

ОТЗЫВ

официального оппонента Валерия Константиновича Шаталова на диссертационную работу Игоря Евгеньевича Вялого «Гидрофобные покрытия на сплавах алюминия и магния, формируемые с использованием плазменного электролитического оксидирования», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Диссертационная работа И.Е. Вялого посвящена разработке способов формирования защитных гидрофобных и супергидрофобных покрытий с использованием плазменного электролитического оксидирования (ПЭО) на сплавах магния и алюминия, позволяющих значительно улучшить антикоррозионные и механические свойства обрабатываемых материалов.

В ходе выполнения исследований диссертанту необходимо было разработать устойчивые электролитические системы, обеспечивающие образование покрытий с высокими коррозионными характеристиками; разработать режимы формирования защитных гидрофобных покрытий на сплавах магния и алюминия; установить взаимосвязь между условиями формирования покрытий при использовании поляризующих импульсов длительностью менее 10 мкс и рентгенофазовым, химическим составом, морфологией, электрохимическими и механическими свойствами поверхностных слоев на металлах и сплавах.

В качестве объектов исследования выбраны магниевый сплав МА8 и алюминиевый сплав АМгЗ, которые являются одними из наиболее востребованных в автомобильной, аэрокосмической и других отраслях промышленности. Однако их низкое сопротивление износу и высокая скорость коррозии, вследствие образования гальванических пар из-за разности потенциалов присутствующих в сплаве вторичных фаз или посторонних включений, приводят к необходимости разработки способов дополнительной защиты. Несмотря на многообразие описываемых в научной

литературе способов создания гидрофобных и супергидрофобных поверхностных слоёв на магниевых и алюминиевых сплавах, приводимые характеристики (плотность тока коррозии, микротвёрдость и др.) свидетельствуют о том, что разработанные подходы в настоящий момент не обеспечивают у защищаемых материалов долговременной защиты от коррозии, а также от механических повреждений. Формирование гидрофобных и супергидрофобных покрытий, включающее в себя ПЭО-обработку с последующей модификацией гидрофобным материалом, изучение их электрохимического поведения, представляют собой важные этапы создания противокоррозионной защиты магниевых и алюминиевых сплавов, эффективной не только в атмосферных условиях, но и в агрессивной среде и, несомненно, является актуальной задачей для промышленного использования данных сплавов.

Материал диссертации изложен на 149 страницах машинописного текста, содержит вводную часть, четыре главы, заключение и список литературы из 202 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована ее цель, указана степень разработанности темы исследования. Отражены задачи исследования, отмечены научная новизна, практическая и теоретическая значимость диссертации, представлены методология и методы исследования, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен литературный обзор, в котором освещены наиболее эффективные способы, направленные на модификацию поверхности магниевых и алюминиевых сплавов для улучшения гидрофобных и электрохимических свойств. Подробно рассмотрено применение поляризующего сигнала с разными коэффициентами заполнения и длительностью импульсов для обеспечения большей равномерности состава и толщины покрытия, улучшения механических и антикоррозионных свойств. Сделан анализ литературных данных, поставлены цель и задачи

исследования. Обзор по объему составляет 43 страницы, написан подробно, критично и свидетельствует о хорошем владении материалом диссертанта.

Вторая глава посвящена детальному описанию подготовки образцов для формирования покрытий (базовых слоёв, гидрофобных и супергидрофобных покрытий), используемых реактивов, применяемых режимов плазменного электролитического оксидирования, методов исследований и экспериментального оборудования.

В третьей главе представлены результаты исследований композиционных покрытий на сплавах алюминия АМгЗ и магния МА8, сформированных с использованием метода ПЭО и последующего нанесения гидрофобного агента. Приведена схема формирования композиционных покрытий на алюминиевом сплаве АМгЗ, показывающая основные стадии подготовки образцов, включающая оксидирование, обработку ультрафиолетовым излучением в среде озона и/или кипячение, приводящие к увеличению числа хемосорбционно-активных центров, обеспечивающих химическую связь с гидрофобным агентом. В первом и втором разделах третьей главы представлены результаты исследования морфологии поверхности и поперечного сечения, состава, электрохимических свойств и смачиваемости сформированных гидрофобных и супергидрофобных слоев, полученных на базе исходных и подвергнутых кипячению ПЭО-слоях. На основании экспериментальных данных сделан вывод о положительном влиянии применяемых процедур подготовки образцов с ПЭО-слоями на осаждение гидрофобного агента, что в свою очередь, значительно улучшает гидрофобные и антикоррозионные свойства. В третьем разделе главы представлены результаты исследования морфологии, состава, а также изменения угла смачивания, поверхностной энергии и электрохимических свойств при длительной выдержке в 3 % растворе NaCl гидрофобных и супергидрофобных покрытий, полученных на сплаве магния МА8. На основе экспериментальных данных сделан вывод о положительном эффекте проводимых стадий предварительной обработки образцов с ПЭО-слоями на

осаждение гидрофобного агента. Показано значительное увеличение и высокая стабильность электрохимических свойств и угла смачивания при выдержке в коррозионно-активной среде в течение суток образцов с гидрофобными и супергидрофобными слоями.

В четвертой главе представлены результаты разработки способа, направленного на изменение морфологической структуры поверхностного слоя: его шероховатости, пористости, создание многомодальности с использованием короткоимпульсной поляризации при оксидировании. В частности, представлен сравнительный анализ данных исследования пористости, толщины, состава, электрохимических, механических и гидрофобных свойств поверхностных слоёв, сформированных при разном коэффициенте заполнения поляризующего сигнала и времени оксидирования. На основе результатов исследования морфологии, структуры ПЭО-покрытий, сделан вывод о том, что в зависимости от используемого коэффициента заполнения, возможно в широком диапазоне регулировать пористость формируемых ПЭО-покрытий (поверхностная пористость может меняться в 3,5 раза), что в свою очередь, увеличивает антикоррозионные свойства ПЭО-слоев. Также диссертантом разработан состав электролита, обеспечивающий формирование покрытий, содержащих соединения с высокой твердостью, в частности, карбида молибдена и алюминия, обеспечивающих улучшение механических характеристик получаемых покрытий. Анализ влияния условий поляризации образца на смачиваемость формируемых покрытий водой позволил автору сделать вывод о положительном эффекте используемого короткоимпульсного сигнала и повышения в исследуемом интервале коэффициента заполнения на гидрофобность у формируемых ПЭО-покрытий. По мнению диссертанта, это связано с изменением морфологической структуры поверхностных слоёв, обеспечиваемой короткоимпульсной поляризацией.

К основным результатам диссертационной работы, имеющим научную и практическую значимость, можно отнести следующее:

- разработаны и оптимизированы режимы создания базового ПЭО-слоя для последующей модификации гидрофобным агентом, практически значимые способы формирования на основе ПЭО-слоя композиционных ГФ и СГФ покрытий на магниевых и алюминиевых сплавах, существенным образом (до 7 порядков величины) снижающие плотность тока коррозии в хлоридсодержащей среде;
- формируемые ПЭО-покрытия перспективны для промышленного использования и могут расширить область применения алюминиевых и магниевых сплавов в аэрокосмической, автомобильной и других отраслях промышленности за счет значительного увеличения степени защиты изделий от износа и коррозии;
- разработан способ формирования ПЭО-покрытий в биполярном режиме при длительности поляризирующего сигнала 5 мкс, обеспечивающий необходимое для промышленного использования улучшение коррозионных и механических свойства ПЭО-покрытий.

К работе имеется ряд замечаний и вопросов:

1. В диссертационной работе отсутствует обоснование, почему при оксидировании для формирования базового ПЭО-слоя на алюминиевом сплаве АМгЗ были использованы тартратсодержащие электролиты. Также отсутствует какое-либо сравнение морфологии ПЭО-покрытий, полученных на алюминиевом и магниевом сплавах.
2. В качестве жидкой фазы при измерении угла был использован 3 % раствор хлорида натрия. Чем обусловлен выбор соляного раствора, а не дистиллированной воды? Сохраняются ли супергидрофобные свойства при контакте с дистиллированной водой композиционных слоев,

полученных с использованием гидрофобного агента с наноразмерными частицами аэросила?

3. При исследовании гидрофобных свойств автор использует метод измерения угла скатывания, с чем связан выбор именно данной методики, а не измерения гистерезиса смачивания?

Отмеченные выше недостатки, которые носят дискуссионный характер, не являются принципиальными и не снижают ценность полученных главных результатов и выводов диссертационной работы в целом. Диссертационная работа И.Е. Вялого является законченным исследованием, выполненным на высоком научном и экспериментально-техническом уровне.

Достоверность и обоснованность полученных научных результатов и выводов несомненна и обеспечивается комплексным применением широкого спектра взаимодополняющих современных методов анализа, а также использованием современных статистических методов оценки экспериментальных данных. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК и написана хорошим научным языком. Основное содержание диссертации опубликовано в рецензируемых научных журналах. Работа прошла хорошую апробацию на международных, российских и региональных конференциях. Представленный автореферат достаточно полно и точно отражает содержание диссертации.

Таким образом, диссертационная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. «О порядке присуждения ученых степеней»), а ее автор, Игорь Евгеньевич Вялый, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Официальный оппонент:

Шаталов Валерий Константинович

доктор технических наук, профессор

(специальность 05.16.06 – Порошковая металлургия и порошковые материалы)

Заведующий кафедрой «Материаловедение и химия»,
Московский государственный технический университет имени Н.Э.
Баумана, Калужский филиал

Адрес: 248000, г. Калуга, ул. Баженова, д. 2.

Телефон: +7 (991) 328-29-65.

E-mail: vkshatalov@bmstu.ru.

29.10. 2021 г.


_____ Шаталов В.К.

Подпись В.К. Шаталова: _____ Морозенко М.И.
ученый секретарь Калужского государственного
технического университета имени Н.Э. Баумана, к.т.н., доцент.