

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.092.01 НА БАЗЕ ФГБУН  
ИНСТИТУТА СТРУКТУРНОЙ МАКРОКИНЕТИКИ И ПРОБЛЕМ  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от **4 июня 2014 г.** протокол **№ 6**

О присуждении Кочеткову Роману Александровичу ученой степени кандидата физико-математических наук. Диссертация «Механизмы и закономерности горения гранулированных смесей на основе титана в потоке инертного и активного газов» по специальности 01.04.17 - «химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» принята к защите «25» марта 2014 года, протокол № 4 диссертационным советом Д 002.092.01 на базе ФГБУН Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (142432, Россия, Московская область, г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 8, Приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012).

**Соискатель Кочетков Роман Александрович**, 1988 года рождения, гражданство РФ, младший научный сотрудник лаборатории горения дисперсных систем № 1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук. В 2010 году соискатель окончил Пензенский государственный университет (ПГУ), факультет естественных наук, нанотехнологий и радиоэлектроники. В 2013 году соискатель окончил аспирантуру в Институте структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук. Диссертация выполнена в лаборатории горения дисперсных систем ИСМАН.

**Научный руководитель** - кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией № 1 **Сеплярский Борис Семенович**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук.

**Официальные оппоненты:**

**Глазов Сергей Владимирович**, гражданство РФ, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химической физики Российской академии наук, заведующий лабораторией фильтрационного горения.

**Ермолаев Борис Сергеевич**, гражданство РФ, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, заведующий лабораторией взрывных процессов в конденсированных средах.

дали положительные отзывы на диссертацию

**Ведущая организация** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ<<МИСиС>>) в своем положительном заключении, подписанном Нарва Валентиной Константиновной, кандидатом технических наук, заместителем заведующего кафедры порошковой металлургии и функциональных материалов и Лопатиным Владимиром Юрьевичем, доцентом, кандидатом технических наук, ученым секретарем кафедры порошковой металлургии и функциональных материалов указала что диссертация соответствует пункту 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, и является научно - квалификационной работой, которая вносит существенный вклад в понимание механизма и закономерностей горения гранулированных смесей титана с углеродом в потоке активного и инертного газов, что имеет важное значение для развития соответствующей отрасли знаний, а ее автор, Кочетков Роман Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества. Работа обсуждалась на заседании кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий (ПМиФП) (протокол №5 от 29.04.2014 г.).

Соискатель имеет 22 опубликованные работы по теме диссертации, в том числе 4 статьи в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Seplyarskii, B. S. Influence of Granulation on Combustion of  $2\text{Ti} + \text{C}$  Mixtures / B. S. Seplyarskii, A. G. Tarasov, and R. A. Kochetkov // International Journal of Self Propagating High Temperature Synthesis.- 2013.- Vol. 22.- No. 1. -Pp. 65-67.

2. Сеплярский, Б. С. Исследование закономерностей горения гранулированной смеси  $\text{Ti} + 0.5\text{C}$  в потоке инертного газа / Б. С. Сеплярский, А. Г. Тарасов, Р. А. Кочетков // Химическая физика. - 2013.- Т.32.- № 6.- С. 61-68.

3. Сеплярский, Б. С. Экспериментальное исследование горения "безгазового" гранулированного состава  $\text{Ti} + 0.5\text{C}$  в спутном потоке аргона и азота / Б. С. Сеплярский, А. Г. Тарасов, Р. А. Кочетков // Физика горения и взрыва. -2013.- № 5.- С. 55-63

4. Seplyarskii, B. S. Combustion of  $\text{Ti-TiC}$  Blends in a Coflow of Nitrogen Gas / B. S. Seplyarskii, A. G. Tarasov, R. A. Kochetkov, and I. D. Kovalev // International Journal of Self Propagating High Temperature Synthesis.- 2013.- Vol. 22.- No. 3.- Pp. 173-175.

В диссертационный совет поступило 9 отзывов на автореферат. Все отзывы положительные; в некоторых имеются замечания и рекомендации. В них отмечается, что работа посвящена решению актуальной задачи, имеет важное фундаментальное и прикладное значение.

1. Отзыв поступил из Института проблем горения, Республика Казахстан, подписан генеральным директором д.ф.-м.н. профессором Мансуровым З.А. и зав. лабораторией СВС-новых материалов, к.х.н. Фоменко С.М. Отзыв положительный. Замечаний нет.

2. Отзыв поступил из отдела структурной макрокинетики Томского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, подписан заведующим лабораторией математического моделирования физ.-хим. процессов в гетерогенных

системах д.ф.-м.н. Смоляковым В.К. и руководителем отдела структурной макрокинетики Томского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук д.т.н. Максимовым Ю.М. Отзыв положительный. Замечаний нет.

**3.** Отзыв поступил из Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова подписан профессором кафедры экспериментальной физики, д.ф.-м.н., Филимоновом В.Ю. Отзыв положительный. Содержит следующие замечания:

1. К большому сожалению, в автореферате не приведены термограммы процессов горения, которые должны доказывать стадийность и последовательность процессов (переходы  $\alpha$ -Ti  $\rightarrow$   $\beta$ -Ti, плавление Ti и т.д.) в виде характерных перегибов или плато при характерных температурах. Без этого, предположения о стадийности процессов носят несколько умозрительный характер. 2. Предположения о механизме формирования карбонитридов в волне горения правдоподобны, но прямо не подтверждены экспериментально. Для формирования однозначных представлений, следовало провести исследования по микрорентгенофазному анализу продуктов синтеза, которые могли бы дать информацию о микроструктуре продукта, распределению концентраций в элементах структуры, а также не использованы современные средства анализа - электронная микроскопия высокого разрешения, просвечивающая электронная микроскопия, динамический рентгенофазный анализ и т.д. 3. Рентгеновские пики продуктов реакции являются аномально уширенными и асимметричными, что может быть связано с неравновесным состоянием синтезированного продукта. В связи с этим, очень сложно однозначно прогнозировать фазовый состав смеси. Именно, не вполне понятно имеется в виду смесь фаз или соединение. Необходим более детальный и подробный рентгеноструктурный анализ решетки.

**4.** Отзыв поступил из Белорусского национального технического университета подписан деканом энергетического факультета, д.ф.-м.н., Доброго К.В. Отзыв положительный. Содержит следующие замечания: 1. Отсутствие в автореферате данных об относительных погрешностях измерения скоростей горения и других измеряемых характеристик. 2. В третьей главе констатируется увеличение доли

непрореагировавшего Ti при наличии влаги в исходной шихте в отсутствие продува, но отсутствует физико-химический анализ данного эффекта.

5. Отзыв поступил из института тепло- и массообмена НАН Белоруси, подписан вед.н.с., д.ф.-м.н. Рабиновичем О.С. Отзыв положительный, замечаний нет.

6. Отзыв поступил из Института хим. кинетики и горения им. Воеводского, подписан вед.н.с., д.ф.-м.н. Замашиковым В.В. Отзыв положительный. Содержит следующие замечания: 1. В автореферате подчеркивается, что показана возможность синтеза карбонитрида титана в режиме горения из гранулированной шихты при перепаде давлений не более 2 атмосфер. Однако нигде не поясняется, почему важно получить синтез при давлении меньше 2 атм.

7. Отзыв поступил из Самарского государственного технического университета, подписан профессором кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», директором Инженерного центра СВС профессором, д.т.н. Самборуком А.Р. Отзыв положительный. Содержит следующие замечания: в качестве замечаний по содержанию автореферата можно отметить отсутствие в нем результатов качественного физического анализа процессов и приближенных аналитических решений (присутствуют только результаты численного счета), а также отсутствие сопоставления своих теоретических результатов с имеющимися многочисленными результатами экспериментальных исследований других авторов, например, в области СВС.

8. Отзыв поступил из отдела структурной макрокинетики Томского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, подписан с.н.с. к.т.н. Браверманом Б.Ш. и руководителем отдела структурной макрокинетики Томского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук д.т.н. Максимовым Ю.М. Отзыв положительный, содержит 1 замечание - на странице 19 в 13 строке имеется ссылка на рисунок 12, хотя по смыслу должна быть ссылка на рисунок 11.

9. Отзыв поступил из МГУ им. М.В. Ломоносова, подписан гл.н.с. химического факультета, д.х.н., профессором Ивановым В.А. Отзыв положительный, замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их достижениями в области химической физики, наличием публикаций в данной области исследований и способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Выбор ведущей организации обосновывается тем, что НИТУ «МИСИС» является признанным центром, занимающимся широким спектром вопросов по тематике СВС.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**Разработана** методика исследований процесса горения гранулированных смесей, позволяющая определить вклад отдельных видов теплообмена: кондуктивного, конвективного и лучистого в механизме распространения волны горения, изучать процесс горения в динамических условиях, менять состав и величину газового потока, как в процессе синтеза, так и при остывании конденсированных продуктов.

**На примере** синтеза карбонитридов титана **предложен** новый подход к, получению различных тугоплавких и керамических соединений в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, сочетающий в себе гранулирование исходной порошковой смеси и ее продув потоком активного или инертного газа

**Доказано**, что грануляция приводит к кардинальным изменениям механизма горения по сравнению с порошковыми смесями, позволяет синтезировать карбонитриды титана как из смеси  $Ti+0.5C$ , так и смеси  $TiC + Ti$  при давлении азота не превышающем 2 атм, нивелирует влияние примесных газов и влаги на процесс горения и фазовый состав целевых конденсированных продуктов

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что полученные экспериментальные результаты о механизме горения гранулированных смесей являются основой для разработки новых теоретических моделей, адекватно описывающих горение гранулированных смесей в потоке активного или инертного газа

**Доказано**, что горение гранулированной шихты  $Ti+0.5C$  в спутном потоке азота принципиально отличается от горения в спутном потоке азота порошковой шихты. Если в первом случае ведущая роль в механизме распространения волны горения принадлежит реакции азотирования, то в последнем случае, ведущей реакцией является реакция карбидизации, а азотирование полупродукта происходит во втором фронте.

**Применительно к проблематике** диссертации результативно использован комплекс экспериментальных методов, с помощью которых было показано, что, при переходе от порошковой к гранулированной смеси происходит кардинальная смена механизма горения, причем в гранулированной смеси по сравнению с порошковыми смесями наблюдается однофронтная структура волны горения.

**Изложены** теоретические основы применения гранулированных составов для проведения синтеза в условиях многостадийности превращений конденсированного вещества в потоке фильтрующегося газа.

**Раскрыт** механизм уменьшения влияния фильтрующегося газа и примесного газовыделения на закономерности горения и фазовый состав продуктов синтеза гранулированных смесей.

**Показано**, что для гранулированных смесей, в отличие от порошковых, на закономерности распространения волны горения оказывают сильное влияние лучистый и конвективный (фильтрующимся газом) теплообмен

Установлено, что скорости горения гранулированных смесей  $Ti+0.5C$  в разы превышают скорости горения порошковых смесей того же состава.

Экспериментальными и расчетными методами установлена ведущая роль реакции азотирования в механизме распространения волны горения в гранулированных смесях  $Ti+0.5C$

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

Показано, что гранулирование смесей (на примере  $Ti+0.5C$ ) позволяет получать одинаковый фазовый состав конденсированных продуктов при СВС из реагентов с различным содержанием влаги и примесных газов.

Показана возможность синтеза карбонитрида титана в режиме горения из гранулированной шихты при перепаде давлений не более 2 атмосфер.

Установлено, что получающиеся из гранулированной шихты продукты синтеза, представляют собой не монолитный спек, а легко разрушающиеся гранулы, что облегчает их дальнейшую переработку.

Создан экспериментальный подход для изучения процесса горения искусственно-структурированных смесей в потоке инертного и активного газов

**Достоверность** результатов и выводов обеспечена умелым применением надежных современных методик анализа, использованием в экспериментах современной приборно-аналитической базы, воспроизводимостью полученных результатов, изобретательностью в выборе оригинальных методик проведения экспериментов, убедительно доказывающих особенности механизма процессов горения.

**Личный вклад** соискателя: результаты экспериментальных исследований, приведенные в данной работе получены автором самостоятельно. Автор принимал непосредственное участие в разработке экспериментальных методов исследований, обработке экспериментальных данных, обсуждении результатов работы, формулировке выводов по результатам исследований и написании статей.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи изучения закономерностей горения гранулированных смесей на основе титана и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается последовательностью изложения материала и физической общностью выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Кочеткова Р.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, вносит существенный вклад в фундаментальную и прикладную науку. Диссертационная работа соответствует критериям, установленным пунктом 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 04 июня 2014 года диссертационный совет принял решение присудить Кочеткову Р.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.17, физико-математические науки, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 15, против присуждения учёной степени 0, недействительных бюллетеней 1.

Председатель диссертационного  
совета Д 002.092.01, д.т.н., член-корр. РАН



Алымов М.И.

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 002.092.01, к.ф.-.м.н.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Игорь".

Гордополова И.С.

6 «июня» 2014г.