

ИЗМЕРЕНИЕ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ТЕНЗОДАТЧИКАМИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

А. В. АНФИЛОФЬЕВ, Е. Н. МУРАНОВ

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

Специальные тензодатчики позволяют измерить деформации в пределах $4 \div 15\%$, обычные проволочные, выпускаемые серийно, — $0,7 \div 4\%$ [1, 2]. Верхний предел измерений достигается при приклейке только решетки, так как соединение проволоки с выводом — самое слабое место датчиков.

Представляет определенный практический интерес применение обычных тензодатчиков для решения задач пластичности.

В настоящей работе рассмотрены два способа наклейки датчиков для измерения пластических деформаций на поверхности деформируемых тел.

В основу первого способа взят известный принцип работы преобразователей типа динаметрических скоб [3]. Датчик по своей конструкции является стержнем из композиционного материала: тензонити из константана и пленочная или бумажная подложка. В поперечном сечении датчика тензонити занимают очень малую площадь и смещены относительно центральной оси в целях обеспечения электрической прочности в контакте объект — датчик. Жесткость датчика определяется в основном жесткостью подложки. Конструктивные особенности датчика позволяют использовать тензоэффект, который имеет место при его изгибе. Датчики наклеиваются по дуге окружности так, что тензорешетка остается неприклеенной. При деформировании тензометрируемого объекта изменение кривизны дуги вызывает изменение сопротивления датчика.

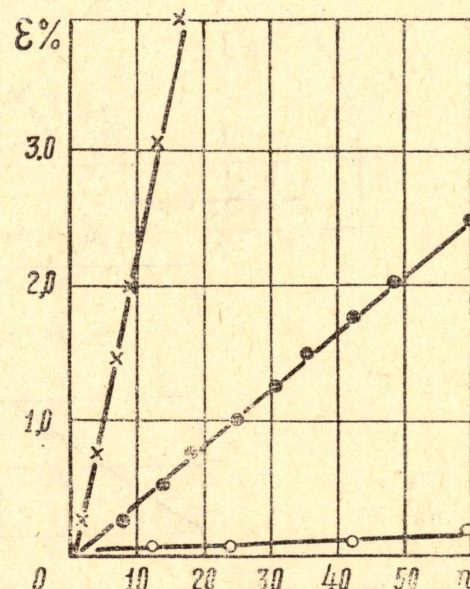
Основными недостатками такого способа наклейки в сравнении с обычным является низкая чувствительность датчиков и возможность повреждения их при испытаниях. Частично эти недостатки можно устранить, если предварительно клеить датчик на скобу из упругой металлической фольги с размерами подложки датчика и использовать соответствующую усилительную аппаратуру. При этом возможно многократное использование образованной таким образом микроскобы, аналогично существующему способу [4].

На рис. 1 приведены сравнительные данные по тензочувствительности датчиков ПКБ-10-200 при обычной наклейке и в изогнутом виде на базе, равной половине длины тензорешетки. Датчики, наклеенные на фольгу толщиной 0,1 мм, имеют чувствительность в 6 раз выше, чем просто изогнутые. Деформации измерялись рычажным тензомером

Гугенбергера и тензостанцией ВСТ-3. Изогнутые датчики использовали для снятия диаграмм растяжения образцов. Предельно-допустимые значения деформаций ограничивались прочностью клеевого соединения объект-датчик и составляли 15—16%. Точность измерения деформаций 10^{-2} .

При изучении распределения пластических деформаций во многих случаях главные направления бывают известны или определяются предварительными исследованиями. Поэтому здесь может найти применение способ наклейки датчиков, сущность которого поясняет рис. 2. В общем случае, ориентируя датчики в направлении α и β по их показаниям ε_α , ε_β , главные деформации ε_1 и ε_2 можно определить графически по кругу Мора или по формулам:

Рис. 1. Тензочувствительность датчиков:
○ — при обычной наклейке, × — изогнутого,
● — изогнутого на металлической фольге



$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_\alpha \cos^2 \beta + \varepsilon_\beta \cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta - \cos^2 \alpha}, \quad (1)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_\alpha \sin^2 \beta + \varepsilon_\beta \sin^2 \alpha}{\cos^2 \beta - \cos^2 \alpha}.$$

В частных случаях, например при кручении $|\varepsilon_1| = |\varepsilon_2|$, оба датчика наклеиваются под одинаковыми углами к главным деформациям. При угле $\gamma = \alpha - \beta$ между датчиками из (1) получаем

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta}{\sin \gamma}. \quad (2)$$

Если одна деформация достаточно мала, можно использовать одно промежуточное направление: $\varepsilon_2 = \varepsilon_{\min}$, $\beta = 0$,

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_\alpha + \varepsilon_2}{\sin^2 \alpha} - \varepsilon_2. \quad (3)$$

Датчики ПКБ-10-200, допускающие относительное удлинение до 2%, применили при пластическом кручении и изгибе.

На рис. 2 приведены теоретические и экспериментально-расчетные данные при пластическом изгибе полосы ($40 \times 80 \times 800$ мм) из стали Ст. 3. Деформации рассчитывали по (3) с учетом изменения угла α , который измеряли до и после деформирования на инструментальном микроскопе. Погрешность в определении деформаций достигает 12% и вызвана, очевидно, изменением коэффициента тензочувствительности датчиков [5], поэтому в целях достижения большей точности необходимо располагать кривыми тензочувствительности датчиков в пластической области.

Применение двух датчиков позволяет расширить пределы измеряемых деформаций в 2 раза, поэтому этот способ можно рекомендо-

вать для изучения малых пластических деформаций, а наклейку датчиков в изогнутом виде целесообразно применять при статических измерениях больших деформаций.

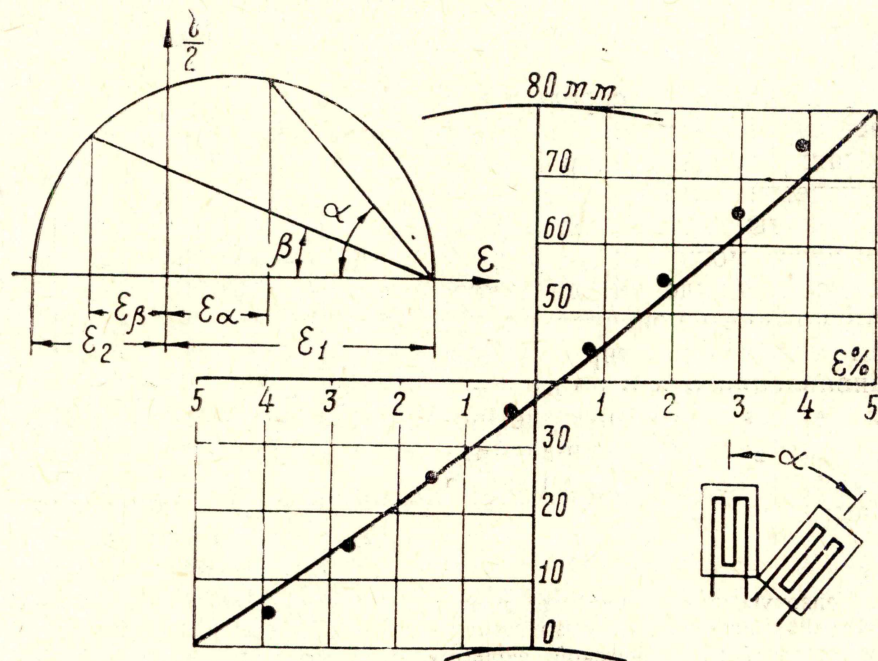


Рис. 2. Пластический изгиб полосы (теоретическая кривая и экспериментально-расчетные значения деформаций)

ЛИТЕРАТУРА

1. С. М. Кутепов. Проволочные тензодатчики для измерения пластических деформаций в сосудах и аппаратах. «Химическое и нефтяное машиностроение», 1968, № 4.
2. Hoffman Karl. Die Auswahl geeigneter. Dehnungmesstreifen (DMS). «Automatik», 14, № 1, 10—17, 1969.
3. А. М. Турчин, П. В. Новицкий. Проволочные преобразователи и их техническое применение. М.—Л., Гостехиздат, 1967.
4. Abramowicz Marian. Sposob kilkakrotnego uzycia temsometrznego czujnika elektrooporowego. «Pomiry. automat., kontrola», 11, № 8, 343—344, 1965.
5. И. А. Козлов, В. Г. Баженов, В. В. Матвеев, В. М. Лещенко. Исследование прочности деталей машин при помощи тензодатчиков сопротивления. Киев, «Техника», 1967.