

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Фам Тьен Чонг «Особенности растворения комбинированных анодов при получении сложных оксидных систем титана, алюминия и железа», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

### **Актуальность диссертационной работы**

В настоящее время, одним из перспективных направлений получения оксидных систем на основе титана и алюминия при создании новых конструкционных и функциональных материалов является золь-гель технология. Основными преимуществами такого подхода к получению дисперсных частиц по сравнению с традиционными приемами являются их относительно малые размеры и определенный химический состав.

Предметом исследования диссертационной работы Фам Тьен Чонг является выявление особенностей электрохимического поведения комбинированных титан-алюминиевых, титан-железных анодов в водных растворах галогенидов натрия, калия, лития, а также определение состава и физико-химических свойств продуктов их растворения. Электрохимический подход к синтезу дисперсных оксидов металлов относится к ряду технологичных, легко масштабируемых, и в настоящее время активно разрабатывается. Таким образом, поставленная автором задача разработки способов получения дисперсных сложных оксидных систем титана и алюминия, титана и железа с помощью электролиза весьма **актуальна**.

### **Новизна исследований и полученных результатов**

Научная новизна диссертации Фам Тьен Чонг состоит в следующем:

- автором установлено, что эффективные соотношения площадей составляющих комбинированных Al-Ti, Ti-Fe электродов при анодной поляризации в случаях однополярного и независимого их подключения и электрохимические характеристики, позволяющие регулировать скорость растворения металлов. Превышение площади поверхности алюминиевой составляющей комбинированного анода по сравнению с титановой составляющей в 5 и более раз позволяет путем изменения тока регулировать количественный состав осадков в сторону приближения к равным соотношениям оксидов титана и алюминия;
- показано, что в случае однополярного подключения комбинированного электрода при низких значениях анодной поляризации титана и алюминия, титана и железа, практически весь анодный ток протекает через поверхность титановой части анода. При увеличении поляризации доля анодного тока на титановой составляющей снижается и фиксируется на определенном уровне, который в несколько раз выше доли тока, протекающего через другую часть анода;
- предложены способы получения прекурсоров сложных оксидов или оксидных систем Ti и Al, Ti и Fe, характеризующихся регулируемым

элементным, фазовым составом, морфологией, формой, размерами частиц, величиной удельной поверхности, основанные на электрогенерировании реагентов в бездиафрагменном электролизере с использованием комбинированных анодов. При нагревании до 80°C системы бемит-анатаз, синтезированной с помощью электрогенерированных реагентов в растворах 1,0 М LiCl, KCl, образуются стабильные формы оксидов титана: брукит, анатаз, рутил и титанат алюминия  $Ti_2Al_6O_{13}$ ;

– показано, что в системе  $Ti(IV) - Al(III) - H_2O - OH^-$ , взятой в качестве модельной, имитирующей состав раствора в процессе электролиза с комбинированным Al-Ti анодом возможно образование смесей или смешанных полиядерных гидроксоаквакомплексов титана и алюминия, например, при низких значениях pH в растворе образуется гетерополиядерное соединение  $[TiAl(H_2O)_{11}]^{+7}$ .

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений и заключения, сформулированных в диссертации**

Проведенные исследования отличаются новизной, а их достоверность подтверждается соответствием результатов, опубликованным в научной литературе и корректно принятыми допущениями. Общие выводы по диссертации, приведенные в заключении, отражают основные результаты исследований автора. Их обоснованность обеспечена использованием современных научных представлений по рассматриваемой проблематике, согласованностью полученных результатов и теоретических положений с достижениями передовых научных школ в области технологии электрохимических процессов.

Результаты диссертации достаточно полно отражены в 7 печатных работах, в том числе основные – в 4 научных статьях в периодических научных изданиях, входящих в перечень ВАК, и неоднократно обсуждались на международных и всероссийских конференциях.

### **Значимость результатов работы для науки и практики**

Практическая значимость диссертации состоит в разработке научных основ получения дисперсных прекурсоров сложных оксидов и оксидных систем титана и алюминия, титана и железа в качестве перспективных керамических и композиционных материалов и материалов аддитивных технологий.

В данной работе соискатель экспериментально обосновал выбор условий поляризации комбинированных титан-алюминиевых, титан-железных анодов в процессе электрохимического получения дисперсных оксидных систем в водных галогенидсодержащих растворах. При этом важным преимуществом используемого метода по сравнению с традиционными методами получения таких систем является использование электрогенерированных реагентов, что позволяет получать химически чистые продукты.

Соискателем получены экспериментальные данные о поли- и гетероядерных комплексах титана и алюминия, титана и железа, а также

данные об элементном и фазовом составе, структуре и свойствам частиц продуктов анодного растворения, которые могут быть использованы для получения сложных оксидов или оксидных систем, применяемых в производстве технической керамики. Им также разработаны методы управления процессами анодного растворения металлов, которые основаны на их раздельной поляризации или поляризации при контакте составляющих анода друг с другом, что позволяет создавать сложные оксиды и оксидные системы с заданным элементным и фазовым составом и с определенными характеристиками частиц.

Изложенные результаты диссертационного исследования имеют значительную научную и практическую ценность.

### **Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертации**

Диссертационная работа Фам Тьен Чонг представляет собой исследования электрохимических, кинетических и физико-химических структурных характеристик синтеза прекурсоров интерметаллидов на основе титана и металла семейства железа. Полученные результаты изложены соискателем в 4 главах на 136 страницах машинописного текста, включает 19 таблиц и 78 рисунков. Список цитируемой литературы состоит из 221 источников.

Первая глава – представляет собой обзор литературных данных по теме диссертации, где подробно описываются особенности электрохимического поведения алюминия, титана, железа, особенности их оксидов и процессов формирования, а также практического применения. Обзор составлен грамотно и свидетельствует о хорошем профессиональном уровне диссертанта.

Вторая глава диссертации посвящена описанию методологии экспериментального исследования, выполненного автором. В данной главе представлено краткое описание методик и средств измерения, используемых в данной работе.

В третьей и четвертой главах представлены результаты электрохимических и физико-химических исследований комбинированных электродов в галогенидсодержащих средах, особенности их анодного растворения, структурный и фазовый состав полученных дисперсных оксидных систем. Показана также возможность практического применения получаемых дисперсных оксидных систем в качестве добавки в керамическую смесь для производства традиционной керамики, которая обуславливает более, чем 20-ти процентный выигрыш по прочности изделий.

Закключение по работе констатирует решение поставленной задачи и достижение основных планируемых результатов и формулирует выводы. Они следуют из приведенных данных и достаточно логичны.

Исходя из анализа представленной работы можно заключить, что диссертация выполнена на достаточно высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны

теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области создания новых, контролируемых современными физико-химическими методами, приемов получения прекурсоров сложных оксидов и оксидных систем на основе титана и алюминия, титана и железа.

### **Подтверждение соответствия публикаций и автореферата основным положениям диссертации**

Оформление и содержание автореферата в полной мере соответствует кандидатской диссертации.

Основные положения диссертационной работы отражены в 7 научных работах, из них 3 тезиса докладов в сборниках материалов международных и всероссийских конференций, 4 научные статьи в российских научных журналах из перечня рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

### **Вопросы и замечания по диссертационной работе**

Диссертационная работа Фам Тьен Чонг производит благоприятное впечатление, однако следует обратить внимание автора на ряд представленных ниже замечаний:

1. Почему перед электрохимическими испытаниями образцы проходили разную подготовку, то есть одни полировали наждачной бумагой, обезжиривали раствором соды и промывали дистиллированной водой, а другие – механически полировали алмазной пастой, обезжиривали этиловым спиртом и промывали бидистиллированной водой.
2. В тексте диссертации отсутствует ссылка на таблицу 4.2.1.
3. На рентгенографических дифрактограммах образцов отсутствуют подписи координатных осей и не все дифракционные пики отмечены. Например, рисунок 3.1.8б образец содержит помимо рутила и нитрида алюминия какую-то еще фазу, необозначенную на рисунке и в таблице 3.1.3.
4. Ссылка на литературный источник под номером 158 оформлена не по ГОСТ.
5. В списке литературы у источника 202 не указано название журнала.
6. В тексте диссертации иногда отсутствуют пробелы между словами и присутствуют опечатки.

Отмеченные выше недостатки не оказывают существенного влияния на главные теоретические и практические результаты диссертации и не снижают достоинств исследования.

### **Заключение**

В целом, диссертационная работа Фам Тьен Чонг «Особенности растворения комбинированных анодов при получении сложных оксидных систем титана, алюминия и железа» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную автором на хорошем уровне, в которой изложены научно-обоснованные приемы электрохимического получения прекурсоров сложных оксидов и оксидных



систем на основе титана и алюминия, титана и железа, имеющие важное значение для технологии электрохимических процессов и технологий получения новых материалов. Полученные автором результаты, положения и выводы в полной мере обоснованы.

Учитывая высокий уровень и новизну полученных результатов, тщательную проработку методических подходов, большой объем экспериментальной работы, достоверность и обоснованность сделанных выводов, считаю, что данная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Правительством РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), а ее автор, Фам Тьен Чонг, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Официальный оппонент: кандидат технических наук (2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии), доцент кафедры общей физики Института математики, информационных технологий и физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Удмуртский государственный университет»  
426034, Удмуртская республика, г. Ижевск, ул. Университетская, 1.  
Тел.: 8(3412)91-62-41  
E-mail: [tatianaapisareva@gmail.com](mailto:tatianaapisareva@gmail.com)

Писарева Татьяна  
Александровна  
«16» ноября 2023 г.



Подпись Писаревой Т.А. заверяю.  
Ученый секретарь ФГБОУ ВО «УдГУ»



Л.А. Пушина

Вход. № 05-7464  
«24» 11 2023г.  
подпись 