

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Коул. Подводные взрывы. М.: ИЛ, 1950.
2. В. П. Коробейников, Б. Д. Христофоров.— В кн.: Гидродинамика (Итоги науки и техники). Т. 9. М., 1976.
3. В. К. Кедринский. ПМТФ, 1978, 4.
4. Б. И. Басов, А. А. Дорфман, Б. В. Левин и др. Вулканология и сейсмология, 1981, 1.
5. В. К. Кедринский. Докл. АН СССР, 1973, 212, 2.
6. В. К. Кедринский, В. Т. Кузавов. ПМТФ, 1977, 4.
7. В. К. Кедринский. ПМТФ, 1977, 3.
8. Г. И. Баренблатт. Подобие, автомодельность, промежуточная асимптотика. М.: Гидрометеиздат, 1978.
9. А. С. Левин, В. Л. Мирандов. Сейсмоакустические методы в морских инженерно-геологических изысканиях. М.: Транспорт, 1977.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ СДВИГА НА ФРОНТЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ В ТВЕРДЫХ ВВ

Ю. В. Батъков, С. А. Новиков, Н. Д. Фишман
(Москва)

Согласно общепринятой в настоящее время тепловой теории, возбуждение взрывчатого превращения при ударе происходит при неоднородном разогреве взрывчатого вещества в локальных очагах — «горячих точках». Среди обсуждаемых в литературе известны механизмы образования «горячих точек» при достижении в ВВ критических напряжений сдвига. В работе [1] приведены экспериментальные значения прочностных характеристик некоторых твердых ВВ, расположенные в порядке повышения чувствительности к удару. Результаты этой работы ограничены скоростями удара до 100 м/с. Одной из причин образования «горячих точек» при ударно-волновом нагружении также является трение на поверхностях сдвига при разрушении локальных объемов ВВ [2]. С величиной критических напряжений сдвига связан вязкопластический механизм образования «горячих точек» (например, [3]).

В соответствии с известными результатами исследования инертных материалов, величина критических напряжений сдвига в твердых ВВ при ударно-волновом нагружении должна зависеть от амплитуды давления на фронте волны.

В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования зависимости критических напряжений сдвига на фронте ударной волны (УВ) в литом ТНТ плотностью $\rho_0 = 1,6$ г/см³ и составе ТГ 50/50 с $\rho_0 = 1,65$ г/см³ от величины давления ударного сжатия в диапазоне до 4,0 ГПа, т. е. до начала возбуждения взрывчатого превращения. Получены данные об ударных адиабатах «холодных» ВВ в этой области давлений.

В работе использовался метод непосредственной регистрации напряжений сдвига τ при ударном сжатии, где τ определяется разностью напряжений, действующих по нормали (σ_1) и параллельно (σ_2) фронту волны [4—6],

$$\tau = (\sigma_1 - \sigma_2)/2.$$

Эти напряжения связаны с величиной гидростатического (среднего) давления в ударной волне p соотношениями

$$\sigma_1 = p + 4/3\tau, \quad \sigma_2 = p - 2/3\tau.$$

Главные напряжения измерялись в опытах манганиновыми датчиками, которые располагались в исследуемом ВВ в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Конструкция датчиков и методика измерения описаны в [5]. В исследуемых образцах ВВ создавались стационарные УВ с помощью взрывных устройств типа «слойки» [7]. Диапазон

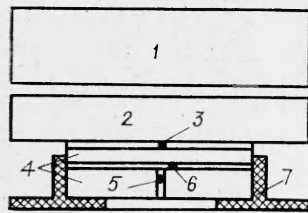


Рис. 1. Схема проведения опытов.

1 — заряд ВВ; 2 — экран «слойка»; 3 — исследуемый образец ВВ; 4, 5, 6 — манганиновые датчики давления; 7 — прижим.

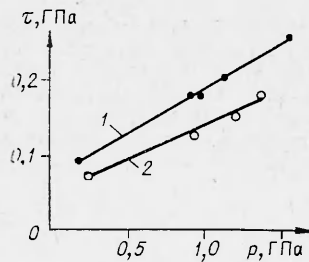


Рис. 2. Зависимость напряжений сдвига от среднего давления исследованных ВВ.

1 — ТГ 50/50; 2 — ТНТ.

исследуемых давлений 0,3—4,0 ГПа. Схема проведения опытов приведена на рис. 1.

Датчики 3 и 6, установленные на расстоянии $4 \pm 0,1$ мм, регистрировали профили нормальной составляющей напряжения σ_1 и одновременно отмечали время для измерения волновой скорости D . Для измерения касательной составляющей напряжения σ_2 датчик 5 устанавливался в разрез диска ВВ диаметром 60 и толщиной 10 мм. Расстояние между плоскостью установки датчика 6 и местом установки чувствительного элемента датчика 5 составляло 2 мм. Датчики в образцах из ВВ устанавливались с помощью эпоксидного клея.

При давлении на фронте УВ $\sim 4,0$ ГПа в образцах ВВ возбуждается взрывчатое превращение, процесс развития которого описан в [8]. Результаты измерения σ_1 , σ_2 , D и вычисленные значения τ , p и массовой скорости u представлены в таблице (σ_1 , D , u характеризуют ударную адиабату «холодного» ВВ). На рис. 2 приведены зависимости напряжений сдвига от среднего давления в ТНТ и ТГ 50/50.

Исследуемое ВВ	σ_1 , ГПа	σ_2 , ГПа	D , км/с	τ , ГПа	p , ГПа	u , км/с
Литой ТНТ, $\rho_0 = 1,6$ г/см ³	0,35	0,21	2,6	0,07	0,25	0,084
	1,10	0,85	2,8	0,125	0,93	0,245
	1,40	1,10	2,75	0,150	1,20	0,318
	1,60	1,25	2,80	0,175	1,37	0,357
	3,90	—	3,70	—	—	0,659
Состав ТГ 50/50, $\rho_0 = 1,65$ г/см ³	0,30	0,12	2,50	0,09	0,18	0,073
	1,15	0,80	2,66	0,175	0,917	0,262
	1,20	0,85	2,67	0,175	0,966	0,272
	1,40	1,00	—	0,200	0,13	—
	1,90	1,40	—	0,250	1,57	—
	4,10	—	6,45	—	—	0,385

Для исследованных литых ВВ, так же как и для инертных материалов [5, 9], с ростом давления величина напряжений сдвига линейно возрастает и значительно превосходит статические значения предела прочности на сдвиг [11]. Взаимное же расположение зависимостей $\tau = \tau(p)$ для ТНТ и ТГ 50/50 качественно соответствует принятой шкале чувствительности ВВ.

Поступила в редакцию 26/VIII 1982

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Т. Афанасьев, В. К. Боболев. Иницирование твердых взрывчатых веществ ударом. М.: Наука, 1968.
2. Физика взрыва/Под ред. К. П. Станюковича. М.: Наука, 1975.

3. Б. А. Хасанов, А. А. Борисов и др.— В кн.: Детонация. Черноголовка, 1981.
4. Г. В. Степанов, В. В. Астанин. Проблемы прочности, 1976, 4.
5. Ю. В. Батъков, С. А. Новиков и др. ПМТФ, 1980, 6.
6. Y. M. Gupta, D. D. Keough, D. Henly e. a. Appl. Phys. Lett., 1980, 37, 4.
7. А. А. Баканова, И. П. Дудолодов, Ю. Н. Сутулов. ПМТФ, 1974, 2.
8. Б. Л. Глушак, С. А. Новиков и др. ФГВ. 1981, 17, 6.
9. В. В. Астанин. Автореф. канд. дис. Киев, 1978.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИАМЕТРА ОБРАЗЦА НА РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССА ВЗРЫВЧАТОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ЗА ФРОНТОМ СЛАБОЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

Ю. В. Батъков, С. А. Новиков, А. П. Погорелов,
В. А. Синуцын, И. П. Хабаров
(Москва)

При инициировании ВВ нестационарными ударными волнами малой длительности (характерное время действия импульса $\tau_0 = 10^{-6} \div 10^{-7}$ с) существует достаточно широкий диапазон давлений на фронте ударной волны ($p_{фр}$), в котором по образцу от поверхности удара распространяется нестационарная система: ударная волна и следующая за нею область взрывчатого превращения [1]. На некотором расстоянии от поверхности нагружения эта система переходит в нормальную детонационную волну. Интервал времени от момента удара до возникновения нормальной детонации достигает нескольких микросекунд и зависит от параметров ударной волны ($p_{фр}$, τ_0 и крутизны спада давления за фронтом ударной волны).

В образцах ВВ, ограниченных боковой поверхностью, на процесс указанного взрывчатого превращения существенное влияние оказывает боковая разгрузка. Теоретический расчет этого явления затруднен из-за изменения угла разгрузки в зависимости от скорости выделения энергии в реагирующем ВВ.

В настоящей работе в серии экспериментов с цилиндрическими образцами разного диаметра из состава ТГ 30/70 исследовался процесс взрывчатого превращения за фронтом ударной волны с помощью мanganinовых датчиков давления, расположенных на различных расстояниях от поверхности удара. Образцы ВВ пористостью 2% готовились методом горячего прессования и имели плотность $1,72 \cdot 10^3$ кг/м³. Ме-

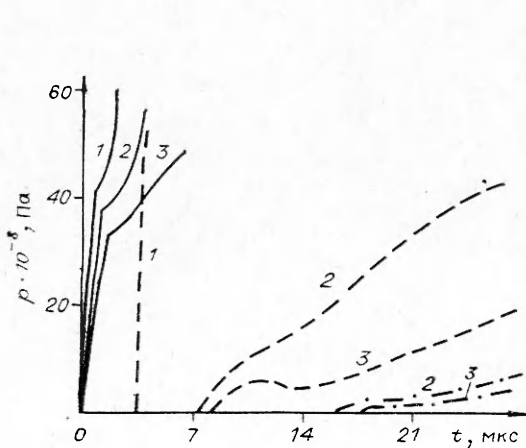


Рис. 1.

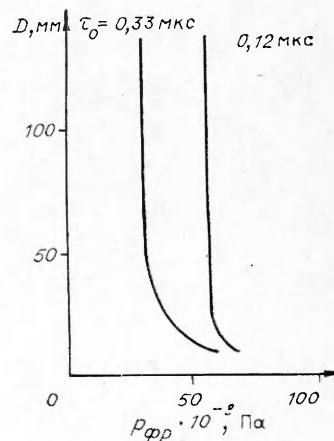


Рис. 2.