

Обратим внимание на область (см. рис. 2), в которой справедливы бифуркационная и феноменологическая теории. Это полоса, прилегающая к уровню $k = 4$. При значениях параметра k из этой зоны и $1/\nu > 1$ фронт имеет малоамплитудное искривление, и горение в каждый момент времени идет по всей его длине. В нашем рассмотрении речь идет об области большого удаления в область неустойчивости. В этом случае амплитуда пульсаций велика, а горение происходит только в отдельных очаговых зонах.

Автор благодарит А. П. Алдушина, Б. В. Новожилова за обсуждение и замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Струнина А. Г., Дворянkin А. В. Влияние тепловых факторов на закономерности неустойчивого горения безгазовых систем // Докл. АН СССР.— 1981.— 260, № 5.— С. 1185—1188.
2. Максимов Ю. М., Мержанов А. Г., Пак А. Т. и др. Режимы неустойчивого горения безгазовых систем // ФГВ.— 1981.— 17, № 4.— С. 51—58.
3. Margolis S. B. The transition to nonsteady deflagration in gasless combustion // Progr. Energy Combust. Sci.— 1991.— 17.— P. 135—162.
4. Алдушин А. П., Зельдович Я. Б., Маломед Б. А. К феноменологической теории спинового горения // Докл. АН СССР.— 1980.— 251, № 5.— С. 1102—1106.
5. Алдушин А. П., Зельдович Я. Б., Маломед Б. А. Феноменология неустойчивого горения при малых и больших числах Льюиса.— М.: ИКИ АН СССР, 1980.— С. 35.
6. Струнин Д. В. Промежуточные структуры в задачах феноменологического описания волн горения // ФГВ.— 1990.— 26, № 5.— С. 28—33.
7. Махвиладзе Г. М., Новожилов Б. В. Двумерная устойчивость горения конденсированных систем // ПМТФ.— 1971.— № 5.— С. 52—59.
8. Новожилов Б. В. Скорость распространения фронта экзотермической реакции в конденсированной среде // Докл. АН СССР.— 1961.— 141, № 1.— С. 151—153.
9. Дворянkin А. В., Струнина А. Г., Мержанов А. Г. Устойчивость горения термитных систем // ФГВ.— 1985.— 21, № 4.— С. 44—47.
10. Margolis S. B., Kaper H. G., Leaf G. K. et al. Bifurcation of pulsating and spinning reaction fronts in condensed two-phase combustion // Combust. Sci. Technol.— 1985.— 43, N 3/4.— P. 127—165.
11. Ивлева Т. П., Мержанов А. Г., Шкадинский К. Г. О закономерностях спинового режима распространения фронта горения // ФГВ.— 1980.— 16, № 2.— С. 3—10.

п. Чернооголовка

*Поступила в редакцию 28/1 1992,
после доработки — 20/X 1992*

УДК 536.46

В. Н. Санин, С. Л. Силяков, С. Е. Закиев

О ЗАЖИГАНИИ ВЫСОКОКАЛОРИЙНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА И ХРОМА

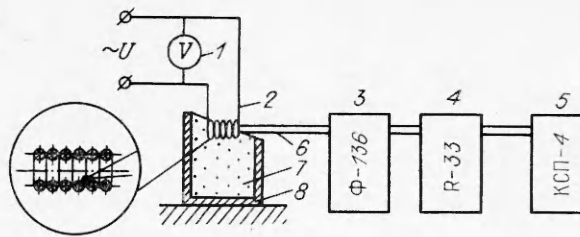
В динамическом режиме экспериментально исследуется процесс зажигания высококалорийных гетерогенных систем типа оксид металла (FeO , Cr_2O_3)—металл—восстановитель (Al)—неметалл (C). Получена зависимость температуры зажигания от соотношения компонентов в исходной смеси. Сопоставлены температуры зажигания с расчетом по квазистационарной теории зажигания конденсированных веществ горячим телом высокой теплопроводности с переменной температурой поверхности. Показано качественное совпадение расчетных значений с экспериментальными.

Для процессов СВС-технологии получения литых тугоплавких материалов важное значение имеет разработка надежного узла воспламенения. Как правило, зажигание составов проводится в динамическом режиме, который представляет интерес и для общей теории воспламенения. В связи с этим в данной работе проводились эксперименты по исследованию температуры зажигания в динамическом режиме системы

© В. Н. Санин, С. Л. Силяков, С. Е. Закиев, 1993.

Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

1 — вольтметр В7-34А; 2 — поджигающая спираль; 3 — микровольт-наноамперметр; 4 — магазин сопротивлений; 5 — самопишущий прибор; 6 — термопара; 7 — шихта; 8 — графитовая форма.



$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al} + \text{FeO} + \text{C}$, широко используемой для получения литых твердых сплавов и СВС-наплавки.

В качестве исходных компонентов шихты в экспериментах использовали порошок оксидов хрома и железа марки Ч размером $\delta \leq 10$ мкм, полидисперсный алюминий марки АСД-1 ($\delta \leq 10$ мкм) и графит марки ГМЗ ($\delta = 160 \div 90$ мкм). Состав готовили смешением исходных реагентов $\text{Cr}_2\text{O}_3 : \text{Al} : \text{C} = 0,684 : 0,243 : 0,073$ и $\text{FeO} : \text{Al} = 0,8 : 0,2$ в планетарном смесителе в течение 10–15 мин.

Экспериментальная установка схематически показана на рис. 1. Приготовленную шихту с постоянной массой засыпки 2,5 г и плотностью $1,2 \text{ г/см}^3$ помещали в тугоплавкую форму — графитовый стаканчик диаметром 18, толщиной стенки 2,5 и высотой 16 мм. Для удобства проведения экспериментов верхний край формы срезали под углом 25° .

Все эксперименты проведены при атмосферном давлении в среде воздуха. Шихту поджигали вольфрамовой спиралью (проволока диаметром 350 мкм и длиной 150 мм), состоящей из 10 витков проволоки с внутренним диаметром 2,2 мм. Длина витой части спирали была соизмерима с диаметром графитовой формы. Переменное напряжение $0 \leq U \leq 6$ В подавали с автотрансформатора типа АОМН-40-74УХЛ-4. Автоматическое устройство, изменяющее напряжение на поджигающей спирали, обеспечивало постоянный темп нагрева. Напряжение на спирали контролировали по цифровому вольтметру В7-34А.

В экспериментах фиксировали температуру зажигания термопарой хромель-алюмель с диаметром термоэлектрода 50 мкм, спай которой помещался внутрь поджигающей спирали, что позволяло устранить непосредственный контакт термопары с экзотермической шихтой. Время от начала разогрева поджигающей спирали до зажигания шихты определяли из термограммы.

Использование автоматического устройства дало возможность линейно нагревать поджигающую спираль со скоростью 74–76 град/с. Визуальное наблюдение показало, что шихта поджигается в прилегающей к спирали области, а процесс горения осуществлялся послойно: от верхнего конца засыпки к нижнему, при этом весь период зажигания температуру холодного конца шихты можно считать постоянной. На полученных термограммах четко фиксировалась точка перегиба, выше которой резко нарастает температура. Это значение принимали за температуру зажигания T_* . Для состава $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{C}$ $T_* = 1200^\circ\text{C}$ достигается за 16,1 с. По сравнению с железоалюминиевым термитом это время возрастает на 25 %.

В основной серии экспериментов фиксировалась температура зажигания в зависимости от соотношения шихт. На рис. 2 видно, что с увеличением содержания малокалорийной шихты ($\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al} + \text{C}$) T_* возрастает с 980 до 1200°C .

На рассматриваемой стадии процесса глубина превращения относительно мала и определяющим фактором является температурная зависимость, используемая квазистационарной теорией зажигания конденсированных веществ горячим телом высокой теплопроводности с переменной температурой поверхности [1]. Поэтому оценить T_* для исследуемых систем можно из выражения

$$(T_* - T_n) \frac{E}{RT_*^2} \exp\left(\frac{E}{RT_*}\right) = \frac{2Qz}{c\sqrt{K}}$$

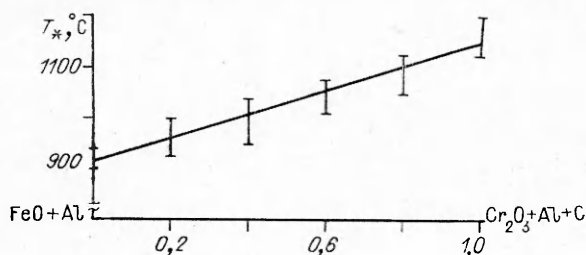


Рис. 2. Зависимость температуры зажигания от соотношения шихт с различной калорийностью.

где T_n — начальная температура; c — удельная теплоемкость шихты; z — предэкспонент; Q — тепловой эффект реакции; E — энергия активации; K — темп нагрева; R — газовая постоянная. Причем

$$T(x; 0) = T_n \quad (0 < x < \infty), \quad T(0; t) = T_n + Kt, \quad \frac{\partial T}{\partial x}(\infty, t) = 0.$$

Воспользоваться моделью полубесконечного тела позволяет тот факт, что в течение всего периода зажигания температура холодного конца шихты меняется незначительно.

Для состава $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al} + \text{C}$ ($Q = 646$ кал/г, $E = 44,5$ ккал/моль, $c = 0,06$ кал/(г·град), $z = 3,3 \cdot 10^4$ 1/с) расчет дает $T_* = 1144^\circ\text{C}$, а для состава $\text{FeO} + \text{Al}$ ($Q = 775$ кал/г, $E = 43,4$ ккал/моль, $c = 0,11$ кал/(г·град), $z = 3,9 \cdot 10^7$ 1/с) $T_* = 955^\circ\text{C}$.

Из сопоставления расчетных и экспериментальных величин следует, что данный режим зажигания описывается моделью зажигания плоской поверхностью полубесконечного слоя шихты. Тем самым подтверждается возможность использования приведенной выше формулы для оценок температуры зажигания высококалорийных СВС-шихт данного класса. Результаты экспериментов также показывают, что для зажигания можно использовать нихромовые спирали и другие материалы, обеспечивающие температуру в интервале $900\text{—}1200^\circ\text{C}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виллюнов В. Н. Теория зажигания конденсированных веществ. — Новосибирск: Наука, 1984. — С. 125—128.

г. Черноголовка

Поступила в редакцию 24/1 1992,
после доработки — 24/VII 1992

УДК 541.127

В. И. Бабушок, А. Н. Дакданча

ГЛОБАЛЬНЫЕ КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГАЗОФАЗНЫХ РЕАКЦИЙ

Описаны основные типы кинетических моделей химических реакций, используемых при исследовании процессов горения. Обсуждается ограниченность применения глобальных кинетических параметров. Представлена подборка глобальных параметров высокотемпературных газофазных химических реакций.

Несмотря на быстрый рост вычислительных возможностей и появление детальных кинетических моделей для описания горения ряда углеводородов, использование небольших кинетических схем, способных адекватно описать основные характеристики процессов горения, имеет большую важность [1—4]. Преимущество глобальных (эффективных, макрокинетических, суммарных, брутто) моделей — их простота. Детальные

© В. И. Бабушок, А. Н. Дакданча, 1993.