

9. П. А. Маволкин, П. П. Вернидуб. ЖПХ, 1960, 33, 824.
 10. Г. К. Ежовский, Е. С. Озеров. ФГВ, 1979, 15, 1, 69.
 11. Б. П. Хайкин, В. Н. Блошенко, А. Г. Мержанов. ФГВ, 1970, 6, 4, 474.
 12. Э. Н. Руманов, Б. И. Хайкин. Критические условия самовоспламенения совокупности частиц. Препринт ОИХФ АН СССР, 1969.

ВТОРИЧНОЕ ВОСПЛАМЕНЕНИЕ КОНДЕНСИРОВАННОГО ТОПЛИВА

В. И. Еремин, В. М. Николаев, А. С. Бобков

(Балашиха)

Выяснение природы вторичного воспламенения конденсированного топлива необходимо, в частности, для разработки мероприятий, позволяющих обеспечить надежное подавление возможных пожаров. При экспериментальном изучении особенностей околопредельного горения полиметилметакрилата (ПММА) обнаружено [1], что в определенных условиях самопроизвольно возникают возрастающие по амплитуде колебания пламени.

С целью изучения механизма околопредельного колебательного режима горения проведены опыты на установке, аналогичной используемой для определения кислородного индекса полимеров при скорости газовой смеси 1 см/с. Образец ПММА размерами 1 × 1 × 8 см поджигали сверху в потоке воздуха, который после выхода горения на стационарный режим отключали и одновременно подавали при помощи электрошелевмоклапана азотно-кислородную смесь с объемной концентрацией кислорода 14%. Киносъемку вели со скоростью 64 кадр/с. Для повышения контрастности изображения опыты проводили в стеклянном цилиндре с зачерненной внутренней поверхностью, за исключением окошка, через которое осуществляли съемку.

Представленная на рис. 1 кинограмма позволяет выяснить некоторые характерные черты вторичного воспламенения, обнаруженного в завершающей стадии колебаний пламени. После полного исчезновения пламени (при регистрации на киноплёнке КН-4 свечение не обнаружено) примерно через 60 мс наблюдается вторичное воспламенение в газовой фазе над поверхностью зоны пиролиза (копусообразная верхняя часть образца ПММА), носящее локальный характер. Образовавшиеся очаги горения увеличиваются в размерах и сливаются в единый фронт пламени. В это время интенсивность свечения поверхности зоны пиролиза достигает максимума. На кинограмме, к сожалению, четко не видна нижняя слабо-светящаяся бледно-голубая область пламени, в том числе передняя кромка, которая прилегает к зоне пиролиза. Сразу после отрыва передней кромки от зоны пиролиза (рис. 2) пламя поднимается над образцом, уменьшаясь в размерах, и происходит срыв горения.

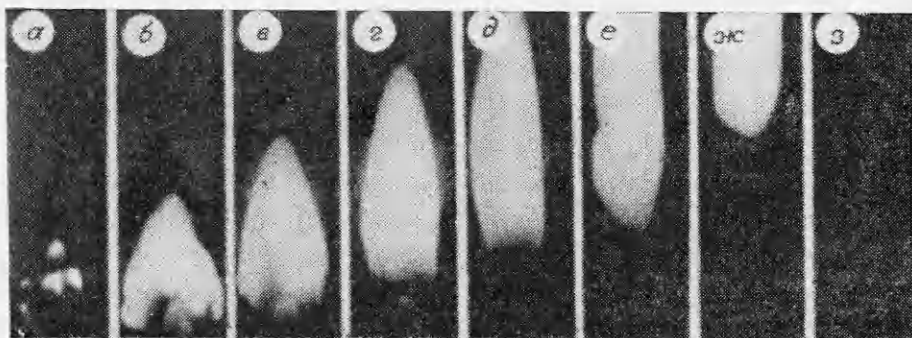


Рис. 1. Вторичное воспламенение образца ПММА.



Рис. 2. Структура пламени в момент отрыва передней кромки от зоны пиролиза.

1 — ярко-желтая область; 2 — бледно-голубая область; 3 — зона пиролиза образца.

Локальный характер вторичного воспламенения объясняется, очевидно, тем, что поверхность зоны пиролиза при горении не однородна. На ней непрерывно разрушаются газовые пузырьки — микроочаги деструкции топлива, образующиеся в прогретом слое образца (рис. 3).

Оценим возможное снижение температуры поверхности к-фазы за время задержки воспламенения, следуя [2] и пренебрегая тепловым влиянием химических реакций на процесс остывания:

$$T_s \cong T_{1\infty} + (T_s^0 - T_{1\infty}) F(\sqrt{t/t_1}),$$

где $F(y) = \left(1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^y \exp(-z^2) dz\right) \exp(y^2)$; T_s , T_s^0 — текущая температура

поверхности зоны пиролиза и в начальный момент; $T_{1\infty}$ — начальная температура топлива; t — время задержки воспламенения; $t_1 = l^2 \rho c / \lambda$ — время тепловой релаксации к-фазы.

Для ПММА: $\rho = 1,21$ г/см³, $c = 0,46$ кал/(г·град), $\lambda = 4,8 \cdot 10^{-4}$ кал/(см·с·град), характерный размер прогретого слоя принимается $l = 10^{-2}$ см. Температура поверхности ПММА при горении может достигать 700°C [4]. Подставляя в приведенную формулу численные значения параметров $T_{1\infty} = 20^\circ\text{C}$, $t = 60$ мс, $t_1 = 120$ мс, получим для $T_s^0 = 700$, 600 и 500°C значения $T_s = 380$, 327 и 274°C соответственно.

С учетом газификации и теплопотерь излучением снижение температуры поверхности зоны пиролиза после исчезновения пламени будет, очевидно, более значительным.

Имеющиеся данные по термической деструкции полимеров [5] позволяют предположить, что вторичное воспламенение может инициировать экзотермические реакции структурирования и термоокисления на поверхности топлива, где наличие кислорода объясняется прекращением горения в газовой фазе. Существенное влияние на процесс вторичного воспламенения ПММА оказывают, по-видимому, газофазные реакции окисления, протекающие по механизму вырожденных разветвлений с возникновением холодного пламени [6] в горючей смеси, образующейся над поверхностью зоны пиролиза во время задержки воспламенения.

Детальный механизм вторичного воспламенения в настоящее время предложить трудно вследствие ограниченности имеющихся экспе-

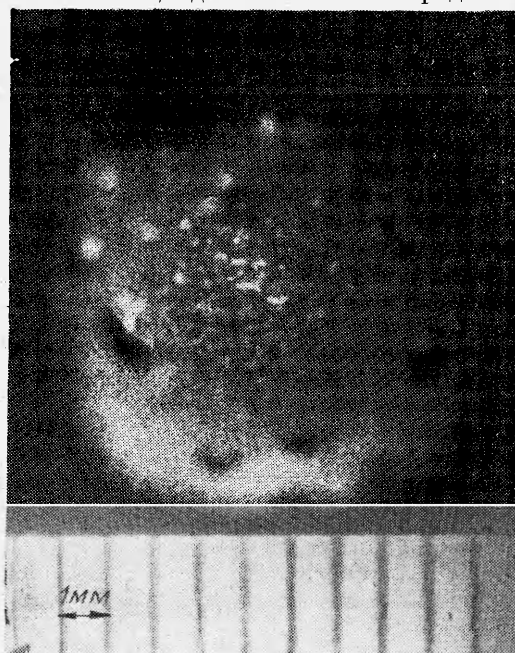


Рис. 3. Поверхность зоны пиролиза погашенного образца ПММА; вид сверху. Размеры пузырьков, определенные с помощью микроскопа МБС-9, находятся в интервале от 0,07 до 0,35 мм.

Рис. 3. Поверхность зоны пиролиза погашенного образца ПММА; вид сверху. Размеры пузырьков, определенные с помощью микроскопа МБС-9, находятся в интервале от 0,07 до 0,35 мм.

риментальных данных, характеризующих кинетику термоокислительной деструкции топлива в условиях околопредельного горения.

Поступила в редакцию 24/XII 1984,
после доработки — 15/III 1985

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Еремин, В. М. Николаев, А. С. Бобков.— В кн.: Пожаротушение. М.: ВНИИПО, 1984.
2. А. И. Ассовский, Е. П. Клейменов, О. И. Лейпунский и др. ФГВ, 1981, 17, 2, 96.
3. Справочник по пластмассам. М.: Химия, 1967.
4. K. Seshadri, F. A. Williams. J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed., 1978, 16, 7, 1755.
5. В. В. Коршак. Химическое строение и температурные характеристики полимеров. М.: Наука, 1970.
6. А. С. Соколик. Самовоспламенение, пламя и детонация в газах. М.: Изд-во АН СССР, 1960.

ВЛИЯНИЕ МАССОВЫХ СИЛ НА ГОРЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ С КОНДЕНСИРОВАННЫМИ ПРОДУКТАМИ РЕАКЦИИ

А. И. Кирдяшкин, Ю. М. Максимов, Е. А. Некрасов
(Томск)

В основе эффекта влияния поля массовых сил на горение конденсированных систем лежит действие перегрузок на зону химической реакции [1]. Наложение массовых сил деформирует структуру зоны, приводя к изменению скорости горения. В работах [2—4] использование перегрузок, создаваемых вращением горящих образцов, позволило выявить механизм горения ряда конденсированных веществ с газообразными продуктами взаимодействия.

Представляет интерес изучение воздействия перегрузок на горение гетерогенных систем с конденсированными продуктами реакции. Специфической особенностью горения таких систем является плавление и капиллярное растекание реагентов в зоне реакции [5], которое, как показано в [6], может лимитировать скорость взаимодействия. Воздействие на растекание ультразвуковых колебаний позволило в несколько раз увеличить скорость горения системы Ti—В [7, 8], что доказало возможность управления процессом безгазового горения. Естественно предположить, что действие массовых сил на растекание реагентов во фронте также приведет к изменению закономерностей горения. Перегрузки могут изменять не только скорость, но и направление течения жидкости в пористой среде, что открывает дополнительные возможности для регулирования тепло- и массообмена в волне горения и получения информации о механизме процесса.

В настоящей работе исследовались закономерности горения системы Ti—В. В опытах использовались порошки титана марок ПТЭМ-1 и ПТЭК-0, бора аморфного с содержанием основного вещества 98,8%. Порошки исходных реагентов смешивали в соотношении, отвечающем образованию соединения Ti—В, и прессовали в виде цилиндрических образцов диаметром 1,5 см, длиной 3,5 см до относительной плотности $0,6 \pm 0,01$. Для придания большей механической прочности образцы помещали в кварцевые трубки. Опыты проводили в центрифуге по методике [1] в среде аргона при давлении 1 атм. Массовая сила варьировалась величиной перегрузки $G = g/g_0$, где g_0 — ускорение свободного падения; $g = \omega^2 L$; ω — угловая скорость; L — расстояние от оси вращения до центра образца. В установке предусматривалась возможность организации процесса горения как в случае одинаковых направлений массовой силы