

9. Ф. Боуден, И. Иоффе. Быстрые реакции в твердых взрывчатых веществах. Пер. с англ. Под ред. И. В. Обреимова. М., ИЛ, 1962.
10. Л. И. Хмельницкий. Справочник по взрывчатым веществам. Ч. II. М., Изд-во Арт. акад. им. Ф. Э. Дзержинского, 1961.
11. Цянь Сюэ Сень. Физическая механика. М., «Мир», 1965.
12. Я. Б. Зельдович, А. С. Компанеец. Теория детонации. М., Гостехиздат, 1965.
13. А. Я. Апин, Н. Ф. Велина. Сб. «Взрывное дело», № 63/20. М., «Недра», 1967.
14. А. Н. Дремин, К. К. Шведов. ПМТФ, 1964, 2.
15. Е. Н. Александров, В. А. Веретенников и др. ФГВ, 1967, 3, 4.
16. Е. Н. Александров, В. А. Веретенников и др. ФГВ, 1968, 4, 3.

УДК 532.593

РАСЩЕПЛЕНИЕ УДАРНЫХ ВОЛН В ПОРИСТОМ КВг

Г. А. Ададулов, А. Н. Дремин, Г. И. Канель

(Москва)

В практике исследований зачастую появляется необходимость изучения ударного сжатия пористых образцов из материалов, претерпевающих фазовое превращение. Такая необходимость возникает, например, при изучении фазовых диаграмм методом ударных волн [1] и при рассмотрении газодинамической картины в случае ударного сжатия образцов в ампулах сохранения. Как известно, в области фазового превращения с уменьшением удельного объема v может происходить расщепление ударной волны на две [2]. При проведении экспериментов с пористыми образцами необходимо знать, каково влияние пористости на образование двухволновой структуры и ее характеристики.

В данной работе электромагнитным методом [3] фиксировались профили и скорости ударных волн в области существования двухволновой конфигурации в образцах бромистого калия с начальными плотностями ρ_{00} , равными 2,70; 2,57; 2,45 и 2,00 г/см³ (плотность монокристалла $\rho_0 = 2,75$ г/см³). Сборка (рис. 1) помещалась в постоянное магнитное поле напряженностью 340 э. Величина и профили массовой скорости u измерялись по величине э. д. с., наводимой в перекладине датчика, движущейся в магнитном поле вместе с исследуемым веществом после прохождения фронта ударной волны. Относительная погрешность метода составляет $\pm 5\%$ по давлению [3]. Давление (p)

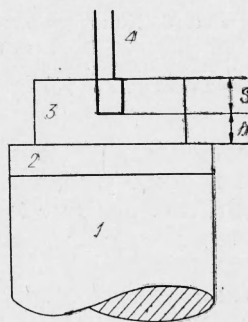


Рис. 1. Схема сборки.

1 — заряд ВВ; 2 — парафиновый экран; 3 — образец; 4 — датчик из фольги — база измерения u .

в парафиновом экране регулировалось от 30 до 40 кбар изменением плотности заряда ВВ из прессованной смеси ТНТ — тальк 50/50. Глубина установки датчика h менялась от 0 до 25 мм. Размер частиц для пористых образцов брался от 0,1 до 0,3 мм. Было проведено несколько опытов с более крупными частицами: 0,3—1 мм и 1—3 мм.

Типичные осциллограммы опытов приведены на рис. 2. Двухволновая конфигурация зафиксирована в образцах с начальными плотностями 2,70; 2,57 и 2,45 г/см³. Массовая и волновая (D) скорости первой волны в образцах с начальной плотностью 2,70 г/см³ составляли: $u = 0,300$ км/сек; $D = 2,53$ км/сек, что несколько ниже параметров, полученных в [4]. Измеренные скорости соответствуют началу фазового перехода при $p = 20,5$ кбар, $v = 0,330$ см³/г.

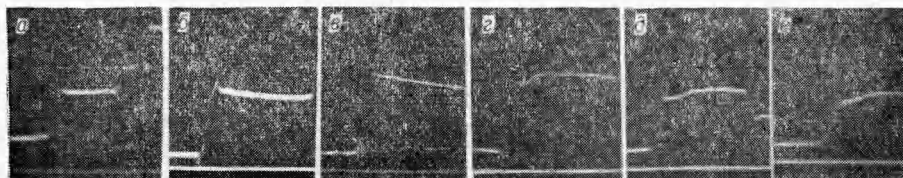


Рис. 2. Осциллограмма опытов.

a — двухволновая конфигурация в KVg с начальной плотностью $\rho_{00} = 2,70$ г/см³; *b* — профиль массовой скорости в KVg с $\rho_{00} = 2,00$ г/см³; *в* — $\rho_{00} = 2,45$ г/см³, $h = 10,5$ мм; *г* — $\rho_{00} = 2,45$ г/см³, $h = 20,7$ мм; *д* — $\rho_{00} = 2,45$ г/см³, $h = 20,5$ мм, размер частиц 0,3—1 мм; *е* — $\rho_{00} = 2,45$ г/см³; $h = 20,5$ мм, размер частиц 1—3 мм.

На рис. 3 приведены экспериментальные результаты массовой скорости на различных глубинах установки датчика для образцов с начальными плотностями 2,57 и 2,45 г/см³, а на рис. 4 — найденные по измеренным скоростям состояния сжатого вещества в координатах $p-v$. Параметры первой волны в пористом KVg на начальном этапе процесса

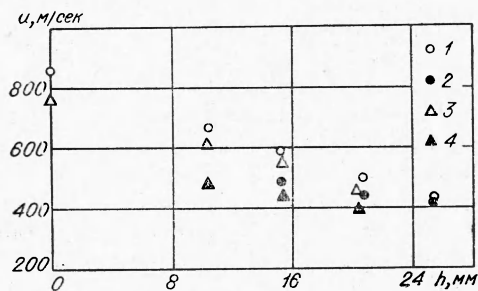


Рис. 3. Конечная величина массовой скорости в KVg.

1 — $\rho_{00} = 2,45$ г/см³; 2 — в первой волне, $\rho_{00} = 2,45$ г/см³; 3 — $\rho_{00} = 2,57$ г/см³; 4 — в первой волне, $\rho_{00} = 2,57$ г/см³.

расщепления ударной волны выше точки излома ударной адиабаты сплошного KVg, но лежат не на экстраполированной ветви ударной адиабаты первой фазы, а значительно левее; по мере распространения ударной волны это расхождение исчезает. Такая релаксация первой волны наблюдалась и ранее [5, 6].

Состояния вторых ударных волн в пористых образцах в пределах точности измерений совпадают с ударной адиабатой второй фазы, снятой на сплошных образцах. Давление, при котором начинается расщепление ударной волны, снижается с уменьшением начальной плотности от 50 ± 2 кбар при $\rho_{00} = 2,7$ г/см³ до

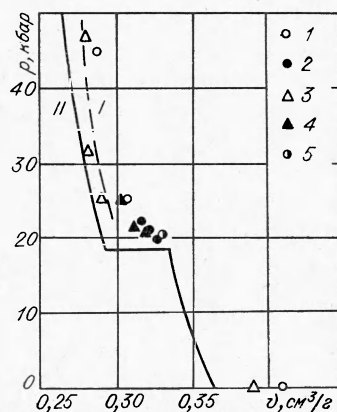


Рис. 4. Состояния сжатого вещества (KVg) в координате $p-v$.

1 — конечное состояние $\rho_{00} = 2,45$ г/см³; 2 — параметры в первой волне, $\rho_{00} = 2,45$ г/см³; 3 — конечное состояние, $\rho_{00} = 2,57$ г/см³; 4 — параметры в первой волне, $\rho_{00} = 2,57$ г/см³; 5 — начало фазового перехода, $\rho_{00} = 2,70$ г/см³.
I — данные Бриджмена; II — данные [4].

$3,2 \pm 1,5$ кбар при $\rho_{00} = 2,45$ г/см³, т. е. область существования двухволновой структуры сокращается с уменьшением начальной плотности образцов. При $\rho_{00} = 2,00$ г/см³ две волны зафиксировать не удалось. Увеличение размера исходных частиц привело к появлению «предвестника» и нарастающему профилю массовой скорости за фронтом первой волны (см. рис. 2, д, е).

Как известно, состояние вещества за фронтом ударной волны определяется пересечением прямой

$$p = (v_{00} - v)(\rho_{00}D)^2 \quad (1)$$

с ударной адиабатой. Физически реально только однократное пересечение, поэтому для веществ, претерпевающих при повышенном давлении фазовый переход, с уменьшением объема может иметь место некоторая область давлений, в которой ударное сжатие осуществляется комбинацией двух последовательных ударных волн, имеющих различную скорость [2]. Область существования двухволновой конфигурации ограничена снизу давлением начала фазового перехода, а сверху — точкой пересечения с ударной адиабатой прямой (1), касающейся ударной адиабаты в точке начала фазового перехода. Согласно [7], давление начала фазового перехода в КВг малочувствительно к изменению температуры (которая в ударноволновых экспериментах увеличивается с увеличением пористости образца). Отклонение по v ударной адиабаты пористого материала от ударной адиабаты сплошного материала, как правило, меньше изменения начального объема. Из этого, очевидно, следует, что верхняя граница области существования двухволновой конфигурации снижается (рис. 5).

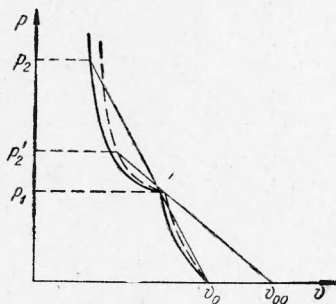


Рис. 5. Ударные адиабаты для сплошного и пористого материалов.

Согласно пластинчато-щелевой модели ударного сжатия пористых сред [8, 9], конечное состояние за фронтом ударной волны достигается после серии затухающих колебаний давления. Длительность колебаний растет с увеличением размера частиц и пор в пористом образце. Основываясь на этих рассуждениях, можно предположить, что возможно полное или частичное превращение в зерна образца во время таких колебаний давления. В этом случае профили массовой скорости должны каким-то образом измениться. В данной работе зафиксировано появление неустойчивого предвестника у первой волны при увеличении размера частиц пористых образцов КВг.

Поступила в редакцию
13/X 1969

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Фунтиков. ФГВ, 1969, 5, 4, 510.
2. Я. Б. Зельдович, Ю. П. Райзер. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М., 1963.
3. А. Н. Дремин, К. К. Шведов. ПМТФ, 1964, 2.
4. А. Н. Дремин, С. В. Першин, В. Ф. Погорелов. ФГВ, 1965, 1, 4, 3.
5. А. Н. Дремин, Г. А. Ададуров. ФТТ, 1964, 6, 6, 1757.

6. R. H. Warnes. J. Appl. Phys., 1967, v. 38, 12, 4629.
7. P. W. Bridgman. Phys. Rev., 1935, 48, 8923.
8. P. J. Thouvenin. J. de Phys., 1966, 27, 3—4, 183.
9. J. F. Heyda. Symp. High Dynamic Pressure. Paris, Sept. 1967.

УДК 534.222.7

ВНУТРЕННИЙ ОТКОЛ В ТОНКИХ ОБОЛОЧКАХ ПРИ ВЗРЫВЕ НА ИХ ПОВЕРХНОСТИ СЛОЯ ВВ

В. П. Андреев, Н. М. Когдов

(Москва)

Решается задача определения толщины и скорости отколовшегося слоя внутренней поверхности оболочки при действии импульсивной нагрузки от взрыва слоя взрывчатого вещества на ее внешней поверхности. Указанное явление исследовалось экспериментально в работах [1—3], однако теоретическое исследование данного явления в литературе не встречается.

Детонационная волна предполагается нормальной, и в решении используются известные законы движения детонационной волны и продуктов взрыва (ПВ) за детонационной волной.

Задача решается в линейной постановке (без учета боковых разгрузок) и в акустическом приближении с использованием степенного уравнения состояния

$$p = B \rho^m, \quad (1)$$

где p — давление в продуктах взрыва; ρ — плотность продуктов взрыва, а постоянные B и m подбираются из эксперимента. Используя условия Жузе $u + c = D$ и условия сохранения массы и импульса, можно получить на детонационной волне соотношения:

$$\begin{aligned} u_{01} &= \frac{1}{m+1} D, \\ c_{01} &= \frac{m}{m+1} D, \\ \rho_{01} &= \frac{m+1}{m} \rho_{00}, \\ p_{01} &= \frac{1}{m+1} \rho_{00} D^2, \end{aligned} \quad (2)$$

где D — скорость детонационной волны; ρ_{00} — плотность ВВ; u_{01} , c_{01} , ρ_{01} , p_{01} — массовая скорость, скорость звука, плотность и давление во фронте детонационной волны соответственно. Уравнение состояния (1) при этом примет вид

$$p = \frac{m^m}{(m+1)^{m+1}} \frac{D^2}{\rho_{00}^{m-1}} \rho_m.$$