

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.282.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 26.12.2025 г. № 14

О присуждении Черникову Дмитрию Романовичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Получение взрывным прессованием порошковых материалов системы Ti-Fe с повышенной водородной емкостью»** по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки) принята к защите «24» октября 2025 г. протокол № 08 диссертационным советом 24.2.282.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования РФ, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28 (Приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012 с изменениями (Приказы №154/нк от 15.02.2022 г., № 1326/нк от 22.06.2023 г., № 1140/нк от 25.11.2025 г.).

Соискатель – **Черников Дмитрий Романович**, 25 февраля 1997 года рождения.

В 2020 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации с присвоением квалификации магистр по направлению подготовки «15.04.01 Машиностроение» направленность (профиль) образовательной программы «Технология и оборудование сварочного производства».

С 2020 по 2024 гг. Черников Дмитрий Романович обучался в очной аспирантуре на кафедре «Оборудование и технология сварочного производства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования РФ по направлению подготовки 15.06.01 – Машиностроение.

Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2024 году «Волгоградским государственным техническим университетом» Министерства науки и высшего образования РФ.

В период подготовки диссертации и по настоящее время соискатель работает в должности учебного мастера на кафедре «Оборудование и технология сварочного производства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования РФ.

Диссертация выполнена на кафедре «Оборудование и технология сварочного производства» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Крохалев Александр Васильевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования РФ, кафедра «Технология материалов», профессор.

Официальные оппоненты:

– **Клямкин Семен Нисонович**, доктор химических наук, доцент, гражданин РФ, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (г. Москва), кафедра химической технологии и новых материалов, профессор;

– **Кудияров Виктор Николаевич**, кандидат технических наук, гражданин РФ, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск), Отделения экспериментальной физики Инженерной школы ядерных технологий, доцент,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», – в своем положительном отзыве, составленном профессором кафедры физического материаловедения, доктором технических наук Задорожным Владиславом Юрьевичем, кандидатом физико-математических наук, доцентом Перминовым Александром Сергеевичем и утвержденном проректором по научной работе НИТУ МИСИС, доктором технических наук, профессором Филоновым Михаилом Рудольфовичем, указала, что диссертационная работа Черникова Д.Р. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения и разработки, внедрение которых может внести значительный вклад в повышение конкурентоспособности отечественных производителей водород-аккумулирующих материалов.

В качестве рекомендаций по использованию полученных в работе результатов ведущая организация отмечает, что полученный ряд новых результатов, которые могут представлять значительный интерес для специалистов и организаций, деятельность которых связана с производством материалов для обратимого хранения водорода. Ведущая организация считает, что диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 43 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 38 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 19 работ; 3 статьи, индексируемые наукометрической базой Scopus; 2 патента на изобретение РФ. Общий объем публикаций по теме диссертации 9 печатных листов с объемом авторского вклада 67%.

В диссертации и автореферате отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научной степени работах.

В публикациях соискателя, выполненных в соавторстве с другими исследователями, представлено влияние режимов взрывного нагружения и температур термической обработки на структуру и фазовый состав порошковых материалов системы Ti-Fe с повышенным содержанием титана. Определены водород-сорбционные свойства полученных материалов и выявлены их оптимальные составы, обеспечивающие максимальные значения обратимой водородной емкости.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Использование взрывного прессования и термической обработки для получения материалов на основе метастабильной фазы Ti_2Fe / А.В. Крохалев, Д.Р. Черников, Д.В. Россеин, Ю.А. Мукменев, В.О. Харламов, С.В. Кузьмин, В.И. Лысак // Известия ВолгГТУ. Сер. Сварка взрывом и свойства сварных соединений. - Волгоград, 2024. - № 11 (294). - С. 57-65.

2. Микроструктура и фазовый состав материалов системы "титан-железо", полученных взрывным прессованием и реакционным спеканием / А.А. Крохалев, Д.Р. Черников, В.О. Харламов, Д.В. Россеин, Ю.А. Мукменев, С.В. Кузьмин, В.И. Лысак // Известия ВолгГТУ. Сер. Metallургия. - Волгоград, 2024. - № 7 (290). - С. 7-10.

3. Анализ влияния фазового состава материалов системы "титан-железо" на водородную емкость при первичном гидрировании / А.В. Крохалев, Д.Р. Черников, В.О. Харламов, О.О. Тужиков, С.В. Кузьмин, В.И. Лысак // Известия ВолгГТУ. Сер. Metallургия. - Волгоград, 2023. - № 7 (278). - С. 7-13.

4. Анализ влияния фазовых составляющих на водородную емкость материалов системы «титан-железо» / А.В. Крохалев, Д.Р. Черников, В.О. Харламов, О.О. Тужиков, С.В. Кузьмин, В.И. Лысак // Известия ВолгГТУ. Сер. Проблемы

материаловедения, сварки и прочности в машиностроении. - Волгоград, 2023. - № 6 (277). - С. 47-51.

На диссертацию и автореферат поступило 14 отзывов (все положительные):

Отзывы поступили от: д.т.н., доц., проф. научно-образовательного центра «Конструкционные и функциональные материалы» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» **Горунова А.И.**; д.ф.-м.н., проф., зав. каф. «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» **Амосова А.П.**, д.т.н., ведущего научного сотрудника лаборатории ударно-волновых процессов ФГБУН «Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова РАН» **Первухиной О.Л.**; д.т.н., доц., главного научного сотрудника лаборатории микромеханики материалов ФГБУН «Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова УрО РАН» **Пугачевой Н.Б.**; д.т.н., ведущего научного сотрудника научного управления, проф. каф. «Современные специальные материалы» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова» **Иванова С.Г.** и к.т.н. доц. каф. «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова» **Гурьева М.А.**; д.т.н., доц., проф. каф. инженерии материалов ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» **Русинова П.О.**; д.т.н., проф. каф. механики материалов и конструкций ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» **Каченюка М.Н.**; д.т.н., проф., научного руководителя ООО «Битруб Интернэшнл» **Первухина Л.Б.**; д.т.н., проф., проф. каф. «Автомобили и транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» **Гасанова Б.Г.**; к.т.н., доц., зав. каф. «Технологии металлов» МОУ ВО «Белорусско-российский университет» **Якубовича Д.И.** и доцента той же кафедры к.т.н. **Лозикова И.А.**; к.х.н., с.н.с. лаборатории высокоэнтропийных сплавов ФГБУН «Институт металлургии имени академика Н.А. Ватолина УрО РАН» **Сидорова Н.И.**; к.т.н., ведущего научного сотрудника отдела материаловедения ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН» «Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН» **Махаровой С.Н.** и к.т.н., с.н.с., и.о. зав. отдела материаловедения **Васильевой М.И.**; д.т.н., зам. ген. дир. НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей» **Леонова В.П.** и к.т.н. **Малинкиной Ю.Ю.**; к.т.н., с.н.с. ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» **Федораева И.И.**

В отзывах отмечается актуальность темы диссертации, практическая и научная значимость работы, новизна полученных результатов и делается заключение о том, что соискатель заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

В отзывах содержатся следующие критические замечания: на рис. 13 представлено влияние содержания титана на водородную емкость. Было бы полезно уточнить, для каких именно условий (газовое или электрохимическое гидрирование) сняты эти зависимости, так как в тексте описаны оба метода; в выводах (стр. 18) утверждается об отсутствии необходимости активации материала. Возможно ли сохранить это свойство после длительного циклирования (сотни циклов) и при каких условиях возможно начало процессов пассивации поверхности?; не указана газовая атмосфера и ее давление при спекании порошковых материалов; не приведены используемые режимы ударно-волнового прессования, хотя они именно определяют структурные особенности компактов (например, формирование беспористого соединения, равномерная деформация или структурные течения); представлены результаты исследований по сравнению зарядно-разрядной характеристики разработанного материала с используемыми в настоящее время $\text{TiFe}+\text{Mn}$ и LaNi_5 . Соответственно, что помешало автору провести аналогичные сравнительные испытания по определению максимальной водородной емкости методом реактивного шарового помола?; не указана дисперсность исходных порошков и как она влияет на технологию прессования взрывом, а также свойства полученного материала, качество и режимы прессования взрывом; не указано, определяли ли в работе пористость прессовок после формования и спекания (см. рис. 6, 7, 9) и оценили ли влияние кислорода, захлопнутого в порах и содержащегося в порошках и в среде спекания, на структуру и свойства полученного материала с учетом высокого сродства титана и кислорода; при оценке эффективных значений растворимости водорода следовало бы указать влияние химического потенциала его атомов не только на градиент концентрации водорода, но и на градиент поверхностного давления в порах; в части автореферата, относящейся к 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; не указано, как влияют на физико-механические свойства сплава структурно-фазовые превращения в сплавах системы Ti-Fe при ударно-волновом прессовании и последующей термообработке?; за счет чего водородная емкость вторичных фаз $\beta\text{-Ti}$ и Ti_2Fe выше основной фазы TiFe ?; были ли произведены натурные исследования данного материала в установках водородной энергетики, например, в качестве аккумулятора водорода?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается требованиями, изложенными в п. 22, 24 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в ред. от 26.10.2023 г.), высокой научной квалификацией специалистов, имеющих научные работы по тематике диссертационного исследования. Выбор ведущей организации

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» обусловлен ее широкой известностью в области материаловедения, фундаментальных, поисковых и прикладных исследований для создания обработки и использования композиционных материалов. Сведения о наличии в ведущей организации ученых и специалистов по тематике диссертации подтверждаются списком их публикаций (за последние 5 лет) в рецензируемых изданиях из перечня ВАК при Минобрнауки РФ, размещенном на сайте организации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен новый научный подход к формированию многофазных интерметаллидных сплавов системы Ti-Fe, базирующийся на определении взаимосвязи между составом порошковых смесей, параметрами их взрывного нагружения и последующего спекания с образованием в их структуре метастабильного интерметаллического соединения Ti_2Fe , который дает возможность увеличить показатели водородной ёмкости и устранить необходимость в активации сплава для начала процесса поглощения водорода;

показано, что появление жидкой фазы при температуре спекания $1100^{\circ}C$ обеспечивает возможность зарождения и роста зерен как стабильного TiFe, так и метастабильного Ti_2Fe интерметаллидов, а также эвтектического превращения $L \rightarrow TiFe + \beta-Ti(Fe)$ при охлаждении, что приводит к формированию двух- (TiFe + Ti_2Fe) или трехфазных (TiFe + Ti_2Fe + $\beta-Ti(Fe)$) структур.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: *применительно к проблематике диссертации результативно использованы* методы решения обратных задач математического моделирования кинетики гидрирования, обеспечившие возможность определения растворимости водорода и коэффициента его диффузии по данным о поглощении водорода поверхностными слоями монолитных образцов, и методы статистического анализа данных по водородной ёмкости материалов, позволившие выявить и количественно описать взаимосвязь водород-сорбционных свойств с их фазовым составом.

показано, что увеличение общей водородной ёмкости материалов системы Ti-Fe при первичном гидрировании обусловлено появлением в их структуре при содержании Ti больше 50 ат.% вторичных фаз - $\beta-Ti$ и Ti_2Fe , водородная ёмкость которых выше, чем у основной фазы TiFe;

доказано, что повышенная водородная ёмкость интерметаллидной фазы Ti_2Fe является обратимой только при общем содержании титана в составе материалов менее 67...67,5 ат. %. В этих условиях общий уровень Ферми фаз материала превышает уровень Ферми изолированного Ti_2Fe , что обеспечивает повышение концентрации электронного газа в решетке последнего, снижение

термодинамической стабильности соответствующего гидрида и делает возможным его распад при дегидрировании.

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

показано, что наличие в составе метастабильного интерметаллида Ti_2Fe приводит к устранению необходимости проведения активации материала как при его использовании в качестве отрицательного элемента Ni-MH аккумуляторов, так и в условиях гидрирования в газовой фазе, что обеспечивает ряд технологических преимуществ по сравнению с традиционно используемыми материалами на основе $TiFe$ и $LaNi_5$;

разработаны на уровне изобретения состав и способ получения сплавов для обратимого хранения водорода с использованием взрывного нагружения и последующего реакционного спекания, позволяющие сформировать многофазную структуру из интерметаллических соединений с максимальной обратимой емкостью 2,16 мас.% H, что существенно превышает аналогичные показатели для $TiFe$ и $LaNi_5$.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что полученные в работе научные результаты базируются на применении современных методов исследований с использованием математического моделирования, необходимым и достаточным количеством экспериментального материала для корректной статистической обработки, совпадением результатов теоретических расчетов и экспериментально полученных данных.

Личный вклад соискателя состоит в анализе выполненных ранее исследований по данной тематике; непосредственном участии в разработке методики экспериментов, а также их выполнении; анализе результатов исследований процессов формирования структуры и свойств многофазных интерметаллидных сплавов системы Ti-Fe; формулировке выводов; разработке рекомендаций по технологии получения водород-аккумулирующего материала системы Ti-Fe с использованием взрывного нагружения и последующего спекания.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: не ясно, можно ли получить представленные в работе результаты по фазовому составу, структуре и водородсодержательным свойствам, не используя взрывное прессование порошков, а только лишь консолидацию с использованием традиционного прессования и реакционное спекание при нагреве до температур межкритических интервалов; для одной и той же фазы на основе Ti приписываются разные наименования (твердый раствор, интерметаллическое соединение) и обозначения – $\beta-Ti$ и Ti_4Fe ; не ясно, различаются ли кинетические характеристики процессов гидрирования и водородная емкость полученных взрывным прессованием

и спеканием монокристаллических материалов и соответствующие характеристики порошков, полученных в результате дробления этих материалов.

Соискатель Черников Д.Р. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 26.12.2025 г. диссертационный совет 24.2.282.02 принял решение за новые научно обоснованные технологические разработки в области получения водород-сорбционных сплавов на основе интерметаллических соединений системы Ti-Fe, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Черникову Д.Р. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет.

Председатель
диссертационного совета

Лысак Владимир Ильич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Хаустов Святослав Викторович

26.12.2025

