

текания реакций разложения ППС в условиях повышенных давлений. Способность ППС взрывчато газифицироваться позволяет рассматривать его как активный компонент в составе взрывчатых смесей пониженной плотности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов В. А. Пенополистирол.— М.: Химия, 1975.
2. Технологический процесс литья по газифицируемым моделям. Сост. В. П. Кирпиченков. Серия С-Х-2.— М.: НИИМаш, 1971.
3. Асеева Р. М., Запков Г. Е. Горение полимерных материалов.— М.: Наука, 1981.
4. Грасси Н. Химия процессов деструкции полимеров.— М.: ИЛ, 1959.
5. Товстоног В. А. // ТВТ.— 1991.— 29, № 2.— С. 268—274.
6. Кук М. А. Наука о промышленных взрывчатых веществах.— М.: Недра, 1980.

г. Бишкек

Поступила в редакцию 13/III 1991
после доработки — 17/IV 1992

УДК 534.222.2 + 662.215.1

И. Ф. Кобылкин, Н. И. Носенко, В. С. Соловьев

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЗАРЯДОВ ВВ ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ НАГРУЖЕНИИ ИХ СЛАБЫМИ УДАРНЫМИ ВОЛНАМИ

Описана экспериментальная методика калиброванного нагружения зарядов ВВ двумя последовательными ударными волнами. Эта методика используется для получения количественных данных об изменении ударно-волновой чувствительности зарядов ВВ. Обнаружен пороговый характер ударно-волновой десенсibilизации, причем пороговый уровень воздействия, необходимый для десенсibilизации, одновременно пороговый для возбуждения медленного (недетонационного) разложения ВВ слабой ударной волной.

При предварительном нагружении зарядов ВВ ударными волнами (УВ), амплитуда которых мала для инициирования детонации, происходит уменьшение чувствительности ВВ к последующему ударно-волновому воздействию. Это явление называют ударно-волновой десенсibilизацией зарядов ВВ.

Встречающиеся в практике случаи ударно-волновой десенсibilизации зарядов ВВ можно разделить на две группы: 1) прекращение распространения детонации при входе детонационной волны (ДВ) в область предварительно сжатого ВВ [1—3]; 2) предотвращение или замедление ударно-волнового инициирования детонации предварительным ударно-волновым нагружением заряда ВВ [4—8]. Основные механизмы десенсibilизации: 1) гомогенизация зарядов — закрытие пор, сведение к минимуму различного рода неоднородностей структуры; 2) уменьшение энергосодержания вследствие разложения части ВВ в процессе предварительного сжатия; 3) уменьшение температуры ударного разогрева при повторном сжатии. Первые два механизма — релаксационные и требуют некоторого времени для своего осуществления.

Одно из необходимых условий десенсibilизации состоит в сохранении достаточно высокого уровня давления в момент повторного нагружения. В противном случае, если после предварительного сжатия ВВ подверглось воздействию волн разрежения, в которых давление уменьшается до нуля или даже возникают растягивающие напряжения, возможна сенсibilизация заряда ВВ [5].

© И. Ф. Кобылкин, Н. И. Носенко, В. С. Соловьев, 1992.

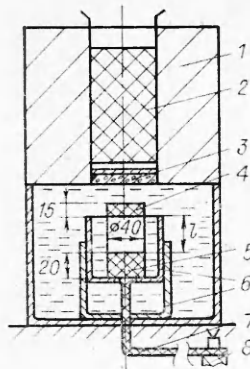


Рис. 1. Схема эксперимента методики нагружения заряда ВВ двумя последовательными УВ.

1 — толстостенный цилиндр; 2 — нагружающий заряд; 3 — узел иницирования; 4 — образец; 5 — нагружающая шашка; 6 — поддерживающие скобы; 7 — шнур; 8 — электродетонатор.

Наиболее подробно в настоящее время исследовано прекращение распространения детонации при входе ДВ в область предварительно сжатого ВВ для ряда промышленных взрывчатых составов [1, 2], детонационная способность которых уменьшается при увеличении плотности. Что касается высокоплотных мощных взрывчатых составов, то таких данных меньше. Для составов В и РВХ 9404 данные по затуханию детонации представлены в [3].

В значительно меньшей степени исследовано иницирование детонации в зарядах ВВ при воздействии следующих друг за другом УВ. Результаты выполненных к настоящему времени исследований [3—8] позволяют сделать однозначный вывод о том, что предварительное ударно-волновое сжатие десенсибилизирует заряды ВВ в том смысле, что амплитуда последующей УВ, необходимая для иницирования детонации (или горения), должна быть заметно выше, чем в случае однократного нагружения. Однако нет количественных данных об изменении ударно-волновой чувствительности. Для их получения разработана экспериментальная методика калиброванного нагружения зарядов ВВ двумя последовательными УВ [8]. Схема этой методики представлена на рис. 1.

Исследуемые заряды ВВ диаметром 40 и высотой 15 мм помещались в аквариум с водой и нагружались последовательно двумя УВ. Предварительно заряд нагружался слабой УВ, генерируемой специальным нагружающим устройством, расположенным над аквариумом. Нагружающий заряд (смесь гексогена с мочевиноформальдегидной смолой) помещался в массивный стальной цилиндр с внутренним диаметром 65—70 мм и иницировался слоем листового ВВ со стороны, обращенной к образцу ВВ. Давление p_{w1} в предварительной УВ в воде регулировалось изменением плотности нагружающего заряда от 0,215 до 0,7 г/см³ и определялось по зависимости $p_{w1} = 3,3\rho_0^2$ (p_{w1} в ГПа, ρ_0 в г/см³). Последующее нагружение осуществлялось более мощной УВ, генерируемой при взрыве шашки из высокоплотного заряда ВВ на основе гексогена с некоторой задержкой. Эта шашка располагалась снизу на расстоянии l от исследуемого заряда ВВ. Давление повторного нагружения p_{w2} регулировалось изменением l .

Детонацию в нагружающей шашке 5 (см. рис. 1) иницировали пнуровым зарядом 7 из листового ВВ на основе тэна. Его длина определяла временной интервал между предварительным и повторным нагружениями образца ВВ. Процесс регистрировался прямым теньевым способом фотокамерами ЖЛВ-2 в покадровом варианте и СФР-2М в варианте щелевой развертки.

Нагружению подвергались образцы из флегматизированных гексогена (5,5 % флегматизатора типа парафина) с $\rho = 1,625 \pm 0,005$ г/см³ (рис. 2, а), тэна (15 % флегматизатора типа каучука) плотностью 1,5 г/см³ (рис. 2, б) и литьевого состава ТГ 40/60 с $\rho = 1,67$ г/см³ (рис. 2, в). Основные результаты экспериментов представлены на рис. 2. Кривая отделяет область, где воздействие второй УВ приводит к ини-

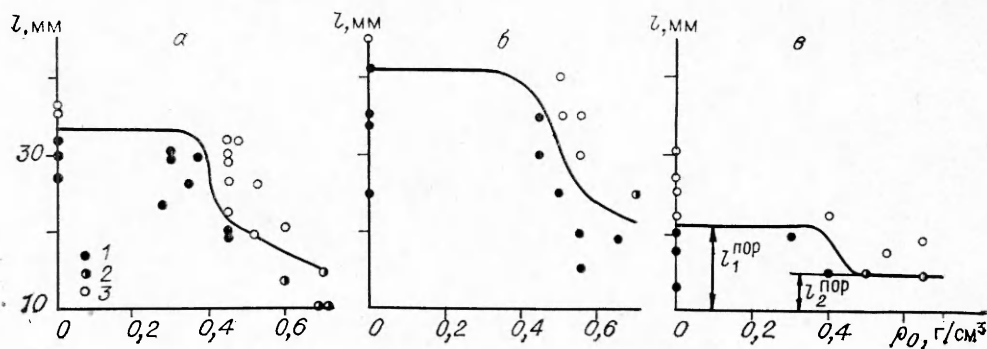


Рис. 2. Результаты эксперимента исследования десенсibilизации зарядов ВВ слабыми УВ.

1 — детонация заряда после нагружения второй УВ; 2 — низкоскоростное свечение реагирующего ВВ после нагружения второй УВ; 3 — отсутствие свечения, увеличение скорости расширения реагирующего ВВ после нагружения второй УВ без образования интенсивных УВ в воде.

цированию детонации в исследуемом образце, от области, в которой воздействие предварительной УВ предотвращает инициирование детонации при воздействии второй УВ.

На щелевых фоторегистрациях детонация исследуемых зарядов ВВ идентифицируется по высокоскоростному свечению, возникающему после нагружения второй УВ и по интенсивному расширению продуктов детонации исследуемого заряда, создающему сильную УВ в воде. Отсутствие детонации в образце после нагружения второй УВ не означает отсутствие реакции в ВВ. Как правило, после прохождения второй УВ образец начинает расширяться, что говорит о разложении ВВ. Однако скорость разложения мала для ускорения УВ до высокоскоростной детонации на толщине образца. В случае, когда предварительное нагружение вызывает в образце достаточно глубокое разложение ($\rho_0 = 0,6 - 0,7 \text{ г/см}^3$), последующее интенсивное воздействие ($l = 10 - 15 \text{ мм}$) возбуждает в реагирующем образце низкоскоростной процесс, сопровождающийся свечением. Его можно представить как детонацию двухфазной реагирующей смеси собственно ВВ и продуктов детонации.

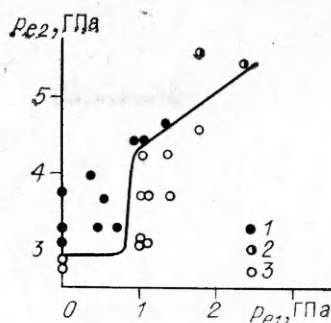
Из анализа полученных результатов следует, что ударно-волновая десенсibilизация имеет пороговый характер. Наиболее контрастно ударно-волновая десенсibilизация проявляется у более чувствительных взрывчатых составов на основе тэна и гексогена. Критические значения расстояний между исследуемым образцом и инициирующей шашкой, необходимые для инициирования детонации, уменьшаются в 1,5—2 раза, если уровень предварительного воздействия превосходит пороговый. Различие в ударно-волновой чувствительности исходных зарядов состава ТГ 40/60 и предварительно сжатых не так велико (рис. 2, в) ($l_1^{\text{пор}} = 21 \text{ мм}$, $l_2^{\text{пор}} = 15 \text{ мм}$). Это объясняется однородной структурой зарядов из ТГ 40/60. В проведенных экспериментах установлено, что пороговый уровень ударно-волнового воздействия, необходимый для десенсibilизации, одновременно пороговый для возбуждения медленной химической реакции в зарядах ВВ слабыми УВ.

С увеличением давления в предварительной УВ степень десенсibilизации возрастает: для возбуждения детонации требуется большее давление во второй УВ и соответственно меньшее значение l .

Исследовано влияние времени задержки Δt нагружения второй УВ относительно первой. Время задержки отсчитывалось от момента выхода предварительной УВ из исследуемого образца ВВ. Если уровень предварительного воздействия был ниже порога десенсibilизации, то увеличение Δt до 40 мкс не приводило к десенсibilизации заряда ВВ. При превышении порогового уровня увеличение Δt приводило к росту глу-

Рис. 3. Критическое давление иницирования детонации в зависимости от предварительного нагружения.

1 — детонация заряда ВВ после нагружения второй УВ; 2 — низкоскоростной волновой режим, сопровождающийся свечением реагирующего ВВ после нагружения второй УВ; 3 — отсутствие свечения, увеличение скорости расширения реагирующего ВВ после нагружения второй УВ.



бины разложения образца. Это вызывало заметное уменьшение скорости низкоскоростной детонации разлагающегося ВВ.

Амплитудные значения давлений в ВВ первой p_{e1} и второй p_{e2} ударных волн определялись расчетным путем с помощью $p-u$ -диаграммной техники (u — массовая скорость во фронте УВ). Предполагалось, что ударные адиабаты повторного сжатия как воды, так и ВВ совпадают с ударными адиабатами однократного сжатия. Величина скачка давления p_{e2} предполагалась независимой от степени разложения образца к моменту повторного сжатия. Для воды использовалась ударная адиабата в виде

$$D = 1,5 + 2u,$$

где D , u — в км/с. Чтобы оценить поведение зарядов ВВ при сложном нагружении в условиях, подобных рассмотренным выше, целесообразно представить данные рис. 2 в координатах $p_{e1} - p_{e2}$. Соответствующие данные для наиболее подробно исследованного флегматизированного гексогена представлены на рис. 3. Для расчета давления в зарядах из флегматизированного гексогена использовалась ударная адиабата из [9]: $D = 2,48 + 2u$.

Кривая на рис. 3 разделяет плоскость $p_{e1} - p_{e2}$ на области, где иницируется детонация и где ее нет. Это, по существу, зависимость критического давления иницирования от давления в первой УВ. Для ее уточнения необходимы данные по динамической сжимаемости реагирующего ВВ или экспериментальное определение всего профиля давления, действующего на образец ВВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубнов Л. В., Бахаревич П. С., Романов А. П. Промышленные взрывчатые вещества. — М.: Недра, 1988. — 358 с.
2. Юхансон К., Персон П. Детонация взрывчатых веществ. — М.: Мир, 1977. — 352 с.
3. Campbell A. W., Travis J. P. The shock desensitization of PBX9404 and composition B-3 // Proc. 8th Symp. (Int.) on Detonation. — New Mexico, 1985.
4. Boyle V. M., Pilarski D. L. Shock ignition sensitivity of multiply-shocked pressed TNT // Proc. 7th Symp. (Int.) on Detonation. — Annapolis, 1981.
5. Андреев С. Г., Бойко М. М., Соловьев В. С. Иницирование ВВ при ступенчатом нагружении // ФГВ. — 1976. — 12, № 1. — С. 117—120.
6. Таржанов В. П. Скорость детонации ударно-сжатого литого ТНТ // Там же. — № 6. — С. 924—930.
7. Setchell R. E. Effects of precursor waves in shock initiation of granular explosives // Combust. Flame. — 1983. — N 54. — P. 171—182.
8. Кобылкин П. Ф., Носенко П. П., Соловьев В. С. Экспериментальное исследование ударно-волновой десенсибилизации зарядов взрывчатых веществ. — М.: МГТУ. 1990. — Деп. в ВИНТИ 27.03.90, № 1633-В90.
9. Жученко В. С. Особенности иницирования детонации твердых ВВ ударом пластины малого диаметра // IV Всесоюз. совещание по детонации. — Черногоровка, 1989. — Т. 2. — С. 247—251.

г. Москва

Поступила в редакцию 12/III 1992