

МИНОБРНАУКИ РФ
Российский фонд фундаментальных исследований
Национальный исследовательский Томский государственный университет
НИИ прикладной математики и механики Томского государственного университета
Физико-технический факультет
Совет молодых учёных ТГУ

**V Международная молодежная научная конференция
«Актуальные проблемы современной механики
сплошных сред и небесной механики»
25–27 ноября 2015 г., Томск**

**Vth International Youth Scientific Conference
«Currently issues of
continuum mechanics and celestial mechanics – 2015»,
25–27 November, 2015**



Томск-2015

материала в значительной степени определяют область его функционального применения (теплозащита, катализаторы, импланты, фильтры). Поэтому одной из актуальных задач является изучение влияния размера и формы пор на механические свойства пористых керамик как экспериментальными, так и численными методами. Важное значение имеет также вид нагружения пористого материала.

В работе численно изучено влияния размера и форм пор на механическое поведение материалов на основе оксида циркония и оксида алюминия при одноосном сжатии и простом сдвиге. Рассмотрено два типа морфологии модельных пористых структур: перекрывающиеся сферические поры и перекрывающиеся сферические тела [1, 2]. Полученные результаты численного моделирования показали довольно хорошее совпадение расчетов с экспериментальными данными для сжатия и сдвига изученных пористых керамических материалов. При уменьшении размеров материальных сфер, составляющих твердый каркас, значения для модуля Юнга и модуля сдвига оказываются ближе к экспериментальным данным. Усредненная диаграмма нагружения является чувствительной не только к значению пористости, но и к морфологии пористой структуры.

Литература

1. Смолин И.Ю., Еремин М.О., Макаров П.В. и др. Численное моделирование механического поведения модельных хрупких пористых материалов на мезоуровне. // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2013. № 5(25). С. 78–90.
2. Bruno G., Efremov A.M., Levandovskyi A.N. Clausen Connecting the macro- and microstrain responses in technical porous ceramics: modeling and experimental B. validations // J. Mater. Sci. 2011. Vol. 46. P. 161–173.

ИССЛЕДОВАНИЕ САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ ВЗВЕСИ ПОЛИДИСПЕРСНОЙ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ В МЕТАНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ДВУХ КИНЕТИЧЕСКИХ СХЕМ РЕАКЦИИ THE SIMULATION OF THE LEAN METHANE-AIR MIXTURES COMBUSTION IN A SLOT BURNER WITH PREHEATED INERT INTERNAL

А.Ю. Крайнов, К.М. Моисеева
A.Yu. Krainov, K.M. Moiseeva

Национальный Исследовательский Томский государственный университет
National Research Tomsk State University
Moiseeva_KM@t-sk.ru

Решена задача самовоспламенения взвеси полидисперсной угольной пыли в метано-воздушной смеси, находящейся в замкнутом сферическом объеме. Постановка задачи основывалась на экспериментальной работе,

проведенной в [1]. Авторами работы были получены закономерности самовоспламенения частиц угольной пыли, перемешанных с метано-воздушной смесью. Из результатов работы [1] было получено, что присутствие частиц инертной пыли приводит к увеличению максимального давления в сферическом объеме по сравнению с самовоспламенением чистой метано-воздушной смеси.

Основываясь на данных о счетной концентрации частиц угольной пыли в объеме, а также о составе и размерах частиц, была разработана физико-математическая модель самовоспламенения взвеси частиц в метано-воздушной смеси. Математическая постановка задачи состоит из уравнений энергии для газа и частиц N фракций, изменения массы и радиуса частиц, изменения плотности частиц в связи с выходом летучих компонентов, изменения плотности окислителя и горючего в газе, сохранения массы газозвеси, уравнения состояния идеального газа. Постановка задачи учитывает выход летучих компонентов из частиц при их нагреве, излучение от частиц в окружающую среду, теплоотдачу от газа в окружающую среду через боковую поверхность сферического объема. Коэффициент массоотдачи частиц соответствует [2], учитывается зависимость коэффициента теплопроводности газа от температуры [3]. Учитывается полидисперсность угольной пыли: задается число фракций – N , которое определяет количество решаемых уравнений для частиц угольной пыли. Для инертных частиц записаны уравнения энергии, в которых учитывается теплообмен с газом и потери тепла за счет излучения. В уравнении изменения плотности окислителя учитывается расход окислителя на две реакции: гетерогенную на поверхности частиц и гомогенную в газе. Экзотермические химические реакции в газе определяются Аррениусовской кинетикой второго порядка. Гетерогенная реакция на частицах задается реакцией первого порядка.

Задача решалась методом Рунге – Кутты – Мерсона с автоматическим выбором шага. Достоверность расчетов проверялась путем решения частных постановок задачи. Согласно проверке на достоверность погрешность расчета составляет не более 3 %.

Согласно [1] помимо наноразмерной фракции в объеме присутствовало некоторое количество крупных образований («кластеров»). Размер «кластеров», как и содержание инертных частиц, варьировались для определения основных закономерностей воспламеняемости смеси реагирующего газа и частиц угольной пыли. В расчетах полагалось, что пыль состоит из $N = 3$ фракций, содержащих реагирующие и инертные частицы. Частицы каждого размера (150 нм, 20 нм и кластерные с размером r_{kl}) подразделялись на реагирующие и инертные в заданной пропорции, которая определяется процентным содержанием инертных частиц в угольной пыли.

Расчеты задачи были выполнены для двух наборов кинетических параметров реакции самовоспламенения метана в воздухе [4, 5]. В расчетах варьировалось количество инертных частиц в смеси, а также размер кла-

стерных частиц. В результате проведенных исследований выявлено влияние инертных частиц и размеров кластерных частиц на величину максимального давления, достигаемого в сферическом объеме при самовоспламенении полидисперсной реагирующей газозвеси. Показано, что наибольшее значение давления достигается для состава смеси, близкого к стехиометрическому. Под стехиометрией понимается соотношение между метаном, воздухом и реагирующими частицами угольной пыли, для которого полностью выгорают компоненты реакций в газовой фазе и на поверхности частиц.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-03-02578 а.

Литература

1. Бакланов А.М., Валиулин С.В., Дубцов С.Н., Замащиков В.В., Клишин В.И., Контарович А.Э., Коржавин А.А., Онищук А.А., Палеев Д.Ю., Пуртов П.А. // Доклады Академии наук. 2015. Т. 461. № 3. С. 295.
2. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука, 1987.
3. Крайнов А.Ю., Моисеева К.М. // Физика горения и взрыва. 2016. Т. 52, №1. С. 1–9.
4. Основы практической теории горения: учеб. пособие для вузов / В.В. Померанцев, К.М. Арефьев, Д.Б. Ахмедов и др. / под ред. В.В. Померанцев. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. 312 с.
5. Шмелев В.М., Мохин Г.Н., Николаев В.М. Моделирование воспламенения бедной метановоздушной смеси при ее сжатии и тепловой активации // Химическая физика. 2014. Т. 33, № 1. С. 25–31.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ БЕДНЫХ МЕТАНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ В ЩЕЛЕВОЙ ГОРЕЛКЕ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНО РАЗОГРЕТОЙ ВНУТРЕННЕЙ ВСТАВКОЙ THE SIMULATION OF THE LEAN METHANE-AIR MIXTURES COMBUSTION IN A SLOT BURNER WITH PREHEATED INERT INTERNAL

А.Ю. Крайнов, Л.Л. Миньков, К.М. Моисеева

A.Yu. Krainov, L.L. Minkov, K.M. Moiseeva

Национальный Исследовательский Томский государственный университет

National Research Tomsk State University

Moiseeva_KM@t-sk.ru

На основе одномерной физико-математической модели горения метановоздушной смеси (МВС) [1] решается задача горения бедной МВС в щелевой горелке с инертной внутренней вставкой в двухмерном приближении. Целью исследования является определение границы устойчивого горения бедной МВС в зависимости от объемного содержания метана в смеси и скорости подачи газа на входе в горелку. Решение задачи в двухмерной