

К сожалению, авторам не удалось исследовать характер ударной сжимаемости сыпного уротропина в области давлений до 100 кбар и выше, чтобы выяснить возможность расхождения кривых сжимаемости сыпного и прессованного уротропина в сравнении с найденной для образцов пористых металлов в области сравнительно высоких давлений [1]. Следует отметить плавный ход кривой изотермического сжатия, указывающий на отсутствие полиморфных превращений в уротропине в диапазоне давлений от 1 до 30 кбар.

В работе [8] предложен метод расчета ударных адиабат органических «пористых» жидкостей, основанных на знании сжимаемости сплошного вещества и степени пористости образца. Там же предложена обобщенная ударная адиабата сплошных органических жидкостей, записываемая в виде  $D=1,2c_0+1,7u$ , где  $c_0$  — скорость звука в веществе. По данным о сжимаемости уротропина, приведенным на рис. 2, можно рассчитать скорость звука в уротропине  $c_0=2,26$  км/сек, знание которой позволяет определить его ударную адиабату  $D=2,71+1,7u$ .

На рис. 3 в  $(p-u)$ -координатах кривой 1 отмечена рассчитанная ударная адиабата уротропина, а кривая 2 представляет расчет ударной адиабаты сыпного уротропина при плотности  $0,84$  г/см<sup>3</sup>, произведенной по формуле (10) из работы [8]. Согласие с экспериментом удовлетворительное. Напротив, рассчитанная адиабата сыпного уротропина в  $(p-v)$ -координатах располагается несколько правее экспериментальной (рис. 2; расчет — кривая  $p$ ). Можно указать, по крайней мере, на две возможные причины некоторого расхождения теории с экспериментом: влияние точности измерений на результаты или неправильное предположение [8] об однократном характере ударного сжатия воздуха во фронте волны. Представляется возможным считать, что в рассмотренных выше условиях эксперимента воздух в промежутках между кристаллами уротропина испытывает многократное сжатие при отражениях ударных волн от границ промежутков, в результате чего характер его сжимаемости приближается к адиабатическому, а сам он в итоге занимает ничтожный объем.

Поступило в редакцию  
20/VI 1967

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. В. Альтшулер. УФН, 1965, 85, 197.
2. С. С. Бацанов. ИФЖ, 1967, 12, 1, 104.
3. G. E. Seay, L. V. Seely. J. Appl. Phys., 1961, 32, 6, 1092.
4. В. М. Зайцев, П. Ф. Похил, К. К. Шведов. Докл. АН СССР, 1960, 132, 1339.
5. А. Н. Дремин, С. В. Першин, В. Ф. Погорелов. ФГВ, 1965, 4, 3.
6. Ф. А. Баум, К. П. Станюкович, Б. И. Шехтер. Физика взрыва. Физматгиз, 1959.
7. Ю. С. Геншафт, И. Д. Лившиц, Ю. Н. Рябинин. ЖТФ, 1967, 1, 179.
8. И. М. Воскобойников, А. Н. Афанасенков, В. М. Богомолов. ФГВ, 1967, 3, 4.

#### ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА ЛИСТОВОГО ЗАРЯДА ВВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПЛАСТИНЫ

А. П. Рыбаков, Е. В. Ментешов, В. П. Шавков

(Москва)

В работе экспериментально исследовано образование откольных явлений при действии взрыва листовых зарядов ВВ на металлические пластины. Иницирование заряда ВВ осуществлялось таким образом, что на металлическую пластину действовала нагрузка, бегущая со скоростью детонации. Были измерены скорости искусственного и естественного отколов. В качестве ВВ был использован литой сплав тротил+гексоген 50/50, из которого изготавливались листовые заряды размером  $80 \times 150$  мм. Отклонение толщины зарядов от опыта к опыту не превышало  $\pm 0,1$  мм. В качестве испытуемых материалов были использованы Ст. 3, алюминиевый сплав (АМГ) и медь (М1). Все материалы брались в состоянии поставки и не подвергались какой-либо термической обработке. В опыте использовалась металлическая пластина размером

| Материал | Толщина, мм |  |                 | Скорость, м/сек |       |            | $P_{кр}$ ,<br>кг/мм <sup>2</sup> | $\bar{P}_{кр}$ ,<br>кг/мм <sup>2</sup> | $\pm \sigma$ , % |
|----------|-------------|--|-----------------|-----------------|-------|------------|----------------------------------|--|------------------|
|          | листа<br>ВВ | металличе-<br>ской плиты<br>$\Delta_M$ | откола          | $W_H$           | $W_e$ | $\Delta W$ |                                  |  |                  |
| Сталь 3  | 3           | 5                                      | 2,00            | 558             | 379   | 179        | 405                              | 245                                    | 15               |
|          |             |  | 2,12            | 539             | 401   | 128        | 289                              |  |                  |
|          |             | 10                                     | 2,34            | 352             | 291   | 61         | 138                              |  |                  |
|          |             | 20                                     | 2,54            | 279             | 223   | 56         | 127                              |  |                  |
|          | 5           | 5                                      | 3,35            | 630             | 496   | 134        | 303                              |  |                  |
|          |             |  | 3,30            | 581             | 432   | 149        | 337                              |  |                  |
|          |             | 10                                     | —               | 496             | 441   | 55         | 124                              |  |                  |
|          |             | 20                                     | —               | 389             | 283   | 106        | 240                              |  |                  |
| АМГ      | 3           | 8                                      | 2,20<br>(1,15)* | 697             | 546   | 151        | 144                              | 112                                    | 19               |
|          |             | 10                                     | —               | 676             | 600   | 76         | 72                               |  |                  |
|          | 5           | 8                                      | 2,68            | 856             | 732   | 124        | 118                              |  |                  |
| Медь М1  | 3           | 5                                      | —               | 559             | 412   | 147        | 290                              | 378                                    | 9                |
|          |             | —                                      | 0,90            | 848             | 659   | 189        | 372                              |  |                  |
|          | 5           | 5                                      | —               | 839             | 606   | 233        | 459                              |  |                  |
|          |             |  | —               | 864             | 666   | 198        | 390                              |  |                  |

\* Второй откол.

150×200 мм; толщина ее изменялась от 4 до 20 мм. Искусственным отколом служили тонкие (0,1 мм) пластинки, изготовленные из того же материала. Измерение скоростей искусственного и естественного отколов производилось с помощью фотохронографа в проходящем свете. Рабочая сборка помещалась между взрывным источником света и камерой СФР.

Результаты измерений приведены в таблице, где наряду с толщиной ВВ, металлических пластин, образующихся отколов, а также скоростью искусственного и естественного отколов указаны значения критических разрушающих напряжений, характеризующих образование отколов в металлах. В последнем столбце таблицы указаны среднеквадратичные ошибки средних значений разрушающих напряжений. Значение критических разрушающих напряжений рассчитывалось по формуле [1].

$$P_{кр} = \rho_M c_M \Delta U,$$

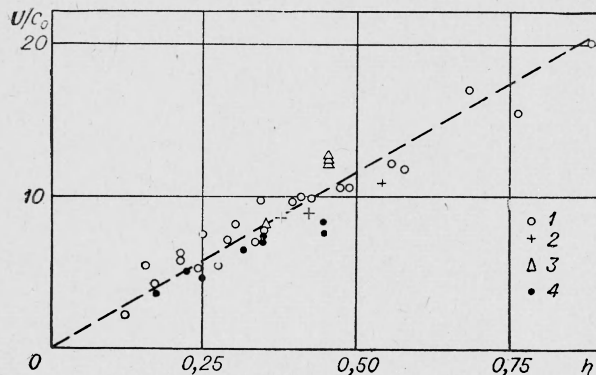
где  $\rho_M$  — начальная плотность металла;  $c_M$  — начальная скорость звука. Были использованы следующие значения  $c_M$ , км/сек: для АМГ — 5,20; для Сп — 3,95; для Ст. 3 — 4,63.

Разность скоростей  $\Delta U$  можно оценить следующим образом, учитывая, что ударная волна выходит под углом  $\alpha$  на свободную поверхность металлической пластины:

$$\Delta U = \frac{W_H - W_e}{2 \cos \alpha},$$

где  $W_H$  — скорость искусственного откола;  $W_e$  — скорость естественного откола;  $\sin \alpha = c_M / D_{ВВ}$  ( $D_{ВВ}$  — скорость детонации ВВ).

Значения критических разрушающих напряжений для стали, алюминия и меди, полученные в настоящей работе при осуществлении такого способа нагружения, как бегущая сверхзвуковая нагрузка, достаточно близки к данным других работ [2] и являются подтверждением того факта, что критическое разрушающее напряжение при



Затухание ударной волны.

1 — алюминиевый сплав АМЦАМ [3]; 2 — Ст. 3; 3 — медь М1; 4 — алюминиевый сплав АМГ.

образовании откола не является постоянной величиной.

Используя данные, приведенные в таблице, можно оценить характер затухания амплитуды ударной волны (соответственно и массовой скорости) в зависимости от расстояния, пройденного ударной волной. На рисунке экспериментальные результаты для меди М1, Ст. 3 и алюминиевого сплава АМГ представлены в безразмерных координатах  $\frac{U_M}{c_M}$ :

$$\eta = \left( \frac{\rho_{ВВ} \cdot \Delta_{ВВ} \cdot D_{ВВ}}{\rho_M \cdot x_M \cdot c_M} \right)^{1/2}$$

Здесь величины с индексом «ВВ» относятся к взрывчатому веществу, с индексом — «М» — к металлу;  $\rho$  — плотность, а  $x$  — путь, пройденный ударной волной в металле, который связан с толщиной металлической плиты —  $\Delta_M$  следующим образом:

$$x = \frac{\Delta_M}{\cos \alpha}$$

На том же графике представлены результаты для преград из алюминиевого сплава АМЦАМ при подрыве на их поверхности листов пластического ВВ с параметрами  $\rho_{ВВ} = 1,5 \text{ г/см}^3$  и  $D_{ВВ} = 7,5 \text{ км/сек}$  [3].

Из рисунка видно, что экспериментальные точки ложатся вокруг некоторой прямой.

Поступило в редакцию  
16/V 1967

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. В. Альтшулер. УФН, 1965, 85, 2, 197.
2. С. А. Новиков, И. И. Дивнов, А. Г. Иванов. ФММ, 1966, 21, 608.
3. Е. В. Ментешов, В. П. Ратников и др. ФГВ, 1967, 3, 2.