

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Сафаровой Фарзоне Раджабалиевны «Влияние элементов подгруппы галлия на коррозионное поведение сплавов  $Zn_5Al$  и  $Zn_{0.5}Al$ », представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии

**Актуальность темы диссертации.** Разработка защитных протекторов и покрытий для увеличения срока эксплуатации металлических конструкций остается достаточно сложной задачей. Многообразие и сложность коррозионных процессов, протекающих при контакте материалов с окружающими средами затрудняют разработку теоретических подходов, позволяющих осуществлять в полной мере осознанный выбор состава и способов получения эффективных протекторов и защитных покрытий. Исследования коррозионно-электрохимических свойств металлов и сплавов, влияния агрессивных сред на характер протекания процессов взаимодействия являются научной базой для создания учения о коррозии и защите металлов. В этой связи актуальность темы диссертационного исследования очевидна и не вызывает никаких сомнений.

**Цель работы** заключается в исследовании влияния элементов подгруппы галлия на коррозионное поведение сплавов  $Zn_5Al$  и  $Zn_{0.5}Al$  и разработке оптимального состава сплавов, которые могут использоваться в качестве анодных эффективных протекторов и покрытий для повышения коррозионной стойкости стальных конструкций, изделий и сооружений.

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

Диссертационная работа Сафаровой Ф.Р. отвечает *паспорту специальности 05.17.03- Технология электрохимических процессов и защита от коррозии* – наука о превращениях вещества на межфазных границах и в объеме различных фаз под влиянием физических и химических сил и способах управления этими процессами: коррозия и противокоррозионная защита конструкционных материалов; электрохимические, химические, физические и комбинированные методы обработки поверхности материалов. В частности:

- впервые установлены общие закономерности изменения коррозионно-электрохимических характеристик и микроструктуры исследованных сплавов; потенциал стационарной коррозии сплавов во времени смещается в

положительную область по мере выдержки в нейтральной среде; электрохимические потенциалы сплавов с добавками легирующего компонента (0.01-0.05 мас.%) смещаются в область более отрицательных значений, что свидетельствует о повышении коррозионной стойкости сплавов; скорость коррозии предложенные составы сплавов уменьшаются в 2–5 раза, соответственно в среде электролита NaCl;

- роль природы и концентрации легирующего компонента в формировании кинетических и энергетических показателей процесса высокотемпературного окисления сплавов, в твердом состоянии; по данному направлению получен ряд иных важных и новых результатов; установлен гиперболический закон окисления сплавов; получены данные по значениям энергии активации; найден фазовый состав продуктов окисления исследованных сплавов и показано, что кинетика окисления полностью определяется физико-химическими параметрами оксидных фаз и природой добавки.

#### ***Методы исследования и использованная аппаратура***

В качестве исходного материала использовали цинк марки ХЧ (гранулированный), алюминий марки А7, галлий, индий и таллий марок Ga-00, In-00 и Tl-00. Исследования проводились микрорентгеноспектральным (сканирующий электронный микроскоп SEM), потенциостатическим (потенциостат ПИ-50.1.1), металлографическим (микроскоп SEM серии AIS 2100), рентгенофазовым (ДРОН-2.0) и термогравиметрическим методами.

#### ***Структура, содержание и объём диссертации***

Диссертационная работа соискателя состоит из введения, обзора литературы, трёх глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 146 страницах компьютерного набора, включает 43 таблиц, 73 рисунков. Список литературы включает 120 наименований.

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

***В первой главе*** «Коррозионное поведение цинк-алюминиевых сплавов в различных средах» приведен анализ имеющихся литературных данных по коррозионной стойкости цинк-алюминиевых сплавов в кислых, нейтральных и щелочных средах; высокотемпературная и электрохимическая коррозия цинк-алюминиевых сплавов.

Анализ литературных данных показывают, что различные свойства цинк-алюминиевых сплавов Zn5Al и Zn55Al с редкоземельными и элементами ПА группы периодической таблицы исследованы, так как эти сплавы находят применение как защитные покрытия стальных конструкций и

изделий из них. Данные о высокотемпературной и электрохимической коррозии сплавов  $Zn_5Al$  и  $Zn_{0.5}Al$  с галлием, индием и таллием в литературе практически отсутствуют.

Расширение областей применения сплавных протекторов и покрытий на основе цинка и алюминия, особенно в агрессивных различных средах, требует систематических исследований коррозионно-электрохимических свойств данных сплавов с участием ряд активных элементов периодической таблицы, с целью продления срока службы стальных изделий и конструкций.

*Во второй главе* приведены результаты микрорентгеноспектрального анализа (на приборе SEM) состава синтезированных сплавов и исследования коррозионно-электрохимического поведения  $Zn_5Al$  и  $Zn_{0.5}Al$  с элементами подгруппы галлия в среде электролита NaCl. Потенциостатическим методом исследования в потенциодинамическом режиме (скорости развёртки потенциала 2 мВ/с), в среде электролита NaCl различной концентрации показано, что скорость коррозии цинк-алюминиевых сплавов уменьшается в 2-5 раза при легировании его галлием, индием и таллием (0.01-0.1 мас.%). Установлены закономерности изменения основных электрохимических характеристик (потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации) сплавов от концентрации легирующих компонентов и хлорид-иона. Микроструктуры исследованных сплавов изучены на микроскопе SEM серии AIS2100. Показано, что легирующие элементы (Ga, In), особенно индий значительно измельчают структуру исходных сплавов. Сплав с таллием имеет наиболее крупную структуру, чем сплавы с галлием.

*Третья глава* посвящена исследованию кинетики высокотемпературного окисления выше указанных сплавов, в твердом состоянии. Методом термогравиметрии установлен гиперболический характер процесса окисления сплавов. Выявлено, что сплавы  $Zn_5Al$  и  $Zn_{0.5}Al$  с таллием имеют минимальные величины энергии активации и наибольшее значение скорости окисления, а сплавы, легированные индием - максимальные значения эффективной энергии активации и наименьшей истинной скоростью окисления. Цинк-алюминиевые сплавы с галлием занимает промежуточное положение. Определено, что легирующие компоненты в пределах 0.01-0.05 мас.% незначительно увеличивают окисляемость исходного сплава. Фазовый состав продуктов окисления цинк-алюминиевых сплавов, содержащих элементов подгруппы галлия и их роль в процессе окисления определены методом рентгенофазового анализа.

Показано, что продукты окисления изученных двойных и тройных сплавов состоят из оксидов  $ZnO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Ga_2O_3$ ,  $In_2O_3$  и  $Tl_2O_3$ .

Таким образом, поставленные в работе цели и задачи достигнуты и решены в достаточном объеме.

**Научная новизна работы.** На основе проведённых исследований:

- потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме (скорость развёртки потенциала  $2\text{мВ/с}$ ) показано, что добавки (0.01-0.1 мас.%) элементов подгруппы галлия в 2-5 раза повышают коррозионную стойкость сплавов  $Zn_5Al$  и  $Zn_{0.5}Al$  используемые при анодной защите от коррозии стальных изделий, конструкций и сооружений. Установлены закономерности изменения основных коррозионно-электрохимических характеристик (потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации) сплавов от концентрации легирующих компонентов и хлорид-иона;
- методом термогравиметрии показано, что с ростом температуры и содержания галлия, индия и таллия в сплавах  $Zn_5Al$  и  $Zn_{0.5}Al$  скорость окисления незначительно увеличивается. Установлены закономерности изменения кинетических и энергетических характеристик процесса высокотемпературного окисления сплавов, в твёрдом состоянии;
- методом рентгенофазового анализа определено, что при окислении исследованных сплавов образуются оксиды –  $ZnO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Ga_2O_3$ ,  $In_2O_3$  и  $Tl_2O_3$ . Установлена роль легирующих элементов в формировании фазового состава продуктов окисления сплавов и в механизме процесса окисления.

**Практическая значимость работы.** На основе выполненных экспериментальных исследований установлены оптимальные концентрации галлия, индия и таллия в сплавах  $Zn_5Al$  и  $Zn_{0.5}Al$ , отличающихся коррозионной стойкостью. Сплавы могут использоваться как эффективных анодных протекторов и покрытий для защиты стальных изделий, конструкций и сооружений от коррозионного разрушения.

Выполненные научные исследования послужили основой для разработки состава новых сплавных протекторов и покрытий, которые защищены малым патентом Республики Таджикистан ТЖ № 793.

**Степень новизны полученных в диссертационных положениях, выносимых на защиту**

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием современных приборов и методов анализа структурных свойств полученных новых материалов. Проведена оценка погрешностей экспериментальных

результатов с использованием современных методов математической обработки и соответствующего программного обеспечения.

### ***Рекомендации по использованию результатов диссертации***

Результаты исследования могут быть использованы предприятиями подведомственными Министерством промышленности и новых технологий Республики Таджикистан, Государственном научном учреждении Центра исследования инновационных технологии при АН Республики Таджикистан, металловедам и производителям, а также аспирантам и магистрантам вузами химического и металлургического профиля, занимающихся вопросами синтеза новых сплавов на основе цинка и алюминия и изучением их коррозионно-электрохимических свойств.

***Публикации и патенты.*** Содержание диссертации в достаточной мере отражает поставленную цель и задачи, носит логический, завершённый характер. Результаты работы опубликованы в 18 печатных работах, включая 8 статей в рекомендуемых журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан. Работа также апробирована на международных и республиканских конференциях. Получено малый патент Республики Таджикистан № TJ 793.

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

### ***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 диссертационной работы.

Судья по научным выводам диссертации, опубликованным научным трудам следует отметить, что научная квалификация соискателя вполне соответствует искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.03- технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

*По работе имеются следующие замечания и вопросы:*

1. Не ясно, почему коррозионные исследования соискателем проведены в среде электролита NaCl?

2. В диссертации не уделено особое внимание вопросам технике безопасности и промышленной экологии.
3. Какова взаимосвязь между эффективностью модифицирующего воздействия легирующего компонента и коррозионной стойкости исходных сплавов – основой защитных протекторов и покрытий?
4. Диссертационная работа местами не лишена отдельных грамматических и стилистических ошибок.

Отмеченные недостатки и вопросы, возникшие в ходе ознакомления с работой, направлены на уточнение частных вопросов и не влияют на главные научные и практические результаты диссертации.

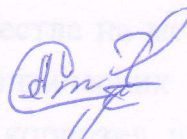
#### **Заключение**

Диссертационная работа Сафаровой Ф.Р. является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на современном научном уровне. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Полученные автором результаты исследования достоверны, выводы и заключения верны.

В целом, диссертация Сафаровой Фарзоне Раджабалиевны «Влияние элементов подгруппы галлия на коррозионное поведение сплавов Zn5Al и Zn0.5Al» 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 заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

#### **Официальный оппонент,**

кандидат технических наук,  
заведующий кафедрой «Материаловедение,  
металлургические машины и оборудование»  
Таджикского технического университета  
имени академика М.С. Осими



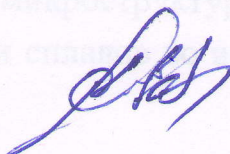
Гулов С.С.

Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе,  
проспект академиков Раджабовых, 10, ТТУ им. М. Осими  
Тел.: (+992 37) 227-01-22; E-mail: gulov72@mail.ru

Подпись к.т.н. Гулова С.С.

заверяю:

Начальник ОК и СРТ ТТУ им. М.С. Осими



Бадурдинов С.Т.

