

## **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

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Полезные свойства композиционных материалов на основе тугоплавкой составляющей и металлической связки, а также преимущества метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) для их получения широко известны, а исследованиями в данной области занимаются ученые по всему миру. На фоне дефицита вольфрамового сырья предложенные автором композиционные материалы на основе карбида титана и железа перспективны для замены твердых сплавов на основе карбида вольфрама. Известно достаточно много способов получения композиционных материалов на основе карбида титана и железа. Однако, кроме производства сплавов КТ и КНТ по классической технологии, ни один из описанных способов не получил промышленного применения в России, отсутствует производство сплавов состава Fe-TiC и в том числе карбидосталей. Более того, постоянный поиск новых способов получения композиционных керамико-металлических материалов может говорить об определенных недостатках известных методов. В последнее время наблюдается тенденция к поиску энергосберегающих способов, когда композиционный материал получают при помощи химических реакций, в том числе реакций самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Особый интерес представляет поиск способов получения материала сразу в виде порошка или легкоразрушимого агломерата, что позволит снизить затраты на операцию измельчения продукта в порошок. Диссертация

Яценко И.В. посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию горения в процессе синтеза материалов на основе Fe-TiC методами СВС, а также анализу полученных образцов и исследованию возможности их применения. Актуальность работы Яценко И.В. не вызывает сомнений.

### **Новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций**

В работе впервые получены следующие научные результаты:

- впервые исследованы закономерности синтеза керамо - металлических материалов на основе карбида титана и железа с использованием смесей гранулированных порошков;
- определены оптимальные размеры гранул и оптимальный состав реакционной шихты для получения материалов с заданным составом и физико-механическими свойствами;
- показана возможность восстановления железа из его оксида твердым углеродом в виде сажи и графита в режиме сопряженных реакций, определены закономерности и пределы горения для различных составов;
- изучено влияние применяемых модификации углерода и титана на скорость и температуру горения, а также на формирование конечных продуктов в системе  $(\text{Ti}+\text{C})+x(\text{Fe}_2\text{O}_3+3\text{C})$ ;
- впервые разработаны составы исходных смесей порошков титана, углерода, алюминия и оксида железа (3) для получения легко-размольных конечных продуктов на основе композита Fe - TiC.

### **Значимость для науки и производства полученных результатов**

Полученные в диссертационной работе результаты представляют несомненную теоретическую и практическую ценность.

В результате проведенных исследований разработаны рецептуры реакционных шихт и способы получения композиционных материалов в виде



легко-разделимого агломерата гранул определенного размера или в виде легко-размольной порошковой массы, что значительно упрощает операцию размола для получения порошка композита. Данные свойства в лучшую сторону отличают синтезируемые материалы от получаемых другими методами слитков и «спеков» композиционных материалов, размол которых для получения порошка весьма затруднителен.

Еще одним преимуществом предложенных способов синтеза композита является использование в качестве источника железа более дешевого оксидного сырья вместо чистого элементного порошка.

Значимость работы также подчеркивает внедрение результатов исследований в научный процесс ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», а также применение полученных композитных порошков в качестве покрытий методами газотермического напыления.

Полученные результаты могут быть использованы в различных отраслях машиностроения для создания новых материалов, обладающих высокими эксплуатационными свойствами.

Практическая значимость работы подтверждена также патентом Российской Федерации № 2015113673, 2015. Бюл. № 31.

**Степень обоснованности и достоверности каждого научного  
положения, выводов и заключения соискателя, содержащихся в  
диссертации**

Достоверность полученных результатов диссертационной работы подтверждается использованием современного оборудования и аттестованных методик исследований, значительным количеством экспериментальных данных и применением статических методов обработки результатов, сопоставлением полученных результатов с результатами других авторов. Положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, имеют достаточно высокую степень научной обоснованности и не вызывают сомнений. Прежде всего, это обеспечивается самим подходом к

исследованию. Автор диссертации правильно сформулировал цели и задачи своей работы и, судя по содержанию диссертации и автореферата, их выполнил.

### **Общая характеристика диссертационной работы.**

Диссертационная работа Яценко Игоря Владимировича состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 118 наименований. Диссертация изложена на 168 страницах машинописного текста и содержит 113 рисунков, 21 таблицу и 2 приложения.

В первой главе диссертации приведен обзор научной литературы, в котором отражено современное состояние исследований в рассматриваемой области, определены цель и задачи работы.

Во второй главе приведены методики проведения экспериментов, описаны методы исследований, произведен выбор материалов.

Третья глава диссертации посвящена термодинамическим расчетам процессов синтеза композиционного материала из гранулированной шихты  $(2Al+Fe_2O_3)+(Ti+C)$  и порошковой шихты  $(Fe_2O_3+3C)+(Ti+C)$ . Особое внимание следует обратить на подтверждение расчетом возможности восстановления железа из его оксида углеродом за счет тепловыделения реакции образования карбида титана.

В четвертой главе исследован процесс синтеза гранул композита состава  $Fe-Al-Fe_3Al-Al_2O_3-TiC$ , изучен механизм процесса, определены оптимальные размеры гранул реагентов и оптимальный состав реакционной шихты, защищенный патентом РФ № 2015 113673, 2015. Бюл. № 31.

В пятой главе впервые экспериментально подтверждена возможность восстановления железа из его оксида твердым углеродом в режиме сопряжения с СВС - процессом синтеза карбида титана, исследован процесс и определены параметры горения, проанализированы продукты реакции.

В шестой главе рассмотрен вопрос практического применения синтезированных материалов, а также представлено сравнение



синтезируемых порошков между собой и с композитом Fe - TiC, получаемым известным СВС - методом из элементных порошков Fe, Ti, C.

Далее формулируются основные результаты проведенных исследований, выводы, приводятся список использованных источников и приложения.

### **Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертации**

Выполнены все требования, предъявляемые к диссертации. Структура автореферата и диссертации содержит необходимые разделы, и они соответствуют друг другу. Диссертация Яценко И.В. представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком профессиональном уровне. Подробно проведен литературный обзор всех значимых публикаций, относящихся к заданной теме диссертации. Проведен анализ этих публикаций, правильно установлены задачи исследования, выбраны исследуемые составы и методы их исследования. Основные результаты соискателя опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК, в том числе за рубежом, доложены на всероссийских и международных конференциях. Диссертация написана ясным грамотным языком, хорошо иллюстрирована.

### **Основные достоинства и недостатки по содержанию диссертации**

Особо следует отметить высокий научный уровень работы. Все успешные научные положения отмечены выше. Значение выполненной диссертации большое, поскольку в ней выполнен ряд научных и практических задач.

Вместе с тем необходимо указать на некоторые недостатки работы, ее спорные положения, побуждающие к дискуссии.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Автор подробно приводит несколько вариантов термодинамических расчетов, хотя достаточно было бы привести результаты расчетов по

программе «Термо», применимость которой подтверждена в течение последних нескольких десятков лет.

2. Среди характеристик синтезируемых порошков не указана их насыпная плотность.
3. В тексте диссертации отсутствуют ссылки на работы [108], [116] и [117].
4. Автор часто употребляет такие термины, как продукт «худшего» качества не приводя его состава или «влияние дисперсности», «увеличение дисперсности» хотя есть более принятый в теории горения термин – «размер частиц».
5. Также наряду с фразой «...использование реакции восстановления железа из оксида твердым углеродом (алюминием)» автор часто применяет в диссертации и в автореферате фразу: «...использование реакции восстановления железа твердым углеродом (алюминием)», которая имеет неопределенный смысл.
6. В главе 5 (п 5.4) автор приводит результаты исследований по влиянию давления формования реакционной шихты на процесс горения и формирования продуктов. При этом приводятся результаты исследования по сжиганию реакционной шихты с различной степенью уплотнения (насыпная плотность, уплотнение от руки и уплотнение на гидравлическом прессе). Проще и информативнее было бы привести результаты исследования по сжиганию реакционной шихты с различной плотностью, рассчитанной для всех указанных вариантов.
7. В главе 5 (п 5.6) автор приводит результаты исследований по возможности использования железной окалины в качестве источника железа. При этом не указан состав и название производства, на котором получена эта окалина. Как правило, окалина содержит большое количество примесей железа, марганца, никеля, различных оксидов и т.д., существенным образом влияющих, как на процесс горения, так и на



состав конечных продуктов. В связи с этим не очень обоснованным выглядит пункт 8 представленных в заключение выводов.

8. В диссертации автор приводит большое количество фотографий порошков исходных реагентов и конечных продуктов без их состава, который является важным параметром, влияющим на процесс горения и формирования состава конечных продуктов.
9. Для оценки покрытий использованы только качественные методы. Следовало также определить количественные показатели качества покрытий.
10. В диссертации автор пишет об эффективности разработанного им способа. Однако в работе не приведена оценка экономической эффективности этого метода по сравнению с каким либо из известных способов получения композиционных материалов.

### **Заключение**

Однако отмеченные недостатки не снижают теоретической и практической значимости выполненных Яценко И.В. исследований, а полученные в диссертации результаты соответствуют поставленной цели.


В целом диссертационная работа Яценко И.В. представляет собой научно - квалификационную работу, в которой содержится решение задачи получения пористого легко - разрушаемого композиционного материала на основе карбида титана и железа методом СВС, имеющей большое значение для химической физики горения и взрыва.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Полученные научные результаты диссертации представлены в 10 опубликованных работах, в том числе в 4 статьях, 5 тезисах конференций и 1 патенте РФ.

Диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и соответствует

специальности 01.04.17 –Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, а ее автор, Яценко Игорь Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по этой специальности.

Официальный оппонент,  
ведущий научный сотрудник,  
лаборатория №5 «Жидкофазных СВС – процессов и литых материалов»  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки ИСМАН,  
доктор технических наук

  
В. А. Горшков  
29.01.18

Специальность, по которой защищена докторская диссертация:

01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Подпись В.А.Горшкова заверяю:  
Ученый секретарь ФГБУН ИСМАН,  
Кандидат физ.-мат. наук



  
О.К. Камынина

Горшков Владимир Алексеевич, д.т.н., ФГБУН Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г.Мержанова Российской академии наук (ИСМАН); ул. Академика Осипьяна, д.8, г. Черноголовка, Московская область, 142432, сл.тел., 8-(49652)-46-234

E – mail: isman@ism.ac.ru

E – mail: gorsh@ism.ac.ru

Тел. 8(963)954-13-46