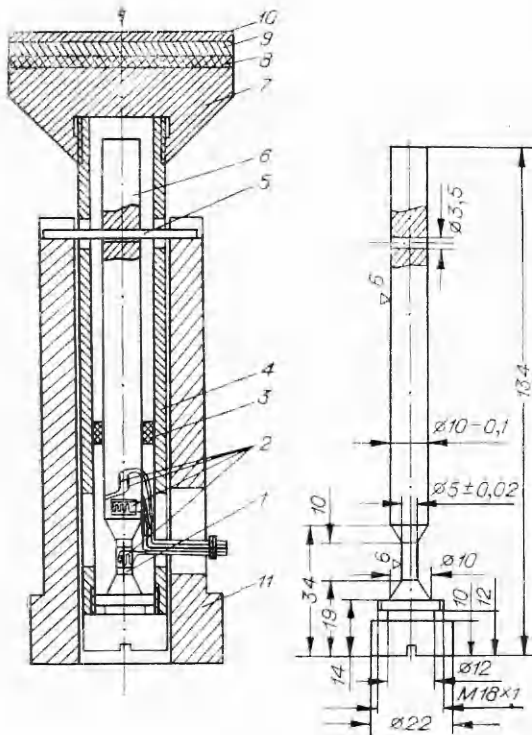


О ПОЛУЧЕНИИ ДИАГРАММ РАСТЯЖЕНИЯ ОБРАЗЦОВ  
ПРИ ВЗРЫВНОМ НАГРУЖЕНИИ

А. П. Большаков, С. А. Новиков,  
В. П. Нылева, В. А. Сеницын, К. И. Филиппов  
(Москва)

В последнее время для механических испытаний конструкционных материалов при больших скоростях деформирования все шире используется энергия взрывчатых веществ [1-3]. В данной работе описывается малогабаритное взрывное устройство для испытаний образцов на одноосное растяжение при скоростях деформации  $\sim 10^3$  с<sup>-1</sup> и приводятся некоторые результаты испытаний образцов из стали и алюминиевых сплавов.

Взрывное нагружающее устройство (фиг. 1, а) состоит из слоя взрывчатого вещества 10, ударника 9, демпфера 8, головки-приемника 7 и цилиндрического волновода 4, через который образцу передается растягивающее усилие. Надежный контакт нижнего торца волновода с заплечиками образца обеспечивался с помощью резьбового соединения.



Ф и г. 1

Центрирование образца и волновода достигалось прокладкой 3 из полиэтилена. Ввиду измерений деформаций только в проходящей волне растяжения, жесткое закрепление противоположного нагружаемому конца образца не производилось. В экспериментах испытательное устройство с помощью шпильки 5 подвешивалось за свободный конец образца на станине 11.

Форма и размеры образцов из стали и сплава АМГ-6 показаны на фиг. 1, б. Поперечные размеры образцов из алюминиевых сплавов АД-1 и Д-16 увеличены (см. табл.). Рабочая часть образцов 1 при испытании деформировалась упруго-пластически, а динамометрическая 6 — только упруго. Длина последней выбиралась такой, чтобы запись деформации была получена до прихода отраженной от свободного конца динамометра упругой волны деформации. Тензодатчики наклеивались попарно на диаметр 12.

но противоположных сторонах образца и соединялись последовательно для исключения влияния возможной асимметрии деформации образца.

В экспериментах применялась потенциометрическая схема включения датчиков с источником постоянного напряжения. В качестве регистратора использовался двухлучевой осциллограф С1-18 с полосой пропус-

Материал	$\dot{\mathcal{E}}_u$ с <sup>-1</sup>	$\dot{\mathcal{E}}_p$ с <sup>-1</sup>	$\sigma_{0,2}$ кг/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{q0,2}$ кг/мм <sup>2</sup>	$d_1$ , мм	$d_2$ , мм
АД-1	225	700	13	24	10	24,5
Д-16	200	600	14	25	10	24,5
АМГ-6	300	1700	15	16	5	10
X18Н10Т	400	1400	25	38	5	10
36НХТЮ	560	2000	79	84	5	10
Ст. 40Х	400	2000	42	78	5	10

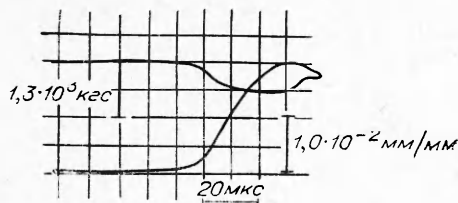
кания от 0,1 до 1 МГц. Тарировка измерительной схемы в опытах осуществлялась путем шунтирования датчиков калиброванным безиндукционным сопротивлением. По измеренной зависимости деформации от времени  $\dot{\mathcal{E}}_q(t)$  в динамометре простым пересчетом (так как модуль упругости  $E$  большинства металлов практически не зависит от скорости деформирования) получалась зависимость напряжения от времени в рабочей части образца

$$\sigma(t) = \dot{\mathcal{E}}_q(t) E \cdot \kappa$$

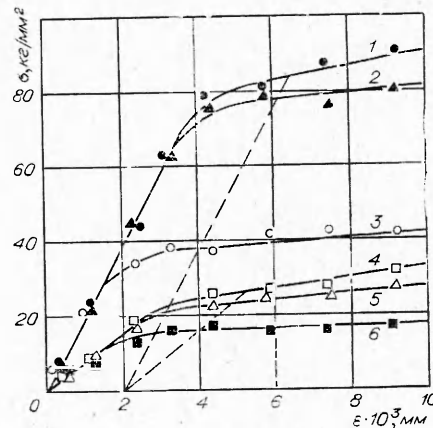
( $\kappa$  — отношение площадей поперечного сечения динамометрической и рабочей части образца).

Зависимость деформации образца от  $\dot{\mathcal{E}}(t)$  определялась непосредственно из тензограмм (фиг. 2). Динамическая кривая напряжение — деформация  $\sigma = f(\mathcal{E})$  строилась из экспериментальных зависимостей напряжения от  $\sigma(t)$  и деформации от  $\dot{\mathcal{E}}(t)$  путем исключения параметра времени.

При построении диаграмм напряжение — деформация предполагалось, что в процессе распространения волны по образцу усилие в различ-



Фиг. 2



Фиг. 3

ных сечениях образца остается неизменным. Это условие никогда строго не выполняется, так как при прохождении по образцу волна трансформируется (растягивается) особенно сильно в области упругопластических деформаций. Поэтому для уменьшения несоответствия усилий необходимо рабочую часть образца делать короче [9, 10]. Вместе с тем она должна быть достаточной для проведения измерения деформаций с помощью тензодатчиков с базой 5 мм в зоне, свободной от действия краевых эффектов.

Суммарная максимальная погрешность метода измерения напряжений и деформаций, состоящая из ошибки измерения осциллографом (не более  $\pm 10\%$ ), погрешности обчета осциллограмм (не более  $\pm 5\%$ ) и погрешности из-за конечной длины датчиков, связанной с волновым характером исследуемого явления и зависящей от скорости деформации (при базе датчика  $l=5$  мм и скорости деформации до  $10^3$  с $^{-1}$  — не более  $\pm 5\%$  [11], составляет не более  $\pm 20\%$ .

На фиг. 3 представлены диаграммы напряжение — деформация, построенные по результатам динамических испытаний образцов. Диаграммы для каждого материала получены в результате испытаний не менее 3-х образцов. В экспериментах исследовали образцы из стали 40Х (кривая 2), Х18Н10Т (3), сплава 36НХТЮ (1), алюминиевых сплавов АД-1 (5), АМГ-6 (6) и Д-16 (4). Некоторые результаты испытаний приведены в таблице.

Поступила 18 III 1974

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Делле В. А., Носкин А. В. Влияние скорости нагружения на пластичность некоторых металлов. Инж.-физ. жур., 1958, № 6.
2. Новиков С. А., Сеницын В. А., Иванов А. Г., Васильев Л. В. Упруго-пластические свойства ряда металлов при взрывном нагружении. Физ. метал. и металловед., 1966, т. 21, вып. 3.
3. Новиков С. А., Дивнов И. И., Иванов А. Г. Исследование разрушения стали, алюминия и меди при взрывном нагружении. «Физ. метал. и металловед.», 1966, т. 21, вып. 4.
4. Зинкевич В. И., Скоков П. И., Беллев В. И. Установка для испытаний плоских образцов при высоких скоростях деформирования. Сб. науч. тр. Белорусс. политехн. ин-та, 1968, № 2.
5. Hoggatt C. R., Recht R. F. Stress-strain data obtained at high rates using an expanding ring.— Experimental Mechanics, 1969, vol. 9, № 10.
6. Chiang C. H. High-speed tensile testing using high explosives. J. Inst. Metals., 1970, vol. 98, March.
7. Duffy I., Campbell I. D., Hawley R. H. On the use of a torsional split Hopkinson bar to study rate effects in 1100-0 aluminium. Trans. ASME, 1971, vol. E38, № 1.
8. Слуцкая О. Б., Гармаш В. Д. Исследование динамических свойств конструкций с помощью взрывного импульса. В сб. «Динамика и прочность машин», вып. 12, 1971.
9. Ломакин Е. В., Лютцау В. Г., Мельшаков А. Ф., Работнов Ю. П. Распространение продольных упруго-пластических волн в малоуглеродистых сталях. МТТ, 1972, № 2.
10. Петушков В. Г. О выборе образца для высокоскоростных испытаний на растяжение. Пробл. прочн., 1970, № 4.
11. Климовицкий-Волошенко Ю. А. Динамический предел текучести. М., «Наука», 1965.