

УДК 662.215.5

ДЕСЕНСИБИЛИЗАЦИЯ ПРЕССОВАННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ТРОТИЛА, ГЕКСОГЕНА И ОКТОГЕНА ПРИ ДВУКРАТНОМ УДАРНО-ВОЛНОВОМ НАГРУЖЕНИИ

Ю. В. Батьков, Б. Л. Глушак, С. А. Новиков

*ВНИИ экспериментальной физики,
607200 Кремлёв*

Исследована реакция прессованных ТНТ, составов ТГ 50/50, ТГ 30/70 и октогена с пластической связкой на однократное и двукратное ударно-волновое нагружение. Путем регистрации пьезорезистивными датчиками зависимости давления от времени в двух сечениях образца подтверждено снижение ударно-волновой чувствительности этих ВВ, предварительно сжатых слабой ударной волной.

Исследование условий и механизма инициирования гетерогенных твердых взрывчатых составов, составляющих подавляющую долю практически применяемых ВВ, ударными волнами (УВ) имеет важное прикладное значение и представляет большой интерес для понимания закономерностей возникновения и развития детонационного процесса.

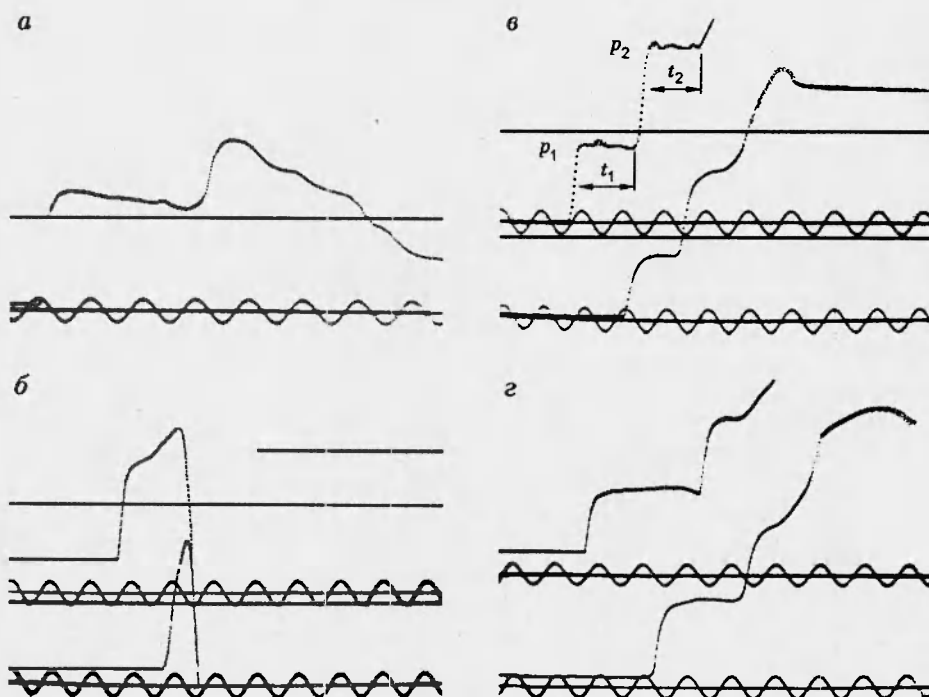
Накопленная весьма обширная экспериментальная информация о реакции твердых гетерогенных ВВ на ударно-волновое нагружение свидетельствует, что ударно-волновая чувствительность таких ВВ определяется их физико-химическими и реологическими свойствами, нормальной температурой и характеристиками вводимого в образец «холодного» ВВ импульса давления [1, 2]. Большая часть опытных данных получена методом, в котором вводимая в образец из ВВ плоская УВ создается торможением на неподвижном плоском образце скоростного ударника. Последний выполнен в виде пластины из металла. Ударно-волновая нагрузка на поверхность образца носит ступенчатый характер, где каждая последующая ступенька давления имеет меньшую амплитуду по сравнению с предыдущей. Длительность каждой ступеньки давления близка к удвоенному времени пробега волны по толщине ударника. Именно для такого типа ударно-волнового нагружения выявлен ряд особенностей и закономерностей возбуждения взрыва в гетерогенных ВВ [2]. Основными характеристиками инициирующего импульса давления обычно считаются амплитуда первой ступеньки импульса давления и его длительность.

Экспериментальные факты свидетельствуют о многообразии и сложности явлений, связанных с эволюцией УВ в детонационную [2]. В связи с этим для углубления понимания механизма возбуждения детонации в гетерогенных ВВ, представляющих собой заведомо дефектные неоднородные структуры, несомненный интерес имеют опыты с отличными от описанных выше условиями ударно-волнового нагружения.

В литературе описаны исследования ударно-волновой чувствительности при двукратном последовательном нагружении. В [3] получено, что первая УВ с амплитудой $p_1 = 3,9$ ГПа десенсибилизирует октоген с пластической связкой к воздействию последующей УВ с амплитудой $p_2 = 10$ ГПа. Результаты работы [4] свидетельствуют о наличии эффекта десенсибилизации для прессованного тротила при двукратном сжатии. Аналогичный факт отмечается в [5] для состава В. В [6] сжатие слабой УВ сплава ТГ 50/50 снижало его чувствительность и увеличивало длину

преддетонационного участка при последующем нагружении. Естественное объяснение этих результатов заключается в том, что сжатие ВВ первой УВ изменяет его структуру, делает заряд более гомогенным, более свободным от потенциальных источников разложения. Противоположный эффект влияния предварительного сжатия первой УВ на ударно-волновую чувствительность литого тротила зарегистрирован в [7]. Таким образом, реакция гетерогенных ВВ на двукратное ударно-волновое нагружение неоднозначна, априори неизвестна, и для каждого конкретного состава ВВ и конкретных условий нагружения (амплитуды волн и их длительность) необходимо проведение экспериментальных исследований.

В настоящей работе приведены экспериментальные результаты исследования реакции прессованных ВВ (тротила, ТГ 50/50 и 30/70 и октогена с малым количеством пластической связки) на одно- и двукратное нагружение стационарными ударными волнами. Во всех опытах УВ вводилась в образец исследуемого ВВ из медного экрана, находящегося в контакте с его поверхностью. Для создания режима нагружения двумя последовательно распространяющимися УВ в качестве экрана использовалась слоистая система из материалов с различной динамической жесткостью [8].



Характерные осциллограммы профилей давления при одно- (а, б) и двукратном (в, г) нагружении:

а — в экране, б, в — состав ТГ 30/70, г — состав ТГ 50/50. Период меток времени — 1 мкс.

Диаметр образцов составлял 90, высота 20 мм. Пьезорезистивными датчиками на основе манганиновой проволоки общей толщиной 0,35 мм в двух лагранжевых сечениях (на границе раздела ВВ — медный экран (сечение $h = 0$) и в ВВ на расстоянии 4 мм от границы раздела) регистрировалось изменение давления. Если реакция разложения отсутствовала, первый датчик регистрировал импульс давления, вводимый в ВВ.

Типичные осциллограммы показаны на рисунке. Конструкция датчика. система измерения сигналов и переход от амплитудных их значений к

величинам давления подробно описаны в [9]. Верхний луч осциллограмм соответствует $h = 0$, нижний — $h = 4$ мм.

Результаты обработки первичных опытных результатов сведены в таблицу, где p_1, t_1 — давление на фронте первой УВ и ее длительность, p_2, t_2 — то же для второй УВ, D_1 — средняя скорость распространения первой УВ на базе 4 мм между сечениями $h = 0$ и 4 мм. В случае однократного ударно-волнового нагружения значение t_1 — это расчетная величина, равная 3,0 мкс. В опытах точность измерения давления $\pm 8\%$, погрешность измерения временных интервалов $\pm 5\%$.

Данные, представленные в таблице, показывают, что при двукратном нагружении амплитуда p_2 второй ударной волны относительно ненагруженного состояния практически совпадает с амплитудой p_1 ударной волны однократного сжатия, а длительность импульса давления t_1 для однократного нагружения и сумма $t_1 + t_2$ для двукратного примерно одинаковы.

ВВ	ρ_0 , г/см ³	h , мм	p_1 , ГПа	t_1 , мкс	D_1 , км/с	p_2 , ГПа	t_2 , мкс	Результат нагружения
ТНТ	1,60	0	1,8	1,5	2,8	3,8	1,6	—
		4	1,6	1,2	2,8	3,4	1,4	—
		0	3,8	3,2	3,8	—	—	+
		0	4,5	3,0	3,8	—	—	+
ТГ 50/50	1,65	0	1,4	2,5	2,7	2,4	1,2	—
		4	1,2	2,0	2,7	2,3	1,0	—
		0	1,7	1,5	2,7	3,6	1,4	—
		4	1,5	1,3	2,7	3,5	1,0	—
		0	3,8	3,2	4,0	—	—	+
		0	4,2	3,0	4,0	—	—	+
ТГ 30/70	1,70	0	0,9	3,5	2,75	2,1	2,0	—
		4	0,9	3,3	2,75	2,0	2,0	—
		0	1,7	1,5	3,0	3,6	1,4	—
		4	1,6	1,2	3,0	3,4	1,0	—
		0	3,8	3,0	3,7	—	—	+
Октоген с пласти- ческой связкой	1,80	0	1,8	1,5	3,1	3,8	1,2	—
		4	1,4	1,2	3,1	3,7	1,0	—
		0	1,9	1,5	3,1	3,8	1,4	—
		4	1,8	1,2	3,1	3,6	1,0	—
	1,85	0	4,0	3,0	4,0	—	—	+
		0	4,5	3,0	4,1	—	—	+

Примечание. Прочерк означает отсутствие взрывчатого превращения, плюс — его начало.

В опытах с двукратным нагружением всех исследованных прессованных взрывчатых составов УВ не отмечалось взрывчатого превращения. При зарегистрированных значениях p_1, t_1, p_2, t_2 двукратного нагружения на фиксированной толщине образца ВВ ударные волны распространяются друг за другом, как по инертной среде.

В случае однократного нагружения УВ с $p_1 = 3,8 \div 4,5$ ГПа и расчетной длительностью $t_1 \approx 3,0$ мкс для всех исследованных ВВ на границе их раздела с медью через 0,5–0,6 мкс после входа ударной волны в ВВ наблюдается резкое повышение давления (см. рисунок, а, б), что свидетельствует

ет о начале взрывчатого превращения в слоях ВВ, прилегающих к границе раздела. Отметим, что датчики, расположенные в сечении $h = 4$ мм (в таблице соответствующей информации не приводится), регистрируют высокий уровень давлений ($p > 6,0$ ГПа) и быстро выходят из строя. Следовательно, в этом сечении имеет место весьма интенсивное взрывчатое превращение.

Основной результат выполненных исследований состоит в экспериментальном подтверждении того факта, что расщепление инициирующей УВ на серию следующих друг за другом ударных волн (в описанных опытах на две) приводит к снижению ударно-волновой чувствительности гетерогенных ВВ, как индивидуальных, так и смесевых. Зависимость инициирующего давления от времени его воздействия [2] накладывает, однако, в случае двухволновой структуры нагрузки ограничения на величины p_1 и t_1 : при заданном значении p_1 (или t_1) значение t_1 (или p_1) должно быть таким, чтобы не вызывать взрывчатого превращения.

Результаты настоящих экспериментов согласуются с данными работ [3–6]: первая слабая УВ, не вызывая взрывчатого превращения, десенсибилизирует гетерогенное ВВ к воздействию последующей волны.

В [2] отмечалось, что величина инициирующего давления при однократном ударно-волновом сжатии гетерогенных ВВ существенным образом зависит от скорости спада давления за фронтом волны, вводимой в ВВ. Результаты настоящей работы, а также [3–6] показывают, что возбуждение взрывчатого превращения зависит также от формы переднего фронта импульса давления, вводимого в ВВ. Из опытных данных, таким образом, следует, что способность импульса давления вызвать взрывчатое превращение определяется не только амплитудой, но также его формой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (93-01-16504).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дремин А. Н., Савров С. Д., Трофимов В. С., Шведов К. К. Детонационные волны в конденсированных средах. М.: Наука, 1970.
2. Глушак Б. Л., Новиков С. А., Погорелов А. П. Иницирование твердых гетерогенных ВВ ударными волнами // Физика горения и взрыва. 1984. Т. 20, № 4. С. 77–85.
3. Campbell A. W., Davis W. C., Travis J. Shock initiation of solid explosives // Phys. Fluids. 1961. V. 4, N 4. P. 511–521.
4. Boyle V. M., Pilarski D. L. Shock ignition sensitivity of multiply shocked pressed TNT // Proc. (Intern.) Seventh Symp. on Detonation. Annapolis, Maryland, 1981. P. 906–913.
5. Chick M. C., Hatt D. J. The mechanism of initiation of Composition B by a metal jet // Ibid. P. 352–361.
6. Бордзиловский С. А., Караханов С. М. Влияние скорости нагружения на длину преддетонационного участка ТГ 50/50 // Физика горения и взрыва. 1985. Т. 21, № 6. С. 109–113.
7. Андреев С. Г., Бойко М. М., Соловьев В. С. Иницирование ВВ при ступенчатом нагружении // Физика горения и взрыва. 1976. Т. 12, № 1. С. 117–120.
8. Павловский М. Н. Электросопротивление ударно-сжатого иттербия // Журн. эксперим. и теорет. физики. 1977. Т. 72, вып. 1 (7). С. 237–245.
9. Батьков Ю. В., Новиков С. А., Погорелов А. П. и др. Исследование процесса взрывчатого превращения состава ТГ 50/50 за фронтом нестационарной ударной волны // Физика горения и взрыва. 1979. Т. 15, № 5. С. 139–141.

Поступила в редакцию 19/VIII 1994 г.