

ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Фильтрационное горение пористых сред: распространение ячеистых режимов горения.

Задача о формировании сложных регулярных структур при горении гетерогенных систем была поставлена Я.Б. Зельдовичем еще в 70-х годах прошлого столетия. В рамках 3-D моделирования фильтрационного горения пористых сред нами впервые было показано, что при неустойчивости плоского фронта горения процессы экзотермического превращения могут протекать в новой "динамической форме". Показана возможность формирования и распространения ячеистых волновых структур, число и форма которых определяется теплофизическими и макрокинетическими параметрами среды, геометрией и размерами пористого состава.

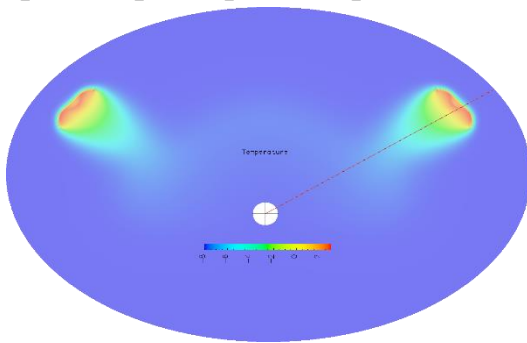


Рисунок. Теоретическое и экспериментальное исследование формирования и распространения ячеистых волн горения пористых химически активных сред.

Экспериментально и теоретически исследованы ячеистые волновые структуры, формирующиеся при потере устойчивости плоского фронта в неадиабатических условиях. Показано, что с ростом теплопотерь размеры ячеек уменьшаются и в предельном случае приобретают сферическую форму. Средняя скорость при увеличении теплопотерь растет за счет роста температуры и глубины превращения конденсированной фазы. Показано, что срыву горения предшествует перестройка структуры фронта с достижением полноты превращения конденсированной фазы.

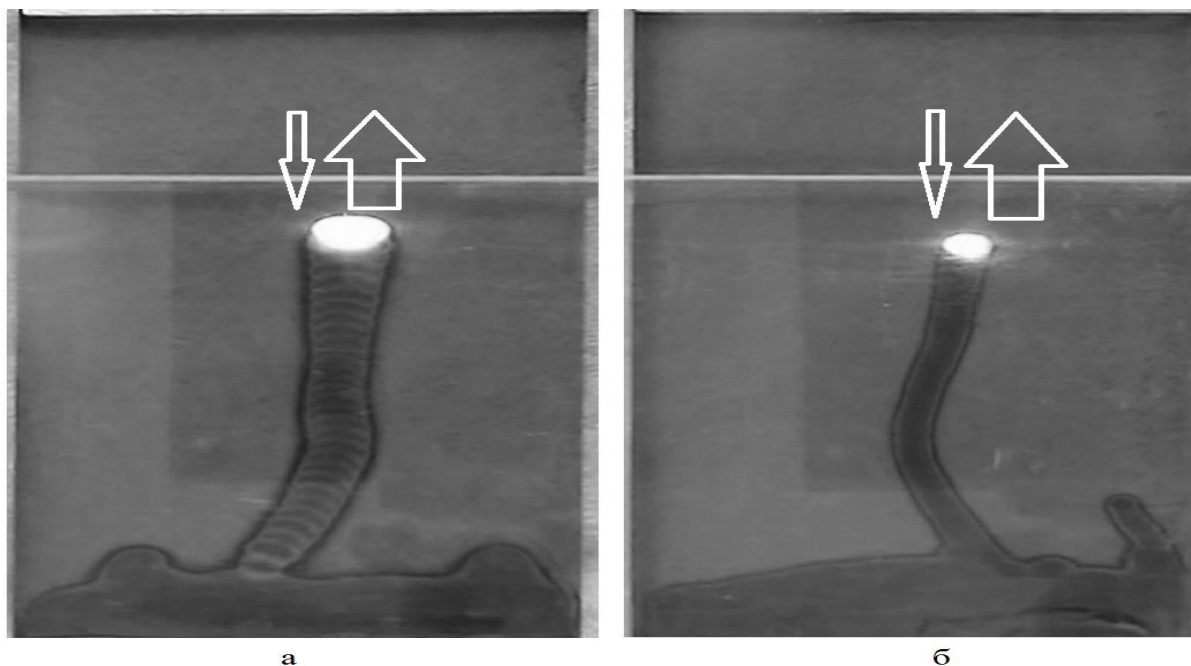


Рисунок. Эксперимент: изменение структуры ячеистой волны горения слоя порошка титана при увеличении теплопотерь.

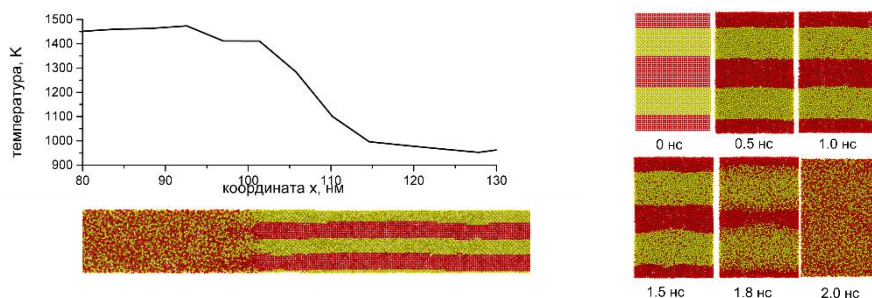
Распространение твердого пламени с учетом конкурирующих механизмов теплопередачи.

Проведен цикл исследований распространения твердого пламени в зависимости от геометрических характеристик образцов с учетом конкурирующих механизмов теплопереноса – лучистого и кондуктивного. Изучались волновые режимы горения нити, свернутой в спираль. Показано, что горение такой системы может протекать в двух различных режимах – квазикондуктивном и псевдоспиновом. В первом случае структура волны идентична структуре волны горения прямой нити. Температура продуктов горения соответствует адиабатической температуре сгорания вещества. Роль эстафетного теплообмена сводится к повышенному коэффициенту теплопроводности нити. В псевдоспиновом режиме формируется очаг реакции с температурой, превышающей термодинамическую температуру горения. Изменение шага и длины витка спирали позволяет эффективно управлять температурой и скоростью горения нити. Полученные результаты позволяют ожидать, что в случае линейной цепочки реагирующих частиц зависимость максимальной температуры от коэффициента теплообмена должна иметь экстремальный вид, как и в случае спирали. Простота и эффективность управления процессом горения спирали оправдывает более широкие и глубокие исследования в этом направлении.

Исследование процессов твердофазного горения методом молекулярно-динамического моделирования.

Разработана программа, позволяющая методами молекулярно-динамического моделирования изучать процессы твердофазного горения. Проведено

моделирование горения системы состоящей из слоев титана и алюминия с начальной температурой 700 К. Зажигание осуществлялось путем повышения температуры в левой части образца до температуры в 1500 К. На рисунке изображен температурный профиль системы спустя 1.8 нс после зажигания. За фронтом горения из расплава начинает формироваться зернистая структура. Адиабатическая температура горения составила 1500 К. Из проведенного исследования был сделан важный вывод, что для экзотермической реакции и горения в волновом режиме достаточно одного расплавленного реагента, а второй может оставаться в кристаллической решетке.



МДМ синтеза в системе Ti/Al

в волновом режиме горения

МДМ синтез в системе Ti/Al

в режиме теплового взрыва

Влияние инертных и примесных газов на режимы фильтрационного горения

Выполнен цикл исследований по анализу формирования и распространению зоны горения слоя порошка металла с учетом воздействия гравитационных сил на фильтрационный перенос газа. Особенностью исследуемого процесса является наличие газообразных примесей, влияющих на газообмен в зоне реакции, потеря устойчивости плоского фронта, формирование и распространение неоднородных и ячеистых волновых структур. Изучены пределы горения и нестационарные эффекты при распространении фильтрационного фронта в поле гравитационных сил. Установлена связь естественно-конвективного движения газовой смеси в пористой среде с изменением потерей устойчивости плоской волны, формированием и распространением ячеистых структур. Получила подтверждение гипотеза Я.Б.Зельдовича, что характерный размер ячеистых структур пламени соответствует длине волны возмущения с максимальным ростом.

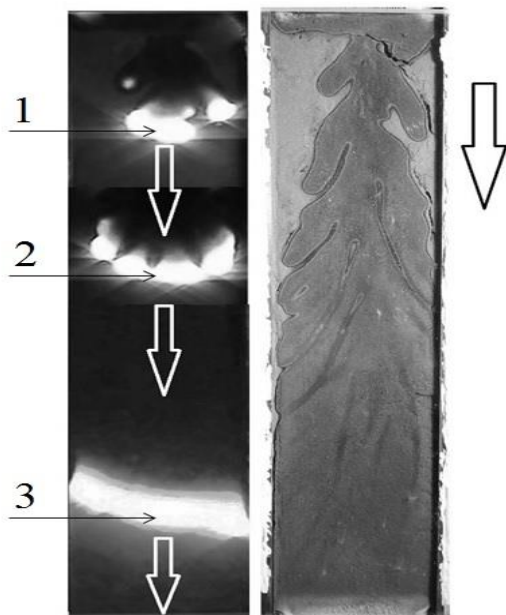


Рис.3. Последовательные изменения структуры зоны горения по мере ее перемещения вверх (а) и вниз (б) в наклонном канале. Стрелками указаны позиции зоны горения в различные моменты времени.

Теоретическое исследование процессов экзотермического волнового превращения гетерогенных сред в условиях гравитационного фазоразделения.

При горении различных гетерогенных систем под воздействием центробежных сил формируются фильтрационные течения высокотемпературного расплава продуктов горения в поры исходного вещества. В этом случае конвективные процессы определяют структуру фронтов горения, тепло- и массоперенос в них и закономерности их распространения. Разработаны математические модели для исследования процессов экзотермического химического взаимодействия смеси конденсированных реагентов термитного состава с регулируемым воздействием центробежных сил. Модели позволяют провести анализ основных стадий процесса: горение, центробежная сепарация среды (металлическая фаза, керамика, газ), остывание и кристаллизация продуктов. Численный анализ процесса позволяет получить информацию в форме пространственно-временных распределений полей температур отдельных групп реагентов в процессе горения и фазоразделения, скоростей их конвективного движения, концентрационного распределения, давления, скоростей экзотермического химического взаимодействия отдельных реагентов.