

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук Черникова Дмитрия Романовича

«Получение взрывным прессованием порошковых материалов системы Ti-Fe с повышенной водородной емкостью», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. - Материаловедение (технические науки)

Актуальность работы, направленной на создание недорогих, компактных, малогабаритных, безопасных и эффективных систем хранения водорода, работающих при комнатной температуре при низком давлении, не вызывает сомнений. Автором принят наиболее безопасный и эффективный способ решения этой задачи: использование гидридообразующих интерметаллидов, таких как TiFe.

Актуальность выбранной темы диссертационного исследования подтверждается её выполнением в рамках гранта фундаментальных и прикладных научных исследований, выполняемые молодыми учеными ВолГТУ № 6/464-22.

Автором поставлена цель на основе исследования основных закономерностей формирования структуры и свойств водород-аккумулирующих материалов системы Ti - Fe при взрывном прессовании и последующей термической обработке создать технологический процесс их получения с повышенным содержанием титана.

Наиболее важные результаты диссертации, отличающиеся научной новизной.

В работе установлено, что для получения высоких содержаний Ti_2Fe в структуре материалов системы Ti-Fe необходимо использование режимов взрывного прессования смесей порошков титана и железа, обеспечивающих равномерную деформацию частиц порошка без струйных течений, при которых смеси порошков Fe и Ti уплотняются до практически беспористого состояния и сохраняют исходный фазовый состав. В этом случае и последующем реакционном спекании в межкритическом интервале температур (реакционное спекание в присутствии жидкой фазы), обеспечивается полное протекание реакционного взаимодействия исходных компонентов порошковой смеси и формирования структуры с максимальным содержанием Ti_2Fe при минимальном содержании $\beta-Ti$.

Автором определена оптимальная температура спекания $1100^{\circ}C$, при которой жидкая фаза является одной из равновесных фаз на диаграмме состояния системы Ti - Fe. В результате контактного плавления по границам частиц титана и железа и роста в жидкой фазе интерметаллидов TiFe и Ti_2Fe , а также протекающего при охлаждении (при содержании титана более 59 ат.%) эвтектического превращения: $L \rightarrow TiFe + \beta-Ti(Fe)$ - исходные Ti и Fe полностью растворяются и формируются двух- ($TiFe + Ti_2Fe$) или трехфазные ($TiFe + Ti_2Fe + \beta-Ti(Fe)$) структуры.

Показано, что прослойки Ti_2Fe сохраняют свою стабильность до температуры $500^{\circ}C$ и растворяются при более высокой температуре за счет диффузии между сохранившимися в структуре участками Ti и Fe с образованием четырехфазных диффузионных слоев $Fe_2Ti - TiFe - Ti_2Fe - \beta-Ti(Fe)$.

Показано, что полученные многофазные материалы не требуют активации и имеют более высокую емкость при первичном гидрировании, чем TiFe.

Установлено, что повышенная водородная емкость интерметаллидной фазы Ti_2Fe является обратимой только при общем содержании титана в составе материалов менее

67...67,5 ат. %. Показано, что 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.

Новизна способа получения материала для абсорбции и десорбции водорода подтверждается 2 патентами РФ.

На основании результатов проведенных исследований автором даны практические рекомендации по выбору состава и получению водород-аккумулирующих сплавов системы Ti-Fe с повышенным содержанием Ti. Предложенный состав и технология позволяют устранить необходимость активации материала с одновременным увеличением его емкости на 44% и уменьшением стоимости сырья для производства в 3,6 раза (по сравнению с $LaNi_5$).

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современного технологического и аналитического оборудования и апробированных, устоявшихся методов исследования и обработки экспериментальных данных.

Результаты исследований Черникова Д. Р. опубликованы в рецензируемых научных журналах рекомендованных ВАК и в журналах, индексируемых в Scopus. Работа прошла апробацию на всероссийских и международных конференциях.

Вопросы и замечания по автореферату:

1. Качество и режимы прессования взрывом, по-видимому, зависят от дисперсности порошков. В автореферате не указана дисперсность исходных порошков и как она влияет на технологию прессования взрывом, а также свойства полученного материала.

Отмеченные замечания носят частный характер и не снижают высокой научной значимости и практической ценности диссертационной работы «Получение взрывным прессованием порошковых материалов системы Ti-Fe с повышенной водородной емкостью», которая является законченной научной работой, отвечающей требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Российской Федерации (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Черников Дмитрий Романович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности: 2.6.17. - Материаловедение (технические науки).

Я, Первухин Л. Б. даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой Черникова Дмитрия Романовича, и их дальнейшую обработку.

Первухин Леонид Борисович *Лер. 10.12.2025*
доктор технических наук (специальность 01.04.17 «Химическая физика, в том числе физика горения и взрыва»), профессор, научный руководитель ООО "Битруб Интернэшнл", 141292, г. Красноармейск, Московской обл., пр. Испытателей 21, пом.18.

Тел. + 7-496-588-01-08, E-mail: bitrub@mail.ru

Подпись Первухина Леонида Борисовича удостоверяю

Генеральный директор

Т. А. Шишкин



« 02 » ЛИСТОВ	Вх. № 08, СС-65-270 « 19 » 12 2025 г. ВоляГТУ
------------------	---

С отзывом ознакомлен
Черников Д.Р.
22.12.2025г