

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию Яценко Игоря Владимировича «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез керамико-металлических композиционных порошков на основе карбида титана и железа», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Диссертационная работа Яценко И.В. направлена на исследование протекания горения в процессе синтеза композиционных порошковых материалов на основе карбида титана и железа методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Композиционные порошки такого состава обладают комплексом полезных свойств и находят широкое применение во многих сферах промышленности. В виду ограниченного ресурса вольфрамового сырья особенно актуально применение предложенных автором композиционных материалов в качестве альтернативы твердым сплавам на основе карбида вольфрама. При этом применения композиционных порошков и материалов на основе Fe-TiC не ограничиваются возможной заменой твердых сплавов. Порошки керметов традиционно считаются лучшими для магнитно-абразивной обработки, а методами порошковой металлургии возможно получение карбидосталей, занимающих по своим свойствам промежуточное положение между твердыми сплавами и быстрорежущими сталью и обладающим соответствующим комплексом полезных свойств. Тема диссертационной работы Яценко И.В. является актуальной, представляет несомненный научный интерес, а результаты исследований могут быть перспективны для промышленного внедрения.

В работе предложены два способа получения порошка композиционного материала на основе Fe-TiC методом СВС. Следует отметить научную новизну исследований по каждому из предложенных способов. К числу наиболее существенных результатов, обладающих элементами новизны необходимо отнести следующие:

- подробно в широком диапазоне соотношений компонентов исследован процесс синтеза гранул композита состава Fe-Al-Fe<sub>3</sub>Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC. Определен и защищен патентом РФ (№ 2015 113 673, 2015, Бюл. № 31) состав реакционной гранулированной шихты.

- теоретически и экспериментально исследована возможность восстановления железа из его оксида твердым углеродом в виде сажи и графита в режиме сопряжения с СВС-процессом синтеза карбида титана.

- исследовано влияние применяемой модификации углерода и марки порошка титана на параметры процесса горения и формирование продуктов реакции в системе (Ti+C)+x(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+3C).

- разработан способ получения высокопористой легкоразмольной массы порошка композита Fe-TiC при сжигании порошковой смеси (Ti+C)+x(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+3C).

Перед проведением эксперимента автором были выполнены термодинамические расчеты исследуемых процессов. Расчеты были дополнительно проверены при помощи программы Thermo, разработанной в Институте структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН. Результаты расчетов показали высокую сходимость между собой, а также с экспериментальными данными, что, наряду с использованием современного оборудования и методов исследования, говорит о достоверности полученных результатов.

Предложенные автором способы синтеза композита позволяют получать продукт реакции в виде легкоразмольной массы, что упрощает процесс размола для получения порошка по сравнению с известными аналогами. Применение СВС в обоих способах получения композита наряду с использованием в качестве источника железа его оксидных соединений (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и окалина), а не чистого порошка железа, говорит о вероятной экономической привлекательности предложенных методов получения композитов.

В качестве основных результатов диссертационного исследования можно отметить следующие:

- установлен механизм образования гранул композита Fe-Al- $Fe_3Al-Al_2O_3-TiC$  при совместном сжигании гранул (Ti+C) и ( $Fe_2O_3+Al$ ) путем пропитка твердых гранул синтезируемого карбида титана жидкими продуктами термитной реакции;
- определены оптимальные составы реакционных шихт для обоих способов получения композита. Для гранулированной шихты оптимальным содержанием гранул ( $Fe_2O_3+2Al$ ) в исходной шихте является 50 %, для порошковой шихты максимальное оптимальное содержание ( $Fe_2O_3+3C$ ) для получения чистого продукта составило 25 %;
- твердый углерод в виде сажи (технического углерода) или графита может быть использован для восстановления железа из его оксида в условиях протекания СВС процесса;
- в результате горения порошковой шихты (Ti+C)+x( $Fe_2O_3+3C$ ) за счет значительного газовыделения образуется высокопористая легкоразмольная масса порошка композита Fe-TiC. Для предотвращения спекания продукта не требуется дополнительная операция гранулирования перед сжиганием;
- показана возможность использования полученных композитных порошков в качестве покрытий методами газотермического напыления.

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования Яценко И.В. заключается в разработке способов синтеза (в т.ч. в выполнении необходимых расчетов, разработке рецептур реагентов) композиционного материала на основе Fe-TiC в виде легкоразмольного агломерата гранул определенного размера или в виде легкоразмольной порошковой массы.

Практическая значимость результатов работы заключается во внедрении результатов исследований в научный процесс ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», в применении полученных композитных порошков в качестве покрытий, наносимых методами газотермического напыления, а также в преимуществах

предложенных способов получения композиционных порошков перед известными способами, а именно:

- применение способа СВС (в отличие от современных промышленных способов производства методами порошковой металлургии);
- получение материала в виде легкоразрушимого агломерата гранул или легкоразмольной массы;
- использование в качестве источника железа оксидного сырья;
- использование наиболее дешевого восстановителя железа - углерода.

Благодаря отмеченным преимуществам предложенные способы выглядят перспективными для организации их промышленного производства и применения.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию в том числе на международных научно-технических конференциях. Соискатель имеет 10 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 2 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 статья в журнале, входящем в международную базу Scopus, 1 статья в журнале из базы РИНЦ и 1 патент на изобретение.

Положения и выводы диссертации Яценко И.В. являются новыми и убедительно обоснованными. Опубликованные автором научные труды по данной теме достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Наряду с несомненными достоинствами, к работе можно высказать определенные замечания:

1. Так как в работе указывается экономическая эффективность предложенных способов синтеза, следовало привести оценку стоимости синтезированных автором материалов и стоимость получения подобных материалов другими способами.

2. Не разработан технологический процесс производства предложенных порошковых материалов.

3. На некоторых фотографиях микроструктуры отсутствует идентификация фаз.

4. Очень подробные термодинамические расчеты. Возможно сократить раздел.

Указанные замечания не снижают высокого уровня диссертации Яценко И.В., которая представляет собой завершенную научно-квалификационную работу.

Считаю, что диссертация отвечает требованиям пункта 9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Яценко Игорь Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Официальный оппонент,  
старший научный сотрудник  
НИИ прикладной математики  
и механики Томского государственного  
университета, доктор технических наук

Зиатдинов  
Мансур  
Хузиахметович  
23.01.18

Телефон: 8 (913) 8546966. E-mail: [ziatdinovm@mail.ru](mailto:ziatdinovm@mail.ru).  
634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 36, стр. 27

Подпись Зиатдинова М.Х. заверяю.  
Ученый секретарь НИИПММ ТГУ, к.ф-м.н.

И.В. Еремин

