

ДЕТОНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВВ
ПРИ ПОВЫШЕНИИ ВНЕШНЕГО ДАВЛЕНИЯ

А. Ф. Беляев, М. К. Сукоян

(Москва)

Ниже приводятся сравнительные данные о влиянии внешнего давления на важные детонационные характеристики (критический диаметр, восприимчивость к ударной и детонационной волне) некоторых однородных прессованных ВВ.

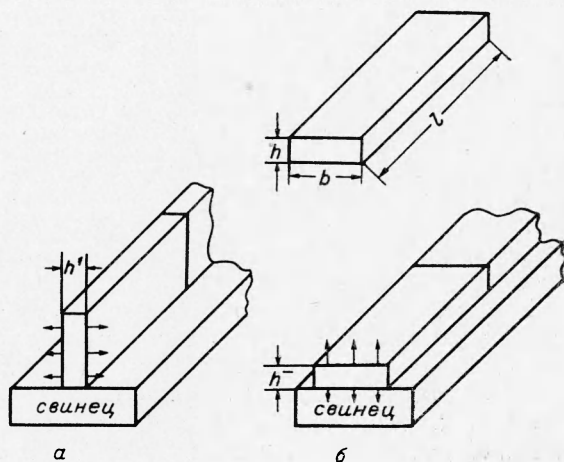
В опытах использовалась бомба объемом 200 см^3 , заполненная сжатым азотом; диапазон изменения давления от атмосферного до 100 бар . Опыты являются разведочными и выполнены с весьма малыми зарядами.

Известно, что повышение внешнего давления является важнейшим фактором, способствующим возникновению взрыва при горении ВВ [1]. В то же время в некоторых работах указывается на ослабление действия взрыва, а также способности к распространению и развитию детонации при сравнительно умеренных давлениях $50\text{--}100 \text{ бар}$. Что касается ослабления действия взрыва, то увеличение внешнего давления должно, ограничивая степень расширения продуктов взрыва, уменьшать его работоспособность даже при полном выделении энергии.

Согласно опытным данным, заряд азида свинца $m=20 \text{ мг}$ при подрыве в пластилине на глубине 5 мм при атмосферном давлении дает воронку диаметром $\sim 10 \text{ мм}$. При $p=100 \text{ бар}$ в тех же условиях этот заряд является камуфлетным и образует в пластилине каверну. Ослабление действия взрыва при повышении давления наблюдается также, если заряд расположен на поверхности пластилина. Детонация азида свинца при 100 бар была полноценной.

Что касается ухудшения детонационной способности ВВ при повышении внешнего давления, то Боуден [2] отмечает, что в порошках невысокой плотности детонация, идущая при атмосферном давлении с низкой скоростью, полностью подавляется уже при давлении в 50 бар .

Нами проведено определение критических диаметров — этого важнейшего критерия детонационной способности [1, 3] — при давлениях 1 и 100 бар (две серии



при 300 бар) для некоторых ВВ, имеющих при высоких плотностях малые критические диаметры. Использовать цилиндрические заряды с $d < 2-3$ мм весьма трудно, поэтому применялись заряды в виде пластин-параллелепипедов, прессовавшихся в специальной пресс-форме (см. рисунок). Заряд инициировался с переднего торца, стрелками показано преимущественное направление разлета продуктов и разброса вещества. Роль критического размера играет толщина пластины h .

В основной серии опытов $l = 10$ мм и $b = 2$ мм. Критический размер мог изменяться от 2 мм до весьма малого значения (в опытах до

Таблица 1

Форма заряда	Наименьший размер устойчивой детонации, мм	Наибольший размер затухания детонации, мм	Критический размер, мм
Цилиндрический	3,25	3,05	$d_{кр} \approx 3,25$
Пластина «на ребре»	2,05	1,90	$h'_{кр} \approx 2,05$
Пластина «плашмя»	1,65	1,55	$h^-_{кр} \approx 1,65$

0,06 мм). Эта величина должна отличаться от критического диаметра $d_{кр}$ (из-за разницы в условиях разлета продуктов). Но прежде всего рассматривался вопрос, как изменится критический размер при изменении внешнего давления. Для таких сравнительных опытов знать соотношение между $h_{кр}$ и $d_{кр}$ необязательно, достаточно,

чтобы условия опыта были все время одинаковы.

Была все же проведена сравнительная оценка этих величин для зарядов тротила большой плотности при атмосферном давлении ($\rho = 1,57$ г/см³, исходный размер зерна 0,4—0,8 мм) (табл. 1). В этой вспомогательной серии опытов использовались пластины с $l = 50$ мм, $b = 10$ мм. Полный заряд составлялся из уложенных вдоль по длине и прижатых друг к другу торцами двух-трех пластин. Он располагался на поверхности свинцовой пластины-свидетеля толщиной 5 мм; при устойчивой детонации получался четкий равномерный след. Пластины применялись без какой-либо оболочки. Длина заряда (и в основной и во вспомогательной серии опытов) была не меньше $50 h_{кр}$ или $d_{кр}$.

Одновременно с пластинами во вспомогательной серии были проведены опыты по определению $d_{кр}$ по обычной методике с цилиндрическими зарядами также без оболочки. При испытании пластины располагались «на ребре» (см. рисунок, а) и «плашмя» (см. рисунок б). В последнем случае в одну сторону разброс затруднен.

Отметим, что установленный $d_{кр}$ практически совпадает с определенным В. К. Боболевым [4] для прессованного тротила с близкими свойствами. Из табл. 1 следует, что $d_{кр} \approx 1,5 h_{кр} \approx 2 h^-_{кр}$. Роль ширины пластины специально не рассматривалась, по-видимому, она мало существенна при $b > (2,5 \div 3)h$. В несколько иных условиях для порошкообразных ВВ малой плотности [5] $d_{кр} \approx (2 \div 3) h^-_{кр}$.

При проведении основной серии опытов инициирование пластинок осуществлялось пластинкой интенсивно измельченного тэна, подрываемой 20 мг азида свинца, флегматизированного (для облегчения пресования) 2% парафина.

У чистого азид свинца критическая толщина слоя составляет $\approx 0,02$ мм [6]. Для слегка флегматизированного азид свинца изготовили пластинки с $h = 0,06$ мм. При воздействии накаливаемой проволокой (с одного конца 10 мм пластины) возникала детонация, и на тонкой свинцовой подкладке получался четкий след, одинаковый на всей длине. Какой-либо участок разгона детонации отсутствовал как при атмосферном давлении, так и при $p = 100$ бар.

В табл. 2 приведены $h_{кр}^-$ (пластина «плашмя») некоторых ВВ при разных давлениях. Погрешность измерения составляет не более 0,03—0,04 мм. Из табл. 2 видно, что повышение внешнего давления от 1 до 80—100 бар практически не меняет величины критического размера распространения детонации даже в случае тетрила пониженной плотности ($\rho = 1,16 \text{ г/см}^3$). Наименьшее абсолютное значение $h_{кр}^-$ имеет тэн, запрессованный из частиц весьма малого размера; у него $h_{кр}^- \approx 0,2 \text{ мм}$, что для случая цилиндрического заряда соответствует $a_{кр}^- \approx 0,4 \text{ мм}$.

Заметное увеличение критического диаметра тетрила пониженной плотности при $p = 300 \text{ бар}$ связано, по-видимому, с разбавлением ВВ сжатым азотом, в данном случае разбавитель составляет около 10% от веса заряда. Небольшое уменьшение критического размера тетрила высокой плотности при $p = 300 \text{ бар}$ может быть следствием затруднения разброса наружных слоев заряда (впрочем, это уменьшение едва выходит за пределы ошибки эксперимента).

В настоящей работе исследовалось влияние внешнего газового давления на толщину критического слоя пластин, которые для этой цели использовать наиболее удобно. Подчеркнем, что исследование детонации тонких слоев имеет более широкое и универсальное значение и представляет интерес для изучения механизма детонации [2, 7], возникновения детонации при ударе [8] и аналогичных проблем.

Совсем кратко изложим результаты разведочных опытов по влиянию внешнего давления на чувствительность к передаче детонации и инициирующему импульсу (к ударной и детонационной волне).

Таблица 3

Плотность пассивного заряда, г/см^3	Давление, бар	Дальность передачи детонации l_p^* , мм	l_p^*/l_1^*
1,6	1	22	1,00
	10	18	0,82
	40	14	0,63
	100	9,5	0,43
1,0	1	85	1,00
	10	45	0,53
	40	28	0,33
	100	16	0,19

Как показали измерения, спад интенсивности (затухание ударной волны) при повышенном давлении происходит более резко (на меньших расстояниях от активного заряда). На одинаковом расстоянии относительное повышение давления (а значит, и температуры) ударной волны тем ниже, чем выше начальное давление в среде.

В связи с этим были проведены опыты по передаче детонации через воздух горящему пассивному заряду тетрила. При одинаковом

Таблица 2

Вещество	Исходный размер частиц, мм	Плотность, г/см^3	$h_{кр}^-$, мм при давлении		
			1 бар	80—100 бар	300 бар
Тротил	20÷70	1,60	1,60	1,65	—
Тэн	1÷10	1,68	0,19	0,18	—
Тетрил	50÷150	1,65	0,55	0,58	—
"	50÷150	1,58	0,70	—	0,62
"	1÷10	1,16	0,95	0,93	1,07

Установлено, что передача детонации при повышении внешнего давления ухудшается. В качестве активного заряда использовался цилиндрический заряд тетрила $m = 1 \text{ г}$ (направление передачи совпадало с направлением распространения детонации). Пассивный заряд также брался из тетрила. Передача детонации, как обычно, характеризовалась расстоянием l^* , на котором вероятность передачи составляла 50%.

Результаты опытов по передаче детонации через воздух представлены в табл. 3.

внешнем давлении дальность передачи детонации горящему веществу больше, чем холодному (негорящему). Горение пассивного заряда частично компенсирует уменьшение температуры инициирующей ударной волны. Разница в расстояниях передачи тем заметнее, чем выше начальное давление — $\frac{(l_{10}^*)_{\text{с горением}}}{(l_{10}^*)_{\text{без горения}}} = 1,06$; $\frac{(l_{40}^*)_{\text{Г}}}{l_{40}^*} = 1,26$; $\frac{(l_{100}^*)_{\text{Г}}}{l_{100}^*} = 1,5$.

Разведочные опыты по влиянию внешнего давления на инициирование показали следующее. При запрессовке инициирующего ВВ (азид свинца) в общую оболочку с испытуемым ВВ минимальный инициирующий импульс практически не зависит от давления. Это хорошо согласуется с независимостью от давления критического диаметра. В указанных условиях инициирование аналогично передаче детонации от слоя к слою, имеющему место при стационарном ее распространении. Напротив, при наложении отдельно спрессованной таблетки азид свинца на поверхность спрессованного образца испытуемого ВВ минимальный инициирующий импульс увеличился примерно вдвое при повышении внешнего давления от 1 до 100 бар. Явление инициирования осложнено в этом случае наличием неидеального контакта (стыка) и передачей детонации через воздушный зазор, неизбежно получающийся из-за микронеровности поверхностей.

Отметим, что при использовании пластинок для оценки критического размера на длине заряда имеется очень небольшое количество стыков (1 ÷ 3). В случае цилиндрического заряда, составленного из десятков отдельных таблеток (с таким же количеством стыков между ними), при повышении внешнего давления измеренное значение $d_{\text{кр}}$ может существенно возрасти. Соответствующих опытов проведено не было.

Поступила в редакцию
8/VII 1966

ЛИТЕРАТУРА

1. К. К. Андреев, А. Ф. Беляев. Теория взрывчатых веществ. Оборонгиз, 1960.
2. Ф. Боуден, А. Иоффе. Быстрые реакции в твердых веществах. М. ИЛ, 1962.
3. Ю. Б. Харитон. Вопросы теории взрывчатых веществ. Сб., М., Изд-во АН СССР, 1947, стр. 7—28.
4. В. К. Боболев. Докл. АН СССР, 1947, 57, 8, 789.
5. Б. Я. Светлов. Сб. «Взрывное дело», № 49/6, 1962, стр. 211.
6. F. P. Bowden, A. C. Mc Lagen. Nature, 1955, 175, 631.
7. В. К. Боболев, А. В. Дубовик. ПМТФ, 1965, 2.
8. Г. Т. Афанасьев, В. К. Боболев, Л. Г. Болховитинов. Докл. АН СССР, 1961, 136, 3, 642.