

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Владислава Юрьевича Задорожного на тему «Особенности взаимодействия с водородом гидридообразующих сплавов в неравновесном состоянии и композиционных материалов на их основе» представленная по специальности 2.6.17 - материаловедение, (технические науки) и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 28 февраля 2024 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 20 ноября 2023 г., протокол №15.

Диссертация выполнена на кафедре Физического материаловедения НИТУ МИСИС

Научный консультант – Калошкин Сергей Дмитриевич, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Институт новых материалов, директор.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол №15 от 20.11.2023 г. в составе:

1. Лилеев Алексей Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физического материаловедения НИТУ МИСИС,
2. Блинков Игорь Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС,
3. Антонов Владимир Евгеньевич, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физики высоких давлений Федерального государственного бюджетного учреждения Институт физики твердого тела Российской академии наук (ИФТТ РАН),
4. Ховайло Владимир Васильевич, доктор физико-математических наук, доцент кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС
5. Гундеров Дмитрий Валерьевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физики высоких давлений Федерального государственного бюджетного научного учреждения Институт физики молекул и кристаллов Российской академии наук (УФИЦ РАН),
6. Конюхов Юрий Владимирович, профессор, доктор технических наук, доцент кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС,
7. Салищев Геннадий Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией объемных наноструктурных материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»),

В качестве ведущей организации рекомендуется Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН).

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Определены условия процесса механохимического синтеза гидридообразующих сплавов из индивидуальных элементов, установлено влияние скорости обработки, атмосферы и времени обработки, а также химического состава обрабатываемых смесей на уровень фоновой температуры внутри механореактора и на последовательность фазовых превращений. Для изученных систем Ti-Fe и Ti-Ni

2. Установлены закономерности изменения фазового состава и структуры в процессе механообработки в высокоэнергетическом шаровом планетарном активаторе.
3. Установлена определяющая роль диффузии в механизме твёрдофазного синтеза соединений, в условиях относительно низких гомологических температур и интенсивной деформации массоперенос обеспечивается аномально высокими значениями парциальных коэффициентов взаимной диффузии участвующих в реакции элементов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

1. Проведен термодинамический анализ условий формирования однофазных растворов на базе многокомпонентных сложнолегированных систем с ОЦК и ГПУ кристаллическими решётками.
2. Рассчитаны составы пяти и шести компонентных сплавов на основе гидридообразующих элементов $Ti_{20}Zr_{20}V_{20}Nb_{20}Ta_{20}$, $Ti_{20}Zr_{20}V_{15}Nb_{15}Ta_{15}Hf_{15}$, $Ti_{25}Zr_{25}V_{15}Nb_{15}Ta_{20}$, которые затем удалось получить экспериментально в однофазном состоянии высокотемпературными методами электродугового и электронно-лучевого переплава и низкотемпературного твёрдофазного механохимического синтеза.
3. показано, что при гидрировании синтезированные сплавы демонстрируют полное обратимое фазовое превращение из ОЦК в ГЦК структуру с концентрацией водорода до 1,5-2,0 масс. %

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

1. Предложен новый тип мембранных материалов на основе композитов из гидридообразующих интерметаллидов и водородпроницаемых полимеров, показывающих конкурентные значения селективности и проницаемости при выделении водорода из газовых смесей. Определена проницаемость полученных мембранных материалов по отношению к H_2 , O_2 , N_2 , CO_2 , CH_4 , рассчитаны идеальные коэффициенты разделения для соответствующих пар газов H_2/O_2 , H_2/N_2 , H_2/CO_2 , H_2/CH_4 . Мембранные композиционные материалы с 10% $LaNi_5$ обладают максимальной селективностью по водороду (188 по H_2/CH_4 , 132 по H_2/CO_2 , 66 по H_2/N_2 и 83 по H_2/O_2).
2. Показано, что электрохимический метод анализа даёт надёжную оценку обратимой водородсорбционной ёмкости. На примере многокомпонентных сплавов, кристаллического $Co_{16,6}Fe_{16,6}Mn_{16,7}Ti_{16,7}Zr_{16,7}V_{16,7}$ со структурой фазы Лавеса $C14$ и аморфного сплава $Fe_{40}Ni_{38}Mo_4V_{18}$, показано, что волнометрический и электрохимический методы равноценны при оценке обратимых водородсорбционных свойств и позволяют получить релевантные данные.
4. Установлено, что при комнатной температуре сплав $Co_{16,6}Fe_{16,6}Mn_{16,7}Ti_{16,7}Zr_{16,7}V_{16,7}$ способен обратимо взаимодействовать с водородом, оцененное значение коэффициента диффузии водорода составило $9,4 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2 \text{ с}^{-1}$. Электрохимический метод удобен при исследовании материалов с относительно низкой ёмкостью по водороду, например, для ано интерметаллидов и водородпроницаемых полимеров, показывающих конкурентные значения селективности и проницаемости при выделении водорода из газовых смесей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что :

1. для экспериментальных работ (результаты получены на сертифицированном оборудовании, обоснованы калибровки, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях и т.п.)
2. теория (построена на известных, проверяемых данных, фактах, в т.ч. для предельных случаев, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации или по смежным отраслям и т.п.)
3. установлено (качественное и/или количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным)

4.использованы (современные методики сбора и обработки исходной информации, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов (единиц) наблюдения и измерения и т.п.)

Личный вклад соискателя состоит в формулировании общей концепции, анализе состояния вопроса по теме работы и постановке задач, составлении плана проведения лабораторных исследований и испытаний, в проведении научных экспериментов на всех этапах работы, в получении, обработке, анализе и обобщении результатов, формулировании выводов, а также в подготовке научных публикаций.

Соискатель представил 60 опубликованных работ, из них 40 в изданиях, входящих в базы WoS и Scopus; 10 в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ; 10 патентов.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Задорожного Владислава Юрьевича полностью соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований широкого круга склонных к взаимодействию с водородом материалов разработаны подходы к формированию неравновесных структур методом механохимического синтеза, что позволило предложить ряд практически важных решений для создания металлгидридных соединений для обратимого хранения водорода и мембранных материалов для очистки водорода. Совокупность научных и практических результатов исследований можно квалифицировать как важное научное достижение в области материаловедения для повышения эффективности и развития водородной энергетики.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Задорожному Владиславу Юрьевичу ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17- «Материаловедение».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 7 человек, участвовавших в заседании, из 7 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 7 человек, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии
28.02.2024 г.

 А.С. Лилеев