

Т. Н. Нацвлишвили, Д. Т. Бежитадзе, Г. Ф. Тавадзе,
В. И. Юхвид

ВЛИЯНИЕ ИНЕРТНОЙ ДОБАВКИ НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГОРЕНИЯ СИСТЕМЫ $V_2O_5 + Al$ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Температура горения широкого круга систем типа окисел металла — восстановитель — неметалл превышает температуру плавления исходных реагентов, промежуточных и конечных продуктов [1, 2]. Горение многих систем при атмосферном давлении сопровождается интенсивным разбросом вещества [2, 3], который можно подавить избыточным давлением или центробежным воздействием [2, 4]. Причина разброса расплава при горении — образование газообразных продуктов и их выделение. Термодинамический расчет показал, что источником газа являются пары металлов, субокислы при введении в смесь углерода, моноокись углерода [4]. Из анализа горения следует, что подавление разброса избыточным давлением связано главным образом с уменьшением удельного объема газообразных продуктов в расплаве [4].

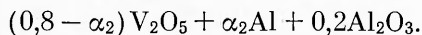
В настоящей работе на примере системы $V_2O_5 + Al$ исследуется возможность подавления разброса путем снижения температуры горения и тем самым смещения химического равновесия в стороны уменьшения доли газа в продуктах горения. Температуру горения понижали введением в исходную смесь инертного вещества. В опытах использовали V_2O_5 и Al_2O_3 марки Ч и Al АСД-1. Перемешивали компоненты в турбосмесителе 30 мин. Для предотвращения растекания расплава сжигание проводили в кварцевых стаканчиках диаметром 20, высотой 50 и толщиной стенки 1,5—2 мм при плотности смеси 1,2—1,3 г/см³. Во всех опытах сжигали по 20 г смеси при атмосферном давлении.

В экспериментах регистрировали исходную массу смеси M_0 , массу продуктов горения M_k , высоту слоя смеси в стаканчике L , время горения t , массу слитка m . Время горения определяли секундомером. Скорость горения u_0 , глубину разброса η_p , массовую долю металлического слоя η_c рассчитывали по формулам:

$$u_0 = L/t, \eta_p = (M_0 - M_k)/M_0 \cdot 100 \%, \eta_c = m/M_0 \cdot 100 \%$$

Источники газовой фазы, их концентрации a_i , а также температуру горения T_g определяли с помощью термодинамического расчета [5].

В первой серии экспериментов в исходной смеси $(1 - \alpha_1) \cdot (V_2O_5 : Al) + \alpha_1 Al_2O_3$ при $V_2O_5 : Al = 0,7 : 0,3$ варьировали массовую долю Al_2O_3 (α_1) от 0 до 0,4. Во второй — при постоянном разбавлении ($\alpha_1 = 0,2$) массовую долю Al (α_2) в составе 2:



Визуальные наблюдения и измерения u_0 показали, что для смеси 1 имеется верхний предел горения по разбавлению Al_2O_3 при $\alpha_1 = 0,35$, а для смеси 2 — нижний и верхний пределы горения по содержанию Al : $\alpha_{min} = 0,12$ и $\alpha_{max} = 0,4$. Внутри интервалов после воспламенения формируется плоский фронт горения, который перемещается по смеси с постоянной скоростью. Вблизи пределов горения стационарный режим сменяется на автоколебательный и спиновый.

Горение неразбавленной смеси ($\alpha_1 = 0$) протекает с заметным разбросом ($\eta_p = 20 \%$, рис. 1). При $\alpha_1 = 0,30$ η_p снижается до 0,5 %, а $u_0 = 3 \cdot 10^{-2} \div 0,2 \cdot 10^{-2}$ м/с. Из рис. 1, а следует, что разброс практически подавлен при $\alpha_1 = 0,2$. Это разбавление и выбрано для второй серии экс-

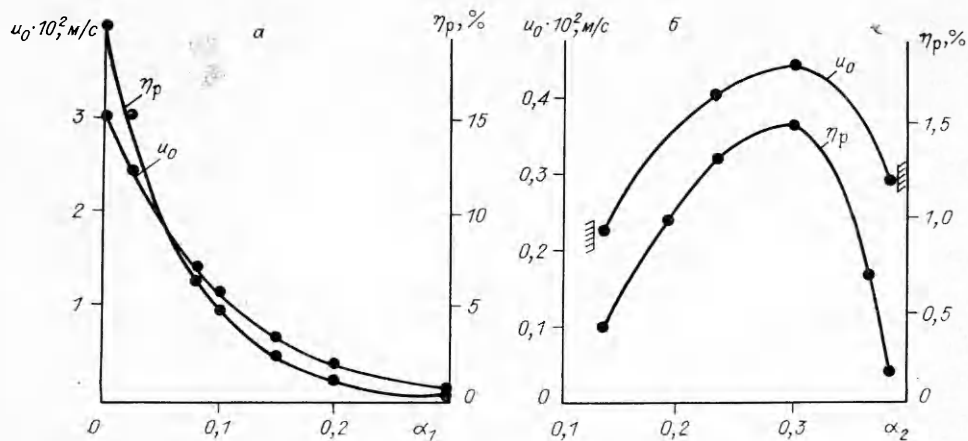


Рис. 1. Зависимости $u_0(\alpha)$ и $\eta_p(\alpha)$.
а) смесь 1, $V_2O_5 : Al = 0,7 : 0,3$; б) смесь 2, $V_2O_5 : Al_2O_3 = 0,75 : 0,25$.

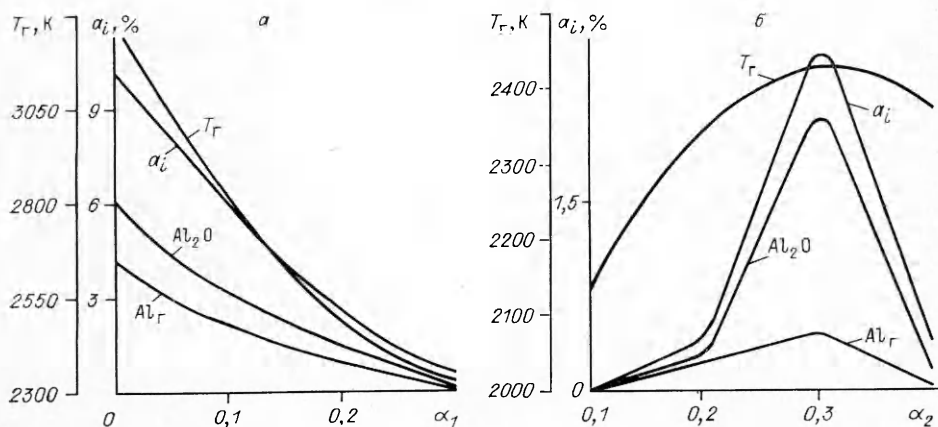


Рис. 2. Зависимости $T_g(\alpha)$ и $a_i(\alpha)$ для смесей 1 (а) и 2 (б).

периментов. При изменении α_2 от $\sim 0,1$ до $\sim 0,4$ величины u_0 и η_p проходят через максимум, причем в максимуме $\eta_p = 1,5\%$ (рис. 1, б).

Влияние α_1 и α_2 на газовую фазу и T_g представлены на рис. 2, где a_i — суммарная концентрация газов. Видно, что при горении образуются газообразные Al и Al_2O , причем разбавление смеси Al_2O_3 приводит к снижению a_i более чем в 7 раз. Из сопоставления η_p и a_i , u_0 и T_g (см. рис. 1, 2) следует, что между ними имеется качественное подобие.

Можно предположить, что аналогично [4], величина η_p связана с объемом образующихся газов V_g . Используя закон Клапейрона — Менделеева, связь V_g с a_i и T_g можно представить в виде

$$V_g = AT_g \left(\frac{a_{Al_2O}}{M_{Al_2O}} + \frac{a_{Al}}{M_{Al}} \right), \quad (1)$$

где $A = \text{const}$. Из (1) видно, что при уменьшении a_i и T_g , например, за счет разбавления, V_g уменьшается, поскольку T_g снижается существенно слабее (см. рис. 2). Сильная зависимость $u_0(T_g)$ свидетельствует в пользу узкой зоны химического превращения смеси $V_2O_5 + Al$ в продукты горения, а также о справедливости выражения

$$u_0^2 \sim e^{-E/RT_g}. \quad (2)$$

Следует отметить, что на пределах горения по α_1 и α_2 температура находится в интервале 2200—2400 К (см. рис. 1, 2), т. е. вблизи температуры плавления одного из продуктов горения ($T_{пл} Al_2O_3 = 2300$ К).

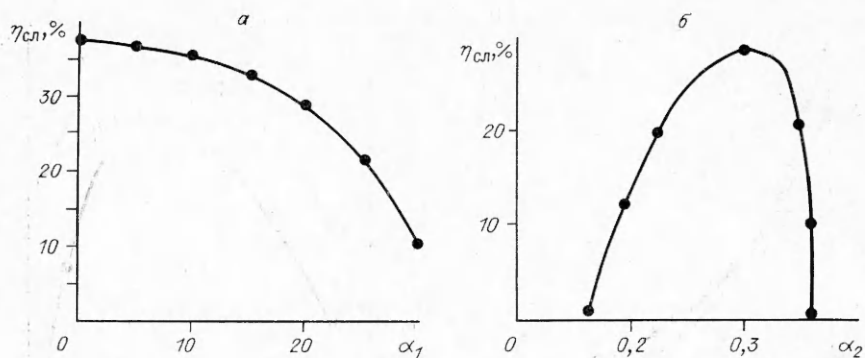


Рис. 3. Зависимость $\eta_{сл}(\alpha)$ для смесей 1 (а) и 2 (б).

Анализ продуктов горения в интервалах $\alpha_1 \leq 0,3$ и $1,6 \leq \alpha_2 \leq 0,36$ показал, что они имеют вид литых слоев, а доля металлического слоя достигает 30 % (рис. 3).

В работе для системы $V_2O_5 + Al$ показана возможность подавления разброса (диспергирования) с помощью понижения температуры горения. Экспериментально установлено, что при росте содержания Al_2O_3 в исходной смеси до 30 % разброс снижается до 0,5 %, а $u_0 = 3 \cdot 10^{-2} \div 0,2 \cdot 10^{-2}$ м/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мякишев Н. П., Плинер Ю. А., Игнатенко Г. Ф. и др. Аллюминотермия.— М.: Металлургия, 1978.
2. Мержанов А. Г., Юхвид В. И., Боровинская И. П. Докл. АН СССР, 1980, 255, 1.
3. Дубровин А. С. // Процессы горения в химической технологии и металлургии.— Черноголовка, 1975.
4. Юхвид В. И., Боровинская И. П., Мержанов А. Г. ФГВ, 1983, 19, 3.
5. Мамян С. С., Мержанов А. Г. Термодинамический анализ возможности металлургического восстановления окислов металлов в режиме горения/АН СССР. ОИХФ.— Препр.— Черноголовка, 1978.

г. Тбилиси

Поступила в редакцию 12/IV 1988

УДК 662.215.1

А. Н. Кирюшкин, Ю. А. Гостинцев

ТЕОРИЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО ГОРЕНИЯ В ПРОГНОЗЕ КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВА

Очаговый механизм возбуждения взрыва наиболее распространен как причина инициирования конденсированных ВВ. Существуют различные модели возникновения очагов возбуждения взрыва: вязкопластический разогрев [1], концентрация энергии на микровключениях (частицы металла, углерода) при лазерном облучении ВВ [6], взаимодействие УВ с локальными возмущениями плотности, адиабатическое сжатие газовых включений и др. [3]. В процессе инициирования взрыва из очага разогрева можно выделить следующие характерные стадии: тепловое взаимодействие очага с окружающим его ВВ, достижение критических значений параметров, определяющих возможность существования самоподдерживающегося режима — зажигание, развитие ускоряющегося процесса нестационарного горения, переход к ударно-волновому инициированию. В рамках теории нестационарного горения порохов [4], с позиций которой рассматривается стадия зажигания, критическими пара-

© 1990 Кирюшкин А. И., Гостинцев Ю. А.