

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Черникова Дмитрия Романовича
«ПОЛУЧЕНИЕ ВЗРЫВНЫМ ПРЕССОВАНИЕМ 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 привлекает все большее внимание человечества, так как при сгорании водорода высвобождается большое количество энергии и образуется вода без выделения каких-либо вредных газов, что дает водородной энергетике много преимуществ перед традиционной энергетикой. Однако эта чистая энергетика еще далека от широкого практического применения из-за нерешенности целого ряда проблем, среди которых важное место занимает проблема создания недорогих, малогабаритных, безопасных и эффективных систем хранения водорода, работающих при комнатной температуре при низком давлении. К одним из наиболее безопасных и эффективных методов решения этой проблемы относится использование материалов на основе титана, в том числе интерметаллидов системы Ti-Fe. Показано, что сплавы системы Ti-Fe, содержащие в своем составе фазы Ti_2Fe и $\beta-Ti(Fe)$, не требуют активации для начала работы и имеют повышенную водородную емкость по сравнению со сплавами, содержащими только интерметаллид TiFe. Однако в настоящее время остается практически не изученной возможность применения простого ресурсосберегающего подхода, заключающегося во взрывном прессовании порошковых материалов на основе титана и железа в сочетании с последующим реакционным спеканием для получения сплавов системы Ti-Fe, содержащих в своем составе значительное количество метастабильной фазы Ti_2Fe .

В связи с этим не вызывает сомнения актуальность диссертационной работы Д.Р. Черникова, посвященной решению задачи создания технологического процесса получения материалов системы Ti – Fe с повышенной водородной емкостью с использованием взрывного нагружения порошковых смесей титана и железа на основе исследования основных закономерностей формирования их структуры и свойств при взрывном прессовании и последующей термической обработке.

При решении указанной задачи диссертант получил ряд новых важных научных результатов. Показано, что на режимах взрывного прессования, обеспечивающих равномерную деформацию частиц порошка без струйных течений, смеси порошков Fe и Ti уплотняются до практически беспористого состояния и сохраняют фазовый состав, соответствующий составу исходной порошковой смеси. Установлено, что при прессовании порошков Fe и Ti на режимах с локализованной пластической деформацией и струйными течениями материала частиц, наблюдается образование метастабильного интерметаллида Ti_2Fe 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 выравнивании температуры по сечению частиц. Показано, что прослойки Ti_2Fe сохраняют свою стабильность до температуры 500°C и растворяются при более высокой температуре за счет диффузии между сохранившимися в структуре участками Ti и Fe с образованием четырехфазных диффузионных слоев $Fe_2Ti - TiFe - Ti_2Fe - \beta-Ti(Fe)$. Установлено, что в результате термической обработки в межкритическом интервале температур (при 1100°C) прессовок, полученных на режимах с деформацией частиц без струйных течений и состоящих из Ti и Fe, за счет контактного плавления, роста в жидкой фазе TiFe и Ti_2Fe , а также эвтектического превращения при охлаждении: $L \rightarrow TiFe + \beta-Ti(Fe)$ – исходные Ti и Fe полностью растворяются и формируются двух- ($TiFe + Ti_2Fe$) или трехфазные ($TiFe + Ti_2Fe + \beta-Ti(Fe)$) структуры. Показано, что 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.

Практическая значимость работы заключается в создании научно обоснованных технических и технологических решений в области получения водородоаккумулирующих материалов на основе интерметаллидов системы Ti-Fe, базирующихся на выявленных общих закономерностях формирования их структуры при ударно-волновом нагружении и последующей термической обработке, и обеспечивающих возможность создания материалов с повышенной обратимой водородной емкостью, не требующих активации. Результаты исследований легли в основу разработки способа получения материала для абсорбции и десорбции водорода (пат. РФ № 2793680, пат. РФ № 2830799), который может быть рекомендован для использования в энергетическом машиностроении.

Наряду с этим имеются и замечания по содержанию автореферата:

1. Не указан химический состав и размеры частиц исходных порошковых материалов.
2. Не указан состав исходных порошковых смесей, результаты исследований которых представлены на рисунках 1, 2, 4-7.
3. Не указана газовая атмосфера и ее давление при спекании порошковых материалов.
4. Небрежно представлена математическая модель на основе закона Фика на странице 14: в граничном условии при $x=0$ не указан градиент концентрации, а в граничном условии $x=S$ не пояснено значение S .

Однако, высказанные замечания не снижают ценность работы. В целом, диссертация представляет собой законченную работу, содержащую новые результаты, имеющие научную и практическую значимость. Рассматриваемая работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор, Черников Дмитрий Романович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Автор отзыва дает согласие на обработку персональных данных.

Заведующий кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктор физико-математических наук (1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества), профессор

Амосов
Александр Петрович

Тел. (846) 242-28-89. E-mail: egundor@yandex.ru.
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, главный корпус.

13.11.2025

Подпись А.П. Амосова удостоверяю
Проректор по научной работе ФГБОУ ВО «СамГТУ»
доктор технических наук, доцент



А.В. Еремин

« 01 » ЛИСТОВ	Вх. № 08. СС-65-177 « 24 » 11 2025 г. ВолгГТУ
------------------	---

С отзывом ознакомлен
Директор Черников Д.Р. 3.12.2025