

ника, скорость движения реагента, концентрация реагирующих веществ, начальная температура реагента, диаметр и длина реакционной трубки и коэффициент теплоотдачи. Результаты исследований, проведенных на данной установке, опубликованы в работах [7—9].

Авторы выражают благодарность В. Г. Абрамову за внимание к работе и ценные советы.

Отделение института
химической физики
АН СССР, Черногоровка

Поступила в редакцию
13/IV 1975

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Мержанов, А. К. Филоненко. Изв. АН СССР, ОХН, 1963, 560.
2. А. Г. Мержанов, А. К. Филоненко. Докл. АН СССР, 1963, 152, 1, 143.
3. А. Г. Мержанов, А. К. Филоненко. Изв. АН СССР. Сер. хим., 1964, 8, 1509.
4. А. Р. Абульханов, В. В. Белый, В. Б. Либрович. Докл. АН СССР, 1974, 215, 6, 1352.
5. Г. М. Кондратьев. Тепловые измерения. М.—Л., Машгиз, 1957.
6. P. G. Gray, M. I. Haugre. Trans. Faraday Soc., 1959, 55, 581.
7. А. А. Бутаков, Э. И. Максимов. Докл. АН СССР, 1973, 209, 13.
8. А. А. Бутаков, Э. И. Максимов. Матер. Пятой всесоюзной конференции по моделированию химических процессов и реакторов. Уфа, 1974.
9. А. А. Бутаков, Э. И. Максимов. ФГВ, 1975, 11, 5.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛЕКСИГЛАСА В ВОЛНАХ РАЗГРУЗКИ

А. М. Молодец, Г. И. Канель

Плексиглас широко используется в ударно-волновых экспериментах. Знание его динамических характеристик необходимо для планирования эксперимента и обработки экспериментальных результатов.

Предметом данного сообщения является определение хода изменения состояния оргстекла при разгрузке после ударного сжатия до давлений 60—140 кбар. Ударные волны с амплитудой 141 кбар получены с использованием алюминиевого ударника толщиной 5 мм, имеющего скорость $2,75 \pm 0,1$ км/с, 94 кбар — ударом плексигласовой пластиной толщиной 6 мм со скоростью $3,1 \pm 0,05$ км/с, 60 кбар — ударом алюминиевой пластиной толщиной 7 мм, разогнанной до скорости $1,95 \pm 0,05$ км/с. В последнем случае на поверхность исследуемого образца со стороны подлетающего ударника наклеивался медный экран толщиной 5 мм.

Диаметр плоского участка подлетающей пластины в момент соударения во всех случаях был не меньше 65 мм. Ударник разогнался взрывным устройством, описанным в [1].

Исследуемый образец составлялся из нескольких пластин толщиной от 1,5 до 10 мм. На разных расстояниях от поверхности соударения в образце располагались манганиновые датчики давления [2]. Типичная осциллограмма опыта приведена на рис. 1, а. На профиле волны разгрузки не наблюдается особенностей, характерных для упруго-пластической разгрузки, как, например, для алюминия в [3].

Непосредственно из эксперимента определялась скорость фронта ударной волны D . Давление за фронтом ударной волны (ФУВ) p_ϕ находилось по измеренной D с использованием ударной адиабаты, полу-

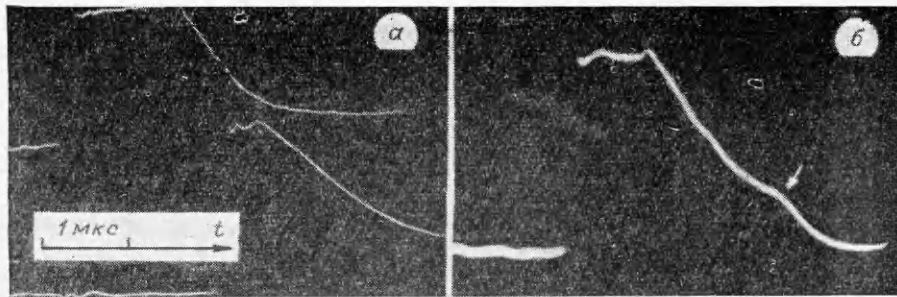


Рис. 1. Типичные осциллограммы опыта для определения $c_p(p)$ (а) и опыта, поставленного для оценки величины гистерезиса манганинового датчика (б). Стрелкой отмечен момент прихода к датчику головной части волны разрежения от свободной поверхности образца.

ченной усреднением приведенных в [4] экспериментальных данных, в виде $D = (2,25 + 1,77 u)$ км/с, где u — массовая скорость за ФУВ. Найденное таким образом p_ϕ несколько отличается от давления, определенного по показаниям манганинового датчика. Это обусловлено как погрешностью зависимости изменения сопротивления манганина с давлением, так и искажающими регистрационный сигнал поляризационными наводками. Возможно также, что расхождение связано с погрешностью ударной адиабаты.

На рис. 2, 1, 2, 4 приведены полученные из экспериментов зависимости от давления p лагранжевой скорости c_p распространения фиксированных значений давления в волне разгрузки между плоскостями датчиков. Кривая 3 — зависимость от давления лагранжевой скорости звука c_n , рассчитанная как производная вдоль ударной адиабаты плексигласа по формуле

$$c_n = \sqrt{-\frac{1}{\rho_0^2} \left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_n} = \sqrt{D^2 \frac{D + bu}{c_0}}$$

кривая 5 — скорость звука, рассчитанная по формуле $c = \sqrt{c_0^2 + 4bp/\rho_0}$ в предположении совпадения ударной адиабаты и изэнтропы разгрузки плексигласа в координатах $p - u$ [3]. Здесь c_0 , b — коэффициент в вы-

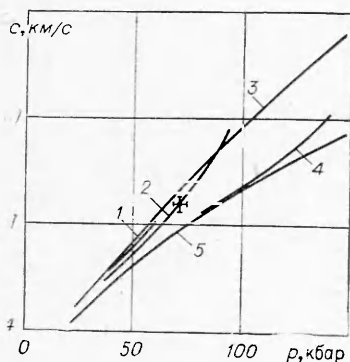


Рис. 2. Зависимости $c_p(p)$ в волне разгрузки 60 (1), 94 (2) и 141 (4) кбар (3 — c_n , 5 — c).

Крестом обозначена погрешность определения $c_p(p)$, равная $\pm 3\%$ и p , равная $\pm 3\%$, для максимальных значений c_p погрешность составляет $\pm 6\%$.

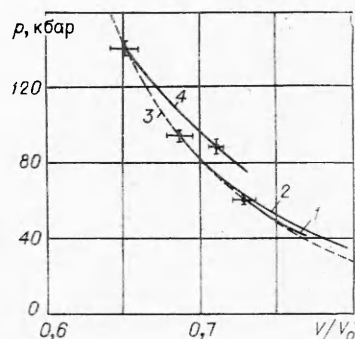


Рис. 3. Кривые разгрузки 1, 2 и 4 соответствуют кривым рис. 2. 3 — ударная адиабата $D = (2,25 + 1,77 u)$ км/с. Крестами обозначены погрешности.

ражении для ударной адиабаты в виде $D = c_0 + bu$, u — массовая скорость, ρ_0 — начальная плотность вещества. Зависимость функции $c_p(p)$ от координаты при давлении ударного сжатия 141 кбар не выходит за пределы погрешности измерений. Для других давлений такое сопоставление не проводилось.

Поскольку для генерирования ударных волн нужной амплитуды применялся при 141 кбар алюминиевый ударник, а при 60 кбар — ослабляющий экран из меди, то профиль давления в волне разгрузки в обоих случаях имеет ступенчатый характер. Для генерирования ударной волны амплитудой 94 кбар применялся плексигласовый ударник. Однако остаточное давление продуктов взрыва, действующее на тыльную сторону ударника на протяжении времени регистрации профиля давления, составляет примерно 15—20% от p_Φ . Кроме того, с уменьшением давления падает крутизна профиля давления волны разгрузки, что сильно снижает точность определения $c_p(p)$ при малых давлениях. В силу этих обстоятельств зависимость $c_p(p)$ от p прослежена не до нулевого давления.

На рис. 1, б приведена осциллограмма опыта, в котором после прохождения разгрузки от тыльной поверхности ударника через плоскость датчика прошла волна разрежения от свободной поверхности образца. Несмотря на то, что действующее на датчик давление наверняка упало до нуля, сигнал к нулю не возвращается. Остаточное сопротивление датчика составляет $6 \pm 1,5\%$ от максимального изменения сопротивления за ФУВ. При обработке осциллограмм принималось, что связь между давлением и изменением сопротивления датчика при разгрузке линейна, а гистерезис при нулевом давлении составляет 6%.

На рис. 3, 1, 2, 4 представлены кривые разгрузки плексигласа, рассчитанные по формуле

$$\frac{V}{V_0}(p_n) = \left(1 - \frac{D - c_0}{bD}\right) + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta p}{2\rho_0} \left(\frac{1}{c_{i-1}^2} + \frac{1}{c_i^2}\right),$$

где $p_n = p_\Phi - n\Delta p$ ($n = 1, 2, 3, \dots$); $c_j = c_p(p_\Phi - j\Delta p)$ ($j = 0, 1, 2, \dots$); $[1 - (D - c_0)/bD]$ — величина V/V_0 за ФУВ.

Шаг по давлению Δp для $p_\Phi = 141$ кбар составлял 13 кбар, для $p_\Phi = 94$ кбар — $\Delta p = 10$ кбар, для $p_\Phi = 60$ кбар — $\Delta p = 3$ кбар. Кривая 4 от давления 141 кбар расположена выше ударной адиабаты. Кривая разгрузки 1 практически совпадает с ударной адиабатой. При еще меньших давлениях (до 20 кбар) кривые разгрузки плексигласа расположены ниже ударной адиабаты [5], в то время как для изэнтропического процесса кривая разгрузки должна идти выше ударной адиабаты. В работе [6] найдено, что от 122 до ~ 20 кбар для тефлона и от 94 до ~ 40 кбар для парафина кривые разгрузки расположены ниже соответствующих ударных адиабат.

В работе [7] специфическое поведение оргстекла при малых давлениях объясняется вязкоупругостью. Таким образом, можно сказать, что с увеличением давления ударного сжатия плексиглас теряет свои вязкоупругие свойства.

Отделение института
химической физики
АН СССР, Черноголовка

Поступила в редакцию
18/IV 1975

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. И. Канель, А. М. Молодец, А. А. Воробьев. ФГВ, 1974, 10, 6, 884.
2. Г. И. Канель. Применение манганиновых датчиков для измерения давлений ударного сжатия конденсированных сред. ВИНТИ, Отдел научных фондов, № 477—74 от 28/II 1974 г.

3. А. А. Воробьев, А. Н. Дремин, Г. И. Канель. ПМТФ, 1974, 5, 94.
4. Compendium of Shock Wave Data, University of California, Livermore, 1966.
5. L. M. Barker, R. E. Hollenbach. J. Appl. Phys., 1970, 41, 10, 4208.
6. М. В. Жерноклетов, В. Н. Зубарев. Матер. Третьего всесоюзного симпозиума по горению и взрыву. М., «Наука», 1972.
7. K. W. Shuler. Fifth Symposium on detonation, Pasadena California, 1970, p. 589—596.

РАЗРУШЕНИЕ КОЛЕЦ ИЗ АЛЮМИНИЯ И ДЮРАЛЮМИНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИНТЕНСИВНОЙ РАДИАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

А. Г. Черников

При интенсивном радиальном расширении тонкого металлического кольца под действием сильной импульсной нагрузки происходит его разрушение на отдельные элементы. Количество осколков бывает значительным и зависит от величины и скорости нагружения образца. Разрушение кольца под действием радиальной нагрузки рассматривалось в [1,2]. В [1] было показано, что распределение осколков по размерам подчинено определенной статистической закономерности. Однако из этого распределения, которое записывается в виде закона Розина — Рамлера, нельзя определить общее количество осколков. В [2] на основании ряда сделанных предположений получена формула для определения среднего размера осколков и их количества для разрушаемого кольца

$$n = \pi R v / \delta c s \epsilon_* \quad (1)$$

Здесь R , δ — внутренний радиус и толщина кольца, v — скорость расширения кольца к моменту начала разрушения, c , ϵ_* — стержневая скорость звука и логарифмическая предельная деформация. Кольцо, получившее начальный импульс и в дальнейшем движущееся по инерции, начинает разрушаться, когда деформация достигнет критического значения.

Ниже приведены экспериментальные результаты по кольцам, изготовленным из чистого алюминия Al 99,99% и дюралюминия Д16Т. Прочностные и деформационные свойства образцов, изготовленных из этих материалов, измерялись на разрывной машине. Предельные напряжения и предельные деформации, при которых происходит разрушение образца, для алюминия и дюралюминия были равны соответственно 4 кг/мм и 0,28; 44 кг/мм и 0,21. Внутри кольца соосно с ним устанавливался заряд ВВ ТГ 50/50. Иницирование проводилось из центра. Высота кольца и заряда равна 10 мм. Толщина кольца δ , относительный радиус заряда \bar{R} — отношение радиуса заряда к радиусу кольца приведены в табл. 1 для внутреннего размера кольца $R=20$ мм и в табл. 2 для $R=40$ мм.

Для определения скорости расширения металлического кольца использовалось два различных способа: рентгеноскопический и контактный. Для рентгеноскопии изготавливалось несколько одинаковых колец с одинаковыми зарядами ВВ. Съемка проводилась в различные моменты времени от начала иницирования. При кон-

Таблица 1

\bar{R}	δ , мм	Al		D 16 T	
		n	v , м/с	n	v , м/с
0,46	2	20	450	25	—
	4	12	240	13	150
	6	6	200	6	70
0,68	2	40	1000	—	—
	4	23	500	25	420
0,89	6	16	370	17	270
	4	50	1100	—	760