ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Хакимова Искандара Бозоровича на тему: «Анодное поведение и окисление цинково-алюминиевого сплава Zn22Al, легированного хромом, марганцем и никелем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

Актуальность и необходимость проведения исследования. Одним из эффективных методов борьбы с коррозией изделий из углеродистой стали является использование анодных защитных покрытий. Среди анодных покрытий особое место отводится цинку – основа металлических покрытий. Цинк является весьма активным металлом, легко реагирует, как с щелочными, так и с кислыми растворами. В соединениях с железом анодом выступает цинк, поэтому в процессах коррозии металлов, которые происходят на оцинкованных поверхностях углеродистых стальных изделий, не подвергается разрушению изделий, до тех пор, пока на их поверхности сохраняется слой цинкового покрытия. В этой связи актуальность темы диссертационного исследования очевидна и не вызывает никаких сомнений.

Целью исследования является изучение анодного поведения и окисления цинково-алюминиевого сплава Zn22Al, легированного хромом, марганцем и никелем в различных коррозионных средах и разработка оптимального состава новых сплавов, которые предназначены в качестве анодных покрытий для защиты углеродистых стальных изделий, конструкций и сооружений от коррозионно-эрозионного разрушения.

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

Диссертационная работа Хакимова И.Б. соответствует **паспорту специальности** 05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии (технические науки) по следующим пунктам:

п.1. *Теоретические основы электрохимических и химических процессов коррозии*. В диссертации подробно изложены теоретические основы коррозионных исследований: доказательства влияния структуры, фазового состава, зависимость температуры, коррозионной среды и концентрации легирующих добавок хрома, марганца и никеля на анодное поведение и окисление сплава Zn22Al; закономерности изменения параметров высокотемпературной и электрохимической коррозии тройных сплавов;

п.2. *Электрохимические, химические и комбинированные методы защиты конструкционных материалов от коррозии*. Потенциостатическим и термогравиметрическим методами исследовано анодное поведение и окисление цинково-алюминиевого сплава Zn22Al, легированного хромом, марганцем и никелем: установлено, что добавки хрома, марганца и никеля (по 0.01-0.1 мас.%) положительно влияют на анодную устойчивость сплава Zn22Al (скорость коррозии уменьшается в 2–3 раза); показано, что добавки хрома и никеля (по 0.01?0.1 мас.%) значительно уменьшают окисляемость сплава Zn22Al; выявлено, что при переходе от легированных никелем сплавов к сплавам с хромом и марганцем наблюдается уменьшение значения эффективной энергии активации процесса окисления; установлено, что повышение анодной устойчивости цинково-алюминиевого сплава Zn22Al достигается его легированием хромом, марганцем и никелем в диапазоне pH коррозионной среды (3?10);

п.4. *Электрохимические, химические и комбинированные методы обработки поверхности материалов*. Потенциостатическим и термогравиметрическим методами установлены закономерности изменения электрохимических и химических характеристик процесса коррозии легированных цинково-алюминиевых сплавов третьим компонентом. Рентгенофазовым анализом определено, что при окислении исследованных сплавов на их поверхности образуются защитные оксидные пленки, состоящие из смеси оксидов ZnO, Al_2O_3, Cr_2O_3, Mn_2O_3, NiO, $Al_2O_3{\cdot}ZnO$, $ZnO{\cdot}Cr_2O_3$ и $Al_2O_3{\cdot}NiO$;

п.6. *Структура и другие свойства коррозионно-стойких и защитных материалов*. Металлографическим методом исследовано микроструктуры исследованных сплавов: показано модифицирующее влияние легирующих компонентов на структуру базового сплава Zn22Al; выявлено, что при введении легирующего компонента в составе базового сплава, например по 0.1 мас.% хрома, марганца и никеля происходит значительное измельчение зеренной структуры сплавов; найден фазовый состав продуктов окисления исследованных сплавов и показано, что окисления полностью определяется физико-химическими параметрами оксидных фаз и природой добавки.

Объекты и методы исследования, использованная аппаратура

Объектами исследования данной работы являются цинк марки ХЧ (гранулированный), алюминий марки А7 и его лигатуры с хромом (марки ХЧ), марганцем (марки МЧ) и никелем (марки Н-2) (по 2% Cr, Mn и 6% Ni). Исследования проводились микрорентгеноспектральным (сканирующий

электронный микроскоп SEM серии AIS 2100), потенциостатическим (потенциостат ПИ-50.1.1), металлографическим (микроскоп ERGOLUX AMC), рентгенофазовым (ДРОН-3.0) и термогравиметрическим методами

Структура, содержание и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, общая характеристика работы, обзора литературы, трёх глав, выводов, списка литературы и приложения, изложена на 119 страницах компьютерного набора, включает 36 таблиц, 43 рисунков, 88 библиографических наименований.

Во введении изложены предпосылки и основные проблемы исследования, обоснована актуальность работы.

В первой главе «Анодное поведение и окисление цинково-алюминиевых сплавов в различных средах» приведен анализ имеющихся литературных данных по вопросу об анодное поведение цинково-алюминиевых сплавов в различных коррозионных средах; окисление цинково-алюминиевых сплавов в твёрдом и жидком состояниях; структурные составляющие и фазы в оксидных плёнках на основе цинково-алюминиевых сплавов.

Обсуждение обзора литературы указывает на том, что в большинство случаев используемых в технике металлов, сплавов, металлических и стальных изделий подвергаются разрушению либо вследствие электрохимической коррозии, либо из-за окисления при высокой температуре. Склонность стальных конструкций к подобному роду разрушению изменяется в широких пределах. Например, железо (сталь) окисляется и ржавеет очень быстро, в то время, как никель и хром поддаются подобному воздействию сравнительно медленно. Отсюда, рещающее значение в поведении этих материалов в агрессивных атмосферах имеет характер окисления поверхностных слоев.

Во второй главе приведены результаты микрорентгеноспектрального анализа состава синтезированных сплавов и потенциодинамического исследования (2 мВ/сек) анодного поведения цинково-алюминиевого сплава Zn22Al, легированного хромом, марганцем и никелем, в кислых (pH=1: 0.1н; 2: 0.01н; 3: 0.001н), нейтральных (pH=7: 3%; 0.3%; 0.03%) и щелочных (pH=10: 0.001н; 11: 0.01н; 12: 0.1н) средах электролитов HCl, NaCl и NaOH. Показано, что скорость коррозии сплава Zn22Al уменьшается в 2-3 раза при легировании его хромом, марганцем и никелем (по 0.01-0.1 мас.%). Установлены закономерности изменения основных коррозионно-электрохимических характеристик (потенциалов коррозии,

питтингообразования и репассивации) сплавов от концентрации легирующих компонентов и состава электролита. Металлографическим методом изучены микроструктуры исследованных сплавов. Показано, что легирующие элементы, особенно хром и никель значительно измельчают структуру базового сплава Zn22Al.

Третья глава посвящена термогравиметрическим исследованием взаимодействие с кислородом воздуха цинково-алюминиевого сплава Zn22Al, легированного хромом, марганцем и никелем, в твердом состоянии, в интервале температур 523?623 К. Установлено гиперболический механизм процесса окисления исследованных сплавов. Показано, что добавки хрома и никеля (по 0.01?0.1 мас.%) значительно уменьшают окисляемость сплава Zn22Al. Выявлено, что при переходе от легированных никелем сплавов к сплавам с хромом и марганцем наблюдается уменьшение значения эффективной энергии активации процесса окисления. Фазовый состав продуктов окисления сплавов систем Zn22Al-Cr(Mn, Ni) определены методом рентгенофазового анализа. Показано, что продукты окисления сплавов состоят из оксидов цинка, алюминия и легирующего компонента.

Научная новизна исследования. На основании проведённых экспериментальных исследований установлено закономерности в изменении коррозионных и электрохимических характеристиках цинково-алюминиевого сплава Zn22Al, легированного хромом, марганцем и никелем различной концентрации, в кислых, нейтральных и щелочных средах электролитов HCl, NaCl и NaOH при различных значениях pH коррозионной среды. Выявлена влияния легирующих добавок (Cr, Mn, Ni) на микроструктуру и анодное поведение сплава Zn22Al. Установлены кинетические и энергетические параметры процесса окисления цинково-алюминиевого сплава Zn22Al, легированного хромом, марганцем и никелем различной концентрации, в твёрдом состоянии. Определены фазовые составляющие продуктов окисления исследуемых сплавов и показаны их роль в механизме коррозионного процесса. Показана повышения анодной устойчивости цинково-алюминиевого сплава Zn22Al легированием хромом, марганцем и никелем в различных коррозионных средах.

Практическая ценность исследования. На основании выполненных коррозионно-электрохимических и физико-химических исследований установлены оптимальные концентрации хрома, марганца и никеля в цинково-алюминиевом сплаве Zn22Al, отличающихся высокой коррозионной стойкостью. Разработанные оптимальные составы новых сплавов защищены

2 малыми патентами Республики Таджикистан. Разработанные сплавы рекомендуются в качестве анодных защитных покрытий для повышения коррозионной стойкости и увеличения срока службы углеродистых стальных изделий, конструкций и сооружений.

Достоверность диссертационных результатов. Исследований по разработке оптимального состава новых анодных сплавов на основе цинково-алюминиевого сплава Zn22Al с хромом, марганцем и никелем различной концентрации и установление закономерности изменения их коррозионно-электрохимических и физико-химических характеристик обосновано применением экспериментальных методов их получения и согласованностью полученных результатов выполненного исследования. Полученные результаты диссертационной работы широко обсуждены и опубликованы в рецензируемых журналах.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты микрорентгеноспектрального анализа и микроструктуры цинково-алюминиевого сплава Zn22Al, легированного хромом, марганцем и никелем различной концентрации;
- результаты исследования влияние легирующих добавок хрома, марганца и никеля на анодное поведение цинково-алюминиевого сплава Zn22Al, в кислых, нейтральных и щелочных электролитах различной концентрации от pH коррозионной среды;
- результаты исследования кинетики окисления цинково-алюминиевого сплава Zn22Al, легированного хромом, марганцем и никелем, в твёрдом состоянии, в атмосфере воздуха;
- результаты рентгенофазового анализа продуктов окисления цинково-алюминиевого сплава Zn22Al, содержащего хрома, марганца и никеля.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке цели и задачи исследования, проведение анализа литературных данных по теме диссертации, интерпретация и обработке экспериментальных результатов исследований, формулировке выводы диссертации. Все экспериментальные данные, включенные в диссертацию, получены лично соискателем или при его непосредственном участии, оформлены в виде публикаций. Основные результаты диссертации соискателем доложены на разных конференциях.

Публикации и патенты. Содержание диссертации в достаточной мере отражает поставленную цель и задачи, носит логический, завершенный характер. По теме диссертации опубликованы 9 научных статей, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Президенте

Республики Таджикистан «Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук», «Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук», «Наука и инновация. Серия геологических и технических наук» (ТНУ), «Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология» (Scopus) и 5 статьи в материалах международных и республиканских конференций. Получено 2 малых патентов Республики Таджикистан (TJ № 1081, 1116) на составы разработанных сплавов.

Соответствие автореферата содержанию диссертации. В автореферате диссертации изложены основные положения и выводы, показан вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследования, обсуждены полученные данные. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Судья по научным выводам диссертации, опубликованным научным трудам следует отметить, что научная квалификация Хакимова И.Б. вполне соответствует искомой ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Замечания и пожелания по диссертационной работе:

1. В работе не представлены результаты исследования ИК-спектроскопии. Хотя, исследования продуктов окисления сплавов по теме диссертации соискателем выполнены методом рентгенофазового анализа.
2. В работе не изучены теплофизические свойства (например, коэффициенты теплового термического расширения и т.д.) сплавов, хотя это не входило в задачи исследования поставленным соискателем при выполнении необходимых исследований.
3. Некоторые списка использованной литературы по диссертации не составлены по ГОСТу: страница 115, №81, 83, 85-87.
4. При переводе автореферата на таджикском языке осталось не переведённым обозначения потенциалов (расми 1, ҷадвалҳои 2-4), хотя это допустимо по отношению восприятие научных параметров.
5. Как и любая другая работа, диссертационная работа Хакимова И.Б. не лишена грамматических и стилистических ошибок.

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

Заключение

Диссертационная работа Хакимова И.Б. является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на современном научном уровне. Полученные соискателем результаты исследования достоверны, заключения и рекомендации к их применению верны.

В целом, диссертационная работа на тему: «Анодное поведение и окисление цинково-алюминиевого сплава Zn22Al, легированного хромом, марганцем и никелем» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26.11.2016г., №505, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Хакимов Искандар Бозорович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Официальный оппонент:
доктор технических наук, профессор,
директор Филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности
Национальной Академии наук Таджикистана Х.М.Назаров

Адрес: 735730, Таджикистан, Согдийская область, г. Бустон, ул.Опланчука 1а
Телефон: (+992) 918-67-64-44, E-mail: holmurod18@mail.ru

Подпись д.т.н., профессора Назарова Х.М. ***заверяю:***
Инспектор кадров Филиала Агентства
по ядерной и радиационной безопасности НАНТ *А. Адхамов*