

Отмечалось, что для смесей ПХА с янтарной, глутаровой, адипиновой и фумаровой кислотами уже при сравнительно небольшом избытке горючего ($\alpha=0,7-1$) наблюдалось затухание горения в области высоких давлений. Этот факт также связан с малой химической активностью и низкой калорийностью указанных горючих.

При использовании более крупного окислителя в зоне влияния успеваает газифицироваться меньшая доля горючего, чем в случае мелкодисперсного окислителя. Соответственно в рассматриваемом случае улучшается баланс тепла, и смеси с крупнодисперсным окислителем могут гореть при таком проценте горючего, при котором мелкодисперсные смеси уже гаснут (в согласии с результатами [4]). Так, смесь ПХА+адипиновая кислота $\alpha=0,7$ при размере частиц окислителя $d_{ок} \approx 5$ мк горела неустойчиво при $p=70$ атм и гасла при $p=100$ атм, в то время как при $d_{ок} = 90-170$ мк и $d_{ок} = 150-170$ мк смесь вполне устойчиво горела при $p \leq 100$ атм.

Таким образом, в ряду кислот янтарная \rightarrow глутаровая \rightarrow адипиновая \rightarrow азелаиновая, где теплота горения последовательно возрастает, возрастает максимальная скорость горения u_{max} . Чем выше давление, тем при меньшем проценте горючего достигается u_{max} для каждой данной смеси.

При достаточно большом проценте горючего на кривых $u(p)$ для изученных смесей наблюдались плато ($v=0$) или участки, где скорость горения падала с ростом давления ($v<0$).

В работе предложено объяснение экспериментальных данных, исходя из представлений о зоне влияния.

Поступила в редакцию
23/VIII 1969

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Бахман, А. Ф. Беляев. Горение гетерогенных конденсированных систем. М., «Наука», 1967.
2. Г. В. Лукашья, Г. М. Малинненко и др. ФГВ, 1966, 2, 3, 59.
3. Г. В. Иванов, Г. И. Шаббаев и др. ФГВ, 1967, 3, 2, 315.
4. В. В. Евдокимов, Н. Н. Бахман, А. Ф. Беляев. ФГВ, 1967, 3, 4, 505.

УДК 536.46 + 662.216.4

О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ЗАЖИГАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВЕЩЕСТВ ДИСПЕРСНЫМ ПОТОКОМ

У. И. Гольдшлегер,
В. В. Барзыкин, В. И. Розенбанд
(Москва)

При зажигании конденсированных веществ дисперсным потоком теплообмен определяется следующими факторами: конвекцией, излучением, а также непосредственным контактом конденсированных частиц с поверхностью. В работе [1] показано, что последний вид передачи теп-

ла играет особенно существенную роль, если поверхность вещества размягчена. В этом случае необходимо учитывать внедрение частиц в поверхностный слой вещества и связанную с ним интенсификацию теплообмена.

В данной работе в развитие и продолжение [1] исследуется процесс зажигания дисперсным потоком с целью более детального выяснения роли внедрения частиц в широком интервале изменения интенсивности теплового потока. Для того чтобы иметь возможность изменять интенсивность теплового потока в широких пределах, эксперименты проводились на установках двух типов. Первая установка [1] предназначена для исследования зажигания конденсированных веществ дисперсным потоком при четко фиксированных и хорошо воспроизводимых условиях теплообмена. Основные параметры, характеризующие процесс, изменялись в следующих пределах: скорость потока 1—3 м/сек, температура потока 250—650°C, концентрация частиц в потоке 60—95 вес. %, средний поток тепла за время задержки зажигания $\bar{q} = 0,5—3 \text{ кал/см}^2\text{сек}$, время задержки зажигания 30—0,5 сек. В опытах использовались сферические частицы алюмосиликата и окиси алюминия диаметром от 60 до 380 мк. Вторая установка [2] представляет собой камеру, в которой зажигание вещества осуществляется дисперсным потоком, образованным продуктами горения воспламенителя, содержащими в себе металлизированные частицы размером порядка 200 мк. Зажигание имеет место в условиях динамического нагрева при следующем изменении основных параметров: время задержки зажигания 0,6—0,01 сек, $\bar{q} = 2,5—20 \text{ кал/см}^2\text{сек}$, весовая концентрация частиц была в тех же пределах, что и в случае первой установки.

Объектом исследования были выбраны нитроклетчатка (пироксилин № 1) и поливинилнитрат, механизм воспламенения и свойства которых достаточно хорошо изучены. Показано, что воспламенение этих веществ происходит в результате экзотермической реакции, протекающей в прогретом слое конденсированной фазы [3]. Экспериментально получаемые задержки зажигания сравнивались с расчетными, полученными из счета на ЭВЦМ по известным условиям теплообмена на основе существующей тепловой теории зажигания.

Эксперименты показали, что наблюдаемые экспериментально задержки зажигания $t_{зп}$, существенно отличаются от расчетных задержек зажигания $t_{зр}$ при заданном коэффициенте теплообмена (минимальное $t_{зп}/t_{зр}$ порядка 0,3). Это различие и объясняется наличием раскаленных частиц в потоке, так как в случае чисто газового потока имеет место хорошее совпадение между этими величинами (в пределах 10%) [2, 4]. При зажигании дисперсным потоком в отличие от газового важную роль играет состояние поверхности вещества в индукционный период. Как было показано в [1], нитроклетчатка при температурах 165—175°C и поливинилнитрат при температурах 48—60°C разлагаются с образованием жидкой поверхностной пленки. При этом общепринятый механизм передачи тепла (конвекция + излучение + соударение частиц с поверхностью) становится неполным и надо учитывать новый фактор — внедрение частиц в поверхностный слой вещества и связанную с ним интенсификацию теплообмена. Для экспериментального подтверждения этого факта, как и в [1], были проведены опыты, в которых на поверхность образцов наклеивалась тонкая металлическая фольга, коэффициент поглощения которой был близок к значениям коэффициентов поглощения исследуемых веществ (толщиной $\approx 10 \text{ мк}$), что препятствовало внедрению частиц. На рисунке 1 показаны зависимости температуры поверхности от

времени в условиях динамического нагрева для случая экранированного и неэкранированного образцов для поливинилнитрата. Как видно, при температуре около 60°C вследствие внедрения частиц начинается расхождение этих кривых, так как у экранированного образца температура меньше, чем у неэкранированного. Зависимости аналогичного вида наблюдались и для пироксилина. Полученные на экранированных образцах задержки зажигания существенно больше, чем на неэкранированных, и хорошо совпадают с расчетными значениями задержек зажигания (см. таблицу).

За качественную оценку влияния внедрения частиц на время задержки зажигания была выбрана величина $t_{3э}/t_{3р}$ (где $t_{3р}$ определяется по условиям теплообмена без учета вклада от внедрившихся частиц). Было обнаружено, что эта величина существенным образом зависит от интенсивности потока, характеристикой которой была взята величина $1/t_{3р}$, комплексно учитывающая весь теплообмен. Можно было ожидать, что поскольку отношение $t_{3э}/t_{3р}$ характеризует полное влияние внедрения частиц на задержку зажигания, то результаты, полученные при работе с частицами разных размеров при разных температурах, должны в выбранных координатах ($t_{3э}/t_{3р}$ от $1/t$) ложиться на одну кривую. Это подтверждается экспериментами на первой установке и объясняет хорошее совпадение результатов, полученных в переходной области по $1/t_{3р}$ на разных установках при различных условиях теплообмена.

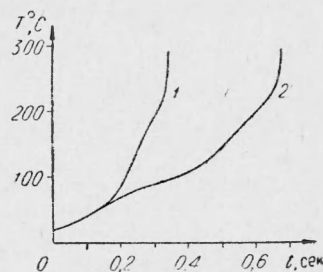


Рис. 1. Зависимость температуры поверхности поливинилнитрата от времени.

1 — неэкранированный образец; 2 — образец экранированный металлической фольгой.

Условия эксперимента	Нитроцеллюлоза			Поливинилнитрат		
	$t_{3э}$, сек	$t_{3э}$, сек (экран)	$t_{3р}$, сек	$t_{3э}$, сек	$t_{3э}$, сек (экран)	$t_{3р}$, сек
Конвективный нагрев (падающий поток)	10,7 5,9	26,6 14,1	25,0 14,3	12,9 2,7	19,8 5,4	19,2 5,1
Модельная камера (растущий поток)	0,64 0,39	2,2 0,96	2,08 1,02	0,63 0,34	1,5 0,67	1,67 0,64

На рис. 2 показана зависимость $t_{3э}/t_{3р}$ от $\lg 1/t_{3р}$ для пироксилина и поливинилнитрата. В области малой интенсивности теплообмена (времена порядка 20—1 сек, $\bar{q}=0,5—2$ кал/см²·сек) с ростом интенсивности влияние внедрения частиц на время задержки зажигания возрастает и достигает своего максимального значения; при дальнейшем увеличении интенсивности роль внедрения частиц падает; при потоках $\bar{q} \approx 20$ кал/см²·сек, а $t_{3э} \approx 0,03$ сек, отношение $t_{3э}/t_{3р}$ близко к единице. Такой ход кривой качественно можно объяснить следующим образом. В первом приближении можно считать, что после достижения на поверхности температуры размягчения частицы внедряются, образуя поверхностный слой конечной толщины, создающий импульс теплового потока. При слабой интенсивности потока время между достижением температуры размягчения и временем воспламенения велико и тепловой импульс, создаваемый частицами, успевает рассасываться, вследствие чего его влияние

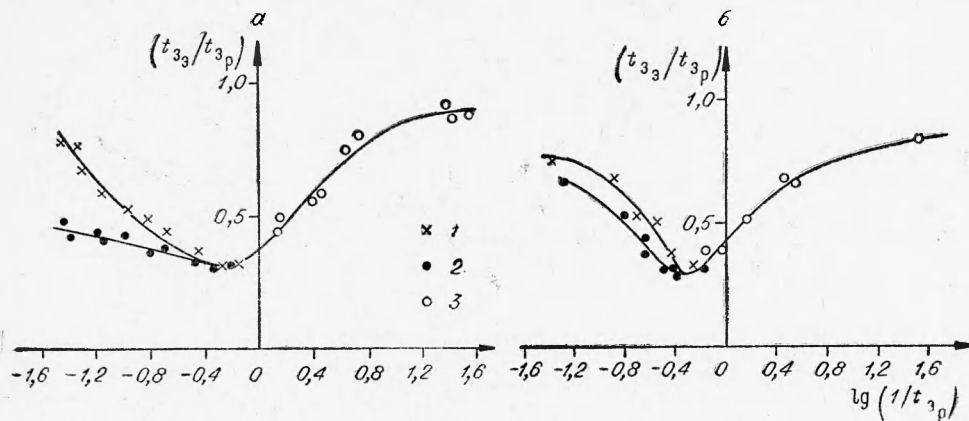


Рис. 2. Зависимость t_{33}/t_{3p} от $\lg 1/t_{3p}$ для пироксилина (а) и поливинилнитрата (б). 1 — опыты на первой установке, концентрация частиц 70 вес. %; 2 — опыты на первой установке, концентрация частиц 90 вес. %; 3 — опыты в условиях модельной камеры.

на задержку зажигания невелико. По мере увеличения интенсивности потока этот импульс не успевает рассасываться и влияние частиц усиливается. При достаточно же больших собственных интенсивностях потока $\bar{q} \approx 20$ кал/см²·сек тепловой импульс, создаваемый частицами, может стать несущественным и не оказывать влияния на время задержки зажигания.

Поступила в редакцию
8/III 1970

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Барзыкин, У. И. Гольдшлегер, А. Г. Мержанов. Докл. АН СССР, 1970, 191, 1.
2. В. И. Розенбанд, В. В. Барзыкин, А. Г. Мержанов. ФГВ, 1968, 4, 2.
3. Ю. М. Григорьев, В. И. Лисицкий, А. Г. Мержанов. ФГВ, 1967, 3, 4.
4. В. И. Лисицкий. ФГВ, 1970, 6, 2.

УДК 536.46 + 662.42

ЗАЖИГАНИЕ ПОРОХА ГОРЯЧИМ ГАЗОМ

В. Е. Зарко, В. Ф. Михеев,
А. И. Сухинин, С. С. Хлевой
(Новосибирск)

В настоящей работе излагаются результаты изучения зажигания горячим газом пироксилина № 1 и нитроглицеринового пороха Н с добавкой 1% сажи. Газ нагревался с помощью вольфрамовой фольги (толщина 50 мк и размеры 10×45 мм), плоскость которой параллельна поверхности образца (рис. 1). Во избежание провисания фольга натягивалась мощными пружинами. Конструкция позволяла осуществлять удаление нагревателя от образца за время ~ 15 мсек. Зазор h составлял