

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

Германенко А.В.

« 5 »

2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации Батмановой Татьяны Викторовны на тему «Особенности коррозионно-электрохимического поведения диффузионных интерметаллических покрытий в щелочных и нейтральных средах», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», изложена на 144 страницах машинописного текста, содержит 41 рисунок, 12 таблиц, список литературы и приложения.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цели и задачи исследования, указаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов исследования, приведены основные положения, выносимые на защиту, дана оценка достоверности полученных результатов, сведения об апробации научной работы, информация о личном вкладе автора и структуре диссертационного исследования. Отдельные главы между собой логически связаны, хорошо структурированы. В первой главе представлен обзор литературных источников на тему коррозионного поведения цинка и покрытий на его основе в нейтральной и щелочной средах, а также дан сравнительный анализ способов получения цинксодержащих покрытий. Во второй главе автором описана методика получения диффузионных покрытий FeZn и NiZn, методы исследования их состава, морфологии и коррозионной стойкости, методы анализа состава и свойств продуктов коррозии. Третья глава, которая содержит результаты исследований и их обсуждение, состоит из 4-х самостоятельных разделов, посвященных, соответственно, поведению диффузионных покрытий в растворе щелочей, в нейтральном растворе 3% хлорида натрия, анализу продуктов коррозии диффузионных покрытий, исследованию коррозионных свойств покрытий FeNiZn. Каждая глава и разделы 3-ей главы заканчиваются выводами, сделанными в форме заключения. В конце диссертации сформулированы выводы по работе в целом. Список использованной литературы содержит 170 источников, включая публикации автора по теме диссертации.

По объему и структуре работа соответствует требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук.

Актуальность темы диссертации

Эффективным способом защиты стали от коррозии являются покрытия на основе цинка. Анодный механизм защиты цинковых покрытий приводит к необходимости повышения устойчивости самого покрытия. Для достижения долговременной защиты поверхность гальванических цинковых покрытий подвергают хромированию с использованием солей шестивалентного хрома, что создает дополнительные риски с точки зрения переработки промывных вод. Преимуществом покрытий, полученных диффузионным способом, является высокая адгезия к стальной основе. Однако в процессе эксплуатации (защиты от коррозии по анодному механизму) растворение цинка в диффузионных покрытиях протекает селективно, что приводит к развитию поверхности и влияет на коррозионную стойкость покрытий. Механизм коррозии интерметаллических цинковых покрытий часто интерпретируют на основе сложившихся представлений о механизме коррозии чистого цинка, что не совсем верно. Учет селективного растворения цинка, влияния легирующего элемента и состава продуктов коррозии интерметаллидов делает диссертацию Батмановой Т.В., в которой исследованы процессы растворения цинка в щелочных растворах и процессы коррозии диффузионных цинксодержащих покрытий в нейтральных средах, актуальной и практически значимой.

Исследования по теме работы были поддержаны грантом РФФИ № 20-43-740026 «Эволюция структурно-фазового состава и морфологии поверхности при анодном растворении гетерофазных интерметаллических пленок» (исполнитель); грантом Фонда поддержки молодых ученых ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет» «Влияние химического и фазового состава интерметаллических покрытий на образование продуктов коррозии в средах различного состава» в 2023 г. (руководитель).

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В работе определен фазовый состав диффузионных покрытий FeZn и NiZn, а также установлена зависимость состава поверхностного слоя от толщины соответствующих покрытий. Показано, что при деградации покрытий FeZn и NiZn происходит селективное растворение цинка, что приводит к изменению морфологии и увеличению площади поверхности.

Установлено различие в фазовом составе продуктов коррозии покрытий FeZn и NiZn, показано, что природа металла-основы оказывает влияние на состав продуктов коррозии и их эволюцию в процессе селективного растворения цинка.

Впервые получены антикоррозионные покрытия повышенной стойкости на основе γ -фазы $\text{Ni}_2\text{Zn}_{11}$ путем последовательного проведения процессов электроосаждения слоя никеля и диффузионного цинкования.

Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы для развития представлений о селективной коррозии сплавов в условиях образования неравновесного коррозионного фазового слоя на поверхности. Знание закономерностей коррозии интерметаллических цинковых покрытий, а также состава и структуры продуктов коррозии позволит повысить устойчивость защитных покрытий. Практическую значимость представляют условия синтеза покрытий FeNiZn.

Рекомендации по расширенному использованию материалов диссертации

Результаты работы представляют интерес для научных сотрудников и специалистов, работающих на предприятиях машино- и приборостроения, автомобилестроения, а также для преподавателей и сотрудников высших учебных заведений, осуществляющих научные исследования и подготовку специалистов в области технологий защиты от коррозии (Санкт-Петербургский государственный технологический институт (ТУ) (г. Санкт-Петербург); Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева (г. Москва), Уральский федеральный университет имени Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург), Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова (г. Новочеркасск), Казанский национальный исследовательский технологический университет (г. Казань), Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина (г. Саратов) и др.).

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений

Надежность полученных автором и представленных в диссертации данных основывается на применении комплекса современных электрохимических (поляризационные методы, коррозионные испытания) и физико-химических методов (рентгенофлуоресцентный анализ, оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ).

Результаты диссертационного исследования обсуждались на ряде научных форумов: IX Всероссийская (с международным участием) научная конференция «Современные методы прикладной электрохимии» (Иваново, 2017); Всероссийская молодежная конференция «Достижения молодых ученых: химические науки» (Уфа, 2018); Всероссийская конференция с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах – ФАГРАН» (Воронеж, 2018, 2021); Российская молодежная научная конференция с международным участием «Проблемы теоретической и экспериментальной химии» (Екатеринбург, 2019, 2021, 2022); XXII Всероссийская конференция молодых ученых-химиков с международным участием (Нижний Новгород, 2019); II International conference «Corrosion and new materials, technologies in the oil & gas industry» – Corrosion Oil&Gas (Санкт-Петербург, 2021); XXIV Международная научно-практическая конференция «ТРУБЫ – 2021» (Челябинск, 2021); XXIII Международная научно-практическая конференция студентов и молодых

ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» (Томск, 2022); XIX Российская конференция «Физическая химия и электрохимия расплавленных и твердых электролитов» (Екатеринбург, 2023); II Всероссийская научная конференция с международным участием «Ресурсосберегающие и экологобезопасные процессы в химии и химической технологии» (Пермь, 2023); Всероссийская конференция «Электрохимия и коррозия металлов и сплавов» (Воронеж, 2023).

Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению

Положения, выносимые на защиту, вполне обоснованы, а цель исследования, поставленная автором, – достигнута. Диссертационная работа включает достаточное количество экспериментальных данных, содержит необходимые пояснения, рисунки и таблицы. Материал изложен последовательно и логично. Заключение и выводы, сделанные автором по материалам диссертации, основываются на результатах экспериментальных исследований.

Несмотря на то, что работа, в целом, оставляет хорошее впечатление, по содержанию имеются следующие замечания и вопросы:

1. На стр.8 одно из положений, выносимых на защиту сформулировано как «новый способ получения покрытий NiZn и FeNiZn диффузионным цинкованием». Способ диффузионного цинкования не является новым, тогда как сочетание гальванического покрытия с последующим нанесением диффузионного покрытия, можно отнести к достижениям автора.
2. Почему в качестве среды для проведения исследований свойств покрытий FeZn и NiZn были выбраны растворы 2 и 5 моль/л NaOH, в которых цинк, как амфотерный металл и его оксиды хорошо растворяются с образованием растворимых комплексных соединений. В данных растворах механизм растворения цинка отличается от коррозии цинковых покрытий в слабощелочных средах.
3. В методике не приведены данные о химическом составе и среднем размере частиц порошка цинка, который использовали для диффузионного цинкования. Каким образом осуществляли модифицирование поверхности частиц цинка?
4. Осталось не ясно, с чем связано существенное отличие в содержании цинка в поверхностном слое диффузионных покрытий FeZn и NiZn (рис. 2.2).
5. Коррозионные процессы относятся к стохастическим процессам, поэтому для получения каких-либо закономерностей необходимо иметь большую выборку данных. В тексте диссертации нет информации о количестве параллельных образцов и статистической обработке результатов коррозионных исследований (за исключением рис.2.1, где указаны интервалы ошибок).
6. Каким образом удаляли продукты коррозии, если процесс растворения цинка носил селективный характер?
7. При длительной выдержке скорость коррозии уменьшается вследствие того, что часть поверхности блокирована продуктами коррозии, поэтому не понятно, почему через месяц испытаний скорость коррозии диффузионных покрытий в растворе

3 % хлорида натрия выше (табл 3.1), чем через 30 минут в растворе 5 моль/л NaOH (рис.3.3), где идет активное растворение цинка.

8. Автором допущена опечатка: на рисунке 3.3 и в таблицах 3.1, 3.4, 3.8 в обозначении величин скорости коррозии и плотности коррозионного тока неверно указан коэффициент пересчета, что приводит к завышенным на 4 порядка значениям скоростей коррозии.

9. В работе встречаются научные жаргонизмы: морфологическое развитие поверхности и морфологически развитые материалы (стр. 5), обменный ток (стр. 17), холостой раствор (стр. 60, 73), точки зародышеобразования продуктов коррозии (стр. 40), никелевая компонента (стр. 44). В обзоре литературы приводятся заключения, не соответствующие практике применения покрытий: цинковые покрытия **ча-сто** используются для защиты от коррозии стальных изделий в условиях повышенной щелочности (стр.16), оцинкованная сталь подвергается щелочной обработке (стр.16), а также стилистические ошибки, например, «...анионы $[Zn(OH)_4]^{2-}$, которые поглощают ионы OH^- ...» (стр. 17).

10. Замечания по оформлению диссертации: рисунки 1.3, 1.4, 2.4, 3.1-3.2, 3.4, 3.18, 3.24 мелкие, трудно читаются; рисунок 3.13 содержит слишком много кривых, поэтому он мало информативен. Необходимо отметить слишком большой объем обзора литературы (с введением более 46 страниц при общем объеме текста 113 страниц), выводы по отдельным главам на самом деле представляют собой заключения, причем по главе 3.3 заключение составляет более 6 страниц, то есть фактически это анализ результатов, а не выводы и не заключение.

Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертационной работы изложены в 23 публикациях, в том числе в 6 статьях в рецензируемых научных журналах, индексируемых в базах данных Web of Science/Scopus, 16 статьях в сборниках материалов конференций и тезисах докладов на международных и всероссийских конференциях. Результаты исследований обобщены в виде главы в коллективной монографии по актуальным вопросам электрохимии сплавов.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Отмеченные недостатки не затрагивают существа теоретических и практических результатов работы и не снижают ее ценности как научного исследования. Диссертационная работа Батмановой Татьяны Викторовны по экспериментальному уровню, научной новизне и практической значимости отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям. Материалы диссертации достаточно полно представлены в опубликованных статьях и апробированы на различных международных конференциях. Полученные результаты полностью соответствуют заявленным в работе целям и задачам. Автореферат отражает основное содержание и выводы диссертации.

Таким образом, диссертационная работа Батмановой Татьяны Викторовны на тему: «Особенности коррозионно-электрохимического поведения диффузионных интерметаллических покрытий в щелочных и нейтральных средах» является научно-квалификационной работой, в которой получены новые научно обоснованные данные о коррозионных свойствах диффузионных интерметаллических покрытий в нейтральных средах, имеющие важное значение для совершенствования технологии защиты металлов от коррозии.

Диссертационная работа Батмановой Татьяны Викторовны на тему «Особенности коррозионно-электрохимического поведения диффузионных интерметаллических покрытий в щелочных и нейтральных средах» соответствует паспорту специальности 1.4.4. – Физическая химия (п.6 Химические превращения, потоки массы, энергии и энтропии пространственных и временных структур в неравновесных системах, п.12 Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов) и отвечает требованиям пп. 9-11,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Автор диссертационной работы Батманова Татьяна Викторовна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Отзыв на диссертацию Батмановой Татьяны Викторовны «Особенности коррозионно-электрохимического поведения диффузионных интерметаллических покрытий в щелочных и нейтральных средах» рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Технология электрохимических производств» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (протокол № 5 от 28 апреля 2025г.).

Заведующий кафедрой «Технология
электрохимических производств» ФГАОУ ВО

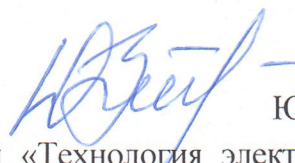
«УрФУ имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина», д.х.н., профессор

Юрий Павлович Зайков, заведующий кафедрой «Технология электрохимических
производств» ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Адрес: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 28,

тел.: (343) 375-46-76, e-mail: i.p.zaikov@urfu.ru



Ю.П. Зайков

Подпись *Зайкова* завершено.



Главный специалист
Ученого совета УрФУ
Кудряшова Н.Н.