

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ПОДЖИГАНИЕ НИТРОГЛИЦЕРИНОВОГО ПОРОХА СВЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ
В ХОЛОДНОМ ПОТОКЕ ГАЗА

С. С. Хлевной, А. П. Калмыкова
(Новосибирск)

В работе [1] развиты представления о поджигании баллиститного пороха в конденсированной фазе, получен ряд соотношений для вычисления параметров поджигания при различных краевых условиях. Экспериментальные исследования по поджиганию нитроглицеринового пороха световым излучением небольшой плотности в атмосфере азота и воздуха при разных давлениях [2] подтверждают эти представления.

Настоящая работа поставлена с целью экспериментально изучить характер влияния холодного потока газа, омывающего поверхность нитроглицеринового пороха, на его воспламеняемость под действием светового излучения. Такие опыты должны иметь решающее значение для решения вопроса о том, в каком месте поджигается порох (в газовой или конденсированной фазе). Исследования проводились на световой установке, описанной в работе [2], где вместо бомбы применено устройство, показанное на рис. 1. Оно состоит из кронштейна 1, в отверстии которого заподлицо с вертикальной его плоскостью размещен образец пороха 2 диаметром 20 мм и толщиной 10 мм. В нижней части кронштейна закреплен длинный металлический патрубок 3, через который из баллона подается азот, омывающий с заданной скоростью поверхность кронштейна и образца. Выходное сечение патрубка 3×40 мм². Перед образцом расположен затвор 4, открываемый на время действия светового излучения. Для измерения светового потока служит калориметр — медная пластинка диаметром 20 мм, воспринимающая поверхность которой зачернена сажей. Калориметр установлен сбоку патрубка вне зоны действия газовой струи. Величина светового потока, падающего на образец пороха, определяется из показания этого калориметра с учетом поправки на неравномерность распределения энергии по площади. Эта поправка — отношение показаний калориметра, установленного вместо образца, и бокового калориметра — измерялась в каждом отдельном опыте. Разогрев калориметров замеряется медно-константовыми термопарами по методике, изложенной в [2].

Для измерения температуры облучаемой поверхности пороха при его поджигании применялись малоинерционные медно-константановые термопары диаметром 30 мк, двукратно прокатанные до толщины 5 мк. Термопары вклеивались жидким порошком на ацетоне в поверхность образца на свою толщину на длине 14 мм. В качестве измерительного прибора применялся быстродействующий потенциометр ЭПП-09М. За температуру поверхности пороха при поджигании T_n принималась точка на осциллограмме, вслед за которой потенциометр показывал почти мгновенное возрастание температуры.

Опыты велись на воздухе в условиях свободной конвекции ($\alpha = 4,5 \cdot 10^{-4}$ кал/см² · сек · град) и в струе азота при скоростях потока, соответствующих трем величинам коэффициента теплоотдачи с поверхности образца ($3,35 \cdot 10^{-3}$; $5,3 \cdot 10^{-3}$; $6,65 \cdot 10^{-3}$ кал/см² · сек · град). Коэффициенты теплоотдачи измерялись по

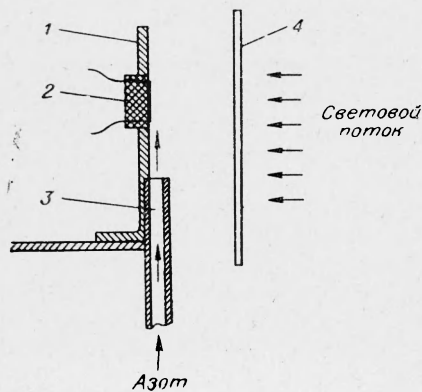


Рис. 1. Схема установки.

скорости остывания в потоке газа медной пластинки, установленной на месте образца и нагретой до 250°С.

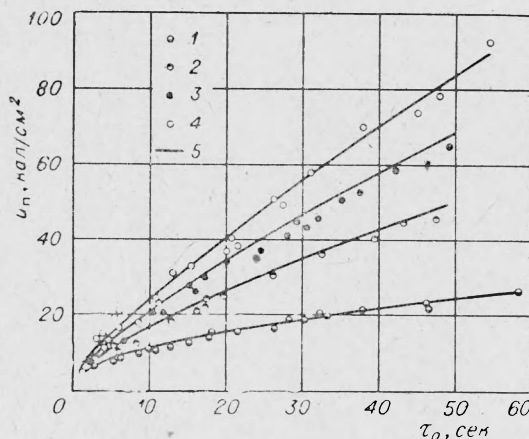
Было проведено изучение поджигаемости нитроглицеринового пороха Н с добавкой 1% ламповой сажи. Введение сажи сводит к минимуму коэффициент отражения пороха (до 2÷3%) и значительно уменьшает его прозрачность (по оценкам до $\sigma \approx 100 \text{ см}^{-1}$).

Относительный коэффициент теплоотдачи $H = \frac{\alpha}{\lambda}$ изменялся от 0,8 до 12 см^{-1} .

Экспериментальные точки для поджигающего импульса $u_{\text{п}}$ (количество энергии, падающей на единицу поверхности пороха) и температуры поджигания $T_{\text{п}}$ в зависимости от времени поджигания τ_0 , полученные при разных коэффициентах H , показаны на рис. 2 и 3. Там же построены теоретические кривые, рассчитанные по формулам, взятым из работы [1]:

Рис. 2. Зависимость поджигающего импульса $u_{\text{п}}$ от времени поджигания τ_0 .

Экспериментальные точки: 1 — $H=0,8 \text{ см}^{-1}$; 2 — $H=6 \text{ см}^{-1}$; 3 — $H=9,5 \text{ см}^{-1}$; 4 — $H=12 \text{ см}^{-1}$; 5 — теоретические кривые.



а) для температуры поджигания $T_{\text{п}}$

$$\frac{Q_1 k_0 \tau_0}{c (T_{\text{п}} - T_0)} \exp\left(-\frac{E}{RT_{\text{п}}}\right) \geq \frac{1 + \chi \cdot \psi}{1 + \kappa \varphi} \kappa \varphi F_0,$$

б) для поджигающего импульса $u_{\text{п}}$

$$u_{\text{п}} = \alpha \tau_0 (T_{\text{п}} - T_0) \left\{ 1 - \frac{\nu}{\nu - 1} \left[\exp \psi^2 \operatorname{erfc} \psi - \frac{1}{\nu} \exp \varphi^2 \cdot \operatorname{erfc} \varphi \right] \right\}^{-1},$$

где

$$\nu = \frac{\sigma}{H}; \quad \psi = H \sqrt{a \tau_0}; \quad \varphi = \sigma \sqrt{a \tau_0}.$$

Для исследованного пороха в соответствии с [1] принято: $\lambda=5,6 \cdot 10^{-4} \text{ кал/см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}$; $c=0,35 \text{ кал/г} \cdot \text{град}$, $a=10^{-3} \text{ см}^2/\text{сек}$, $\rho=1,6 \text{ г/см}^3$, $k_0=4 \cdot 10^{13} \text{ сек}^{-1}$, $E=33000 \text{ кал/моль}$, $Q_1=300 \text{ кал/г}$, $\sigma=100 \text{ см}^{-1}$. При начальной температуре $T_0=20^\circ\text{С}$ коэффициенты $F_0=10,5$; $\kappa=0,07$; $\chi=0,735$.

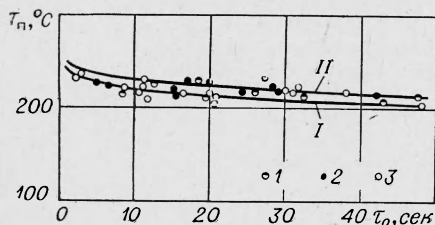


Рис. 3. Зависимость температуры поджигания от времени поджигания τ_0 .

Экспериментальные точки: 1 — $H=6 \text{ см}^{-1}$; 2 — $H=9,5 \text{ см}^{-1}$; 3 — $H=12 \text{ см}^{-1}$. Теоретические точки: I — $H=0,8 \text{ см}^{-1}$; II — $H=12 \text{ см}^{-1}$.

Из расчета следует, что влияние теплоотдачи на температуру $T_{\text{п}}$ незначительно. Разброс экспериментальных точек превышает этот эффект; тем не менее видно, что области измеренных и вычисленных температур $T_{\text{п}}$ удовлетворительно согласуются между собой и лежат в интервале 200÷250°С ниже температуры поверхности горящего пороха (по измерениям [3] эта температура равна 275°С).

Соответствие вычисленных поджигающих импульсов измеренным очень хорошее. Величины измеренных импульсов не зависят от природы газа (азот или воздух) и, как следует из сопоставления с расчетом, закономерно растут с увеличением коэффициента теплоотдачи.

Следует также отметить, что в опытах с вынужденной конвекцией благодаря большой скорости азотного потока (от 20 до 40 м/сек) создаются условия, препятствующие скоплению у поверхности пороха большого количества газообразных продуктов разложения. Концентрация их в азотной струе очень мала, а температура равна почти комнатной. Небольшая плотность газа в ламинарном подслое у поверхности пороха (примерно на три порядка меньше плотности пороха) и незначительная толщина этого подслоя не могут обеспечить поджигания продуктов разложения в нем при температуре T_p . С другой стороны, при свободной конвекции ($H=0,8 \text{ см}^{-1}$) продукты разложения находятся у поверхности пороха в подогретом воздухе в более высокой концентрации (и в присутствии кислорода воздуха), занимая значительно больший объем, чем при вынужденной конвекции.

Тем не менее в обоих случаях температуры поджигания T_p практически не различаются, а закономерность изменения поджигающего импульса в зависимости от внешних условий одинакова и определяется целиком плотностью подводимого светового потока и величиной коэффициента теплоотдачи в окружающую среду в соответствии с представлениями о тепловой природе поджигания пороха в конденсированной фазе.

Поступило в редакцию
27/VI 1967

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Ковальский, В. Ф. Михеев, С. С. Хлевной. ФГВ, 1967, 3, 4.
2. А. А. Ковальский, В. Ф. Михеев, С. С. Хлевной. ФГВ, 1968, 4, 1.
3. В. В. Александров, Э. В. Конев и др. ФГВ, 1966, 1.

СЖИМАЕМОСТЬ ПОРОШКООБРАЗНОГО УРОТРОПИНА

В. К. Боболев, В. А. Буров, А. В. Дубовик
(Москва)

В последнее время ряд исследований был посвящен изучению динамической сжимаемости порошкообразных неорганических материалов, главным образом металлов (список опубликованных работ можно найти в обзорах [1—2]) в диапазоне сравнительно высоких давлений от ~ 100 кбар до ~ 10 мбар. Для некоторых практических приложений определен интерес представляет знание сжимаемости порошков органических веществ в области низких давлений (до 100 кбар). Сведения в литературе по этому вопросу практически отсутствуют. Известна работа [3], в которой изучалась сжимаемость порошкообразного ВВ — тэна. Однако при приложении ударных нагрузок выше ~ 3 кбар тэн детонировал, что не позволило авторам указанной работы исследовать его сжимаемость в более широком интервале давлений.

В данной работе изложены результаты исследования динамической и изотермической сжимаемости гексаметилентетрамина (уротропина $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$) в области давлений от ~ 5 до ~ 100 кбар. В опытах использовались образцы уротропина с насыпной плотностью $0,84 \text{ г/см}^3$ и прессованные до плотности $1,33 \text{ г/см}^3$, близкой к монокристаллической ($1,345 \text{ г/см}^3$). В опытах исследовалась сжимаемость уротропина различной дисперсности $\sim 0,1$ мм и $\sim 0,5$ мм.

Динамическая сжимаемость уротропина при давлениях до ~ 50 кбар изучалась с помощью электромагнитного метода [4]. Ударная волна, создаваемая зарядом ВВ, воспринималась исследуемым веществом через слоистый (медь+плексиглас) экран. Специальными опытами было установлено, что ударная волна, взаимодействующая с датчиком установленным на расстоянии 55 мм от экрана, была достаточно плоской, по крайней мере, в районе движения рабочей переключной датчика. В работе применялся двухступенчатый датчик [5], что давало возможность в одном опыте независимо регистрировать в исследуемом веществе волновую и массовую скорость ударной волны. Этим достигалось снижение ошибки при расчете параметров ударного фронта. При измерении волновой скорости учитывалось затухание ударной волны в пористой среде. Характер этого затухания исследовался специальными опытами, в ко-