

7. МЕХАНИКА И ТЕПЛОФИЗИКА СПЛОШНЫХ И ГЕТЕРОГЕННЫХ СРЕД ПРИ ВЫСОКИХ ПЛОТНОСТЯХ ЭНЕРГИИ И ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ

Программа 7.1. Детонация и высокоэнергетические процессы в сплошных и гетерогенных средах

В Институте гидродинамики им. М. А. Лаврентьева в двух проточных кольцевых камерах диаметром 10 см осуществлено сжигание ацетиленокислородной смеси в режиме непрерывной спиновой детонации как для сверхкритического, так и для докритического перепада давления кислорода на кольцевой щели. При варьировании расходов компонентов смеси, ширины щели подачи окислителя, места подачи горючего и начального противодавления получены области существования и структура поперечных детонационных волн, определены пределы существования непрерывной детонации по давлению в камере. Проведены оценки потерь полного давления потока на щели подачи кислорода и в отверстиях форсунки горючего.

Впервые в мире в проточной кольцевой цилиндрической камере диаметром 30,6 см, длиной 65,5 см и шириной 2,3 см реализован режим непрерывной детонации ацетиленовоздушных и водородовоздушных смесей со скоростями 1—2 км/с (рис. 1).

В пропанокислородной смеси ($p_0 = 2 \cdot 10^4$ Па) получен запуск детонации при входе фронта горения в сверхзвуковую струю несгоревшего газа. Показано, что волна разрежения за счет конвективного перемешивания продуктов реакции с несгоревшим газом резко интенсифицирует горение и способна запустить детонационную волну.

В том же Институте разработаны и реализованы методы получения металлических наночастиц с использованием взрыва. В основу методов положен либо процесс детонации взрывчатых веществ, в которые добавляются стеараты соответствующих металлов, либо непосредственное взрывное разложение азидов металлов в специальной консервирующей среде под воздействием синхротронного или рентгеновского излучения достаточной жесткости. Первым способом получены наночастицы серебра и висмута, вторым — серебра и свинца. Наночастицы стабильны, имеют узкое распределение по размерам. С помощью синхротронного излучения исследована динамика

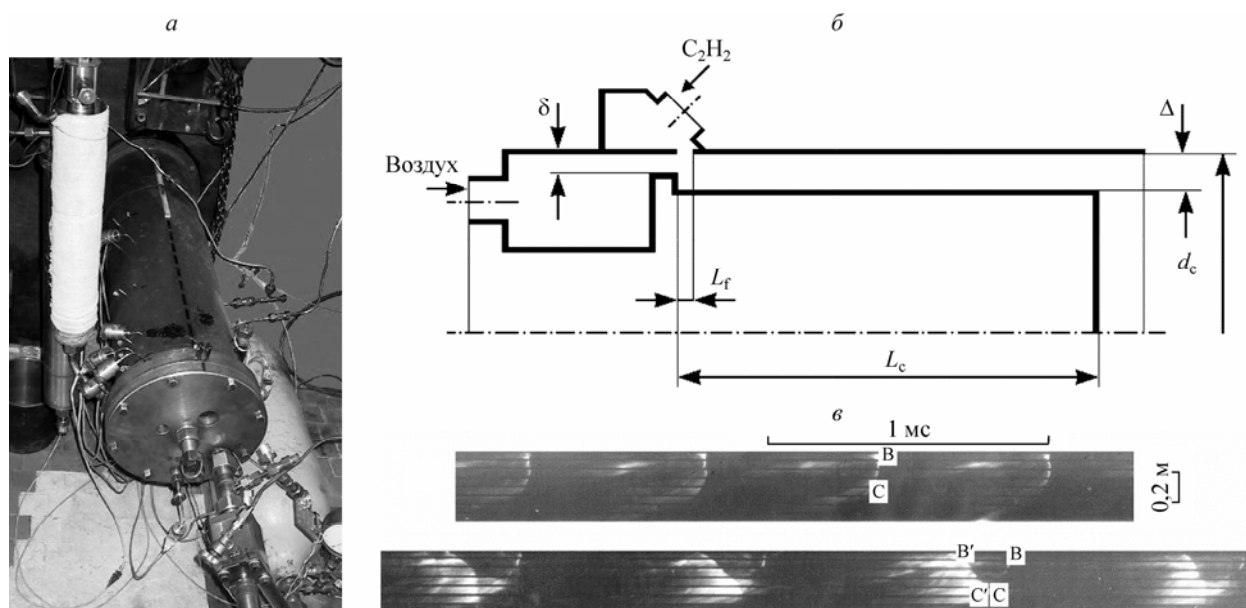


Рис. 1. Камера сгорания (а), ее схема (б) и фрагменты фоторегистрограмм поперечных детонационных волн в ацетиленовоздушной смеси (в).

Fig. 1. The combustion chamber (a), its' schema (b) and fragments streak-record cross detonation waves in acetylene-air mix (c).

их формирования. Проведены исследования структуры полученных наночастиц. Методы имеют ряд преимуществ по сравнению с суще-

ствующими и представляются перспективными для разработки недорогих технологий получения металлических наночастиц.

Программа 7.2. Гидродинамика нестационарных процессов в однородных и многофазных средах при высоких плотностях энергии (структура течений, процессы кумуляции, ударные волны)

В Институте гидродинамики им. М. А. Лаврентьева на основании анализа извержений вулканов «гавайского типа» предложена модель метастабильного состояния магмы, содержащей плотные кластеры кристаллов в период между извержениями. Предполагается, что именно такие кластеры составляют основу магматических «бомб», выбрасываемых на большую высоту при упомянутом типе извержений.

Влияние кристаллических кластеров на структуру течения моделировалось включением взвешенных твердых частиц в исследуемый образец жидкости. Процесс внезапной декомпрессии статически сжатой до высоких давлений магмы с кристаллическими кластерами

моделировался последовательным нагружением жидкого образца ударной волной — волной разрежения, используя метод гидродинамических ударных труб.

В результате экспериментальных исследований динамики структуры течения при динамической декомпрессии сжатой смеси жидкость—твердые частицы обнаружено, что частицы выбрасываются из общего потока и движутся с существенно большей скоростью независимо от кавитирующей жидкой фазы.

На рис. 2 демонстрируется пример разрушения жидкой капли смеси при ее импульсной декомпрессии после сжатия капли ударной волной.

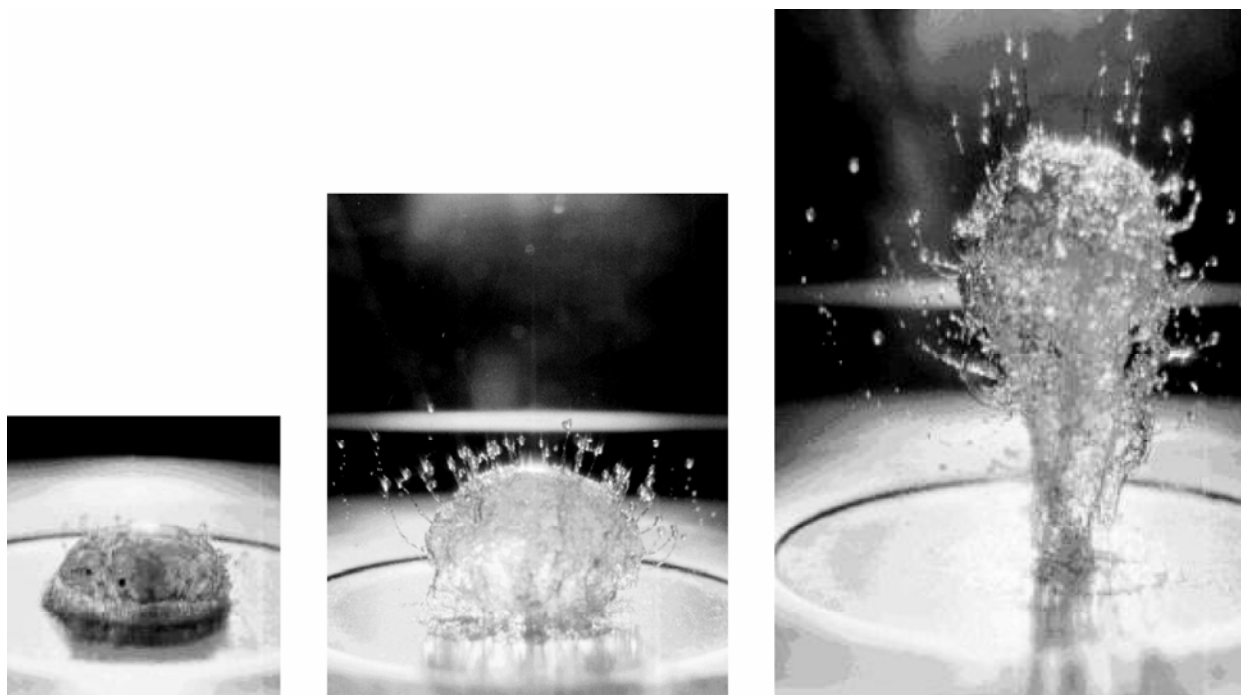


Рис. 2. Выброс твердой фазы и динамика структуры течения в результате импульсной декомпрессии ударно сжатой капли с твердыми частицами (для моментов времени 200, 700 и 1500 мкс после нагружения (слева направо)).

Fig. 2. Throwing away of solid fraction and a dynamics of flow structure as the result of pulse decompression of shock compressed drop containing solid particles (for time instant 200, 700 and 1500 mcs after loading (from left to right)).

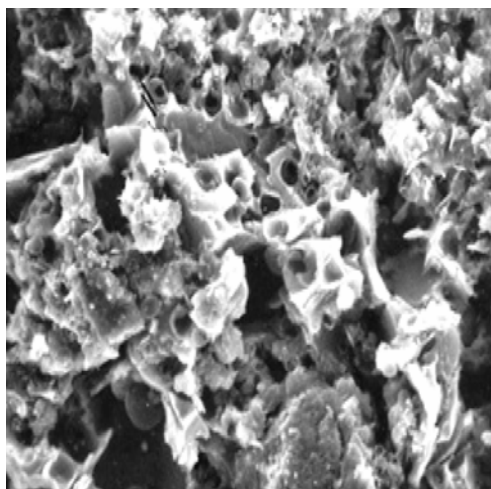


Рис. 3. Микрофотография центральной зоны взрывного компакта MgB_2 , полученного при 3 ГПа (размер области 70×70 мкм).

Fig. 3. Microphoto of a central zone of MgB_2 specimen received at explosive loading (3 GPa), 70×70 mcm in the fig size.

Институтом гидродинамики им. М. А. Лаврентьева, Институтом химии твердого тела и механохимии и Институтом теоретической и прикладной механики на основе взрывной технологии впервые получены перспективные материалы: MgB_2 (рис. 3), для которого характерна высокотемпературная сверхпроводимость, и нанокпозиционный материал $Cu-TiB_2$ с повышенной электроэрозийной стойкостью.

Электрическая эрозия электродов, изготовленных из меди, содержащей в объеме от 2,5 до 18 % наночастиц TiB_2 , оказалась в 10 раз

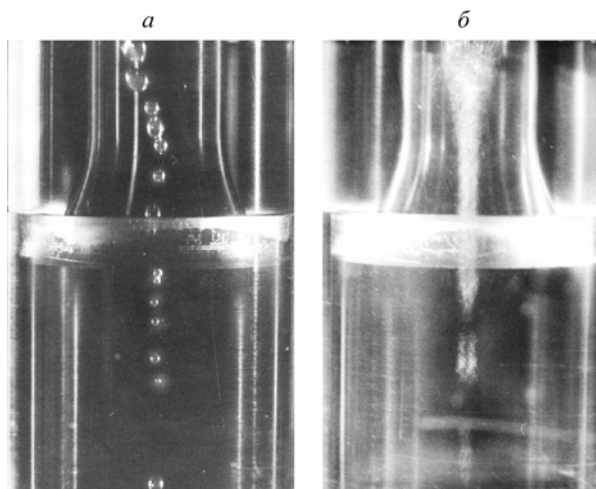


Рис. 4. Фотографии ядра вихря внутри камеры и сопла: мгновенный снимок несимметричной структуры вихря (а) и обычный вид с большой экспозицией (б).

Fig. 4. Photo of vortex core (no symmetry structure at instantaneous exposure (a) and general view of vortex (b).

меньше эрозии меди при одних и тех же величинах тока и длительности разряда. Показана принципиальная возможность получения с использованием энергии взрыва высокоплотных наноструктурных композиционных материалов на основе боридов.

Установлен механизм и экспериментально определена закономерность частоты автоколебаний, возникающих при истечении закрученных струй, в зависимости от параметров потока и геометрических параметров установки.

Программа 7.3. Низкотемпературная плазма и технологии на ее основе

В Институте теплофизики им. С. С. Кутададзе исследованы свойства нового типа дугового разряда, горящего между жидкометаллическими электродами (рис. 5). Использование поверхности жидкого металла в качестве электродов позволило решить основные проблемы генераторов дуговой плазмы, проблемы ресурса и возможности применения водяного пара в качестве плазмообразующего. Решение этих проблем открывает новые возможности для применения дугового разряда в плазмохимии, металлургии, переработки отходов. В плазмохимическом реакторе с новым типом разряда исследован процесс получения водо-

рода из угля, проведены опыты по разложению хлорсодержащих токсичных отходов (пестициды, совол и др.). Высокая степень переработки хлорсодержащих органических веществ свидетельствует о перспективах использования нового плазмохимического реактора в свете выполнения решений Стокгольмской конвенции (о стойких органических загрязнителях), вступивших в силу в 2004 г.

В том же Институте реализован новый газоструйный метод осаждения тонких полимерных пленок на поверхность. При низком давлении и температуре выше 800 К термическое разложение фторопласта ПТФЭ приводит к

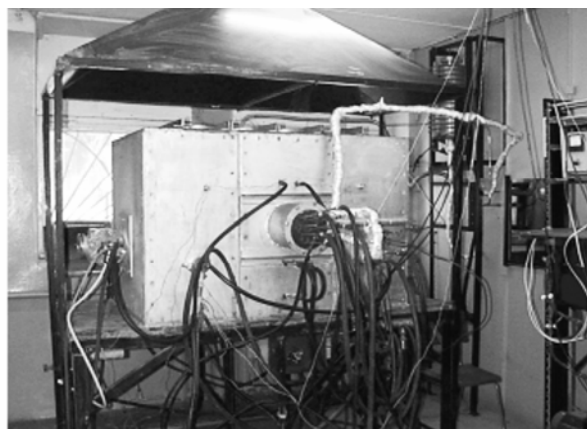
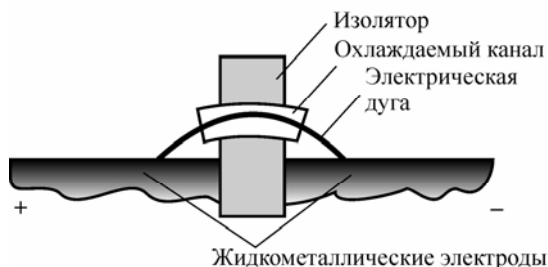


Рис. 5. Принцип действия и внешний вид плазмохимического реактора мощностью 200 кВт.

Fig. 5. The principle of operation and the general view of the plasma-chemical reactor with power of 200 kW.

почти 100%-му выходу C_2F_4 . В используемом методе высокотемпературные продукты разложения полимера, загружаемого в реактор в конденсированном состоянии или подводимого к реактору в газовой фазе, расширяются в вакуумную камеру через звуковое или сверхзвуковое сопло.

В качестве материалов подложки использовались медь, различные стали, алюминий, кремний, резина, пластмассы, текстиль. В поток C_2F_4 можно было добавлять гелий для ускорения газа. На рис. 6 показана фотография на электронном микроскопе поверхности пленки, полученной при низких (от 50 до 150 °C) температурах подложки (меди). Этой структуре соответствует инфракрасный спектр поглощения, представленный на рис. 7, который свидетельствует о более низком молеку-

лярном весе структурных единиц по сравнению с исходным материалом. Эти результаты получены при 50 % гелия в потоке по массе.

Можно выделить две основные особенности осаждения пленки из газового потока приведенным в работе методом. Во-первых, имеется возможность использования мономерного газа в качестве исходного с последующей его полимеризацией на подложке и частично в адиабатически расширяющемся сверхзвуковом потоке. Во-вторых, может быть реализована возможность управления процессом осаждения при помощи изменения параметров, определяющих газовый поток и состояние подложки.

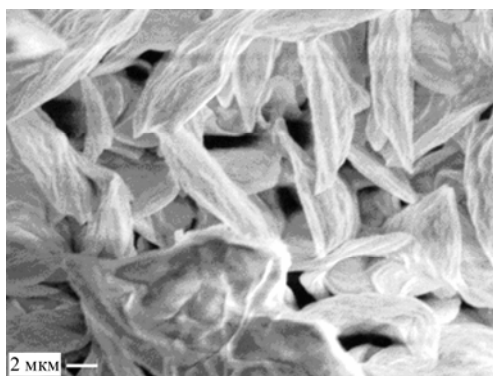


Рис. 6. Фотография пленки, полученной при $T_s \approx 50 \div 150$ °C и $y_{He} \approx 50$ %.

Fig. 6. Photo of a film received at $T_s \approx 50 \div 150$ °C and $y_{He} \approx 50$ %.

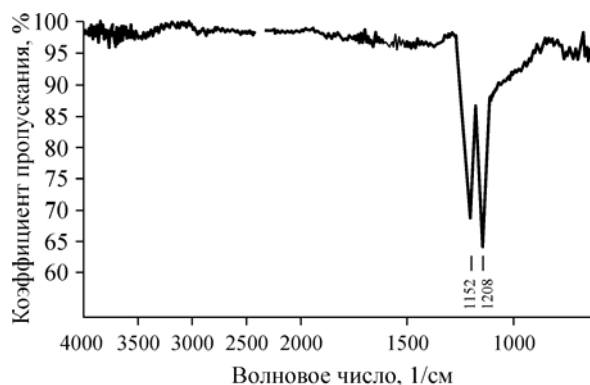


Рис. 7. Фурье-трансформанта инфракрасного спектра поглощения пленки, представленной на рис. 6.

Fig. 7. The Fourier transform of the film IR absorption spectrum submitted in a fig. 6.