

БЕСПЛАМЕННОЕ ГОРЕНИЕ ГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИЙ

Калиничак В.В.¹, Черненко А.С.¹, Софронков А.Н.²,
Федоренко А.В.¹

¹Украина, Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова

²Украина, Одесский государственный экологический университет

Актуальной и недостаточно изученной проблемой является сложное многостадийное явление беспламенного горения и критических процессов воспламенения, зажигания и погасания газозвушных смесей с примесями горючих газов на частицах и проволочках катализаторов переходных металлов и их оксидах при параллельном образовании продуктов реакции [1]. В данной работе явление беспламенного горения и процессы поверхностного воспламенения, зажигания и погасания изучены на зависимостях температуры аммиачно-воздушной смеси и концентрации примеси аммиака от стационарной температуры платиновой нити диаметром 100 мкм (рис.1). Здесь точки *i* – воспламенение, точки *e* – погасание, точка γ – вырождение. При $Z_{uy} < Z_{cr} < Z_a$, $T_{re} < T_r$, $T_e < T$ наблюдается беспламенное горение: $Z_a(T_{bur})$ и $T_r(T_{bur})$. Установлено, что беспламенное горение газозвушной смеси с примесями аммиака на платиновой нити происходит в диффузионной области.

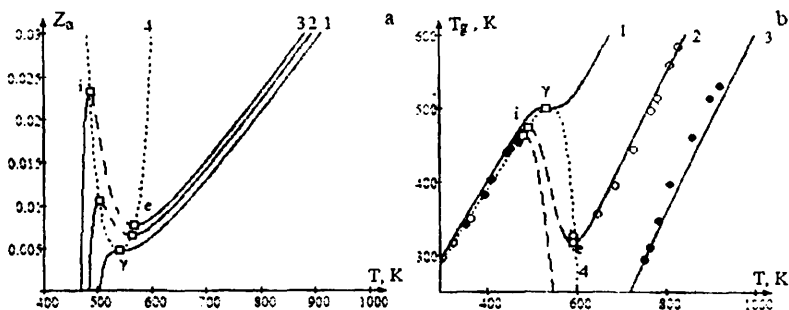


Рис. 1. а) Зависимость концентрации аммиака от стационарной температуры платиновой нити (температура аммиачно-воздушной смеси T_g : 1) 505 К, 2) 485 К, 3) 470 К). Кривая 4 – зависимость (1), $Sh = 0.64$.

б) Зависимость температуры аммиачно-воздушной смеси от стационарной температуры платиновой нити (концентрация аммиака Z_a : 1) 0.5%, 2) 1.8%, 3) 3.1%. Эксперимент \bullet – $Z_a = 1.8\%$, \circ – $Z_a = 3.1\%$. Кривая 4 – зависимость (2).

Температура горения линейно увеличивается с ростом температуры газовой смеси и концентрации примеси аммиака

$$T_{гор} = T_{г} + \frac{Q_{эф}}{c_{pg}} Z_a, \quad Q_{эф} = \frac{Q_{a1}k_1 + Q_{a2}k_2}{k_1 + k_2}.$$

Здесь $Q_{эф}$ – эффективное значение теплового эффекта.

В режиме беспламенного горения при $T_g > T_{гк}$ и $Z_a > Z_{ac} > Z_{af}$ скорости образования азота и окиси азота соизмеримы. С увеличением T_g температура горения определяется реакцией образования оксида азота (меньший тепловой эффект, большая энергия активации). Показано, что при уменьшении концентрации аммиака от 3.1% до 0.5% происходит вырождение гистерезисной петли на зависимости $T(T_g)$. При увеличении температуры газовой смеси от 470 К до 505 К происходит вырождение гистерезисной петли на зависимости $T(Z_a)$. Предложен метод определения гистерезисных областей теплообмена нити (частицы) катализатора, внутри которых наблюдается каталитическое зажигание. В результате получены следующие две зависимости для спинодалей (пунктирные кривые, проходящих через точки воспламенения и погасания):

$$Z_a|_{i,c} = \frac{c_{pg} RT^2 (1+Se)^2}{Q_{эф} E_{ef2}} \frac{1}{Se (1+Se - Se E_{ef1}/E_{ef2})}, \quad (1)$$

$$T_g|_{i,c} = T - \frac{RT^2}{E_{ef2}} (1+Se) \frac{1}{(1+Se - Se E_{ef1}/E_{ef2})}, \quad (2)$$

$$Se = \frac{k_1 + k_2}{\beta} \frac{\rho_{г}}{\rho_{ж}}, \quad E_{ef2} = \frac{Q_{a1}k_1 E_1 + Q_{a2}k_2 E_2}{Q_{a1}k_1 + Q_{a2}k_2}, \quad E_{ef1} = \frac{k_1 E_1 + k_2 E_2}{k_1 + k_2}.$$

Здесь Se – суммарное диффузионно-кинетическое отношение, E_{ef1} , E_{ef2} – эффективные значения энергий активации.

Установлено, что реакция окисления аммиака до N_2 определяет критические условия воспламенения (точки *i*, рис. 1) в кинетическом режиме и погасания (точки *e*) в переходном режиме.

Литература

1. Kalugin V.V., Kalinchak V.V., Chernenko A.S. High-temperature ammonia oxidation over a platinum catalyst under conditions of the parallel formation of nitrogen-containing products // *Kinetics and Catalysis*. – 2015. – Vol. 56, № 3. – pp. 335–342.