
NONEQUILIBRIUM PROCESSES: RECENT ACCOMPLISHMENTS

Edited by

**S. Frolov
A. Lanshin**

TORUS  **MOSCOW**
PRESS **2020**

CALCULATION OF THE IGNITION DELAY TIME
OF METALLIZED SOLID PROPELLANT
BY A CONVECTIVE HIGH-TEMPERATURE FLOW

V. L. Goiko, V. A. Poryazov, and A. Yu. Krainov

Tomsk State University
36 Lenin Ave., Tomsk 634050, Russia
e-mail: poryazov@ftf.tsu.ru

This paper presents a mathematical model and methodology to calculate the ignition delay time and the stationary combustion formation of a metallized solid propellant with aluminum additives ignited by a convective high-temperature flow. The study investigates the ignition of a semiinfinite slab of the metallized solid propellant blown by an unconfined high-temperature flow. To construct the ignition model, the boundary-layer approximation has been used and the effect of the high-temperature blowing has been taken into account by the turbulent heat and mass transfer. The analysis has shown that the proposed approach allows calculating the ignition delay time and the time of the stationary combustion mode formation for the metallized solid propellant. Moreover, the ignition delay and the time of the stationary combustion mode formation can be controlled by both the velocity and the temperature of the convective flow.

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ЗАДЕРЖКИ ЗАЖИГАНИЯ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ПРИ ЗАЖИГАНИИ КОНВЕКТИВНЫМ ПОТОКОМ

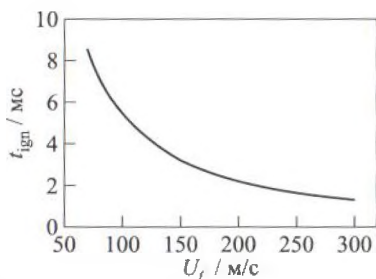
В. Л. Гойко, В. А. Порязов, А. Ю. Крайнов

Томский государственный университет
Россия, Томск 634050, просп. Ленина, д. 36
e-mail: poryazov@ftf.tsu.ru

Представлены математическая модель и методика расчета зажигания конвективным высокотемпературным потоком и выхода на стационарный режим горения металлизированного твердого топлива. В постановке рассматривается зажигание полубесконечной пластины металлизированного твердого топлива неограниченным обдувающим высокотемпературным потоком. Модель учитывает влияние эффекта обдува высокотемпературным потоком через турбулентный тепломассообмен.

На основе нестационарной модели горения металлизированного твердого топлива в сопряженной постановке [1] и модели эрозийного горения металлизированного твердого топлива [2] построена модель зажигания и выхода на стационарный режим горения металлизированного твердого топлива под действием высокотемпературного конвективного потока.

В твердом топливе при нагреве идут химические реакции, продуктами которых является газ. Газообразные продукты разложения высвобождаются на последней стадии реакции. Теплофизические характеристики твердой фазы не зависят от температуры и определяются компонентным составом твердого топлива путем осреднения. Над поверхностью топлива записываются уравнения течения двухфазной реагирующей среды, учитывающие межфазный обмен импульсом и энергией, конвективный и кондуктивный теплообмен, зависимость коэффициентов переноса от температуры и интенсивности турбулентности. Для описания характеристик динамической турбулентности в пограничном слое использовалась модель турбулентности



Зависимость времени задержки зажигания от скорости обдувающего высокотемпературного потока ($P = 6$ МПа; $T_f = 1700$ К)

Ван-Дриста [3]. Расчеты проводились для формально-кинетических параметров, характерных для пороха Н: $P = 6$ МПа, $\alpha_{Д1} = 0,09$ и $r_{Д1,0} = 5$ мкм.

Проведен расчетно-теоретический анализ влияния скорости (см. рисунок) и температуры обдувающего потока на время задержки зажигания и время выхода на стационарный режим эрозионного горения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ мол.а 18-38-00533.

Литература

1. Порязов В. А., Крайнов А. Ю. Математическая модель и расчет нестационарной скорости горения металлизированных твердых ракетных топлив // Вестн. Том. гос. ун-та. Математика и механика, 2017. № 50. С. 99–111.
2. Порязов В. А., Крайнов Д. А. Математическое моделирование эрозионного горения металлизированных твердых топлив // Вестн. Томского гос. ун-та. Математика и механика, 2019. № 58. С. 119–127.
3. Van Driest E. R. On turbulent flow near a wall // J. Aeronaut. Sci., 1956. Vol. 23. No. 11. P. 1007–1011. doi: 10.2514/8.3713.