Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СОРАН

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
с элементами научной школы для молодых учёных

XXXIII СИБИРСКИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ СЕМИНАР,

посвящённый 60-летию
Института теплофизики
им. С.С. Кутателадзе СОРАН

6 – 8 июня 2017 г.
Новосибирск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Новосибирск 2017

УДК 544.452

ГОРЕНИЕ СМЕСЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ С БИМЕТАЛЛИЧЕСКИМ ГОРЮЧИМ ПРИ СУБАТМОСФЕРНЫХ ДАВЛЕНИЯХ

Золоторёв Н.Н.[1], Маслов Е.А.[1,2]

[1] Национальный исследовательский Томский государственный университет
634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 36, стр. 27
[2] Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 30

Одним из основных направлений при создании газогенераторов и двигательных установок широкого назначения является поиск новых высокоэффективных энергетических материалов. Экспериментальные исследования процессов горения необходимы для понимания механизма горения, нахождения способов управления и регулирования этих процессов, возможность практического применения в различных областях. По мере развития техники все более широкое применение находят газогенераторы, работающие на смесевых композициях (СК), содержащих металлическое горючее. Известно, что применение металлического горючего значительно улучшает энергетические характеристики СК [1]. Одним из путей повышения энергетических характеристик СК является использование в их составе металлов в виде порошков с различной степенью измельчения. Сжигание металлов, входящих в состав топлива, является более сложной задачей, чем сжигание органических соединений.

Наибольшее распространение в энергетических установках получили алюминий, магний, бериллий, бор, цирконий и другие металлы.

Температура плавления окиси алюминия Al_2O_3 лежит в пределах (2010÷2050) °С, а температура кипения 2980 °С [2]. Температура кипения окиси алюминия, выше температуры кипения металла, металл испаряется и пары его, диффундируя через окисел, смешиваются с кислородом и сгорают.

Добавка бора в пиротехнические составы и топлива, облегчает их воспламенение, поэтому он находит широкое применение в воспламенительных составах, реже в безгазовых и твердых топливах. Применение бора сдерживается значительной агломерацией частиц при горении состава, низкой полнотой сгорания и невысокой температурой горения, что объясняется низкой температурой плавления образующейся на частицах бора плёнки оксида бора и значительными затратами тепла на его плавление и испарение [3]. Температура плавления оксида бора B_2O_3 составляет 450 °С. В связи с этим образующаяся на поверхности частицы оксидная пленка обладает защитными свойствами. В работе [4] отмечается, что согласно экспериментальным данным температура частиц бора в момент воспламенения находится между температурой плавления 2200 °С и температурой кипения бора 3658 °С.

Изучение конденсированных систем при субатмосферных давлениях имеет важное практическое значение. При понижении давления химические реакции идут медленнее, что способствует более яркому проявлению влияния соотношения компонентов, добавок на характеристики горения. Более точное представление о механизме горения СК необходимо при разработке новых рецептур высокоэнергетических материалов, а так же важно при поиске путей расширения области применения.

Основной функцией при расчете внутрибаллистических характеристик энергетических систем является зависимость скорости горения от давления.

В статье представлены результаты экспериментального исследования горения СК на основе перхлората аммония дисперсностью меньше 50 мкм, инертного горючего-связующего СКДМ–80 и металлического горючего алюминий/бор, при субатмосферных давлениях. Массовая доля смешанного металлического горючего составляла не более 15 %. Коэффициент избытка окислителя смесевой композиции α=0,5. Экспериментально был получен степенной закон скорости горения в диапазоне давлений (0,02÷0,07) МПа

Анализ результатов показал, что в исследованных смесевых композициях замена промышленного порошка алюминия микронных размеров АСД-6 на ультрадисперсный алюминий (Alex) с добавлением бора, при прочих равных условиях, приводит к тому, что в диапазоне давлений p = (0,02÷0,07) МПа скорость горения образцов ПХА/СКДМ-80/Alex/B увеличивается в 1,4 раза, а показатель степени ν в законе скорости горения снижается от 0,78 до 0,54. Механизм влияния ультрадисперсного алюминия на процесс горения СК определяется возможностью интенсивного окисления алюминия на поверхности горения или в непосредственной близости от нее.

Замена смешанного металлического горючего с добавлением бора в СК приводит к увеличению скорости горения, а так же сокращает время задержки воспламенения и повышает эффективность горения алюминия в СК.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-03-00630а

Список литературы:

1. Лемперт Д.Б., Ничипоренко Г.Н., Манелис Г.Б. Энергетические возможности высокоплотных смесевых твердых ракетных топлив, содержащих цирконий или его гибрид // Физика горения и взрыва. 2011. Т. 47. № 1. С. 52-61.
2. Гидроокиси металлов / Чалый В.П. Киев: Наукова думка, 1972.
3. Энергетические конденсированные системы. Краткий энциклопедический словарь / Жуков Б.П. М.: Янус–К, 2000. 596 с.
4. Горение порошкообразных металлов в активных средах / Похил П.Ф., Беляев А.Ф., Фролов Ю.В. и др. М.: Наука, 1972. 294 с.
5. Zolotorev N., Kuznetsov V., Maslov E. Dynamic regime of ignition of solid propellant // MATEC Web of Conferences 72. 01136. 2016.