

Отзыв

официального оппонента

о диссертационной работе

Плескунова Игоря Владимировича

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

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

Представленные в диссертационной работе и автореферате материалы исследований, а также сформулированные соискателем цель, задачи, объект и предмет исследования и положения, выносимые на защиту, свидетельствуют о соответствии работы отрасли «технические науки» и специальности 05.16.09 – материаловедение (химическая промышленность) и областям исследований: 3 – «создание материалов, способных эксплуатироваться в агрессивных средах, при высоких температурах и механических нагрузках» и 7 – «разработка материалов различного функционального назначения (защитных, упрочняющих, декоративных, износостойких и др.) и методов управления их качества».

2. Актуальность темы диссертации.

Разработка новых видов композиционных материалов на высокомолекулярных матрицах, предназначенных для защиты элементов технологического оборудования предприятий горно-химической промышленности требует комплексного анализа особенностей эксплуатации с учетом воздействия компонентов окружающей среды на процессы коррозионного повреждения и изнашивания. Поэтому тематика диссертационной работы Плескунова И. В. актуальна и представляет существенный интерес для промышленности Беларуси, разрабатывающей месторождения природных ископаемых при производстве калийных удобрений. Тема диссертационной работы находится в рамках подхода к разработке функциональных композиционных материалов на основе высокомолекулярных матриц, основанного на создании оптимальной структуры композитов,

учитывающей специфические особенности эксплуатации изделий из них, с учётом механизмов действия эксплуатационных факторов, развиваемого в научных школах ГНУ «Институт механики металлополимерных систем НАН Беларуси им. В. А. Белого» и учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы».

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

Научную новизну диссертационной работы представляют следующие результаты:

- установленные методом рентгенофотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) особенности коррозии поверхностного слоя элементов из углеродистых сталей, состоящие в изменении степени окисления железа;
- линейная зависимость между параметрами защитных характеристик лакокрасочных покрытий различного состава по отношению к углеродистым сталям при воздействии коррозионно-активных компонентов во влажной среде;
- установленный эффект гидрофобизации лакокрасочных покрытий, модифицированных дисперсными частицами железа, полученными по технологии восстановления Fe_3O_4 парами кремнийорганического соединения;
- эффект модифицирования промышленных порошков алюминия и меди триамоном и алкамоном, обеспечивающий повышение триботехнических и защитных параметров поверхностных слоёв изделий из углеродистых сталей при использовании индустриальной смазки.

Положения, выносимые на защиту, рассматривают метод повышения устойчивости функциональных изделий из низкоуглеродистых сталей, основанный на применении модификаторов лакокрасочных материалов на основе частиц металлов, полученных по технологиям восстановления кремнийорганическими соединениями и обработки триамоном и алкамоном.

Выносимые на защиту положения диссертационной работы в целом соответствуют поставленной цели и задачам исследования.

В первом положении рассмотрены особенности коррозионных процессов поверхностных слоёв образцов из низкоуглеродистой стали при наличии и без наличия защитных слоёв, выполненных из лакокрасочных материалов различного состава. Показана достаточно высокая эффективность применения для этой цели метода рентгенофотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), который позволяет осуществлять оценку степени окисления железа, основного компонента стали. Предложен механизм разрушения поверхностного слоя

стального образца путем разрушения оксидной плёнки соединениями HCl, KCl, находящимися в воздушной среде промышленной площадки ОАО «Беларуськалий», и интенсифицирования коррозионных процессов на участках без оксидной плёнки. Утверждение соискателя о «необходимости защиты стальных поверхностей в среде высокой влажности с повышенными концентрациями KCl защитными ЛКП повышенной гидрофобности» является тривиальным фактом, не требующим доказательства. Кроме того, в составе воздушной среды имеется NaCl, которая является неотъемлемым компонентом сильвинита, однако влияние этого компонента не рассмотрено. Заключение о возможности использования метода РФЭС для оценки адгезионной прочности плёнок ПАВ к стальной поверхности требует дополнительных доказательств. В первом положении, выносимом на защиту, указано утверждение, что «выявлены составы покрытий, снижающие скорость коррозии стальных конструкций в атмосфере солевых рудников более чем в 2,5 раза», которое подтверждено экспериментально только при исследовании компонента KCl, без рассмотрения влияния других компонентов, которые указаны в работе (HCl, SO₂). При этом не рассмотрено влияние компонента SO₂ на процессы коррозионного повреждения поверхностного слоя низкоуглеродистых сталей.

Второе положение диссертационной работы, выносимое на защиту, указывает на установленные линейные зависимости защитных свойств лакокрасочных покрытий, нанесенных на стальные поверхности, от их гидрофобности. Установлен эффект повышения параметров защитных характеристик составов, содержащих порошок железа, обработанный в парах кремнийорганического модификатора. При этом данных, подтверждающих возможность образования на поверхности частиц железа кремнийорганической плёнки толщиной не более 5 нм, не приведено, а экспериментальные данные диссертационной работы не указывают однозначно на факт образования такой плёнки. Однако экспериментальный факт повышения параметра защитной способности плёнок ЛКП, модифицированных кремнийорганическими соединениями, свидетельствует о достаточно высоком практическом значении использования таких покрытий.

Третье положение диссертационной работы, выносимое на защиту, состоит в разработанном способе получения частиц железа, алюминия и меди обработкой поверхностно-активными веществами (ПАВ) с различными по длине радикалами у атома азота, которые придают покрытиям на низкоуглеродистых сталях улучшенные параметры гидрофобных, антикоррозионных и

антифрикционных характеристик. Разработанный способ модифицирования металлических частиц имеет достаточно высокую практическую и научную новизну и способствует повышению параметров эксплуатационных характеристик функциональных покрытий на углеродистых сталях. Необходимо отметить, что при формировании данного положения практически не учтён опыт разработки функциональных компонентов для создания композиционных материалов на основе полимерных матриц с повышенными параметрами характеристик и методология повышения триботехнических характеристик металлополимерных систем, базирующихся на исследованиях, выполняемых в научных школах Беларуси, в частности, в ГНУ «Институт механики металлополимерных систем НАН Беларуси», учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы». Исследования, выполненные в этих организациях, показывают влияние металлических и других наноразмерных компонентов, модифицированных полимерными и олигомерными составляющими, на параметры прочности, износостойкости, гидрофобности. При формировании данного положения соискатель использует неточное выражение «антикоррозийные свойства», в то время как правильный термин «антикоррозионные».

Четвёртое положение диссертации, выносимое на защиту, содержит требования, определяющие высокие триботехнические характеристики покрытий на углеродистых сталях, содержащих порошки меди: сплошность, высокие гидрофобные и адгезионные характеристики, планаризацию поверхности. При несомненном техническом эффекте, полученном соискателем, при использовании таких порошков, научное объяснение достигнутого результата, на наш взгляд, требует учёта исследований, проведенных в ряде научных организаций, по влиянию наноразмерных частиц различного состава и технологии получения на параметры триботехнических характеристик. В частности, известно, что частицы меди в процессе триботехнического воздействия вступают во взаимодействие с модификатором, образуя металлосодержащие соединения, которые оказывают существенное влияние на адгезионные, триботехнические и др. характеристики третьего тела, сформированного триботехническими воздействиями и определяющего параметры эксплуатационных характеристик металлополимерного узла трения при эксплуатации без смазки и со смазкой.

Анализируя положения диссертационной работы, выносимые на защиту во всей совокупности, отметим, что полученный технический результат от

разработанных составов и технологий получения модификаторов и покрытий значим, а приведенные данные экспериментальных исследований указывают на возможность их интерпретации, которая предложена соискателем учёной степени.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформированных в диссертации.

Основные выводы, сформированные в диссертации, являются достоверными и базируются на анализе экспериментальных данных, полученных в ходе исследования, и их интерпретации с учётом научных положений, принятых в настоящее время в материаловедении. Экспериментальные данные получены с использованием современных методов исследования физико-химических процессов формирования особенностей структуры материалов, содержащих металлические частицы, и параметров их характеристик в специфических условиях применения.

Рекомендации, сформулированные в диссертационном исследовании, вытекают из основных положений работы и подтверждены их реализацией на горно-химических предприятиях Беларуси и России.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждаются степенью опубликованности основных результатов в 6 статьях, рекомендованных ВАК Беларуси для опубликования результатов научных исследований, 4 статьях в различных источниках, в том числе зарубежных, и в 6 материалах научных конференций.

Научная новизна выводов и рекомендаций подтверждена получением патента 2425910 RU на изобретение.

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

Научная значимость диссертационной работы состоит в разработке метода регулирования защитных и антифрикционных покрытий, содержащих дисперсные частицы металлов, модифицированных функциональными соединениями различного состава, строения и молекулярной массы.

Практическая значимость полученных в ходе выполнения диссертационной работы заключается в получении композиционных покрытий, содержащих дисперсные частицы металлов, обеспечивающих увеличение гидрофобности, антикоррозионных характеристик и износостойкости элементов, изготовленных из низкоуглеродистых сталей, применяемых в технологическом

оборудовании предприятий по добыче и переработке минеральных продуктов. Разработанные составы покрытий могут быть рекомендованы для повышения эксплуатационных характеристик узлов машин, механизмов и технологического оборудования, используемого в различных отраслях народного хозяйства.

Социальная значимость результатов диссертационной работы соискателя определяется разработкой отечественных составов функциональных материалов с повышенными параметрами эксплуатационных характеристик для повышения коррозионной стойкости и износостойкости технологического оборудования, применяемого на предприятиях горно-химической промышленности, что позволяет снизить затраты на приобретение импортных аналогов и расходы на ремонт и обслуживание при эксплуатации.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати.

Основные результаты научных исследований с достаточной полнотой опубликованы в 6 научных статьях, рекомендованных ВАК Беларуси для опубликования результатов научных исследований, 14 статьях в других изданиях, в том числе международных, и 6 материалах научных конференций и симпозиумов по тематике исследований. Общий объём опубликованных результатов составляет 2,34 авторских листа. Получен патент Российской Федерации на изобретение.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК.

Оформление диссертационной работы и автореферата в полной мере соответствует требованиям ВАК Беларуси.

8. Соответствие научной квалификации соискателя учёной степени, на которую он претендует.

Научная квалификация Плескунова И. В. соответствует требованиям ВАК Беларуси, предъявляемым к соискателям учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (химическая промышленность). Данное заключение основано на личном вкладе соискателя в подготовку и проведение экспериментальных исследований, анализ и интерпретацию экспериментальных данных, подготовку результатов исследований к публикации в профильных журналах, обсуждение результатов исследований на конференциях и симпозиумах, оформление результатов проведенных исследований в виде диссертационной работы в соответствии с требованиями инструкции.

Совокупное заключение по диссертационной работе Плескунова И. В. положительное.

По тексту и содержанию представленных к защите материалов имеются замечания.

1) Аналитический обзор по теме диссертационного исследования в целом отражает состояние вопроса по разработке составов и технологий получения компонентов функциональных материалов с повышенными параметрами эксплуатационных характеристик, в том числе металлических частиц, модифицированных различными соединениями. Вместе с тем, в литературном обзоре практически не рассмотрены результаты научных исследований по получению дисперсных, в том числе наноразмерных, частиц различных металлов, углеродных и др. частиц, модифицированных полимерными и олигомерными соединениями различного состава и строения, и их влияния на параметры эксплуатационных характеристик композиционных материалов и металлополимерных трибосистем. Эти исследования выполнены в ГНУ «институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси», и учреждении образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» на протяжении длительного периода и опубликованы в монографиях и научных отечественных и зарубежных статьях, изданных при соавторстве Напреева Р. С., Овчинникова Е. В., Антонова А. С., Эйсымонт Е. И., Авдейчика С. В., Лиопо В. А. и др.

2) Приведенные в литературном обзоре схемы установок для получения порошкообразных компонентов общеизвестны, опубликованы в различных изданиях и, на наш взгляд, им уделено избыточное внимание в обзоре. При этом анализ особенностей триботехнических параметров композиционных материалов и покрытий практически не проведен.

3) Глава 2, посвященная объектам и методам исследований, на наш взгляд, не полностью отражает особенности выбора материалов и методов их модифицирования. Необходимо было более подробно отобразить методику получения дисперсных металлических частиц, модифицированных соединениями различного состава и строения, например, методику твердотельного гидридного синтеза (ТГС). Это позволило бы выявить особенности их строения и использовать эти данные для интерпретации полученных результатов.

В главе 2 имеется ряд неточных выражений, которые затрудняют понимание использованных методических подходов к проведению исследований, например:

«... расстояние между дном самой глубокой ямы (?) и пиком самого высокого бугорка (?) поверхности ...»;

«... все порошки являются достаточно (?) дисперсными ...»;

«... достаточно сплошная (?) тончайшая пленка (?) ...»;

«... Оленегорский суперконцентрат (ОСК), который является доступным и недорогим железоксидным продуктом (?), производимым путем обогащения магнетитовым концентратом в Заполярье (?) ...» и др.

Методические аспекты проведения исследований должны быть однозначно указаны в работе без использования нестрогих и некорректных выражений, которые затрудняют понимание сущности проведенных исследований. Например, оценку триботехнических параметров разработанных составов осуществляли с применением машины трения ДМ-29М с использованием пары трения сталь 45 – бронза БрАЖ-94, а исследования данных параметров в парах трения основным видом материала, использованным в работе, стали 3 (Ст3), вообще не описаны.

4) Третья глава диссертационной работы посвящена исследованию закономерностей регулирования противокоррозионных свойств металла наномодифицированными покрытиями. Полученные данные представляют существенный интерес для разработки средств защиты металлических изделий от коррозионного повреждения. Однако, на наш взгляд, было бы целесообразно оценить влияние отдельных компонентов окружающей среды (HCl , KCl , SO_2) на разрушение поверхностного слоя металлического образца. Необходимо было указать причину появления в окружающей среде «примесей оксида серы SO_2 » и почему в § 3.2 в качестве компонента окружающей среды присутствует SO_4^{-2} (С. 61)? На наш взгляд, рисунок 3.2 следовало бы представить в виде ступенчатой диаграммы, а не в виде линейной зависимости, так как защитные свойства покрытий определяются его строением. В главе имеется значительное количество неточных выражений, которыми характеризуются исследуемые процессы, например, «алюминиевые чешуйки ... создают дополнительный барьерный эффект», «ключевое наблюдение (?) здесь ...», «... менее объемных (?) продуктов коррозии в сложной (?) среде», «образование мелового (?) налета», «... исключительная эффективность покрытия ОН(Н)», «... способность покрытия отталкивать (?) воду ...», «покрытие с максимальными защитными свойствами находилось бы в точке (1.1) (?)», «... этот абзац (?) дает физико-механическое объяснение наблюдаемому эффекту», «... также относительно (?)

неполярна», «... сшивки (?) двойных связей», «... значительно (?) более полярна, чем битум» и др.

5) Приведенные в работе иллюстрации (рисунок 3.4) не подтверждают образование «нанопокрытия». Необходимо было привести экспериментальные данные, подтверждающие механизм действия соединений с различной молекулярной массой – триамена с короткими радикалами ($C_1 - C_2$) и алкамона с «протяженным» радикалом C_{17} .

6) Выводы по материалам, представленным в Главе 3, сформулированы в виде объёмного текста и фактически повторяют ранее рассмотренные результаты. Необходимо было конкретизировать основные результаты, которые бы указывали на эффективность применения разработанных покрытий.

7) Основным функциональным компонентом, оказывающим существенное влияние на параметры эксплуатационных характеристик покрытий, являются частицы металлов, модифицированные соединениями различного состава и строения. На наш взгляд, целесообразно было предоставить более полные данные об особенностях структуры и строения таких модификаторов, предложив, например, модели их строения и подтвердив эти модели результатами экспериментальных исследований, прежде всего, данными микроскопии. Снимки, приведенные в работе, не свидетельствуют о наличии особенностей структуры металлических порошков, обработанных органическими соединениями (рисунки 3.4, 4.2), тем более при неуказанном увеличении (рисунок 4.2).

8) Целесообразно было уделить внимание механизму влияния модифицированных частиц меди на параметры триботехнических характеристик. Из работ Овчинникова Е. В., Напреева Р. С., Рискулова А. А. известно, что частицы металлов, введенные в полимерные и олигомерные матрицы, в результате триботехнических воздействий трансформируются в соединения различного состава, которые определяют эксплуатационные характеристики композиционных материалов, в том числе триботехнические.

Сделанные замечания не имеют принципиального характера, свидетельствуют о многоаспектности процессов, протекающих при модифицировании полимерных матриц и, в целом, не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение.

Диссертационная работа Плескунова И. В. представляет собой завершённую квалификационную работу, целью которой являлось установление

физико-химических процессов протекания коррозионных и триботехнических реакций при использовании в качестве функциональных покрытий и смазок, содержащих модифицированные порошки металлов. По критериям актуальности тематики, научной новизны полученных результатов и практической полезности разработанных способов повышения коррозионной стойкости и износостойкости узлов технологического оборудования предприятий горно-химической промышленности диссертационная работа соответствует требованиям ВАК Беларуси, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.16.09 – материаловедение (химическая промышленность).

Учёная степень кандидата технических наук может быть присуждена ***Плескунову Игорю Владимировичу*** за полученные результаты:

– новые данные по механизмам протекания коррозионных процессов на образцах из низкоуглеродистых сталей, подвергнутых воздействию воздушной среды, формирующейся в условиях предприятий, специализирующихся на добыче калийных удобрений, и разработку составов лакокрасочных материалов, снижающих интенсивность коррозионного повреждения более чем в 2,5 раза;

– установленные зависимости интенсивности параметров защитных характеристик лакокрасочных покрытий, модифицированных частицами железа с кремнийорганической пленкой, сформированной по предложенной технологии, которые обеспечивают снижение скорости коррозии низкоуглеродистой стали в 2,5–3,0 раза;

– разработанный способ получения частиц железа, алюминия и меди путём обработки их поверхностно-активными веществами различного состава и строения, обеспечивающими повышение параметров гидрофобности, антикоррозионности и износостойкости функциональных покрытий на стальных поверхностях;

– разработанные составы модифицированных порошков металлов с повышенной гидрофобностью, использование которых в качестве компонента смазочных материалов на основе индустриального масла И-20 обеспечило увеличение в 1,5 раза ресурса трансмиссионного оборудования, используемого на предприятиях горно-химических производств, что в совокупности позволило разработать составы защитных покрытий на основе лакокрасочных компонентов, содержащих частицы металлов, модифицированные функциональными компонентами различного состава и строения, и смазок, внедрение которых в промышленное производство позволило получить значимый технический

эффект на предприятиях, специализирующихся на производстве минеральных удобрений.

Настоящим даю согласие на размещение отзыва о диссертации Плескунова И. В. на официальном сайте учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Официальный оппонент:
профессор кафедры материаловедения
и ресурсосберегающих технологий
учреждения образования «Гродненский
государственный университет
имени Янки Купалы»,
доктор технических наук, профессор


В. А. Струк

Адрес: 230005, г. Гродно, ул. Курчатова, 1а
Телефон: +375 (152) 684109; E-mail: struk@grsu.by

Подпись Струка В. А. удостоверяю.
Декан инженерного факультета
ГрГУ им. Янки Купалы
01.06.2026




Д. А. Линник