

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

О ВОСПЛАМЕНЕНИИ ПОРОХА УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

Е. Е. Киселев, А. Д. Марголин, П. Ф. Похил
(Москва)

Известно, что изучение воспламенения пороха ударной волной дает новые возможности для изучения механизма воспламенения [1, 2]. В настоящей работе проводилось исследование воспламенения пороха из нитроглицерина и нитроклетчатки ударной волной. Образец пороха помещался в торец ударной трубы диаметром 41 мм и длиной 4,7 м. Медная диафрагма разделяла трубу на камеру низкого давления, наполняемую воздухом, и камеру высокого давления, наполняемую сжатым азотом. После разрыва диафрагмы ударная волна двигалась по направлению к исследуемому образцу пороха. Время задержки воспламенения, фиксируемое с помощью датчика давления и фотодиода, уменьшалось при увеличении давления и температуры газа в отраженной ударной волне. Давление в отраженной волне изменялось от 3 до 25 атм, а температура — T_1 от 500 до 1500° К. Температура газа в отраженной волне, вызывавшая воспламенение пороха с задержкой порядка миллисекунды, была около 1000° К.

Важнейшей величиной, определяющей процесс воспламенения, является температура поверхности пороха. Если предположить, что поверхность пороха плоская, теплопередача только кондуктивная и в порохе еще не идут химические реакции, то температуру поверхности T_s можно вычислить [1, 2] по формуле:

$$\frac{T_s - T_0}{T_1 - T_s} = \sqrt{\frac{(\lambda \rho c)_r}{(\lambda \rho c)_n}}, \quad (1)$$

где T_0 — начальная температура пороха; λ , ρ , c — коэффициент теплопроводности, плотность и теплоемкость газа и пороха.

Рассчитанная в указанных предположениях по формуле (1) температура поверхности пороха при воспламенении за время порядка миллисекунды оказалась около 100° С. В работе [2] порох из нитроглицерина и нитроклетчатки воспламенялся за миллисекунды при 132° С. При такой относительно низкой температуре испытываемый порох может храниться не самовоспламеняясь, в течение сравнительно длительного времени. Так, при 130° К порох, использованный в данной работе, не вспыхивает на протяжении часа, и непонятно, как он мог воспламеняться ударной волной за миллисекунду.

Было сделано предположение, что реальный образец пороха воспламеняется благодаря нагреву отдельных выступающих частей поверхности до температуры, заметно превышающей температуру идеальной гладкой поверхности. Неровности, существенные для воспламенения, должны иметь размер L порядка толщины слоя l , прогреваемого за время воспламенения τ :

$$L \simeq l = \sqrt{\left(\frac{\lambda}{c\rho}\right)_n \tau},$$

т. е., при $\tau \simeq 10^{-3}$ сек $L \simeq 10^{-3}$ см (так как $\left(\frac{\lambda}{c\rho}\right)_n \simeq 10^{-3}$ см²/сек).

Для проверки предположения были проведены опыты по воспламенению ударной волной зеркально-гладких образцов. Обработка поверхности образца производилась следующим образом. Плоская поверхность смачивалась растворителем (ацетоном) и затем прижималась к чистой поверхности плоского оптического стекла. Через несколько суток после того, как ацетон улетучивался, образец пороха отделялся от стекла. Края образца изолировались слоем пластилина. Полученная таким образом зеркальная поверхность пороха не воспламеняется в ударной трубе даже в условиях, когда температура газа в отраженной волне на 200—300° К выше, чем на пределе воспламенения пороха с обычной поверхностью в данной ударной трубе при том же давлении в отраженной волне. Поднять температуру в отраженной волне до величины, достаточной для воспламенения зеркальной поверхности пороха, не удалось. Если на зеркальную поверхность пороха нанести царапину, то порох воспламенялся в условиях описанных опытов. Можно отметить, что со временем зеркальная поверхность пороха заметно мутнеет, поэтому приготовленные образцы с зеркальной поверхностью испытывались сразу после приготовления.

Таким образом, воспламенение пороха существенно зависит от состояния его поверхности, заметно облегчаясь при наличии неровностей, причем микронеровности, размер которых порядка десятков и единиц микрона, становятся тем существеннее, чем меньше время вспышки, т. е. чем интенсивнее нагрев. Отдельные выступы нагреваются быстрее и до более высокой температуры, чем гладкая поверхность, из-за уменьшения оттока тепла в конденсированную фазу и увеличения притока тепла извне.

В работе [3] было показано, что наличие выступов на поверхности пороха приводит к уменьшению задержки воспламенения при нагреве лучистой энергией.

Можно ожидать, что воспламенение веществ, температура плавления которых лежит значительно ниже температуры воспламенения, например тротила, не будет зависеть от неровностей поверхности, так как последние будут оплаиваться.

Неровности на поверхности пороха или ВВ оказывают большое влияние на воспламенение независимо от того, где идут основные химические реакции воспламенения у данного вещества, — в конденсированной или газовой фазах, — так как высокая температура выступов способствует ускорению и химических реакций, и испарения.

Поступила в редакцию
6/VIII 1965

ЛИТЕРАТУРА

1. R. F. McAlevy III, P. A. Cowan, M. Summerfield. Solid Propellant Rocket Research, vol. 1, of the ARS Progress Series. Academic Press. New-York, 1960.
2. М. Алеви, М. Саммерфилд. Журн. Американского ракетного общества. «Ракетная техника», 1962, № 2.
3. П. Ф. Похил, М. М. Белов. — Сб. «Физика взрыва». Изд-во АН СССР, 1956, 4.

УДК 536.46

КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ПРЕДЕЛЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ В СМЕСЯХ АЦЕТИЛЕНА С КИСЛОРОДОМ

Б. А. Иванов, С. М. Когарко
(Москва)

В работе [1] было показано, что при атмосферном давлении не существует верхних концентрационных пределов распространения пламени в смесях ацетилена с кислородом и воздухом, и определены концентрационные пределы распространения пламени в смеси ацетилена с воздухом при различных давлениях смеси.

В настоящей работе излагаются результаты экспериментального определения концентрационных пределов распространения пламени в смесях ацетилена с кислородом в зависимости от давления.

Опыты производились на установке, принципиальная схема которой показана на рис. 1. Методика определения концентрационных пределов вкратце сводилась к следующему. В экспериментальный сосуд (\varnothing — 80, $V=0,4$ л) напускалась смесь заданного состава и при данном начальном давлении инициировалась разрядом конденсатора че-