

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИСМАН

профессор, чл.-корр. РАН

Атымов М.И.

05 декабря 2018 г



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук на диссертационную работу **Ананьева Сергея Юрьевича** «Физико-химические превращения углеродных наноструктур и реакционно-способных смесей при ударно-волновых воздействиях», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

На отзыв представлены:

- текст диссертационной работы на 113 страницах, включая 57 рисунков, библиографический список из 86 источников; диссертация содержит введение, три раздела, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы;
- автореферат диссертации на 22 страницах, включая список из 7 основных публикаций по теме диссертационной работы в журналах, входящих в международные базы данных Scopus и Web of Science.

Актуальность и новизна исследования Ананьева С.Ю. определяются возросшим в последнее время интересом к изучению углеродных наноструктур и новым энергетическим материалам с повышенными характеристиками энерговыделения. Это относится, в том числе, к углеродным нанотрубкам, используемым в качестве армирующих волокон в

композитах, а также к реакционно-способным смесям твердых компонентов. Добавление углеродных нанотрубок в керамические композиты может приводить к увеличению прочности последних. Реакционно-способные смеси показывают увеличение химической активности после предварительной механической активации. Исследование перспективных механоактивированных энергетических смесей является актуальной задачей для формирования представления о механизме и роли механоактивации для создания новых энергетических материалов.

Научная значимость полученных результатов заключается в новых данных о свойствах углеродных нанотрубок и в возможности их использования для упрочнения керамики; методиках ударно-волнового синтеза интерметаллида NiAl и механической активации перспективных энергетических композитов в различных условиях.

Практическая значимость результатов, полученных Ананьевым С.Ю. в диссертационной работе, имеет несколько аспектов. Данные о пределах прочности углеродных нанотрубок полезны при создании новых композиционных материалов с повышенными удельными характеристиками. Синтез интерметаллида непосредственно при взрывном нагружении может оказаться благоприятным для получения ультрамелкозернистой структуры с высокими пластическими свойствами. Способность реакционных материалов реагировать со значительным экзотермическим эффектом может быть использована при разработке новых зажигательных составов и различных боеприпасов усиленного поражающего действия.

Степень достоверности полученных результатов является высокой и определяется применением в работе современных экспериментальных методик: лазерного интерферометра VISAR с наносекундным временным разрешением, оптической пирометрии в режиме реального времени и высокоскоростной фоторегистрацией процессов. Методики отличаются высоким уровнем разработки и позволили получить надежные экспериментальные данные.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа изложена на 113 страницах, иллюстрирована 57 рисунками. Диссертация включает в себя введение и три содержательные главы, заканчивается заключением и списком цитируемой литературы из 86 наименований. В начале каждой главы описаны методики, которые использовались автором в работе.

Первая глава посвящена экспериментальному исследованию устойчивости углеродных нанотрубок при ударно-волновых нагрузках. Экспериментально подтверждена зависимость между предельным давлением разрушения нанотрубок и их диаметром, предсказанная ранее теоретически и показанная в экспериментах со статическим давлением. Найдены пороговые давления структурной устойчивости двустенных и одностенных нанотрубок. Изготовлены керамические композиты на основе SiC с добавлением углеродных нанотрубок. Для полученных композитов установлено, что введение нанотрубок увеличило прочность керамики SiC при квазистатическом нагружении более чем в два раза.

Во второй главе экспериментально исследована реакция Ni-Al в цилиндрических ампулах сохранения, протекающая практически полностью с образованием интерметаллида NiAl. Проведена серия опытов по механической активации эквиатомного состава стехиометрической смеси Al/Ni в двух типах активаторов. Исследована возможность протекания реакции Ni-Al в микросекундном диапазоне с помощью проведения экспериментов по ударно-волновому нагружению образцов активированной смеси плоскими ударниками.

В третьей главе отражены исследования различных комбинаций механоактивированных смесей типа «окислитель-горючее». Для механоактивированных составов Al с CuO проведены эксперименты по определению температуры воспламенения, изучена динамика и структура потока при ударно-волновом инициировании, измерены яркостная температура продуктов и скорость горения в цилиндрических каналах.

Следует отметить **наиболее существенные результаты**, полученные соискателем:

1. Найдены пороговое давление структурной устойчивости двустенных углеродных нанотрубок (ДУНТ) и одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ) при ударно-волновых нагружениях. Показано, что введение углеродных нанотрубок увеличивает прочность керамики при квазистатическом нагружении более чем в два раза.
3. Найдены условия взрывного нагружения ампул сохранения, при которых реакция Ni-Al протекает практически полностью с образованием интерметаллида NiAl с небольшим количеством Al_3Ni_5 ($< 5\%$).
4. Изучена динамика ударно-волнового и электроискрового инициирования реакции в механоактивированных термитных смесях Al с оксидами металлов. Определены оптимальные условия повышения реакционной способности смесей Al с Ni, Al с CuO в механохимических активаторах.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты исследований, выполненных Ананьевым С.Ю., считаем целесообразным использовать при планировании экспериментов по ударно-волновому прессованию и синтезу высокоплотных компактов заданного состава, в том числе дисперсноупрочненных.

Основные положения результатов диссертационной работы основываются на исследованиях, выполненных **лично** или при **непосредственном участии автора**. Автор принимал непосредственное участие в разработке методик проведения экспериментов, проведении экспериментов, обсуждении, анализе и оформлении результатов в виде научных публикаций.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания:

- В обосновании научной новизны результатов указан синтез образцов интерметаллида NiAl из механоактивированных смесей порошков, в то время как в Главе 2 описан синтез интерметаллида из неактивированной смеси.

- В диссертации представлены данные по ударно-волновому и электроискровому инициированию реакционно-способной смеси AlCuO , однако отсутствует теоретическое описание или моделирование механизма реагирования компонентов смеси.

- В тексте автореферата имеются небольшие упущения, так, например, в нумерации таблиц первой главы пропущен номер 1.4. Присутствуют неверные расшивки в списке сокращений.

Вместе с тем данные замечания не отражаются на общей положительной оценке диссертации Ананьева С.Ю. и не снижают значимость результатов и основных выводов диссертации.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Ананьева Сергея Юрьевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне. В работе получен ряд новых актуальных результатов, выводы и рекомендации, сделанные на основе анализа полученных экспериментальных данных, являются обоснованными и не вызывают сомнений. Библиография, приведенная в диссертации, отражает современный уровень проблемы. Полученные в работе Ананьева С.Ю. научные результаты получили достаточную апробацию, неоднократно докладывались на Международных и Всероссийских научных конференциях. По результатам работы опубликованы 7 статей в научных журналах, входящих в международные базы данных Scopus и Web of Science. Опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации.

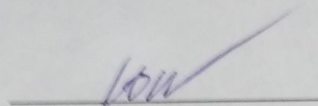
Автореферат диссертации и публикации Ананьева С.Ю. в научных изданиях дает полное представление о проделанной работе, содержит в кратком виде полученные в процессе исследования результаты, основные положения и выводы диссертации.

Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для российской науки и практики в области физики ударно-волновых процессов и технологии реакционных материалов. Работа отвечает требованиям ВАК, которые предъявляются к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук (п. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842), а ее автор Аняньев Сергей Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Диссертационная работа была заслушана и обсуждена на тематическом семинаре ИСМАН «Материалообразующие процессы горения и взрыва» 16 октября 2018 года, протокол №05.

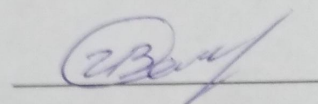
Председатель семинара,
г.в.с. Лаборатории жидкофазных СВС-
процессов и литых материалов ИСМАН
д.т.н., профессор

142432, Московская область, г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д.8,
84965246396, yukh@ism.ac.ru

 В.И. Юхвид

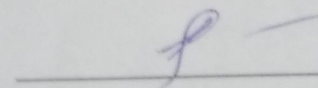
Рецензент, с.н.с. Лаборатории ударно-
волновых процессов ИСМАН, к.т.н.

142432, Московская область, г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д.8,
84965246263, revan.84@mail.ru

 И.В. Сайков

Ученый секретарь ИСМАН,
к.ф.-м.н.

142432, Московская область, г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д.8,
84965246525, sci-secretary@ism.ac.ru

 О.К. Камынина

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
структурной макрокинетики и проблем материаловедения
им. А.Г. Мержанова Российской академии наук (ИСМАН), 142432,
Московская область, г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д.8,
84965246376, isman@ism.ac.ru, www.ism.ac.ru