

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 532.593

С. А. Бордзиловский, С. М. Караханов

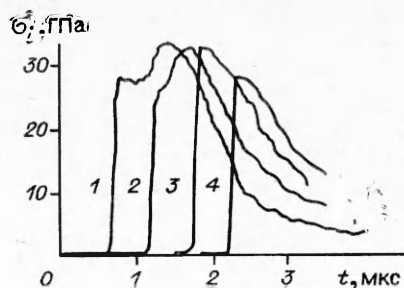
**РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИМПУЛЬСА НАПРЯЖЕНИЯ  
ПО УДАРНО-СЖАТОМУ ФТОРОПЛАСТУ**

Движение возмущения по сжатому веществу дает возможность определить в нем скорость звука — величину, характеризующую состояние среды за ударной волной (УВ). В частности, измерения скорости звука в металлах [1, 2] установили область давлений, при которых происходит переход от продольной скорости звука к объемной, что связано с фазовым переходом за фронтом.

В данной работе наблюдалось движение импульса сжатия в мишени из фторопласта. Мишень набиралась из отдельных пластин, между которыми находились 4 манганиновых датчика давления с выводами, развернутыми на  $90^\circ$  относительно друг друга. Первые три датчика размещались на радиусе  $R = 9, 6$  и  $3$  мм от оси сборки. Последний датчик помещался в центре сборки. Импульс напряжения генерировался при ударе двухслойной пластины из дюралюминия ( $4,8$  мм) и титана ( $2$  мм) по дюралюминиевому экрану толщиной  $\delta = 4$  мм, за которым находилась мишень. После отражения УВ, распространявшейся по дюралюминию, от титана возникал импульс, который проходил в экран, а затем в мишень и догонял фронт УВ. Из-за наличия упругого предвестника в дюралюминии во второй волне [3] этот импульс приобретал форму волны сжатия с характерной длительностью фронта  $0,25-0,3$  мкс и амплитудой до  $6$  ГПа. Профили напряжение — время регистрировались аналогово-цифровыми преобразователями с частотой дискретизации  $20$  и  $40$  МГц.

Типичная серия профилей приведена на рисунке. По мере движения импульса сжатия длительность его фронта не уменьшается ( $h = 2,79$ ), и «опрокидывания» волны не происходит, но сразу после выхода на фронт первой УВ волна сжатия «опрокидывается», образуя один ударный скачок ( $h = 8,45$ ). При дальнейшем движении взаимодействие тыльной волны разрежения с передним фронтом приводит к уменьшению его амплитуды.

Из зарегистрированных профилей напряжения определялись моменты времени  $t_i$  прихода на датчики первой УВ, а также первых характеристик волн сжатия и разгрузки. Полученные экспериментальные данные по результатам обработки методом наименьших квадратов на  $h-t$ -плоскости ( $h$  — координата датчика вдоль траектории движения



Профили  $\sigma_i(t)$ . Координаты датчиков  $h_i = 2,79$  (1),  $5,59$  (2),  $8,45$  (3) и  $11,17$  мм (4).

Напряжение в УВ, ГПа	Скорость волны сжатия, км/с		Скорость волны разреже- ния, км/с	
	$c_L$	$c_\Delta$	$c_L$	$c_\Delta$
15	9,4±0,9	6,0±0,6	9,4±1,0	5,8±0,6
27	10,0±1,4	5,8±0,8	10,3±0,7	5,5±0,4

волны) аппроксимировались линейной функцией  $t(h)$ . Величины, обратные тангенсам углов наклона полученных прямых, принимались за лагранжеву скорость звука  $c_L$ . Соответствующая эйлерова скорость звука рассчитывалась по соотношению  $c_\Delta = (\rho_0/\rho)c_L$  ( $\rho_0$ ,  $\rho$  — начальная и текущая плотность вещества). Для определения  $\rho$  проводился лагранжев анализ профилей напряжение — время. Полученные данные приведены в таблице.

Из полученных результатов следует, что скорости волны сжатия и волны разрежения совпадают в пределах ошибки измерения, поэтому импульс сжатия движется по фторопласту практически стационарно. Обращает на себя внимание и тот факт, что, несмотря на увеличение напряжения в УВ от 15 до 27 ГПа, скорость волны сжатия не возросла. В то же время расчет по уравнению Ми — Грюнайзена с использованием ударной адиабаты фторопласта в виде  $u_s = 1,696 + 1,663u_p$  ( $u_s$  — скорость УВ,  $u_p$  — массовая скорость) дает для этих точек возрастание скорости звука от 5,5 до 7,4 км/с. Это может свидетельствовать об изменении структуры полимера с ростом давления в УВ, что косвенно подтверждается и появлением заметной проводимости во фторопласте в этом диапазоне давлений [4].

Работа выполнена по гранту Ученого совета Института гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. McQueen R. G., Fritz J. N. et al. The velocity of sound behind strong shock waves in 2024 Al // Shock waves in condensed matter/Ed. by J. Asay et al.— Amsterdam: North — Holland Phys. Pub., 1984.— P. 95—98.
2. Brown J. M., Shaner J. W. Rarefaction velocities in shocked tantalum and the high pressure melting point // Ibid.— P. 91—94.
3. Дремни А. Н., Канель Г. И. Волны сжатия и разрежения в ударно-сжатых металлах // ПМТФ.— 1976.— № 2.— С. 146.
4. Борзиловский С. А., Караханов С. М. Электроизоляционные свойства фторопластовых прокладок при динамическом сжатии // ФГВ.— 1990.— 26, № 4.— С. 124.

г. Новосибирск

Поступила в редакцию 14/XI 1991

УДК 539.3

Л. А. Мержиевский, А. Д. Реснянский

#### О МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ СФЕРОПЛАСТИКА

Полимерный композитный материал сферопластик (СП) состоит из полых стеклянных микросфер, залитых эпоксидным связующим. Благодаря своеобразным свойствам — малой плотности при относительно высоких прочностных характеристиках — этот материал нашел широкое применение в технике [1]. Хорошо изучены прочностные характеристики СП в условиях статического нагружения [2, 3], динамическая диаграмма сжатия определена в [4].