

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации *Черникова Дмитрия Романовича «Получение взрывным прессование порошковых материалов системы Ti-Fe с повышенной водородной емкостью»*, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки)

Водородная энергетика имеет большой потенциал для решения глобальных энергетических и экологических проблем. При этом разработка современных систем хранения водорода, отвечающая всем требованиям, является приоритетной задачей, основным путем достижения которых является использование современных технологических операций и формирование интерметаллидной фазы на основе титана и железа.

Диссертационная работа Черникова Д.Р. посвящена актуальной проблеме создания технологического процесса получения водород-аккумулирующих материалов на основе интерметаллидов Ti-Fe с использованием взрывного нагружения и последующей термической обработки.

В диссертации решены следующие основные задачи: исследованы закономерности формирования и фазовый состав интерметаллидов в спрессованных взрывом системы Ti-Fe и при последующей термической обработке; исследованы водородсорбционные свойства полученных материалов и выявлены их оптимальные составы, обеспечивающие максимальные значения обратимой водородной емкости; исследованы особенности поведения полученных материалов при электрохимическом и газовом гидрировании, а также проведено сравнение их свойств со свойствами материалов на основе TiFe и LaNi₅, используемых в настоящее время для аккумуляции водорода.

Практическая значимость полученных Черниковым Д.Р. результатов состоит в разработке технологии получения водородоаккумулирующих материалов системы Fe-Ti путем взрывного прессования смеси порошков титана и железа. В диссертации представлен большой объем экспериментальной работы с применением современных методов исследования.

Новизна и научно-прикладная значимость работы, ее преимущества определяются комплексным и достаточно подробным изучением всех основных этапов создания научно обоснованных технических и технологических решений в области получения водородоаккумулирующих материалов на основе интерметаллидов системы Fe-Ti. Выявлены закономерности формирования структуры системы Fe-Ti при ударно-волновом нагружении и последующей термической обработке, обеспечивающие возможность создания материалов с повышенной обратимой водородной емкостью без активации. Показано, что взрывное прессование обеспечивает равномерную деформацию частиц порошка без струйных течений, смеси порошков Fe и Ti уплотняются до практически беспористого состояния с сохранением исходно фазового состава. Установлено образование метастабильного интерметаллида Ti₂Fe в виде сплошных прослоек между частицами железа и титана за счет локального повышения температуры на границе между частицами, их контактного оплавления с последующей ускоренной кристаллизацией при выращивании температуры по сечению частиц. Показано, что полученные многофазные материалы не требуют активации и имеют более высокую емкость при первичном

гидрировании, чем Ti-Fe. Установлено, что повышенная водородная емкость интерметаллидной фазы Ti_2Fe является обратимой только при определенном содержании титана в составе материалов. Показано превышение уровня Ферми изолированного Ti_2Fe , который обеспечивает повышение концентрации электронного газа в решетке последнего и делает возможным его распад при дегидрировании.

Следует отметить, что все поставленные в работе задачи выполнены в полном объеме и на высоком научном уровне. Каждая из стадий технологического процесса получения водород-аккумулирующих материалов на основе интерметаллидов Ti-Fe проработана, что свидетельствует о *достоверности* результатов.

При чтении автореферата у рецензентов возникли следующие *вопросы*:

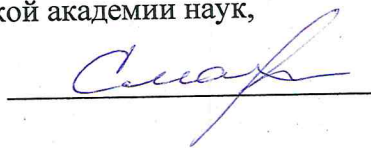
1. В части автореферата, относящийся решению задач для достижения цели указано, что проведены сравнения свойств созданных материалов со свойствами материалов, используемых в настоящее время для аккумуляции водорода. Следовало бы четко указать какие свойства подразумевались под этим термином.
2. Как влияют на физико-механические свойства сплава структурно-фазовые превращения в сплавах системы Ti-Fe при ударно-волновом прессовании и последующей термообработки?

Приведенные вопросы носят уточняющий характер, не затрагивая сути выносимых на защиту выводов и положений диссертационной работы, задачи которой выполнены в полном объеме, и которая заслуживает высокой оценки.

Представляемая работа Черникова Д.Р. является законченным научным исследованием, сочетающим фундаментальные научные результаты и практические разработки. Результаты научных исследований опубликованы в 41 научных работах, в том числе 9 из списка ВАК.

Заключение. Диссертационная работа Черникова Дмитрия Романовича, в которой системно изучены факторы получения водород-аккумулирующих сплавов системы Ti-Fe при использовании метода взрывного прессования, по своей актуальности, научной новизне, уровню выполнения, объему, научной и практической значимости полностью отвечает требованиям п.п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Ведущий научный сотрудник отдела материаловедения
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный
исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской
академии наук» Институт физико-технических проблем Севера им В.П. Ларионова
Сибирского отделения Российской академии наук,
кандидат технических наук,



Махарова Сусанна Николаевна

телефон: 8(4112) 39-06-12;
e-mail: snmachar@yandex.ru

«02» декабря 2025 г.

Специальность: 05.03.06. - Технология и машины сварочного производства

Старший научный сотрудник, и.о. заведующего отдела материаловедения
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный
исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской
академии наук» Институт физико-технических проблем Севера им В.П. Ларионова
Сибирского отделения Российской академии наук,
кандидат технических наук,



Васильева Мария Ильинична

Специальность: 05.02.01-Материаловедение (промышленность)
телефон: 8(4112) 39-05-73;
e-mail: vasileva_mi@mail.ru

«02» декабря 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный
исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской
академии наук» Институт физико-технических проблем Севера им В.П. Ларионова
Сибирского отделения Российской академии наук (ИФТПС СО РАН)

Почтовый адрес организации: 677980, Якутск, ул. Октябрьская, 1, ИФТПС СО РАН;
телефон: 8(4112) 39-06-00;
e-mail: protodyakonova_iptpn@mail.ru;

Подписи С.Н. Махаровой и М.И. Васильевой ЗАВЕРЯЮ:

Ученый секретарь ИФТПС СО РАН
канд. физ.-мат. наук





Н.А. Протодияконова

«02» декабря 2025 г.

« <u>03</u> » ЛИСТОВ	Вх.№ <u>08.СС-65-260</u> « <u>09</u> » <u>12</u> <u>2025</u> г. ВолГТУ
-------------------------	--

с отзывом ознакомлен
 Черников Д.Р.
10.12.2025г.