

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Плескунова Игоря Владимировича «Гидрофобные наномодифицированные защитные и антифрикционные покрытия на стали для горно-химических предприятий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - «материаловедение (химическая промышленность)»

Представляемая к защите диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех экспериментальных глав (глава 1 «Аналитический обзор технологий получения наноструктурированных металлических и полимерных материалов с модифицированной поверхностью», глава 2 «Объекты и методы исследования», глава 3 «Закономерности регулирования противокоррозионных свойств металлоконструкций в условиях горно-химического производства», глава 4 «Регулирование противокоррозионных и антифрикционных свойств металлов с применением пленкообразующих поверхностно-активных веществ», заключения, библиографического списка, включающего 126 использованных источников, 27 публикаций соискателя, приложений. Диссертационная работа изложена на 140 страницах, из них: 114 страниц основного текста, 19 рисунков, а также 17 таблиц.

Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Диссертационная работа И.В. Плескунова направлена на установление механизма разрушения защитных окисных пленок стальных поверхностей в результате воздействия различных коррозионных сред, в том числе, и модифицированных путем нанесением на них покрытий, содержащих нанодобавки на основе порошков железа, алюминия и меди, полученных методом твердотельного гидридного синтеза и гидрофобизирующие поверхностно-активные агенты, а также разработка на этой основе защитных покрытий и смазок для металлоконструкций и оборудования горно-химических предприятий.

Объектами исследования в данной диссертационной работе являются, защитные лакокрасочные покрытия стали, включающие субмикронные порошки металлов (железа, алюминий, медь) и дисперсные антифрикционные присадки на основе металлов с модифицированной поверхностью, а предметом – структура и свойства антикоррозионных и триботехнических покрытий, содержащих ультрадисперсные металлы, модифицированные четвертично-аммониевыми поверхностно-активными соединениями с различной длиной углеводородной цепи и кремнийорганическим олигомерами.

Сформулированные в диссертации постановочные задачи, вынесенные на защиту положения, сделанные диссертантом выводы, используемые им современные взаимодополняющие адекватные физико-химические методы убеждают, что диссертация И.В. Плескунова соответствует области исследования, направленного на установление закономерностей и критериев оценки разрушения материалов под действием механических нагрузок и внешней среды, разработке материалов различного функционального назначения (защитных, упрочняющих, декоративных, износостойких и др.) и методов управления их качеством. Объектом исследования являются органические и неорганические материалы, включая природные и синтетические полимеры, в том числе вторичные и их смеси, а также композиционные материалы с наполнителями в различном физическом состоянии и происхождении, сфера применения которых относится к химической промышленности. Таким образом, согласно приказу Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 19 июня 2024 г. № 150 данная диссертационная работа полностью соответствует специальности 05.16.09 - материаловедение (химическая промышленность) (технические науки).

Актуальность темы диссертации

Одной из наиболее актуальных задач современного материаловедения является исследование фундаментальной связи состава и структуры декоративно-защитных покрытий с комплексом их функциональных свойств, которые позволили бы обеспечивать длительную их сохранность в процессе эксплуатации. Особенно это касается горно-химических производств, где необходима надежная защита многочисленных металлоконструкций от коррозии при одновременном влиянии химических агентов и силового воздействия, возникающего в узлах трения и в трансмиссионных механизмах.

Во многочисленных выполненных работах зарубежных и отечественных ученых, посвященных этой проблеме, недостаточно внимания уделялось исследованию возможностей применения единого подхода для придания стальным поверхностям одновременно противокоррозионных и триботехнических свойств с применением в составе лакокрасочных и смазочных композициях различных функциональных добавок, в том числе, включающих ультрадисперсные металлические порошки твердотельного гидридного синтеза, модифицированные четвертично-аммониевыми и олигомерными кремнийорганическими соединениями.

Таким образом, актуальность диссертации И.В. Плескунова не вызывает сомнений, так как поиск новых экономически выгодных и энергосберегающих путей создания эффективной противокоррозионной и

антифрикционной защиты металлического оборудования имеет принципиальное значение.

Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Впервые методом рентгенофотоэлектронной спектроскопии получены данные по изменению степени окисленности железа на стальных поверхностях, подвергнутых воздействию агрессивной воздушной среды на промышленных площадках горно-химических предприятий. Исследованы сравнительные процессы коррозии стали без защитных покрытий во влажном воздухе, содержащем примеси HCl, KCl, SO₂, и с покрытиями, содержащими ультрадисперсные порошки железа, модифицированного катионными поверхностно-активными соединениями, кремний-органическим олигомером и разработаны составы покрытий, снижающие скорость коррозии в 2,5-3 раза в результате образования ими химической связи с поверхностью стали, обусловившей гидрофобизацию поверхности.

Предложен новый способ получения субмикронных частиц Fe, Al, Cu, основанный на поочередной отдельной их обработке четвертично-аммониевыми поверхностно-активными веществами, имеющими различные длины углеводородных цепей, введение которых в защитные покрытия и смазки, придает им улучшенные водоотталкивающие, противокоррозионные и антифрикционные свойства.

Получены новые присадки к индустриальной смазке И-20, на основе синтезированных твердотельным гидридным способом субмикронных порошков меди, с последовательно нанесенными слоями разномерных молекул катионных поверхностно-активных вещества или обработанных механической смесью триамона и алкамона, позволившие при нагрузочных давлениях свыше 40 Мпа уменьшить силу трения в трибосистеме в 3-7 раз.

Все это убедительно доказывает эффективность предлагаемого в работе единого подхода для придания поверхностям из черных металлов одновременно противокоррозионных и триботехнических свойств с применением составов лакокрасочных и смазочных композиций, содержащих функциональные добавки, образующие на поверхности стали хемосорбированные тонкие пленки с высокой гидрофобностью. Новизна всех этих технических решений, базирующихся на результатах выполненного исследования, подтверждена также полученным патентом.

Обоснованность и достоверность сформулированных в диссертации выводов и рекомендаций

Обоснованность сделанных выводов и рекомендаций, а также их достоверность не вызывают сомнений, что в работе гарантируется:

а) систематическим характером выполненного исследования, базирующегося на результатах, полученных с использованием адекватных современных физико-химических методов;

б) оптимальным объемом экспериментального материала при проведении исследований, сопоставимостью и согласованностью собственных данных диссертанта с научными результатами других авторов;

в) в достаточной мере продемонстрированной возможностью использования предлагаемых подходов для целенаправленного получения определенного круга защитных композиций с противокоррозионным и антифрикционным эффектами.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость состоит в установлении механизма разрушения защитных окисных пленок черных металлов в результате воздействия различных коррозионных сред на металлические конструкции, эксплуатируемые в условиях горно-химических предприятий, без нанесения и с нанесением на них покрытий с противокоррозионными и антифрикционными свойствами, который заключается в дальнейшем окислении железа с энергией связи 710,2 эВ и степенью окисленности $2+$ до состояния с энергиями в интервале 711,9 - 712,5 эВ и степенью окисленности до Fe^{3+} с образованием пленок Fe_2O_3 и $FeOOH$, которые под действием хлорсодержащих соединений разрушаются обнажая металл и делая его более подверженным коррозии.

Убедительно показано о правильности применения единого подхода для одновременного придания стальным поверхностям противокоррозионных и триботехнических свойств с применением в составе лакокрасочных и смазочных композициях различных функциональных добавок, так как проявление обоих этих эффектов требует максимальной гидрофобизации поверхности и наличия хемосорбционной связи активных функциональных добавок с нею.

Разработка способа получения ультрадисперсных частиц железа алюминия и меди с последующей их модификацией путем обработки триамоном, алкамоном, кремний органическим олигомеров с целью введения их в состав композиций противокоррозионного и антифрикционного действия для достижения значительного повышения их эффективности в решении проблемы снижения коррозии стальных конструкций при одновременном влиянии химических агентов и силового воздействия, возникающего в узлах трения и в трансмиссионных механизмах, имеющего важное практическое значение.

Экономическая и социальная значимость результатов диссертации состоит в разработке ассортимента композиций с высокими противокоррозионным и триботехническим эффектами и их использование для повышения сроков эксплуатации металлоконструкций и оборудования, функционирующего в техногенной воздушной атмосфере горно-химического производства. Антикоррозионная и триботехническая эффективность этих композиций подтверждены промышленными испытаниями на ООО «ГКС-Шахтпроект» и ООО «Евразийская горно-геологическая группа».

Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертации включены в 27 публикациях, том числе в 10 статьях в рецензируемых научных журналах и 17 в других изданиях и в сборниках материалов научных конференций. Все основные положения диссертационной работы, выводы и сформулированные диссертантом практические рекомендации исчерпывающим образом отражены в соответствующих публикациях. По объему опубликованных материалов диссертация И.В. Плескунова полностью соответствует требованиям ВАК Республики Беларусь для кандидатских диссертаций как квалификационных.

Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертация И.В. Плескунова «Гидрофобные наномодифицированные защитные и антифрикционные покрытия на стали для горно-химических предприятий», а также ее автореферат оформлены в соответствии с требованиями Инструкции ВАК НАН Беларуси о порядке оформления диссертационных работ.

Экспериментальные материалы и их обсуждение, составляющие сущность выполненного исследования, а также содержащийся в диссертации критический анализ литературы структурированы таким образом, что позволяют оценить состояние проблем в рассматриваемой области исследований на момент выполнения диссертационной работы и масштабы прогресса, достигнутого в исследованиях соискателя.

Изложенный в тексте диссертации обширный экспериментальный материал, позволяет читателю непосредственно проследить за логикой выполняемого исследования и оценить научную и практическую важность сделанных выводов.

Стиль изложения материалов диссертации несколько нетрадиционный, но все-таки достаточно доступный для восприятия и понимания. Представленный автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Новизна и важность научных и прикладных результатов, свободное владение соискателем современными физико-химическими методами, проявленные элементы творчества, значимость и новаторский характер выполненных исследований, позволивших соискателю сформировать и развить собственную научно-прикладную направленность в материаловедении (химическая промышленность), посвященную решению поставленных задач (технические науки) являются подтверждением достаточно высокой научной квалификации И.В. Плескунова, полностью соответствующей ученой степени кандидата технических наук.

Замечания по диссертации

1. Диссертационная работа соискателя еще больше бы выиграла в плане убедительности отдельных выводов, если бы ее автор нашел возможность более широко проиллюстрировать некоторые из них, а не только, в ряде случаев, ограничиться ссылкой на свой опубликованные труды. Это, также облегчило бы работу оппонента, так как отпала бы необходимость заказывать эти труды и анализировать их.
2. В работе для оценки коррозии использовался только массовый показатель. К сожалению, не использовались или не отражены в диссертации электрические, химические и механические показатели, что делает всегда затруднительным достижение цели установления закономерностей процесса коррозии на границе сталь-полимерная пленка. Для оценки коррозии можно было бы применить хотя бы 10-балльную шкалу (ГОСТ 13819-68).
3. Не совсем ясно из описания эксперимента в чем проявлялась идентичность поверхности всех видов применяемых порошков, металлов, полученных твердотельным гидридным синтезом: алюминия электростатически стабилизированного стеариновой кислотой, меди нестабилизированной с дендрической поверхностью, порошка железа, обработанного кремнийорганическими соединениями и т.д.
4. Почему в работе не приведены данные, свидетельствующие о величине шероховатости поверхности и о ее количественном влиянии на гидрофобность покрытий как основополагающего фактора, дающего право для единого подхода к объяснению причин высоких противокоррозионных и антрифрикционных свойств защитных покрытий.
5. При анализе рис. 3.1, на котором приведены спектры РФЭ, появление пика при 712,6 эВ соискатель объясняет возможным окислительным действием самой воды при воздействии на покрытия атмосферного воздуха с повышенной влажностью, а не скорее всего, растворенным в ней кислородом.
6. Требуется объяснение использования в работе для оценки защитных и гидрофобных свойств покрытий термина в относительных единицах (рис. 3.2) и почему нигде не измерен краевой угол смачивания, тем более, что, как считает соискатель, именно повышение гидрофобности в результате

нанесения защитных покрытий на стальные изделия является одной из важнейших причин более высокой их устойчивости к коррозии, в том числе, и в случае одновременного силового воздействия, возникающего в узлах трения и трансмиссионных механизмах.

Приведенные выше замечания, однако, не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки научно-прикладной важности выполненного диссертационного исследования. К тому же некоторые из них могут рассматриваться как дискуссионные, либо как определенные пожелания для будущих в этой области исследований, которые в дальнейшем могут быть продолжены под руководством автора данной работы.

Данная диссертация «Гидрофобные наномодифицированные защитные и антифрикционные покрытия на стали для горно-химических предприятий», демонстрирующая широкие возможности использования для придания покрытиям защитных функций различных металлических порошков субмикронного размера, полученных методами твердотельного гидридного синтеза в сочетании с действием различных гидрофобизирующих агентов, содержит новые результаты, совокупность которых является весомым достижением в области исследования причин разрушения металлических конструкций под действием среды и механических нагрузок и их устранения, отвечает требованиям Положения ВАК о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, а ее автор Игорь Владимирович Плескунов заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 — материаловедение (химическая промышленность) (технические науки) за новые научно обоснованные теоретические и экспериментальные результаты, включающие:

- доказательства правильности применения единого подхода для придания стальным поверхностям противокоррозионных и триботехнических свойств с введением в состав лакокрасочных и смазочных композиций различных функциональных добавок, обеспечивающих максимальную гидрофобизацию поверхности в том числе, за счет образования с нею хемосорбционных связей;

- впервые полученные данные методом рентгенофотоэлектронной спектроскопии по изменению степени окисленности железа на стальных поверхностях, подвергнутых воздействию агрессивной воздушной среды на промышленных площадках горно-химических предприятий;

- новый способ получения субмикронных частиц Fe, Al, Cu, основанный на твердотельном гидридном синтезе и последующей поочередной отдельной их обработке четвертично-аммониевыми поверхностно-активными веществами, имеющими различные длины углеводородных цепей, введение которых в защитные покрытия и смазки, придает им улучшенные водоотталкивающие, противокоррозионные и антифрикционные свойства;

- новые присадки к индустриальной смазке И-20, на основе субмикронных порошков меди, с последовательно нанесенными слоями разномерных молекул катионных поверхностно-активных вещества триамона и алкамона или обработанных их механической смесью, позволившие при нагрузочных давлениях свыше 40 Мпа уменьшить силу трения в трибосистеме в 3–7 раз,

что в совокупности вносит заметный вклад в область материаловедения по исследованию фундаментальной связи состава и структуры декоративно-защитных покрытий с комплексом их функциональных свойств, позволяющих обеспечить длительную их сохранность в процессе эксплуатации.

05 июня 2026 года

Официальный оппонент
Заведующий лабораторией коллоидной
химии и лакокрасочных материалов ИОНХ
НАН Беларуси, д.х.н., профессор



В.Д. Кошевар

