

чисто мнимая, следовательно, потеря устойчивости будет носить колебательный характер. Экспоненциальной потере устойчивости соответствует вещественный положительный корень уравнения (15).

Потеря устойчивости по z_2 здесь произойдет лишь при очень больших значениях параметра. Например, для $z_1 = 0$ имеем $z_{2*} \simeq \simeq 0,12(1 - v_x^2)/v_x^2 \ll 1$, что для реальных веществ, видимо, невозможно. Из (16) следует, что при $z_2 > z_{2*}$, где $z_{2*} = z_1(1 - v_x^2)$, реализуется высокочастотная ($\varphi_{II} \sim v_x^{-2}$) термомеханическая неустойчивость, когда возмущения нарастают экспоненциально. К экспоненциальной потере устойчивости стационарного фронта приводит и набор параметров $\omega = 0$, $v_x = 0$, $\gamma < 1$, $z_2 \neq 0$. Во всех случаях возможны колебательные режимы горения в области устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зельдович Я. Б. К теории горения порохов и взрывчатых веществ // ЖЭТФ.— 1942.— 12, № 11, 12.
2. Новожилов Б. В. Скорость распространения фронта экзотермической реакции в конденсированной фазе // Докл. АН СССР.— 1961.— 141, № 1.
3. Новиков С. С., Рязанцев Ю. С. К теории стационарной скорости распространения фронта экзотермической реакции в конденсированной среде // ПМТФ.— 1965.— № 3.
4. Хайкин Б. И., Мержанов А. Г. К теории теплового распространения фронта химической реакции // ФГВ.— 1966.— 2, № 3.
5. Махвиладзе Г. М., Новожилов Б. В. Двумерная устойчивость горения конденсированных систем // ПМТФ.— 1971.— № 5.
6. Барелько В. В., Баркалов И. М. и др. К тепловой теории автоволновых процессов в низкотемпературных твердофазных радиационно-химических реакциях // Докл. АН СССР.— 1982.— 264, № 1.
7. Бендерский В. А., Филиппов П. Г., Овчинников М. А. Соотношение теплового и деформационного воспламенения в низкотемпературных твердофазных реакциях // Там же.— 1989.— 308, № 2.
8. Полуэктов В. А. Теория распространения волны разрушения, обусловленной протеканием экзотермической химической реакции в твердом теле при низких температурах // Там же.— 1985.— 285, № 4.
9. Алдушин А. П., Ваганов Д. А. К теории автоволнового распространения химического превращения, инициируемого хрупким разрушением: анализ плоской волны // Там же.— 1989.— 307, № 1.
10. Истратов А. Г., Либрович В. Б. Об устойчивости горения пороха // ПМТФ.— 1964.— № 5.

г. Томск

УДК 536.46

В. Н. Симоненко, В. В. Чергищев

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА И КОНЦЕНТРАЦИИ КОМПОНЕНТОВ НА НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРЕНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ ТОПЛИВ

Экспериментально исследовано влияние концентрации и дисперсности ПХА в составах ПХА + ПММА и ПХА + порошок Н + РbO на характеристики нестационарного горения. Получена функция отклика скорости горения составов при синусоидальном воздействии лазерного излучения. Время переходного периода горения определено при П-образном изменении лазерного излучения.

В работах [1, 2] отмечалось, что существует прямо пропорциональная зависимость между временем переходного режима горения и временем выгорания характерного размера зерна окислителя. В [2] сделано уточнение, что в области размера зерен окислителя меньше 300 мкм прямо пропорциональная зависимость нарушается и переходит в «плато», где время задержки не зависит от диаметра частиц. Эти данные полу-

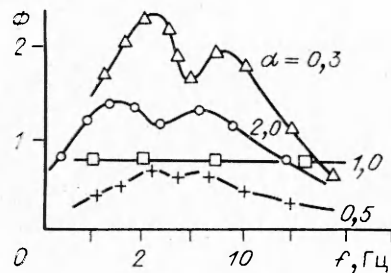


Рис. 1. Функция чувствительности модельных СТТ при синусоидальном воздействии лазерного излучения в зависимости от коэффициента α при d (ПХА) = 150 мкм.

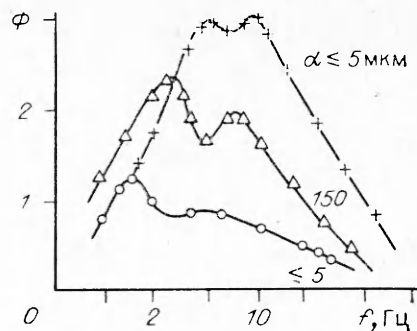


Рис. 2. Функция чувствительности модельных СТТ в зависимости от размера ПХА при $\alpha = 0,3$.

чены при варьации размера окислителя в диапазоне $d = 4 \div 1500$ мкм и избытке горючего в смеси $\alpha = 0,5$.

В настоящей работе проведено исследование отклика скорости горения на внешнее синусоидальное и П-образное воздействие лазерного излучения на смесях ПХА + ПММА. Соотношение окислитель — горючее варьировалось ($\alpha = 0,3; 0,5; 1; 2$); для ПХА $d = 5 \div 700$ мкм, для ПММА $d \leq 3$ мкм. Все составы содержали 1% сажи, чтобы исключить влияние прозрачности образцов. Эксперименты проведены при давлении $p = 1$ атм по методике, описанной в [3]. На рис. 1 приведены частотные характеристики функции чувствительности $\Phi = \frac{\Delta F}{F} / \frac{\Delta q}{q}$ реактивной силы горящего образца при внешнем синусоидальном воздействии для образцов с различным значением коэффициента α . Отклик реактивной силы на внешнее воздействие имеет резонансные области, и амплитуда резонансного отклика увеличивается по мере удаления значения α от единицы.

При $\alpha = 1$ отклик не имеет области резонанса. На рис. 2 показана функция отклика реактивной силы для составов с фиксированным значением $\alpha = 0,3$ и изменением размера ПХА. При уменьшении размера ПХА увеличиваются уровень функции отклика реактивной силы и значение резонансной частоты. При П-образном изменении интенсивности воздействующего лазерного излучения не удалось обнаружить корреляцию между временем перехода с одного режима горения на другой и временем выгорания зерна окислителя. Время перехода при сбросе светового потока (до уровня 33% от первоначального) и ступенчатом подъеме до первоначального уровня незначительно возрастает при увеличении размера зерна окислителя для составов с $\alpha = 0,3, 0,5$ и 2 и лежит в пределах 0,3—0,5 с. Для составов с $\alpha = 1$ при изменении размера зерна ПХА время перехода практически не изменяется и составляет около 0,3 с.

В следующей серии опытов инертное горючее заменили порошком $H + PbO$. В него вводили 20, 40 или 60% ПХА. Дисперсность ПХА варьировали от 5 до 700 мкм. Исследовалось влияние размера и концентрации ПХА на нестационарные характеристики горения. Максимум отклика скорости горения на синусоидальное воздействие лазерного излучения лежит в диапазоне частот 10—20 Гц. Прямо пропорциональной зависимости значения резонансной частоты от размера введенного ПХА не обнаружено. При П-образном изменении светового потока время переходного режима для исследуемых составов равно 0,1—0,2 с.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что влияние дисперсности компонентов на нестационарные характеристики горения сказывается в чисто гетерогенных системах (смесь ПХА + ПММА) при существенном отличии коэффициента α от 1 и, как указано в работе [2], только в области достаточно больших размеров частиц ПХА, т. е. при выполнении условия $du/\kappa \gg 1$, где d — размер зерна, u — скорость

горения, κ — температуропроводность состава. Для реальных композиций с полидисперсным окислителем и активной связкой картина влияния дисперсности компонентов на нестационарные характеристики горения более сложна. Требуется дополнительные экспериментальные исследования подобных систем для выявления влияния дисперсности и компонентного состава топлива на нестационарные характеристики горения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Илюхин В. С., Марголин А. Д., Сверчков Ю. Е. Исследование переходных процессов горения крупнозернистых смесевых топлив // Горение конденсированных систем.— Черноголовка, 1977.
2. Илюхин В. С., Марголин А. Д., Валеев И. И. и др. Влияние размера частиц окислителя на время нестационарного горения смесевого твердого топлива при сбросе давления // ФГВ.— 1987.— 23, № 3.
3. Симоненко В. Н., Кискин А. Б., Фоменко В. М. и др. Исследование отклика скорости горения порохов на периодическое воздействие лазерного излучения // Горение конденсированных систем.— Черноголовка, 1986.

г. Новосибирск

УДК 536.46

T. Dagusé, A. Soufiani, N. Darabiha, J. C. Rolon

STRUCTURE OF DIFFUSION AND PREMIXED LAMINAR COUNTERFLOW FLAMES INCLUDING MOLECULAR RADIATIVE TRANSFER

*Laboratoire d'Energétique Moléculaire et Macroscopique, Combustion
du CNRS et de l'ECP, Ecole Centrale Paris
Grande Voie des Vignes, 92295 Chatenay-Malabry, France*

Abstract

The interaction between radiation and combustion is studied theoretically in the case of strained counterflow nonluminous laminar flames. Both $H_2 - O_2$ diffusion and $C_3H_8 - air$ premixed flames are considered. Calculations are based on detailed chemical kinetics and narrow-band statistical modeling of infrared radiative properties. It is shown that radiative transfer decreases the temperature level, which affects particularly the production and consumption of minor species and pollutants. For $H_2 - O_2$ flames, a low strain rate extinction limit due to radiation is found. It is also shown that the commonly used approximation of optically thin medium is inaccurate, even for the small scale laboratory flames considered here.

Introduction

It is well established that radiation is an important heat transfer mode in industrial large scale flames. For non-sooty, small scale laboratory flames, radiative losses represent generally a small fraction of the chemical heat release. Thus, radiation effects are the most often neglected in the studies related to flame modeling. However, radiative transfer leads to a decrease of flame temperature, which may induce large variations of some flame properties. Some of these temperature dependent properties are: (i) production of some minor species, in particular pollutants, (ii) flammability limits, and (iii) flame propagation velocity.

Liu et al. [1] have studied experimentally radiation effects on temperature profiles in double premixed $CH_4 - air$ flames. Liu and Rogg [2] investigated the case of $CO/H_2/N_2 - air$ diffusion flames and showed important effects of radiation on NO and NO_2 production. Lakshmisha et al. [3] and Sibulkin and Frendi [4] have studied the flammability limits and flame velocities, taking into account radiation, in lean premixed $CH_4 - air$ flames.

© T. Dagusé, A. Soufiani, N. Darabiha, J. C. Rolon, 1993.