

А. Я. АПИН, Г. В. ДИМЗА

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ВОЗРАСТАНИЯ СКОРОСТИ ДЕТОНАЦИИ СМЕСЕВЫХ ВВ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ДИАМЕТРА ЗАРЯДА

(Представлено академиком В. Н. Кондратьевым 8 X 1969)

Известно, что в порошковых ВВ идеальная скорость детонации (D_i) устанавливается у зарядов, диаметр которых существенно превосходит критический диаметр детонации (d_k) этих ВВ (^{1,2}). Нарастание скорости детонации с увеличением диаметра происходит плавно от некоторого критического значения $D_k \approx 0,5 \div 0,7 D_i$ до D_i .

Плавное возрастание скорости детонации с диаметром заряда у порошков объясняют тем, что превращение последних протекает по механизму взрывного горения (³). В сплошных ВВ — жидкостях, монокристаллах и баллистических порохах D_i достигается сразу, вблизи критического диаметра (⁴). Последнее связывают с тем, что в детонационной волне у сплошных ВВ создаются высокие давления, благодаря чему по всей массе ударно-сжатого соля вещества возникают высокие температуры разогрева, обеспечивающие развитие реакции по типу адиабатического теплового взрыва (⁵). Таковы кратко различия в механизме детонации порошков и сплошных ВВ. Однако гомогенная реакция возможна и внутри отдельных зерен горящего порошка (⁶). Кроме того, то что называют «го-

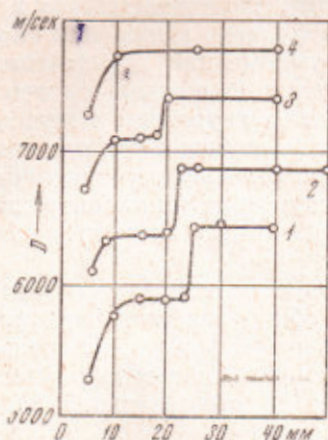


Рис. 1

могенной реакцией в объеме на самом деле является более сложным процессом (⁷⁻⁹). Очень трудно дать четкую границу, разделяющую разные механизмы превращения и найти факторы, определяющие положение этой границы у разных смесей.

С этой целью поставлены опыты по изучению зависимости скорости детонации от диаметра заряда (d) в порошках ВВ с наполнителями. Введение наполнителей позволило, меняя плотность и пористость зарядов, влиять на ход превращения взрывчатого вещества.

Исследовались смеси, приготовленные из заводского полидисперсного порошка гексогена со средним размером зерна около 0,4 мм и парафина, наносимого для равномерного покрытия зерен на поверхность гексогена из бензинового раствора с последующим испарением бензина. Флегматизированный таким способом порошок запрессовывался в таблетки нужной плотности. Содержание гексогена в единице объема заряда во всех опытах оставалось постоянным (1 г/см^3), менялась лишь добавка парафина, который заполнял свободное пространство между зернами. Результаты опытов приведены на рис. 1, где кривыми 1—4 представлена зависимость D (d) для составов, в которых весовое содержание парафина менялось от 10 до 28%. Кривой 1 отвечает состав 90/10 (90% гексогена + 10% парафина) с предельной скоростью детонации $D_{II} = 6,43 \text{ км/сек}$, усредненной плот-

ностью заряда $\rho = 1,11 \text{ г/см}^3$, пористостью 32,1%; кривой 2 — состав 80/20, $D = 6,9 \text{ км/сек}$, $\rho = 1,25 \text{ г/см}^3$, пористость 17,7%, кривой 3 — состав 76/24, $D_{II} = 7,4 \text{ км/сек}$, $\rho = 1,32$, пористость — 9,3%; кривой 4 — состав 72/28, $D_{II} = 7,8 \text{ км/сек}$, $\rho = 1,39$, пористость 1,2%.

Более высокому содержанию парафина в составе отвечает и большая скорость детонации, хотя напомним, что концентрация и дисперсность частиц ВВ в единице объема сохраняется неизменной. На кривых 1—3 отчетливо выделяются задержки и скачки скорости детонации, причем в расположении последних имеется определенная закономерность. Так, при уве-

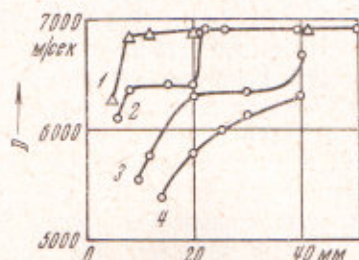


Рис. 2

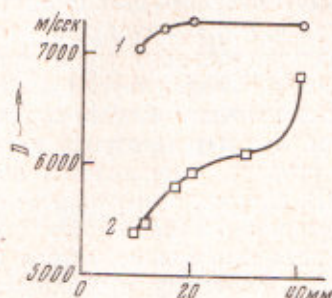


Рис. 3

личении степени наполнения и, следовательно, с ростом плотности заряда скачки скорости детонации смещаются в сторону меньших диаметров заряда. При почти полном заполнении пустот (28% парафина, кривая 4) скачок исчезает и кривая плавно выходит на плато. Скачкообразное изменение скорости детонации с диаметром заряда наблюдалось и у других ВВ и с другими наполнителями.

Для смесевых ВВ переходы скоростей детонации с одного режима на другой, так называемые псевдоидеальная и стабильная скорости детонации, наблюдались и ранее⁽¹⁰⁾, причем скачки связывались с разными временами реакции взрывчатых компонент смеси. Но для детонации смесей гексогена с парафином, где наблюдается подобная картина, это объяснение не подходит. Кроме того, скачки скорости детонации обнаружены нами и для некоторых смесей гексогена с тальком, инертным веществом, для которого нельзя написать реакцию, характеризующую его влияние на ход детонационного превращения. По-видимому, объяснение следует искать в особенностях протекания реакции в самих частицах гексогена. Скачок скорости детонации на 350—500 м/сек при незначительном изменении диаметра заряда может вызываться только качественным изменением процесса, протекающего в системе.

Наиболее вероятно возникновение скачка скорости детонации объясняется тем, что реакция в детонационной волне, идущая на поверхности зерен ВВ, каким-то образом дополняется гомогенной реакцией в объеме зерна, проходящей по механизму теплового взрыва. Это может происходить тогда, когда давление в зоне реакции достаточно, чтобы обеспечить необходимый разогрев вещества за счет сжатия, а диаметр заряда достаточно велик, чтобы гарантировать нужное время нахождения ВВ в зоне высокой температуры, сопоставимое с временем задержки адиабатического теплового взрыва. Такая схема предполагает большое влияние на процесс размеров зерна ВВ. Чем мельче зерно ВВ и больше поверхность горения, тем быстрее может быть достигнуто нужное для перехода ко второй стадии реакции давление в зоне детонации и тем в меньшем диаметре заряда должен наблюдаться скачок скорости детонации. Экспериментальные данные не противоречат этому предположению. Зависимости $D(d)$ для смесей гексогена с парафином 80/20 при разном диаметре частиц гексогена приведены на рис. 2, где кривая 1 относится к мелкодисперсному гексоге-

ну специальной высадки из ацетона (размер частиц 0,001 мм); 2 — к заводскому порошку гексогена со средним размером частиц 0,1 мм; 3, 4 — ситовым фракциям размельченных и рассеянных монокристаллов гексогена с размером зерен соответственно 0,2 и 0,35 мм. Как и ожидалось, существует сильная зависимость положения первого горизонтального участка кривых от размера зерен ВВ. Чем крупнее зерно, тем медленнее происходит выход на первый горизонтальный участок и тем в большем диаметре заряда наблюдается последующий скачкообразный подъем скорости детонации (кривые 2, 3). Для мелкозернистого гексогена (кривая 1) выход на предельную скорость детонации происходит без скачка, по всей видимости за счет того, что высокая дисперсность обеспечивает быстрое сгорание ВВ. Для монокристаллического зерна размером 0,35 мм (рис. 2, 4) в диаметре 40 мм еще не наблюдается выхода на первое горизонтальное плато.

Возникновение нижнего горизонтального участка кривых можно объяснить тем, что к моменту выхода на него большая часть взрывчатого вещества сгорает, уменьшается общая поверхность горения, а оставшаяся часть ВВ, догорая с постоянной скоростью, дает незначительное поступление энергии в детонационную волну, почти не влияя на ее параметры. Только заведомо более быстрое дореагирование оставшейся части ВВ по механизму, сходному с тепловым взрывом, по-видимому, и в состоянии дать тот скачок в 300—500 м, который нам удалось наблюдать в опытах.

В свете изложенного можно было ожидать, что подобные зависимости $D(d)$ будут наблюдаться не только у ВВ с инертным наполнителем, но и на обычных смесях взрывчатых веществ. На рис. 3 показано, как меняется скорость детонации смеси гексогена с тротилом 70/30 с плотностью 1,43 г/см³ (ρ гексогена в заряде 1 г/см³) при изменении диаметра зарядов. Кривая 1 соответствует смеси с размером частиц гексогена и тротила 0,1 мм; 2 — смеси, где гексоген имел размер частиц 0,85 мм и тротил 0,1 мм. Мы видим, что в случае смеси с крупным зерном гексогена имеет место скачок на кривой $D(d)$.

В результате выполненных исследований показано, что, меняя скорость выделения энергии за счет поверхностной реакции, путем увеличения размеров зерен ВВ или введением добавок можно на зависимости $D(d)$ получить две четко выраженные ступени со скачкообразным переходом с одной на другую.

Институт химической физики
Академии наук СССР
Москва

Поступило
1 X 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. К. Боболев, ДАН, 87, 789 (1947). ² В. К. Боболев, Сборн. Физика взрыва, № 2, Изд. АН СССР, 1953. ³ А. Я. Апин, ДАН, 24, 992 (1934); 50, 285 (1945). ⁴ А. Я. Апин, И. Д. Костин, Л. Н. Стесик, ДАН, 137, № 3, 652 (1961). ⁵ Ю. Б. Харитон, Сборн. Вопросы теории ВВ, в. 1, Изд. АН СССР, 1947. ⁶ А. Я. Апин, Н. Ф. Велина, Сборн. Взрывное дело № 63/20, 1967; ДАН, 171, 399 (1966). ⁷ Я. Б. Зельдович, С. Б. Кормер и др., ДАН, 171, 65 (1966). ⁸ H. D. Mallogu, J. Appl. Phys., 38, 5302 (1967). ⁹ А. Я. Апин, Л. Н. Стесик, Журн. прикл. мех. и техн. физ. № 2 (1965). ¹⁰ А. Я. Апин, И. М. Воскобойников, Г. С. Соснова, Журн. прикл. мех. и техн. физ. № 5, 115 (1963).