
NONEQUILIBRIUM PROCESSES: RECENT ACCOMPLISHMENTS

Edited by

**S. Frolov
A. Lanshin**

TORUS
PRESS  **MOSCOW**
2020

NUMERICAL SOLUTION OF THE CONJUGATE
PROBLEM OF HETEROGENEOUS METALLIZED
SOLID FUEL COMBUSTION
WITH REGARD FOR GASDYNAMIC EFFECTS

K. M. Moiseeva, A. Yu. Krainov, and V. A. Poryazov

Tomsk State University
36 Lenin Ave., Tomsk 634050, Russia
e-mail: Moiseeva_KM@t-sk.ru

The paper presents the physicomathematical model and the results of the numerical simulation of the metallized solid propellant (MSP) combustion. Physicochemical processes in the solid phase have been described by the heat conduction equation of the condensed phase and the equation of the half-decomposition of the oxidizer. Processes in the gas phase have been accounted using the approach of the multiphase reacting media dynamics by R. I. Nigmatulin. We have performed the parametric study on the dependence of the linear burning rate of the MSP on pressure at various values of size of aluminum particles emitting from the MSP surface. According to the obtained simulation results, the increase in pressure leads to the growth of the burning rate. As the aluminum particle size grows, the burning rate decreases.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ СОПРЯЖЕННОЙ ЗАДАЧИ ГОРЕНИЯ СМЕСЕВОГО МЕТАЛЛИЗИРОВАННОГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА С УЧЕТОМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

К. М. Моисеева, А. Ю. Крайнов, В. А. Порязов

Томский государственный университет
Россия, Томск 634050, просп. Ленина, д. 36
e-mail: Moiseeva_KM@t-sk.ru

Представлена физико-математическая модель и результаты численного моделирования задачи горения металлизированного смесового твердого топлива (МСТТ). Постановка задачи основывается на работах [1, 2]. Физико-химические процессы в твердой фазе определяются уравнением теплопроводности конденсированной фазы и уравнением полуразложения окислителя. Процессы в газовой фазе описываются на основе подходов динамики многофазных реагирующих сред Р. И. Нигматулина. Целью исследования является определение зависимости скорости горения МСТТ от давления и состава топлива.

Математическая постановка задачи формулируется при следующих допущениях: На левой границе области находится смесовое металлизированное твердое топливо, состоящее из окислителя, связки и частиц алюминия. На правой границе расчетной области полагается вытекание смеси в окружающую среду с заданным давлением. Предполагается, что в твердом веществе идут химические реакции, продуктами которых является газ, содержащий летучие горючие компоненты. Газообразные продукты разложения высвобождаются на последней стадии реакции по достижении глубины превращения 0,99. Газовая фаза состоит из смеси газообразных окислителя и горючего, способных к экзотермической химической реакции. Газ при нагревании расширяется, возникает течение его от поверхности МСТТ, которым захватываются частицы алюминия. В твердом топливе и в газовой фазе протекают химические реакции первого порядка, скорость кото-

рых зависит от температуры по закону Аррениуса. Частицы алюминия, прогреваясь до температуры зажигания, начинают гореть. Закон скорости горения частиц алюминия описан в [2].

В системе координат, связанной с поверхностью твердого вещества, система уравнений математической модели состоит из уравнений теплопроводности и полуразложения окислителя в конденсированной фазе, уравнений сохранения массы, импульса и энергии газа и частиц, уравнений баланса массы окислителя в газе, числа частиц в единице объема и уравнения состояния газа. Метод решения системы уравнений описан в [2] и основан на методах распада произвольного разрыва С. К. Годунова и распада разрыва в среде, лишенной собственного давления А. Н. Крайко.

Выполнено параметрическое исследование задачи с параметрами [1, 2] и получены зависимости линейной скорости горения МСТГ от давления при различных значениях размера частиц алюминия, выходящих с поверхности МСТГ. С увеличением давления скорость горения увеличивается. С увеличением размера частиц алюминия скорость горения уменьшается.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-79-10054).

Литература

1. *Порязов В. А., Крайнов А. Ю.* Численное моделирование погасания пороха Н при резком сбросе давления на основе сопряженной модели горения // *Физика горения и взрыва*, 2015. Т. 51. № 6. С. 47–52.
2. *Моисеева К. М., Крайнов А. Ю., Деметьев А. А.* Определение критических условий искрового зажигания бидисперсного порошка алюминия в воздухе // *Физика горения и взрыва*, 2019. Т. 55. № 4. С. 26–33.