



071100, Қазақстан Республикасы,  
ШҚО, Қурчатов к., Бейбіт атом к-сі, 2Б  
тел.: (722-51) 3-33-33, тел./факс: (722-51) 3-38-58  
e-mail: nnc@nnc.kz

Республиканское государственное предприятие  
на праве хозяйственного ведения  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»**  
Министерства энергетики  
Республики Казахстан

071100, Республика Казахстан,  
ВКО, г. Курчатов, ул. Бейбіт атом, 2Б  
тел.: (722-51) 3-33-33, тел./факс: (722-51) 3-38-58  
e-mail: nnc@nnc.kz

01.01.2011, № 12-13004/100

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**ОТЗЫВ**  
**ОТЕЧЕСТВЕННОГО НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА**  
на диссертационную работу Кожахметова Ерната Абильхайыровича  
**«Изменения структурно-фазового состояния сорбционно-активного материала  
на основе системы Ti-Al-Nb в процессе термоциклирования»,  
представленную на соискание степени доктора философии (PhD)  
по специальности 6D072300 – «Техническая физика»**

**1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и  
общегосударственными программами**

В последнее время во всех странах активно создают водородный консорциум для решения проблем перехода на водородную энергетику. Необходимо решать многие вопросы как фундаментального, так и прикладного характера. В этом плане диссертационная работа является актуальной несмотря на то, что технологии хранения и транспортировки водорода, представлены во многих научных работах.

Диссертационная работа Кожахметова Е.А. посвящена исследованию структурно-фазового состояния и эксплуатационных свойств сорбционно-активных материалов на основе системы Ti-Al-Nb, полученных из элементарных порошков путем комбинирования технологических процессов. Особое внимание уделено изучению особенностей структуро- и фазообразования сплавов на основе системы Ti-Al-Nb в процессе термоциклирования в среде водорода. Предложенные автором методики и рекомендации, а также результаты исследования закономерностей позволяют эффективно решать многие проблемы водородной энергетики и представляют многоплановый интерес.

Диссертационная работа соискателя Кожахметова Е.А. содержит ряд новых оригинальных результатов, имеющих научно-практическое значение. Автором определены закономерности формирования фазового состава и структуры порошковой композиции системы Ti-25Al-25Nb (at.%) в процессе МА и ИПС. Результатам этого стало то, что выявленные структурные особенности материалов позволяют рекомендовать исследуемые режимы получения водородаккумулирующих материалов методами комбинирования МА и ИПС для использования в качестве накопителей водорода. К тому же соискателем Кожахметовым Е.А., было экспериментально доказана высокая термическая

стабильность сорбционных свойств и структурно-фазового состояния двухфазного (O+B2) сплава системы Ti-Al-Nb при многократных (10 циклов) высокотемпературных (500-600°C) процессах сорбции / десорбции водородом. Согласно результатам расчета сорбционных параметров двухфазного сплава системы Ti-Al-Nb ( $D_h=9,1 \cdot 10^{-5}$  см<sup>2</sup> / с) установлено, что водород диффундирует через границы зерен фазы B2 и межламеллярные границы O - фазы. Максимальное содержание поглощенного водорода двухфазным сплавом (B2+O) системы Ti-Al-Nb составляет 1,91 мас.%, что значительно выше результатов полученных другими авторами на сегодняшний день.

Результаты, представленные в данной диссертационной работе получены при выполнении: бюджетной научно-технической программы, реализуемой в НЯЦ РК в рамках программно-целевого финансирования МЭ РК, «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан» за 2018-2020 гг. (№ госрегистрации 0118PK01124) по теме «Исследование перспективных материалов на основе системы Ti-Al-Nb для хранения и транспортировки водорода»; Межгосударственного проекта по водородной энергетике (Внутренний номер соглашения 14.627.21.0003) при участии Федерального Государственного унитарного предприятия "Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов "Прометей" (ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», г. Санкт-Петербург, РФ), государственного научного учреждения «Институт порошковой металлургии» (ГНУ ИПМ, Минск, Республика Беларусь) и Республиканского государственного предприятия «Национальный ядерный центр» РК, (РГП НЯЦ РК, г. Курчатов, РК).

## **2. Научные результаты и их обоснованность**

Цель и задачи, поставленные в диссертационной работе достигнуты и полностью решены в ходе исследования, выявлены закономерности формирования фазового состава и структуры порошковой композиции системы Ti-Al-Nb в процессе предварительного МА и последующего ИПС. Установлено и показана высокая микроструктурная стабильность двухфазного сплава (O+B2) на основе системы

Ti-Al-Nb в процессе термоциклического сорбирования водородом. Поставлены и решены задачи по созданию новых двухфазных высокотемпературных ИМС на основе системы Ti-Al-Nb.

Разработан и запатентован новый способ получения водородаккумулирующих перезаряжаемых ИМС системы Ti-Al-Nb, включающий в себя предварительную МА порошковой смеси в течение 20 мин. при скорости 650 об./мин. и последующее ИПС.

## **3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (научного положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации**

Достоверность научных положений, выносимых на защиту, выводов и заключения соискателя не вызывает сомнения.

Достоверность результатов подтверждается тем, что результаты в рамках диссертационной работы были выполнены с применением хорошо апробированных

Основные результаты исследований прошли рецензирование в высокорейтинговых международных научных журналах и журналах из Перечня ККСОН МОН РК, а также были апробированы на многих международных научных конференциях

#### **4. Степень новизны каждого научного результата (положения), вывода соискателя, сформулированных в диссертации**

В диссертационной работе Кожахметова Е.А. были впервые:

1. Получены данные по влиянию размеров частиц элементарных порошков в исходной шихте на структурообразование интерметаллидов титана в процессе MA;

2. Разработана методика и определены оптимальные режимы MA порошковой композиции системы Ti-Al-Nb.

3. Описаны и объяснены особенности формирования структуры и фазового состава механоактивированной порошковой композиции системы Ti-Al-Nb при ИПС;

4. Исследовано влияние термоциклических процессов сорбции / десорбции водорода на структурно-фазовые состояния ИМС системы Ti-Al-Nb

Применение технологических приемов предварительной MA с последующим ИПС, а также экспериментальные результаты по исследованию поведения ИМС системы Ti-Al-Nb в термоциклических процессах сорбции/десорбции могут быть использованы непосредственно при осуществлении практической деятельности по направлению исследований по разработке способа получения водородоемких материалов на основе алюминидов титана.

#### **5. Практическая и теоретическая значимость научных результатов**

Данные, полученные соискателем Кожахметовым Е.А., могут быть использованы при объяснении характера структурных преобразований в процессе формирования композитов в неравновесных условиях, а именно в условиях быстрого нагрева и охлаждения, реализуемых при высокоэнергетической обработке порошковых композиций. А также дадут дополнительные знания по вопросам технологии создания новых конструкционных материалов с комплексом оптимальных свойств, используемых в области водородной энергетики, автомобильной и аэрокосмической промышленностей.

Разработанные способы по получению водородаккумулирующих ИМС на основе системы Ti-Al-Nb, а также предложенные методики и рекомендации успешно применяются в Национальном ядерном центре Республики Казахстан.

#### **6. Личный вклад**

Соискатель непосредственно принимал участие в постановке задач исследования, лично анализировал патентный поиск и литературные данные, участвовал в проведении экспериментов и аналитических работ, выполнил статистическую обработку результатов. Анализ полученных результатов и формулировка основных выводов выполнены совместно с научными консультантами.

## **7. Замечания, предложения по диссертации**

В ходе реализации поставленных задач в диссертационной работе соискатель Кожахметов Е.А. проявил себя как высококвалифицированный и инициативный специалист, способный ставить и решать сложные научные задачи. Высокий профессиональный уровень позволил ему использовать в исследованиях современное исследовательское и производственное оборудование.

Главы диссертации структурированы, логически взаимосвязаны и имеют внутреннее единство. Работа выполнена с соблюдением принципа академической честности.

Кожахметов Е.А. регулярно представлял основные результаты диссертации на научно-технических советах Национального ядерного центра Республики Казахстан, семинарах кафедры технической физики Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серикбаева и на онлайн-семинарах PhD-докторантов региональных университетов (руководитель – профессор Скаков М.К.).

Результаты диссертационной работы доложены Кожахметов Е.А. на 6 международных научных конференциях. Он является соавтором более 12 научных публикаций по теме диссертации, в том числе в 3-х зарубежных научных изданиях, входящих в базу данных Scopus и Web of Science, в 3-х изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК и в 1-ом патенте на полезную модель Республики Казахстан.

В целом диссертация Кожахметова Е.А. представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, посвященную решению серьезной и сложной научной проблемы, связанной с разработкой научных и прикладных основ создания водородаккумулирующих материалов на основе системы Ti-Al-Nb, для целей безопасного хранения и транспортировки химически чистого водорода. Результаты полученные, соискателем Кожахметовым Е.А., в рамках диссертационной работы могут вызвать интерес специалистов, связанных с исследованиями в области водородной энергетики, автомобильной и аэрокосмической промышленностей.

Я убежден, что объем, уровень выполнения, точность, научно-практическая значимость и достоверность результатов, достигнутых соискателем Кожахметовым Е.А., соответствуют всем требованиям, предъявляемым Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК к PhD-диссертационным работам.

С учетом вышеизложенного, считаю, что соискатель Кожахметов Ернат Абильхайырович, несомненно, заслуживает присуждения искомой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D072300 – «Техническая физика».

**Отечественный научный консультант,  
доктор физико-математических наук,  
профессор**

Скаков М.К



негиціє Іванова М. Р. заверено  
без спеціалістом ОКР  
Іванів Івановна Е. С.