

Оценка ширины эффективно проводящей зоны по времени спада дает величину ~ 1 мм, то есть, практически совпадающую с шириной зоны проводимости в продуктах детонации.

На рис. 3 приведена осциллограмма напряжения на измерительной ячейке при ударно-волновом сжатии стеарата серебра. Первый медленный спад напряжения соответствует выходу на стационарный режим. Затем следует стационарный режим, при котором напряжение остается практически постоянным. Сопротивление равно также  $\approx 0.03$  Ом, как и при ударном сжатии стеариновой кислоты при той же точности измерений.

Второй спад напряжения совпадает с моментом выхода ударной волны на преграду из оргстекла. Судя по большому времени спада по сравнению со спадом на рис. 2 зона высокой проводимости в стеарате серебра оказывается шире, с более медленным спадом. Это соответствует уменьшению электропроводности.

Поведение ее ближе к поведению электропроводности в детонационной волне тротила [1]. На всех осциллограммах отсутствуют особенности, наблюдаемые при детонации тэна, гексогена, октогена и тротила.

Из анализа приведенных экспериментов можно сделать следующие выводы.

В продуктах превращения при ударном сжатии стеариновой кислоты есть атомы углерода и водорода. Молекул воды практически нет. В отличие от продуктов детонации нет азота. Вероятно, высокая электропроводность обусловлена ионизацией атомов углерода, а быстрый ее спад его конденсацией. Практическое отсутствие молекул воды вместе со значительно более высокой электропроводностью ставит под сомнение гипотезу ионной проводимости продуктов детонации. В продуктах превращения стеарата серебра могут находиться свободные атомы серебра. Их конденсация сказывается на поведении электропроводности в ударной волне.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, номер проекта 00-02-17641.

1. Зубков П.И., Иванов П.И., Карташов А.Н. и др. Особенности на поведении электропроводности продуктов детонации конденсированных ВВ // Этот сборник.
2. Зубков П.И., Иванов П.И., Карташов А.Н. и др. Электрические потенциалы, возникающие при детонации порошковых ВВ // Этот сборник.

### ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА В ДЕТОНАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ

*Анчаров А.И.<sup>1</sup>, Бохонов Б.Б.<sup>1</sup>, Зубков П.И.<sup>2</sup>, Иванов П.И.<sup>2</sup>, Карташов А.М.<sup>2</sup>, Ляхов Н.З.<sup>1</sup>, Лукьянчиков Л.А.<sup>2</sup>, Мержиевский Л.А.<sup>2</sup>, Свих В.Г.<sup>2</sup>, Тен К.А.<sup>2\*</sup>, Тутов В.М.<sup>2</sup>, Толочко Б.П.<sup>1</sup>, Шарафутдинов М.Р.<sup>1</sup>, Шеромов М.А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ИХТТМ СО РАН, Новосибирск, <sup>2</sup>ИГиЛ СО РАН, Новосибирск, <sup>3</sup>ИЯФ СО РАН, Новосибирск  
\*ten@hydro.nsc.ru

При детонации конденсированных ВВ с отрицательным кислородным балансом высокая концентрация химически не связанных свободных атомов углерода, вместе с высокими детонационными давлениями и температурами приводит к его конденсации в различные структуры, в том числе и в ультрадисперсные алмазы [1–2].

В данной работе приводятся результаты экспериментов, в которых в сохраненных продуктах детонации смеси стеарат серебра/тэн обнаружены нанокристаллические структуры серебра.

Эксперименты проводились в постановке, описанной в [1]. Прессованные таблетки тэна со стеаратом серебра диаметром 12.5 мм помещались внутрь ледяного цилиндра из дистиллированной воды. Вся сборка располагалась в герметичной взрывной камере из нержавеющей стали. Перед экспериментом камера тщательно очищалась. Подрыв заряда производился специальным детонатором без металлической оболочки (оболочкой детонатора являлось ТГ 50/50). Вес подрываемого заряда 44 г. После взрыва производился сбор шихты вместе со льдом. После выпаривания воды собирали для исследований сухие сохраненные продукты детонации.

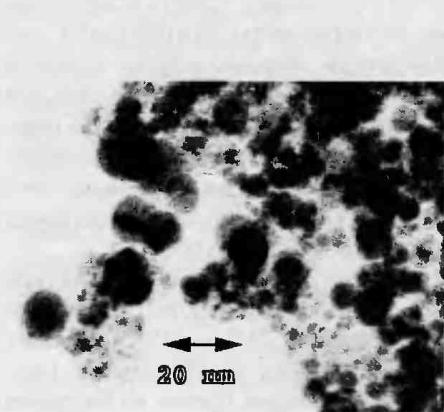


Рис. 1. Снимок продуктов детонации ТЭН + 15% AgSt

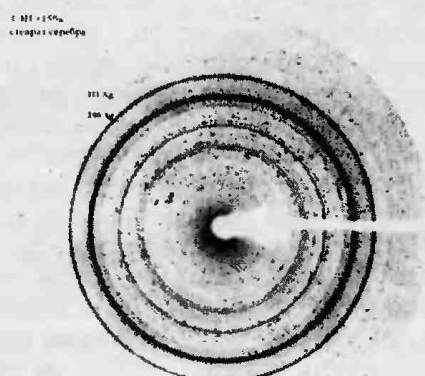


Рис. 2.

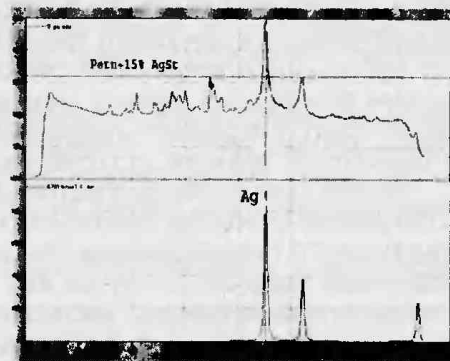


Рис. 3.

Сохраненные продукты исследовались методами электронной микроскопии (рис.1), на котором видны наноструктуры серебра размерами 3–20 нм. Снаружи частицы серебра покрыты тонким слоем аморфного углерода. На этих же образцах снимались дифрактограммы на двух станциях ( $\lambda = 1.5$  и  $1.0$  Å) в ИЯФ СО РАН. На рис. 2 приведена дифракционная картина продуктов детонации снятая на станции «дифрактометрии высокого давления». Темное кольцо соответствует кристаллам серебра. На рис. 3 приведено сравнение полу-

ченной дифрактограммы (вверху) с дифрактограммой серебра (внизу). Размер наноструктур совпадает с полученными на снимках.

Подтверждением факта получения наноструктур серебра является рост сигнала малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) во время детонации прессованного заряда PETN/AgSt 85/15 [2]. Поскольку у зарядов с чистым прессованным PETN сигнал МУРР отсутствовал, рассеяние идет на образующихся наноструктурах серебра.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, номер проекта 00-02-17641.

1. Зубков П.И., Лукьянчиков Л. А., Тен К.А., Толочко Б. П., Шарафутдинов М. Р. // Физика экстремальных состояний вещества — 2002. Черногловка: ИПХФ РАН, 2002. С.91–93.
2. Алешаев А.Н., Евдоков О.Е., Зубков П.И., Кулипанов Г.Н., Лукьянчиков Л.А., Ляхов Н.З., Мишнев С.И., Тен К.А., Титов В.М., Толочко Б.П., Федотов М.Г., Шарафутдинов М.Р., Шеромов М.А. Препринт ИЯФ СО РАН, Новосибирск, 2000. С.52.

## ДЕТОНАЦИОННО-ПОДОБНЫЕ РЕЖИМЫ В МЕХАНО-АКТИВИРОВАННЫХ СМЕСЯХ ТИПА ОКИСЛИТЕЛЬ–ГОРЮЧЕЕ

Долгобородов А.Ю.<sup>1\*</sup>, Махов М.Н.<sup>1</sup>, Гозуля М.Ф.<sup>1</sup>, Стрелецкий А.Н.<sup>1</sup>, Колбанев И.В.<sup>1</sup>, Фортвов В.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ИХФ РАН, Москва, <sup>2</sup>ИТЭС ОИВТ РАН, Москва

\*aldol@chph.ras.ru

Работа посвящена экспериментальному исследованию детонационно-подобного распространения химического превращения в смесях типа окислитель–горючее. Объектами исследования были смеси алюминия с серой и окислами металлов.

Ранее [1, 2] была изучена возможность протекания ударно-индуцированных реакций в смесях серы с различными металлами. Результаты измерений показали повышенный уровень температуры для смесей серы с Mg, Al, и Ti (2800, 3000 и 2250 К), достигаемой за времена 0.1–0.3 мкс. Кроме того, для смесей Al/S наблюдались сложные профили давления в ударной волне, по внешнему виду напоминающие детонационно-подобные. Для экспериментальной проверки возможности детонационно-подобного распространения процесса была проведена серия опытов с различными по плотности и составу смесями. Опыты с плотными образцами смесей и мощным инициированием показали затухание распространения реакции. При сильной ударной волне реакция не успевает пройти на достаточную глубину, и волны разгрузки разбрасывают непрореагировавшие компоненты. Детонационно-подобный затухающий режим был получен в пористых зарядах смесей Al/S. Стационарность процесса сильно зависела от амплитуды инициирующего импульса и структуры образцов. Незначительное изменение плотности смеси или инициирующего импульса приводило либо к переходу процесса в затухающий режим с образованием «пробки» из смеси продуктов реакции и исходных компонентов, либо в режим медленного горения. Наилучший результат получен для смеси алюминиевой пиротехнической пудры ПП-2 и серы (40/60) при плотности 0.72 г/см<sup>3</sup>. Скорость распространения процесса около 1.3 км/с. В данной работе были продолжены экспериментальные исследования по поиску условий осуществления детонационно-подобных режимов в смесях невзрывчатых компонентов.

Были использованы два типа постановки экспериментов: с ударно-волновым инициированием и поджигом смесей нагревом нихромовой проволоочки. Исследуемые смеси находились в стальных или пластиковых оболочках.

Ударная волна создавалась подрывом зарядов смесей перхлората аммония с ПММА. В опытах измерялась средняя скорость распространения процесса на трех-пяти базах электроконтактными датчиками или регистрацией свечения с помощью световодов. На тыльном торце оболочки помещалась пластина-свидетель из дюралюминия с толщиной  $h_0$  около 3 мм.

Результаты некоторых опытов с ударно-волновым инициированием смесей в стальных трубах приведены в таблице. Для алюминия указан тип использованных частиц. Проведенные эксперименты подтвердили, полученный ранее вывод о том, что характер процесса сильно зависит от амплитуды инициирующей ударной волны и структуры образцов. В большинстве проведенных опытов скорость реакции была недостаточной для поддержания стационарного процесса. Распространение процесса носит неустойчивый характер, в ряде опытов наблюдалось увеличение скорости на отдельных базах измерения, а затем процесс затухал. Одновременная регистрация прихода ударной волны электроконтактными датчиками и появления интенсивного свечения продуктов реакции показывает, что по мере распространения по образцу ударная волна постепенно отрывается от реакции, что приводит к ослаблению ударной волны и затуханию процесса в целом.

Форма отпечатков на пластине-свидетеле показывают, что фронт реакции имеет фрактальную структуру с размерами очагов до нескольких миллиметров. Размеры очагов зависят от дисперсности частиц и степени гомогенности перемешивания компонентов смеси. Распространение реакции в смесях Al/S и Al/MoO<sub>3</sub> имеет различный характер. В случае Al/S поверхность каверны состоит из отдельных гладких углублений, а наибольшая глубина каверны наблюдается в центре пластины. В случае же Al/MoO<sub>3</sub> реакция более интенсивно распространяется по периферии заряда, и каверна имеет наибольшую глубину у стенок трубы. Поверхность каверны испещрена мелкими углублениями, образовавшимися в результате воздействия высокоскоростных струй продуктов реакции.

Были рассмотрены различные способы повышения реакционной способности смесей. Для увеличения скорости перемешивания исходных реагентов в процессе динамического нагружения вводились частицы крупного Al, тяжелые частицы Fe, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mg. Также использовались частицы ультрадисперсного и механически активированного Al.

Особое внимание было уделено исследованию влияния предварительной механохимической активации исходных смесей. Ранее [3] было показано, что механохимическая активация может существенно повышать

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ТЕПЛОФИЗИКЕ  
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ФИЗИКЕ ПЛАЗМЫ  
ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НИИ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ КБНЦ РАН

---

# ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА – 2003

# Физика экстремальных состояний вещества – 2003

Под редакцией Фортова В.Е., Ефремова В.П., Хищенко К.В., Султанова В.Г.,  
Темрокова А.И., Канеля Г.И., Минцева В.Б., Савинцева А.П.

Сборник включает в себя работы по исследованиям в области физики высоких плотностей энергии и теплофизики экстремальных состояний. Рассматриваются различные методы генерации интенсивных импульсных потоков энергии, эффекты взаимодействия мощных ионных и электронных пучков, интенсивного лазерного, рентгеновского и СВЧ излучения с веществом, явление электрического взрыва проводников мощными импульсами тока, некоторые задачи физики ударных и детонационных волн, экспериментальные методы диагностики сверхбыстрых процессов, модели уравнений состояния вещества в экстремальных условиях, физика низкотемпературной плазмы, проблемы управляемого термоядерного синтеза и традиционной энергетики, а также различные технологические аспекты. Основная часть работ была представлена на XVIII Международной конференции «Воздействие интенсивных потоков энергии на вещество» (Эльбрус, 1–6 марта 2003 г.). Издание адресовано специалистам в области физико-технических проблем энергетики.

## ИЗ ИСТОРИИ КОНФЕРЕНЦИЙ «УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА» И «ВОЗДЕЙСТВИЕ ИНТЕНСИВНЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ НА ВЕЩЕСТВО»

К концу семидесятых годов прошлого века назрела необходимость в координации проводимых в Советском Союзе исследований по физике экстремальных состояний вещества. Отечественные ученые испытывали огромную потребность делиться друг с другом самыми новыми результатами своей работы в этой бурно развивающейся области физики, узнавать точку зрения коллег по интересующим вопросам. Первое Всесоюзное совещание по уравнениям состояния вещества в экстремальных условиях состоялось в октябре 1978 г. в гостинице «Чегет», расположенной в Баксанском ущелье вблизи высочайшей вершины Кавказа горы Эльбрус, по предложению известного советского физика Киржница Д.А., крупнейшего специалиста физики экстремальных состояний, ядерной физики, астрофизики и космологии. В числе участников этого совещания были выдающиеся ученые — герои Социалистического Труда Альтшулер Л.В., Бабаев Ю.Н. и Романов Ю.А., молодой доктор наук (будущий академик) Фортон В.Е. В дальнейшем это совещание проводилось на Эльбрусе каждый четный год, организация мероприятия была поручена Фортону В.Е.

После IX конференции «Уравнения состояния» (март 1994 г.) научные совещания по физике экстремальных состояний вещества обрели статус международных и стали проводиться ежегодно: тема заседаний каждого нечетного года, начиная с X Международной конференции (март 1995 г.), — «Воздействие интенсивных потоков энергии на вещество», — тем самым была продолжена традиция Всесоюзных совещаний по данной тематике, проводившихся ранее в «Чегете», на Медео и Чимбулаке под Алма-Атой, во Владивостоке и в Черноголовке.

Следует отметить, что за прошедшие четверть века регулярность проведения этих конференций ни разу не была нарушена (даже в трудные для российской науки первые годы после распада СССР). В этом заслуга сопредседателей — академика Фортон В.Е. и Темрокова А.И., а также организаций-спонсоров — Российского фонда фундаментальных исследований (Москва), Института теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур РАН (Москва), Института проблем химической физики РАН (Черноголовка), Кабардино-Балкарского государственного университета (Нальчик) и Научно-исследовательского института прикладной математики и автоматизации Кабардино-Балкарского научного центра РАН (Нальчик).

Залог успеха конференции среди широкого круга специалистов современной физики экстремальных состояний не только в актуальности тематики, но и в уникальном регламенте работы заседаний, сочетающихся с экстремальными видами активного отдыха (горный туризм, альпинизм, горные лыжи). Важной традицией оргкомитета стало оказание финансовой поддержки участия в конференции молодых ученых, аспирантов и студентов.

*Редколлегия*

Сдано в набор 12.02.03. Подписано в печать 13.02.03. Формат 60x90 1/8. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Ариал». Усл. п. л. 22,5. Заказ 54. Тираж 170.

Отпечатано в типографии ИПХФ РАН. Изд. лиц. № 03894 от 30.01.2001 г.

142432, г. Черноголовка, Московская обл., Институтский пр-т, 18