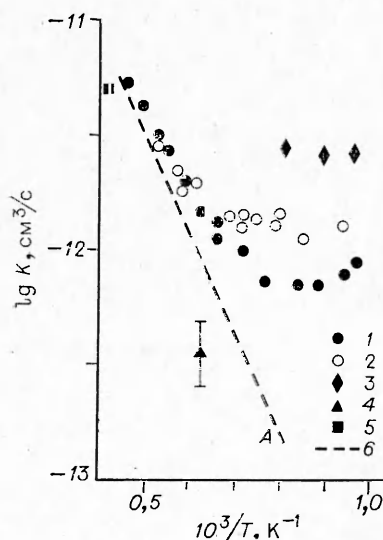




Зависимость наблюдаемой константы скорости реакции $\text{Fe} + \text{O}_2$ от температуры.

1 — $[\text{Ar}] = 1,5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$; 2 — $[\text{Ar}] = 3,5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$; 3 — $[\text{Ar}] = 2,0 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$; 4 — данные из [4]; 5 — оценка из [5]; 6 — экстраполяция высокотемпературного участка.

По-видимому, первичной стадией для обоих каналов является образование промежуточного комплекса FeO_2^* , который затем может стабилизироваться при столкновениях, давая FeO_2 , либо распадаться с образованием FeO и O .

Энергия активации реакции (3) практически равна эндотермике ($\Delta \bar{H}_0^\circ = 20 \text{ ккал/моль}$), а реакция (4) имеет отрицательную температурную зависимость, характерную для рекомбинационных процессов. В итоге в области высоких температур доминирует канал (3), а при низких — (4).

В настоящих условиях реакция (4) протекает в переходной области по давлению, поскольку при фиксированной температуре $k_{\text{набл}}$ зависит от давления нелинейно.

Насколько авторам известно, температурные зависимости констант скоростей реакций (1)–(4) измерены впервые. В работе [4] в проточном реакторе удалось получить значение k_3 всего лишь при температуре 1600 K, хорошо согласующееся с описываемыми результатами. Опыты в [4] проведены при низком давлении ($[\text{M}] \sim 10^{17} \text{ 1/см}^3$), когда стадия (4) практически несущественна и полученное значение согласуется с экстраполяцией высокотемпературного участка (см. рисунок), которая представляет температурную зависимость константы скорости реакции (3). В работе [5], выполненной на ударной трубе, приводится оценка k_3 для 2400 K.

Рассчитаны также константы равновесия реакций (1)–(3), с помощью которых определены константы скоростей обратных реакций.

$$k_{-2} = 10^{-(11,7 \pm 0,6)} \exp[-(600 + 1500)/RT] \text{ см}^3/\text{с},$$

$$k_{-3} = 10^{-10,24} \text{ см}^3/\text{с}.$$

Настоящая работа наглядно демонстрирует преимущества методики ударной трубы для измерения констант скоростей реакций атомов металлов. При использовании в качестве источника парообразного металла быстрого распада летучих металлосодержащих соединений в ударной волне удается проводить измерения в широком интервале температур и давлений. Минимальная температура определяется условием быстрого распада металлосодержащего соединения, а максимальная — стабильностью молекул, с которыми реагируют атомы металлов.

Поступила в редакцию
1/XII 1978

ЛИТЕРАТУРА

1. Sh. Matsuda. J. Chem. Phys., 1971, 53, 807.
2. И. С. Заслонко, Е. В. Мозжухин и др. ФГВ, 1978, 14, 2, 101.
3. D. Hussion. J. Chem. Soc. Far. Trans., 1973, II, 69, 585.
4. A. Fontijn, S. C. Kuzzius, J. J. Houghton. 14-th Symposium on Combustion, 1973.
5. C. W. Rosenberg, J. K. L. Wray, J. Quant. Spectrosc., Radiat. Transfer, 1972, 12, 531.

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МЕТОД НЕПРЕРЫВНОЙ РЕГИСТРАЦИИ БОЛЬШИХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ КОЛЬЦЕВЫХ ОБРАЗЦОВ

Б. И. Абашкин, И. Х. Забиров
(Калининград)

Изучению высокоскоростного деформирования тонкостенных кольцевых образцов и определению динамической зависимости напряжение — деформация различных конструкционных материалов при осесимметричном взрывном и ударном нагружении посвящен ряд работ. Важное место в них занимает проблема измерения дина-

мических упругопластических деформаций. Для получения зависимости деформации от времени в работах [1, 2] применялся оптический метод щелевого фоторегистратора, в [3, 4] — контактный метод, в [4] — рентгеноскопический метод, в [5] — тензодатчик, в [6] — проволоочный датчик больших деформаций. Погрешность измерения деформаций указанными методами составляет $\pm 10\%$. Вычисление напряжений [1, 3] связано с необходимостью двукратного дифференцирования экспериментальной зависимости $\varepsilon-t$, приводящего к большим погрешностям. Для повышения точности экспериментальную зависимость заменяют близкой к ней аналитической [1, 2], что снижает погрешность при определении напряжений по оценке [2] до $\pm 10\%$.

Для повышения точности измерения деформаций и вычисления величин напряжений разработан и применен магнитоэлектрический метод непрерывной регистрации радиальной скорости осесимметричного движения кольцевого образца. Методика применима для образцов, выполненных из неферромагнитных материалов. Суть метода заключается в следующем. На кольцевой тонкостенный образец 1 (рис. 1) наматывался датчик 2 в виде тороидной обмотки из тонкого (диаметром 0,1 мм) изолированного медного провода. Образец помещался в постоянное магнитное поле, направление магнитных силовых линий 3 которого совпадает с осью кольцевого образца. Сигнальные выводы 4 от датчика располагались радиально. При осесимметричном деформировании кольца 1 в обмотке датчика, движущегося в плоскости, перпендикулярной направлению магнитных силовых линий, возникает разность электрического потенциала U , пропорциональная радиальной скорости, окружной длине средней линии кольца радиусом R и величине магнитной индукции B ,

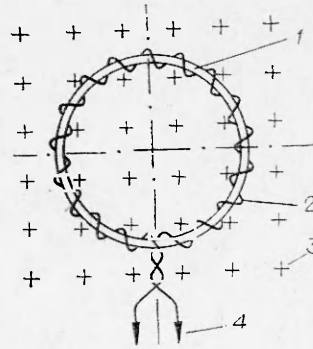


Рис. 1. Устройство образца и датчика.

$$U = 2\pi RB \cdot dR/dt. \quad (1)$$

В результате интегрирования зависимости (1) с начальными условиями $t=0$, $R=R_0$ получим

$$R = R_0 \left[1 + 1/\pi BR_0^2 \cdot \int U dt \right]^{0,5}. \quad (2)$$

Разделив обе части выражения (2) на R_0 и прологарифмировав, получим истинную деформацию кольцевого образца

$$\varepsilon = \ln R/R_0 = \frac{1}{2} \ln \left[1 + 1/\pi BR_0^2 \cdot \int U dt \right]. \quad (3)$$

Подставив (2) в (1), получим зависимость радиальной скорости от времени

$$dR/dt = U/2\pi BR_0 \cdot \left[1 + 1/\pi BR_0^2 \cdot \int U dt \right]^{-0,5}. \quad (4)$$

Выражение для скорости деформаций $\varepsilon' = d\varepsilon/dt$ получим дифференцированием (3)

$$\varepsilon' = U/2\pi BR_0^2 \cdot \left[1 + 1/\pi BR_0^2 \cdot \int U dt \right]^{-0,5}. \quad (5)$$

Напряжение на участке пассивного расширения тонкого кольца по инерции описывается [1, 3] дифференциальным уравнением

$$\sigma = -\rho R \cdot d^2R/dt^2, \quad (6)$$

где ρ — плотность материала кольца. Подставив (2) и производную от (4) в (6), получим

$$\sigma = -\rho \left\{ U^2/2\pi B - (U/2\pi BR_0)^2 / \left[1 + 1/\pi BR_0^2 \cdot \int U dt \right] \right\}. \quad (7)$$

На рис. 2, а сплошной линией приведена экспериментальная осциллограмма $U-t$ по результатам опыта, выполненного по методике [7] на образце из алюминиевого сплава АМг-6 плотностью $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ с начальным средним радиусом $R_0 = 1,55 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, толщиной $h_0 = 0,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, шириной $b_0 = 0,25 \cdot 10^{-2} \text{ м}$. Величина индукции магнитного поля в опыте была $B = 0,3 \text{ Т}$. Начало участка деформирования кольца по инерции отмечено буквой Н. На этом участке свободная намотка датчика вносит искажение, завышающее величину сигнала за счет инерционного растяжения витков обмотки, которое может быть скорректировано заменой линии НК на НК₁, где К₁ — абсцисса точки перегиба в момент прохождения скорости кольца через ноль. На рис. 2, б приведены зависимости $dR/dt(t)$, $\varepsilon(t)$, $\sigma(t)$, на рис. 3 — зависимости $\varepsilon'(\varepsilon)$, $\sigma(\varepsilon)$. Построив серию аналогичных кривых по результатам других опытов, можно определить зависимость $\sigma-\varepsilon$ при различных значениях $\varepsilon' = \text{const}$ [1, 2].

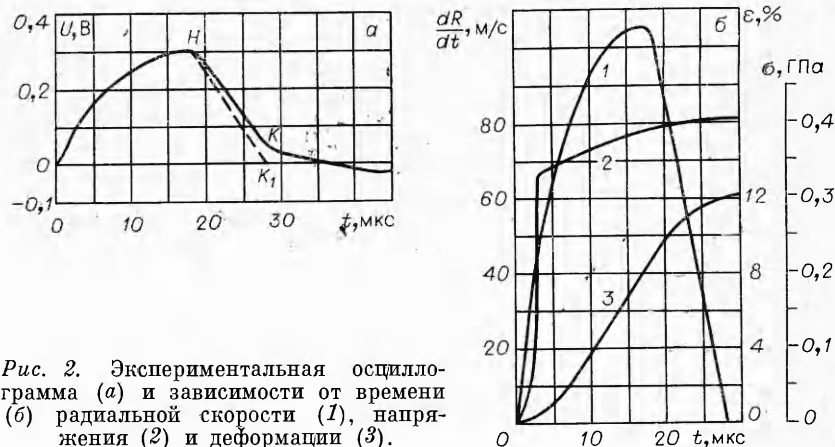


Рис. 2. Экспериментальная осциллограмма (а) и зависимости от времени (б) радиальной скорости (1), напряжения (2) и деформации (3).

Сопоставление остаточной деформации кольца, определенной по результатам обмера после опыта и вычислений по формуле (3) с использованием экспериментально полученной зависимости $U(t)$, показало весьма удовлетворительное соответствие. С учетом упругой разгрузки, расхождение не превышало $\pm 1,5\%$, что соответствовало погрешности измерений. Как видно из уравнений (3), (5), (8), для определения параметров диаграммы $\sigma-\epsilon$ используются экспериментально получаемая зависимость, ее интеграл и первая производная. Основная погрешность вычисления

напряжения (8) определяется погрешностью вычисления первой производной $U'(t)$. Замена экспериментальной зависимости $U(t)$ близкой к ней аналитической позволяет [1, 2] снизить погрешность вычисления первой производной до $\pm 5\%$.

Таким образом, магнитоэлектрический метод непрерывной регистрации радиальной скорости кольцевого образца обеспечивает определение больших деформаций с погрешностью $\pm 1,5\%$, скорости деформаций — $\pm 3\%$, а напряжений — $\pm 5\%$, т. е. с меньшими погрешностями, чем при других, ранее использовавшихся методах регистрации больших деформаций.

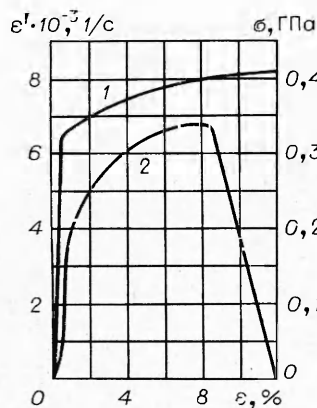


Рис. 3. Зависимости напряжение — деформация (1) и скорости деформации — деформация (2).

Поступила в редакцию
30/X 1978

ЛИТЕРАТУРА

1. C. R. Hoggat, R. F. Recht. *Exp. Mech.*, 1969, 9, 10.
2. В. А. Рыжанский, В. Н. Минеев и др. *ФГВ*, 1976, 12, 1.
3. Б. И. Абашкин, И. Х. Забиров, П. Д. Крюков. V Всесоюз. симп. по распространению упругих и упругопластических волн. Тез. докл. Алма-Ата, 1971.
4. А. Г. Черников. *ФГВ*, 1976, 12, 4.
5. H. C. Walling, M. J. Forrestal. *AIAA J.*, 1973, 11, 8.
6. А. Т. Щитов, В. Н. Минеев и др. *ФГВ*, 1976, 12, 2.
7. Б. И. Абашкин, И. Х. Забиров и др. Авторское свид. № 328369, 1970; Бюл. изобр., 1972, 6.