараиа «Композиционные покрытия на титановых и магниевых сплавах, формируемые с использованием ПЭО и фторорганических дисперсий», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия

Диссертационная работа К.В.Надараиа выполнена в рамках перспективного направления развития современной физической химии и материаловедения – поверхностной модификации материалов – и посвящена направленному формированию и всестороннему изучению свойств композиционных покрытий на магниевых и титановых сплавах. В данной диссертации разработаны способы формирования защитных коррозионностойких и антифрикционных композиционных покрытий на магниевом сплаве, а также способ восстановления защитных свойств покрытий на изделиях из титановых сплавов, бывших в эксплуатации, путем модификации поверхности с использованием плазменного электролитического оксидирования (ПЭО) и фторполимеров. Выбранная диссертантом тематика безусловно является актуальной в связи с необходимостью разработки современных эффективных способов формирования защитных композиционных покрытий на магниевых и титановых сплавах. Это имеет особое значение для расширения области практического применения этих сплавов в различных отраслях промышленности.

Работа К.В.Надараиа соответствует Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации.

Диссертация построена в традиционной форме: она содержит введение, литературный обзор, главу, в которой дано развернутое описание применяемого в рамках диссертационной работы экспериментального оборудования, определены объекты и методы исследования, две главы, посвященные обсуждению полученных автором экспериментальных результатов, заключение, список сокращений и обозначений, список литературы, а также приложение, в котором представлен акт внедрения технологии восстановления на поверхности титана защитных покрытий на изделиях, бывших в эксплуатации.

В литературном обзоре (глава 1) представлено описание коррозионных и трибологических свойств магниевых и титановых сплавов, а также приводятся разработанные на сегодняшний день способы защиты данных материалов от коррозии и износа. Следует отметить, что автором проведена большая работа по систематизации и анализу работ, посвященных вопросам защиты магния, титана и их сплавов от негативного воздействия вредных факторов окружающей среды. В завершении литературного обзора на основании анализа представленных данных сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Вторая глава содержит развернутое описание применяемого в рамках диссертационной работы экспериментального оборудования. В главе определены объекты и методы исследования, в частности методы формирования базовых покрытий, полученных термическим и плазменным электролитическим оксидированием, а также композиционных полимерсодержащих слоев с применением ультрадисперсного политетрафторэтилена (УПТФЭ) и теломеров тетрафторэтилена (ТФЭ) на поверхности магниевого сплава МА8 и титана ВТ1-0. Описан комплекс научного оборудования для анализа состава, морфологических, электрохимических и трибологических характеристик, смачиваемости формируемых покрытий.

Основные экспериментальные результаты исследований представлены в главах третьей и четвертой. Глава 3 содержит информацию об исследованиях по формированию композиционных защитных полимерсодержащих покрытий на магниевом сплаве МА8 методом ПЭО с применением суспензии ультрадисперсного политетрафторэтилена и раствора теломеров тетрафторэтилена. Приводятся данные о морфологической структуре и составе полимерсодержащих слоев, их коррозионной стойкости, как лабораторных, так и натуральных климатических испытаний, антифрикционных характеристиках и смачиваемости. В результате проведенных исследований диссертантом определены и обоснованы оптимальные условия формирования полимерсодержащих покрытий, предложен новый способ формирования на магниевом сплаве МА8 защитных композиционных слоев путем плазменного электролитического оксидирования с последующей обработкой фторорганическими материалами.

В четвертой главе диссертантом представлены результаты исследований, связанных с разработкой способа восстановления защитных свойств покрытий на бывших в эксплуатации изделиях из титана с использованием плазменного электролитического оксидирования и ультрадисперсного политетрафторэтилена с целью формирования композиционных покрытий. Проанализированы физико-химические и механические характеристики покрытий, сформированных в различных условиях. В диссертации установлено, что применение метода плазменного электролитического оксидирования позволяет восстанавливать защитные свойства покрытий на образцах из титана, целостность которых была нарушена в ходе эксплуатации. Композиционные полимерсодержащие покрытия с применением УПТФЭ повышают коррозионную стойкость и антифрикционные свойства обрабатываемого материала. Следует отметить, что технология восстановления защитных свойств покрытия, целостность которого была нарушена в ходе эксплуатации, была внедрена на



АО «Дальневосточный завод "Звезда"», о чем свидетельствует акт внедрения, представленный в Приложении.

В целом полученные результаты обладают новизной и несомненной практической значимостью. Достоверность результатов работы обеспечена применением аттестованных измерительных приборов и апробированных методик, использованием взаимодополняющих методов исследования, соблюдением принципа комплексного подхода при анализе и интерпретации экспериментальных данных, воспроизводимостью результатов, применением статистических методов оценки погрешностей при обработке данных экспериментов. Диссертантом сделаны обоснованные выводы из полученных результатов и предложены адекватные модели, в полной мере объясняющие полученные экспериментальные результаты.

Заключение полностью отражает результаты проделанной работы.

К диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. Основываясь на данных электронно-зондового микроанализа, представленных на рис. 3.2, в диссертации делается вывод, что высокая концентрация фтора в порах ПЭО-покрытия указывает на заполнение внешнего пористого слоя частицами фторполимерного материала. Однако наличие фторсодержащего компонента (NaF) в электролите, используемом при формировании базового ПЭО-слоя, также может повлиять на обнаружение этого элемента в покрытии. Целесообразно более определить долю фтора в покрытии, обусловленную внедрением частиц ультрадисперсного политетрафторэтилена, и долю, обусловленную фторсодержащими соединениями в составе базового ПЭО-покрытия.
2. Одним из ключевых факторов при рассмотрении возможности практического использования супергидрофобных покрытий является стабильность свойств подобных поверхностей во времени. Однако в тексте диссертации такие сведения отсутствуют.

3. В обзоре литературы не хватает раздела, посвященного описанию других, не связанных с использованием лубрикантов, методов повышения износостойкости поверхности изделий (например, путем наплавки, термической и химико-термической обработки).
4. Автором в табл. 4.3 приводятся данные о микротвердости и модуле Юнга титана VT1-0 без покрытия, с термическим покрытием и с покрытием, полученным в результате восстановления методом ПЭО. При этом наблюдаются расхождения в корреляции между значениями двух этих характеристик. Так, восстановленные методом ПЭО покрытия обладают более высокой микротвердостью в сравнении с металлом без покрытия, однако, значение модуля Юнга для титана без покрытия выше, чем для ПЭО-покрытия. Эти результаты в диссертации никак не объясняются.
5. В русскоязычной литературе вместо термина «сканирующая электронная микроскопия» принято использовать термин «растровая электронная микроскопия».
6. При сравнении смачиваемости образцов некорректно указывать, во сколько раз увеличился контактный угол. Правильнее было бы указать, на сколько градусов он изменился.

Указанные замечания не имеют принципиального характера и не снижают общей высокой оценки работы.

Диссертационная работа К.В. Надараиа является законченным научным исследованием, выполненным автором на высоком научном уровне. Основные результаты доложены на международных и всероссийских научных и научно-технических конференциях, опубликованы в реферируемых российских и международных научных журналах и защищены патентами РФ. Представленные в работе результаты обладают научной новизной и достоверностью, выводы обоснованы. Ключевой личный вклад

автора в данное исследование не вызывает сомнений. Автореферат и публикации автора полностью отражают содержание диссертации.

Диссертация К.В. Надараиа «Композиционные покрытия на титановых и магниевых сплавах, формируемые с использованием ПЭО и фторорганических дисперсий» соответствует требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 года, а ее автор – Надараиа Константинэ Вахтангович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Официальный оппонент  
член-корреспондент РАН,  
доктор химических наук

Владимир Константинович  
Иванов

директор Института общей и  
неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН.

01.12.2017

Адрес: 119991, г. Москва, Ленинский проспект, 31.

Телефон: +7 (495) 952-02-24

E-mail: [info@igic.ras.ru](mailto:info@igic.ras.ru).

Подпись Иванова В.К. заверяю,  
ученый секретарь ИОНХ РАН, д.х.н.

ЭХОВСКИХ