

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Кочеткова Романа Александровича

МЕХАНИЗМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГОРЕНИЯ

ГРАНУЛИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ТИТАНА

В ПОТОКЕ ИНЕРТНОГО И АКТИВНОГО ГАЗОВ

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 - химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Диссертационная работа Кочеткова Романа Александровича посвящена изучению закономерностей горения и фазообразования в искусственно структурированных (гранулированных) СВС-системах в потоке активного и инертного газов. Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН под руководством кандидата физико-математических наук Сеплярского Бориса Семеновича.

Актуальность диссертации определяется необходимостью разработки современных, эффективных и экономичных методов получения сверхтвердой и тугоплавкой керамики, обладающей повышенной химической и коррозионной стойкостью. В настоящее время основным методом получения керамики является спекание, которое требует больших затрат энергии и времени, большого числа технологических операций, традиционных для порошковой металлургии. Возможной альтернативой спеканию является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), который позволяет значительно снизить затраты. Как правило, процесс СВС проводится в замкнутых реакторах, что делает невозможным ту или иную коррекцию процесса получения конечного продукта, как на стадии горения, так и на стадии остывания, когда формируется структура продуктов.

Новизна настоящего исследования состоит в проведении автоволнового синтеза продукта в проточном реакторе при вынужденной фильтрации газа. Реализация СВС в проточном реакторе дает возможность повысить

управляемость синтеза, что в сочетании с варьированием величины и состава газового потока через образец позволяет активно влиять на химический и фазовый состав конечных конденсированных продуктов.

Еще одной важной особенностью работы являлось искусственное структурирование смеси (гранулирование) перед процессом сжигания. Соискателем было показано, что структурирование смеси приводит к резкому снижению влияния примесного газовыделения, перепада давлений и скорости газового потока на процесс СВС.

Практическая ценность.

Автором диссертации в процессе исследований были получены важные результаты, которые могут быть успешно использованы для практических целей. В частности, на примере систем $Ti+0.5C$ показано, что гранулирование смесей позволяет избавиться от сильного влияния примесей на скорость горения и состав продуктов, что позволяет получать одинаковый фазовый состав керамики при СВС из реагентов с различным содержанием влаги и других примесей.

Другим важным практическим результатом является то, что автором экспериментально была показана возможность синтеза карбонитрида титана в режиме горения из гранулированной шихты при перепаде давлений не более 2 атмосфер. Кроме того, в процессе исследований была разработана методика проведения процесса горения гранулированных смесей, позволяющая определить вклад отдельных видов теплообмена в механизме распространения волны горения.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, содержит 145 страниц, включает 42 рисунка и 11 таблиц.

Во введении описана актуальность темы диссертации, отражены научная новизна и практическая ценность работы.

В первой главе представлен обзор научной литературы по теории и практике самораспространяющегося высокотемпературного синтеза неорганических материалов, а также по экспериментальному и теоретическому

исследованию процессов фильтрационного горения. На основе анализа приведенных литературных данных сформулированы основные цели и задачи исследования.

Во второй главе приводится методика проведения экспериментов, представлено описание экспериментальной установки для изучения закономерностей горения порошковых и гранулированных составов насыпной плотности в условиях спутной вынужденной фильтрации газа, а также описаны методики, используемые для изучения характеристик исходных веществ и продуктов синтеза, анализа экспериментальных данных.

Третья, четвертая и пятая главы составляют основу диссертации и посвящены, собственно, экспериментальным результатам, их анализу и практическим выводам.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования по изучению влияния примесей, присутствующих в исходном составе на процесс СВС. На примере влаги в системе $Ti+0.5C$ показано, что для порошковых систем примесное газовыделение оказывает сильное влияние на скорость горения и фазовый состав продуктов синтеза, в то время как для гранулированных составов это влияние примесей становится малозначительным. Сравнение закономерностей горения порошковых и гранулированных смесей позволяет сделать практические выводы об эффективности процедуры грануляции. Результаты рентгенофазового анализа подтверждают, что гранулирование сильно снижает влияние содержащейся в исходной смеси влаги на фазовый состав продуктов реакции.

В четвертой главе представлены результаты исследования закономерностей и механизма горения гранулированной шихты $Ti+0.5C$ в потоке азота, а также комплексный анализ продуктов синтеза с целью выяснения принципиальной возможности получения карбонитрида титана в режиме горения. Исследования показали, что механизм горения гранулированной системы принципиально отличается от механизма горения порошковой системы. При этом экспериментально измеренная скорость горения гранулированной шихты $Ti+0.5C$

при горении без потока газа превышает скорость горения порошковой шихты того же состава в 8,5 раз. На основании экспериментальных и расчетных данных автором предложен механизм распространения волны горения в гранулированных смесях $Ti+0.5C$ в потоке азота, получены прямые экспериментальные доказательства возможности синтеза карбонитридов титана из порошковой и гранулированной смесей $Ti+0.5C$ при давлении азота не превышающем 2 атм.

В пятой главе приведены результаты исследования закономерностей и механизма горения, а также комплексный анализ продуктов синтеза гранулированной смеси $TiC+Ti$ в спутном потоке азота. Установлено, что в результате горения гранулированной смеси $TiC+Ti$ получается карбонитрид титана переменного состава с формальной формулой продукта $TiC_{0.5}N_{0.44}$, гранулирование смеси $TiC + Ti$ является эффективным способом повышения степени азотирования продуктов горения.

В заключении диссертации приведены основные выводы работы.

В целом диссертация написана хорошо, все мысли изложены четким и грамотным языком. Выводы, сделанные на основе полученных автором экспериментальных результатов, хорошо аргументированы и вполне обоснованны. Достоверность основных положений диссертации не вызывает сомнения.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Замечания.

Серьёзных недостатков в работе не обнаружено. Есть пара опечаток, которые легко идентифицируются и не мешают пониманию изложенного материала. В качестве мелких замечаний можно отметить следующие:

1. Излишне длинные названия глав диссертации иногда затрудняют восприятие смысла.
2. На представленных экспериментальных диаграммах и графиках не указаны величины разброса данных и погрешностей определения значений.

3. При обработке и обобщении данных иногда было бы полезно наряду с линейной скоростью горения приводить и массовую скорость горения, поскольку эту величину легче соотносить с расходом активного газа, чтобы сопоставлять с результатами фазового анализа продуктов.
4. Список цитируемой литературы тематически органичен лишь процессами СВС. Хотя исследования в смежных областях знаний (например, в области фильтрационного горения углеродных систем) часто затрагивают вопросы гранулирования смесей, а также вопросы влияния влажности на процесс горения, являющиеся предметами рассмотрения в представленной работе. Ссылки на эти исследования были бы дополнительным аргументом в поддержку настоящей диссертации.

Отмеченные недостатки не влияют на общую высокую оценку представленной диссертации, а также на научную и прикладную ценность выполненных исследований.

Заключение.

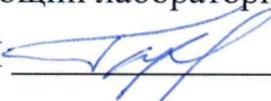
В целом, представленная диссертация является завершенным научным исследованием, выполненным с использованием современных экспериментальных методов химической физики. Она удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с пунктом 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., и представляет собой единую, законченную научно-квалификационную работу, в которой предложено решение некоторых актуальных задач СВС, в частности, устранение влияния примесного газообразования на скорость горения и фазовый состав продуктов СВС посредством предварительного структурирования смесей, что имеет как научную, так и практическую ценность.

Работа Кочеткова Р.А. хорошо известна научной общественности, поскольку неоднократно докладывалась на различных семинарах и конференциях. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых

научных изданиях, входящих в перечень Министерством образования и науки РФ. В публикациях автора хорошо отражено содержание диссертации.

Учитывая высокий уровень выполненных исследований, а также объем и качество проделанной соискателем работы, считаю, что представленный научный труд удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Кочетков Роман Александрович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 - химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией
Института проблем химической физики РАН  Глазов С.В.

Подпись С.В. Глазова заверяю

Ученый секретарь ИПХФ РАН, д.х.н.  Б.Л. Психа

