

6. К. Г. Шкадинский, Б. И. Хайкин, А. Г. Мержанов. ФГВ, 1971, 7, 1.
7. А. П. Алдушин, Т. М. Мартемьянова и др. ФГВ, 1973, 9, 5.
8. А. Г. Мержанов, И. П. Боровинская. Combust. Sci. and Technol., 1975, 10.
9. Н. Н. Бахман, А. Ф. Беляев. Горение гетерогенных конденсированных систем. М., «Наука», 1967.
10. Р. Ф. Войтович. Тугоплавкие соединения. Справочник. Киев, «Наукова думка», 1971.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАШЕНИЯ БАЛЛИСТИТНЫХ ПОРОХОВ СПАДОМ ДАВЛЕНИЯ

Ю. С. Иващенко, А. С. Комаров

(Красноярск)

Экспериментальным исследованиям гашения порохов быстрым спадом давления посвящено сравнительно небольшое количество работ. Чаще всего процесс потухания изучается путем регистрации давления и яркости пламени в процессе спада давления (см., например, [1]). Кроме оценки процесса потухания пороха с помощью эффектов в газовой фазе представляет интерес также изучение характеристик гашения по изменению свойств к-фазы в процессе спада давления.

В настоящей работе изложены результаты исследования процесса потухания баллиститного пороха типа Н и пороха Н, содержащего 10% алюминия, в закритической области скоростей спада давления путем непрерывного измерения электропроводности σ_k реакционного слоя к-фазы при спаде давления.

В процессе измерений регистрировались значения логарифма электропроводности $\ln \sigma_k$ во времени. Величина $\ln \sigma_k$, как известно, связана с температурой поверхности T_n реакционного слоя к-фазы соотношением [2]

$$\ln \sigma_k = \ln A - E/2kT_n.$$

где E — энергия активации; k — постоянная Больцмана; A — постоянный коэффициент.

На рис. 1 дана блок-схема измерений. Электропроводность поверхностного слоя образца 1 с нанесенными на него электродами измеряется в процессе горения σ -метром 2. Электрический сигнал в виде напряжения, пропорционального электропроводности σ_k слоя, логарифмируется усилителем 3 и усиливается выходным усилителем 4. Величина напряжения, пропорциональная $\ln \sigma_k$, регистрируется шлейфовым осциллографом 5. Электропроводность измерялась на частоте 4000 Гц, погрешность измерений $\ln \sigma_k$ составила $< 3\%$, постоянная времени измерений равнялась ~ 1 мс. Из полученных осциллограмм определялись полное время τ потухания пороха по кривой $\ln \sigma_k(t)$ от начала спада давления до момента полного исчезновения проводимости реакционного слоя.

Прямоугольные образцы пороха сечением 7×15 мм² и длиной 90 мм с напыленными в вакууме электродами из олова [2] и покрытые парафином для обеспечения торцевого горения подключались к измерительной схеме. Опыты проводились в приборе постоянного давления, снабженного устройством для быстрого сброса давления с

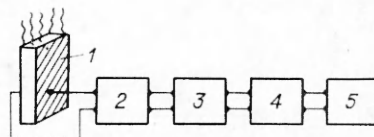


Рис. 1.

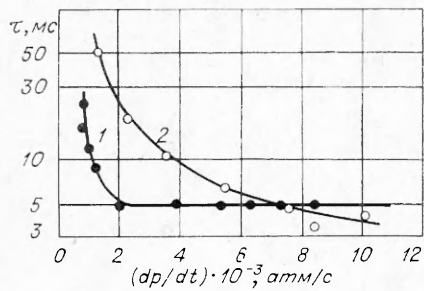


Рис. 2.

регулируемой скоростью сброса. Сброс давления осуществлялся до давления окружающей среды. На рис. 2 представлены зависимости времени потухания τ порохов Н (1) и Н+10% Al (2) от величины скорости спада давления dp/dt при начальном давлении 40 атм. С ростом скорости спада давления величины τ уменьшаются, стремясь к постоянным минимальным значениям соответственно 5 и ~ 3 мс. На рис. 3 дана зависимость времени потухания τ пороха Н от величины начального давления p_0 в области скоростей спада давления $dp/dt > 2000$ атм/с. В указанной области, как показали опыты, значения τ перестают зависеть от величины скорости спада давления. Как видно из рис. 3, с увеличением начального давления время потухания пороха Н уменьшается.

Характер полученной зависимости можно объяснить тем, что время и скорость потухания пороха определяются не только временем остаточных реакций в поверхностном слое, но и интенсивностью процесса диспергирования прогретого слоя пороха в процессе быстрого спада давления. Последняя зависит от вязкости слоя, температуры поверхности и др. [3].

Повышение начального давления может способствовать диспергированию реакционного слоя пороха, например, за счет увеличения степени расширения газовых включений при быстром спаде давления. В результате при высоких скоростях спада давления процесс гашения пороха может сокращаться за счет диспергирования частиц прогретого слоя и увеличения теплотерь в слое. При этом толщина подслоя с остаточными реакциями зависит от степени диспергирования реакционного слоя. Полученная зависимость $\tau(p_0)$ для пороха Н объясняется более быстрым ростом интенсивности процесса диспергирования поверхностного слоя с увеличением начального давления по сравнению с ростом времени остаточных реакций из-за повышения температуры поверхности.

На рис. 4 приведены зависимости $\tau(p_0)$ при разных скоростях спада давления для пороха Н, содержащего 10% алюминия (dp/dt , атм/с; 1—2000, 2—4000, 3—6000, 4—8000, 5—10 000). Из рисунка следует, что при относительно малых скоростях спада давления время потухания металлизированного пороха Н резко возрастает с увеличением начального давления. Это связано, по-видимому, с увеличением времени остаточных реакций из-за повышения температуры поверхности и менее интенсивным по сравнению с порохом Н процессом диспергирования поверхностного слоя. Последнее может объясняться углублением деструкции нитроклетчатки вследствие более высокой температуры поверхности алюминизированного пороха Н, сопровож-

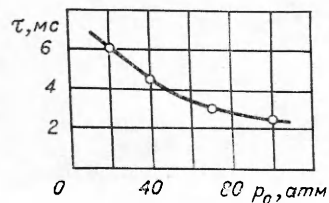


Рис. 3.

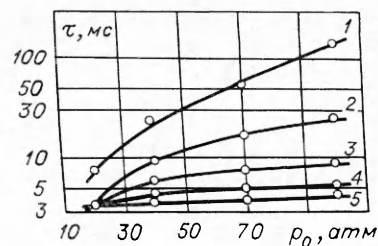


Рис. 4.

дающей науглероживанием реакционного слоя, что приводит к увеличению вязкости слоя и снижению интенсивности диспергирования.

Переход к более высоким значениям скорости спада давления приводит к усилению процесса диспергирования. При этом наблюдается сглаживание зависимостей $\tau(p_0)$. Так, при $dp/dt=10\,000$ атм/с величины τ слабо зависят от начального давления. Можно ожидать, что при дальнейшем повышении скорости спада давления фактор диспергирования начнет превалировать над температурным, что приведет к появлению зависимостей $\tau(p_0)$, аналогичных пороху Н.

Таким образом, в процессе потухания баллиститных порохов при быстром спаде давления значительную роль играет фактор диспергирования реакционного слоя.

*Поступила в редакцию
5/111 1976*

ЛИТЕРАТУРА

1. Дженсен, Браун, РТК, 1971, 9, 9, 5.
2. Ю. С. Иващенко, А. С. Комаров, В. Л. Павленко. ФГЗ 1975, 11, 2, 213.
3. А. Г. Мержанов. Докл. АН СССР, 1960, 135, 6, 1439.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ СООТНОШЕНИЙ В КАПИЛЛЯРНОМ ПОЮЩЕМ ПЛАМЕНИ

А. М. Аввакумов, И. В. Чучкалов

(Чебоксары)

Капиллярное поющее пламя образуется на конце тонкого длинного капилляра, помещенного в широкую вертикальную трубу-резонатор на расстоянии $1/4$ от нижнего конца трубы [1, 2]. При определенных условиях такое пламя возбуждает колебания с частотой основного тона трубы. Возбуждение колебаний наблюдалось при диффузионном горении водорода, ацетилена и этилена [1, 2]. Согласно [1—3], механизм возбуждения колебаний сводится к периодическому изменению скорости горения, которая, в свою очередь, определяется диффузионным обменом, зависящим от скорости воздуха. Акустические возмущения, накладываясь на среднее конвективное течение, периодически увеличивают или уменьшают скорость потока и с той же частотой возмущают тепловыделение. Наличие некоторого запаздывания горения создает благоприятные фазовые соотношения для возбуждения колебаний [4]. Однако экспериментальной проверки фазовых соотношений не проводилось.

В настоящей работе исследовались фазовые соотношения между колебаниями излучения пламени и колебаниями давления в трубе-резонаторе (стеклянная трубка диаметром $d=25$ мм и длиной $l=0,4\div 1,0$ м). В качестве горючих газов использовались водород и ацетилен. Колебания давления регистрировались пьезокерамическим датчиком, вмонтированным в стенку трубы, а излучение пламени — фотоумножителем ФЭУ-19М. Сигналы с датчиков поступали на двухлучевой осциллограф Д-581, с помощью которого измерялись фазовые соотношения.