

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу Джобирова Умеда
Рустамовича на тему: «Анодное поведение и окисление цинкового
сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного скандием, иттрием и эрбием»,
представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD)
– доктора по специальности 6D071000 – Материаловедение и технология
новых материалов**

Актуальность темы исследования. Материальной базой машиностроения в основном служит черная металлургия, производящая стали и чугуны. Эти материалы имеют много положительных качеств и в первую очередь обеспечивают высокую конструкционную прочность деталей машин и изделий. Однако эти классические материалы не лишены недостатков, таких как большая плотность, низкая коррозионная стойкость. Потери от коррозии составляют 20% годового производства изделий из стали и чугуна. По данным научных исследований, через 20-40 лет все развитые страны перестроятся на массовое использование металлических сплавов специального назначения.

Развитие народного хозяйства в значительной степени определяется производством металлов и сплавов. В современной технике применяются материалы с высокой прочностью, коррозионной стойкостью и т.д. На производственной практике доказано, что горячее цинкование изделий занимает второе место по объёму производству. В настоящее время широко применяют Zn-Al покрытия. В данном исследовании уделено внимание на разработку нового класса защитных покрытий из цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного скандием, иттрием и эрбием, рекомендуемых для анодной защиты углеродистых стальных конструкций и изделий от коррозии. В этой связи актуальность темы диссертационного исследования очевидна и не вызывает никаких сомнений.

Цель диссертационной работы является исследование анодного поведения и окисления цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного скандием, иттрием и эрбием, в различных коррозионно-активных средах и разработка оптимальных составов анодных защитных цинковых сплавных покрытий для противокоррозионной защиты углеродистых стальных изделий.

Задачи исследования:

-исследование возможности повышения анодной устойчивости цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ легированием скандием, иттрием и эрбием в различных коррозионно-активных средах;

-изучение микроструктуры цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ при легировании его с редкоземельными металлами (Sc, Y, Er);

-исследование возможности повышения анодной устойчивости сплава $Zn_{0.5}Al$ легированием скандием, иттрием и эрбием к окислению;

-определение фазового состава продуктов окисления сплавов и установление их роли в механизме высокотемпературного анодного растворения;

-определение области применения оптимизированных составов новых сплавов как анодных покрытий для противокоррозионной защиты различных углеродистых стальных изделий.

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

Диссертация Джобирова У.Р. соответствует **паспорту научной специальности 6D071000** – Материаловедение и технология новых материалов (технические науки) по следующим пунктам:

п.1. *Экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий.* Разработанные сплавы на основе $Zn_{0.5}Al$ с редкоземельными металлами (Sc, Y, Er), вследствие изучения их анодного поведения и окисления в условиях экспериментальных исследований, целесообразно проявляют существенные эксплуатационные свойства, которые нужны для ускоренного развития современных областей промышленности.

п.2. *Установление закономерностей физико-химических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах.* Установлены закономерности изменения кинетических и анодных характеристик цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ в зависимости от концентрации скандия, иттрия и эрбия, коррозионно-активной среды, температуры, особенностей структуры и состояния поверхности сплавов, природы и свойства компонентов состава;

п.3. *Разработка новых материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатаций.* Разработанные новые цинк-алюминиевые сплавы подвергались опытно-промышленному испытанию на предмет анодных защитных покрытий углеродистой стали на предприятии ООО «Нокили ТАлКо» г.Душанбе;

п.4. *Разработка физико-химических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными свойствами.* Установлено, что добавки по 0.01÷0.1% скандия и иттрия при температурах 523, 573 и 623 К значительно понижают окисляемость сплава $Zn_{0.5}Al$, а добавки по 0.01÷1.0%

эрбия несколько повышают его склонность к окислению. Выявлено, что с возрастанием порядкового номера вводимого элемента в цинковом сплаве (Zn0.5Al) из группы редкоземельных металлов (Sc,Y,Er) наблюдается незначительное снижение энергии активации процесса окисления;

п.9. Разработка способов повышения коррозионной стойкости материалов. Показано, что потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации сплава Zn0.5Al, легированного редкоземельными металлами (Sc, Y, Er) сдвигаются в область положительных значений от pH коррозионно-активной среды. Установлено, что легирующих добавок скандия, иттрия и эрбия (по 0.01÷0.1 мас.%) в 2-3 раза уменьшают скорость коррозии сплава Zn0.5Al.

Объекты и методы исследования, использованная аппаратура

В качестве исходного материала в работе использовались цинк марки ХЧ (гранулированный), алюминий марки А7 и его лигатуры со скандием (AlSc2), иттрием (AlY7) и эрбием (AlEr10) (по мас.%). Исследования проводились микрорентгеноспектральным (сканирующий электронный микроскоп SEM серии AIS 2100), потенциостатическим (потенциостат ПИ-50.1.1), металлографическим (микроскоп ERGOLUX АМС), рентгенофазовым (ДРОН-2.0) и термогравиметрическими методами.

Структура, содержание и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристика работы, обзора литературы, четырёх глав, выводов, списка литературы и приложения, изложена на 130 страницах компьютерного набора, включает 37 таблиц, 43 рисунков, 122 библиографических наименований.

Во введении диссертации изложены предпосылки и основные проблемы исследования, обоснована степень изученности научной проблемы, актуальность и необходимость проведения исследования.

В первой главе диссертации выполнен подробный анализ о структурообразовании сплавов в системах Zn-Al, Al-Zn-Sc(Y) и характеристик оксидных фаз. Обсуждены особенности анодного поведения и окисления цинковых сплавов в твёрдом и жидком состояниях; рассмотрены области применения цинковых сплавов как защитных покрытий.

Во второй главе диссертации описаны методики проведения исследования по получению сплавов систем Zn0.5Al-Sc, Zn0.5Al-Y, Zn0.5Al-Er; по изучению их анодного поведения и окисления в различных коррозионно-активных средах.

Третья глава диссертации посвящена исследованию анодного поведения цинкового сплава Zn0.5Al, легированного скандием, иттрием и эрбием в кислых, нейтральных и щелочных средах.

В четвертой главе диссертации приведены результаты исследования кинетики окисления цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ с различным содержанием скандия, иттрия и эрбия, в твердом состоянии.

Диссертационная работа завершается общими заключениями, списком цитированной литературы и приложения.

Научная новизна и практическая значимость работы:

- проведены комплексные экспериментальные исследования анодной устойчивости сплавов систем $Zn_{0.5}Al-Sc(Y,Er)$ к воздействию разновидности коррозии в тестовых коррозионно-активных средах;

- установлены закономерности изменения коррозионно-электрохимических потенциалов от состава образцов сплава и его микроструктуры;

- показаны значительные воздействия концентраций гидроксид и хлорид-ионов, присутствующих в растворах $NaOH$, HCl и $NaCl$;

- установлены особенности влияния скандия, иттрия и эрбия на анодную стойкость цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ к высокотемпературному окислению;

- определены способности легирующих элементов (Sc, Y, Er) в формировании фазового состава продуктов окисления сплава $Zn_{0.5}Al$ и в механизме окислительного процесса;

- показаны возможности повышения анодной устойчивости сплава $Zn_{0.5}Al$ в 2-3 раза при легировании его с редкоземельными металлами в количествах $0.01 \div 0.1\%$ Sc , Y и Er , соответственно при $pH=3 \div 10$;

- на предприятии ООО «Нокии ТАЛКо» г.Душанбе по монтажу и прокладке кабельно-проводниковой продукции внедрены новые цинково-алюминиевые сплавы, разработанные в качестве антикоррозионных покрытий для стали (с 10.01 по 10.03.2022 года);

- результаты исследования испытываемых сплавов в анодные защитные покрытия стали составляет 9,4 доллара (12 сомон 70 дирам) на 1 м^2 защищаемой поверхности за счет снижения скорости коррозии стальных кабельных лотков в 2-3 раза (имеется акт внедрения).

Достоверность диссертационных результатов обеспечена использованием современных приборов и методов анализа структурных свойств полученных новых материалов. Проведена оценка погрешностей экспериментальных результатов с использованием современных методов. Математическая и статистическая обработка экспериментальных результатов выполнялась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Соответствие автореферата содержанию диссертации. В автореферате диссертации изложены основные положения и выводы, показан вклад автора в проведенном исследовании, степень новизны и

практическая значимость результатов исследования, обсуждены полученные данные. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Структура, содержание и оформление автореферата и диссертации соответствует требованиям Положения о порядке присвоения учёных степеней и присуждения учёных званий, утверждённой постановлением Правительства Республики Таджикистан №267 от 30.06.2021г. и Инструкции о порядке оформления диссертации на соискание ученых степеней доктора философии (PhD) – доктора по специальности, ГОСТ Р7.0.11-2011. Оригинальность содержания диссертации составляет 87,96% от общего объема текста.

Личный вклад соискателя заключается в анализе литературных данных, в постановке и решении задач исследований, подготовке и проведении экспериментальных исследований, анализе полученных результатов, в формулировке основных положений и выводов диссертации.

Публикации и патенты. Содержание диссертации в достаточной мере отражает поставленную цель и задачи, носит логический, завершённый характер. По теме диссертации опубликованы 13 научных статей, в том числе 8 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 5 статей в материалах международных и республиканских конференций и получены 2 малых патента Республики Таджикистан (№ TJ 1079, 1081) на составы разработанных сплавов.

Согласно научным выводам диссертации и опубликованным научным трудам следует отметить, что научная квалификация соискателя вполне соответствует искомой ученой степени доктора философии (PhD) – доктора по специальности 6D071000 – Материаловедение и технология новых материалов.

По работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. Полезным было бы показать эффективность при использовании разработанных автором новых материалов по сравнению с другими сплавами, используемыми с механической обработкой.

2. В чём заключается механизм действия легирующих добавок скандия, иттрия и эрбия на анодное поведение цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ – основа защитного покрытия?

3. С какой целью анодное поведение сплавов соискателем проведены в кислых, нейтральных и щелочных коррозионно-активных средах?

4. Диссертационная работа местами не лишена отдельных грамматических и стилистических ошибок.

Отмеченные замечания и вопросы, возникшие в ходе ознакомления с диссертацией, направлены на уточнение частных вопросов и не влияют на общую оценку результатов диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Джобирова У.Р. является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на современном научном уровне. Полученные соискателем результаты исследования достоверны, заключения и рекомендации к их применению обоснованы.

В целом, диссертационная работа «Анодное поведение и окисление цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного скандием, иттрием и эрбием» отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года, №267 (О внесении изменений и дополнений в постановление Правительства Республики Таджикистан от 26.06.2023г. №295), предъявляемым к докторским (PhD) диссертациям, а ее автор, Джобиров Умед Рустамович заслуживает присуждения ученой степени доктора философии (PhD) – доктора по специальности 6D071000 – Материаловедение и технология новых материалов.

**Официальный оппонент,
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры машины
и аппараты пищевых производств,
проректор по науке
и внедрению Технологического
университета Таджикистана**

А.А. Гафаров

Адрес: 734061, Таджикистан, г. Душанбе, ул. Н. Карабаев 63/3
Телефон: (+992 37) 234-79-87, E-mail: rectorat@tut.tj

Подпись А.А. Гафарова заверяю:
Заведующий ОК и СР ТУТ



Бухориев Н.А.

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Джобирова Умеда Рустамовича на тему: «Анодное поведение и окисление цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного скандием, иттрием и эрбием», представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) – доктора по специальности 6D071000 – Материаловедение и технология новых материалов

Актуальность темы исследования. Развитие научно-технического прогресса приводит к ужесточению требований к технологическим и эксплуатационным свойствам материалов. Не составляют исключение и цинковые сплавы, применяемые в машиностроении, строительстве, гальванотехнике, судостроении, автомобилестроении и многих других областях техники. Расширение применения углеродистых стальных изделий в промышленности неизменно связано с необходимостью создания сплавов как защитных покрытий, которые отличаются более совершенным комплексом технологических и физико-химических свойств. Сейчас требуются более прочные и коррозионностойкие цинковые сплавы в качестве анодных защитных покрытий углеродистой стали, но при этом все эти улучшенные характеристики должны сочетаться с простыми и недорогими технологиями изготовления продукции из этих сплавов. Поэтому можно приветствовать принципиально новые подходы к вопросам легирования цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ с редкоземельными металлами (Sc, Y, Er), подобные представленному в диссертации Джобирова У.Р.

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

Диссертация Джобирова У.Р. соответствует паспорту научной специальности 6D071000 – Материаловедение и технология новых материалов (технические науки). В частности, разработка новых материалов с заданным комплексом свойств путем установления фундаментальных

закономерностей влияния состава, структуры и других факторов на свойства материалов; коррозия и противокоррозионная защита материалов.

Научный аспект работы наиболее полно отражен в положениях, выносимых на защиту. Отметим лишь основные и принципиально важные для **научной специальности 6D071000** (согласно пунктам 1–4, 9), по которой выполнена диссертация:

потенциостатическим методом исследовано влияние легирующих добавок скандия, иттрия и эрбия на анодное поведение цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ в коррозионно-активных средах. Выявлено, что скандий и иттрий более эффективно повышают анодную устойчивость сплава $Zn_{0.5}Al$, чем эрбий;

при потенциодинамической (2 мВ/с) поляризации показано, что потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного редкоземельными металлами (Sc, Y, Er) сдвигаются в область положительных значений от рН коррозионно-активной среды;

установлено, что легирующих добавок скандия, иттрия и эрбия (по $0.01 \div 0.1$ мас.%) в 2-3 раза уменьшают скорость коррозии сплава $Zn_{0.5}Al$. Разработанные составы новых анодных сплавов защищены 2 малыми патентами Республики Таджикистан (№ TJ 1079, 1081);

термогравиметрическим методом установлено, что добавки по $0.01 \div 0.1\%$ скандия и иттрия при температурах 523, 573 и 623 К значительно понижают окисляемость сплава $Zn_{0.5}Al$, а добавки по $0.01 \div 1.0\%$ эрбия несколько повышают его склонность к окислению;

методом рентгенофазового анализа идентифицирован фазовый состав продуктов окисления, образующихся на поверхности сплавов. Установлено формирование защитных пленок ZnO , Al_2O_3 , Sc_2O_3 , Y_2O_3 , Er_2O_3 и смеси упорядоченной шпинели $ZnAl_2O_4$, $Sc_2O_3 \cdot Al_2O_3$, $Y_2O_3 \cdot Al_2O_3$, $Al_2O_3 \cdot ZnO$;

методом металлографического анализа показано модифицирующее действие скандия, иттрия и эрбия на микроструктуру цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$. Определено, что скандий и иттрий более эффективно измельчают литую структуру сплава $Zn_{0.5}Al$, чем эрбий.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертационная работа Джобирова У.Р. на тему: «Анодное поведение и окисление цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного скандием, иттрием и эрбием» состоит из введения, общая характеристика работы, обзора литературы, экспериментальные результаты исследований, заключение, списка использованной литературы и приложения. Работа изложена на 130 страницах компьютерного набора, включая 43 рисунков, 37 таблицы и 122 наименование литературных источников. В приложении диссертации приведены копии патентов Республики Таджикистан на составы разработанных автором сплавов. Также приведены копии акта о внедрение результатов исследований на предприятии ООО «Нокили ТАЛКО» г. Душанбе.

Научная новизна исследования:

проведены комплексные экспериментальные исследования анодной устойчивости сплавов систем $Zn_{0.5}Al-Sc(Y,Er)$ к воздействию разновидности коррозии в тестовых коррозионно-активных средах;

установлены закономерности изменения микроструктуры и коррозионно-электрохимических потенциалов от состава образцов сплава;

показаны значительные воздействия концентраций гидроксид и хлорид-ионов, присутствующих в растворах $NaOH$, HCl и $NaCl$;

установлены особенности влияния скандия, иттрия и эрбия на анодную стойкость цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ к высокотемпературному окислению;

определены способность легирующих элементов (Sc, Y, Er) сплава $Zn_{0.5}Al$ в формировании фазового состава продуктов окисления тройных сплавов;

показаны возможности повышения анодной устойчивости сплава $Zn_{0.5}Al$ в 2-3 раза при легировании его с редкоземельными металлами в количествах $0.01 \div 0.1\%$ Sc , Y и Er , соответственно при $pH=3 \div 10$.

Практическая значимость исследования заключается в разработке оптимальных составов анодных защитных цинковых сплавных покрытий с участием алюминия, скандия, иттрия и эрбия для противокоррозионной защиты углеродистых стальных конструкций, изделий и сооружений.

Разработанные составы анодных цинковых сплавов защищены 2 малыми патентами Республики Таджикистан (№ TJ 1079, 1081).

На предприятии ООО «Нокили ТАЛКо» г.Душанбе по монтажу и прокладке кабельно-проводниковой продукции внедрены новые цинково-алюминиевые сплавы, разработанные в качестве антикоррозионных покрытий для стали. Результат составляет 9,4 доллара США за 1 м² защищаемой поверхности за счет снижения в 2-3 раза скорости коррозии стальной кабельных лотков (имеется акт внедрения).

Личный вклад соискателя заключается в анализе литературных данных, нахождении способов и решении поставленных задач, подготовке и проведении исследований в лабораторных условиях, статистической обработке экспериментальных результатов, формулировке основных положений и выводов диссертации.

По теме диссертации соискателем опубликованы 8 статьи в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК и 5 статей в материалах международных и республиканских конференций, а также получено 2 малых патентов Республики Таджикистан.

Достоверность диссертационных результатов обеспечена современными методами исследований, качественным соответствием полученных результатов с имеющимися в литературе экспериментальными данными и теоретическими представлениями. Математическая и статистическая обработка экспериментальных результатов выполнялась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Исследования выполнены с помощью современных приборов: сканирующего электронного микроскопа SEM серии AIS 2100; импульсной потенциостат ПИ-50.1.1; металлографического микроскопа ERGOLUX AMC; термогравиметрических весов и прибора ДРОН-2.0.

Закключение, сформулированные соискателем вполне соответствуют основным положениям диссертации и вносят определённый вклад в развитии материаловедение и защиты от коррозии углеродистых стальных изделий.

Замечания и пожелания по диссертационной работе:

1. В тексте описания второй главы не разъяснено, чем вызван выбор конкретных составов сплавов.
2. В списке цитируемой литературы встречаются старые источники (стр. 114, №30, 32, 33).
3. Полезным было бы показать сравнение сплавов в литом состоянии со сплавами с термической обработкой.
4. При чтении диссертации соискателя в отдельных местах встречаются некоторые грамматические и стилистические ошибки.

Указанные замечания и пожелания больше носят рекомендательный характер и не влияют на общее положительное впечатление о работе.

Структура, оформление диссертации и автореферата. Структура, содержание и оформление автореферата и диссертации соответствует требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан «Инструкция о порядке оформления диссертации на соискание ученых степеней доктора философии (PhD), доктора по специальности, кандидата и доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации». Оригинальность содержания диссертации составляет 87,96% от общего объема текста.

Возможность практического использования результатов работы

Результаты исследования способствует решению четвертой стратегической задачи по развитию металлургической и машиностроительной промышленности на основе местного сырья, и могут быть использованы предприятиями подведомственными Министерству промышленности и новых технологий Республики Таджикистан, ВУЗ-ами металлургического и химического профилей в учебных процессах.

Заключение

Представленная диссертация к защите является законченной научно-исследовательской работой. В ней на основании самостоятельно выполненных соискателем экспериментальных исследований решена актуальная научная проблема в области материаловедения и технология

новых материалов, связанная с существенным повышением эффективности действия защитных анодов из сплавов систем $Zn_{0.5}Al-Sc(Y, Er)$.

Публикации автора отражают содержание диссертационной работы, которая опубликована в научных рецензируемых журналах и апробирована в ходе выступлений соискателя на различных конференциях.

Диссертационная работа на тему «Анодное поведение и окисление цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного скандием, иттрием и эрбием» отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26.06.2023г. №295, предъявляемым к докторским (PhD) диссертациям, а ее автор, Джобиров Умед Рустамович заслуживает присуждения ученой степени доктора философии (PhD) – доктора по специальности 6D071000 – Материаловедение и технология новых материалов.

Официальный оппонент,

доктор технических наук, доцент,
ректор Таджикского государственного
университета коммерции



Х.Х. Назарзода

Адрес: 734061, Таджикистан, г. Душанбе, ул. Дехоти 1/2

Телефон: (+992) 918-74-85-22

E-mail: nazarov-h2013@mail.ru

Подпись Назарзода Х.Х.

заверяю:

Начальник ОК и СР ТТХК



Пирзода С.С.