

ТЕМПЕРАТУРНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ОСТАТОЧНЫХ  
НАПРЯЖЕНИЙ ТЕНЗОДАТЧИКАМИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Б.В.Бабушкин, Л.С.Ляхович, Б.Э.Поляков

Измерение относительных деформаций с помощью тензодатчиков сопротивления применяется для определения остаточных напряжений в деталях из стали после различных операций технологической обработки (сварки, пластической деформации, термической обработки и т.д.) методом Н.Н. Давиденкова, Зэкса и др. Точность измерения деформаций в процессе удаления слоев при этом значительно выше, чем при использовании оптиметров, оптико-механической установки, микроскопа УИМ-21 и др. Это объясняется в первую очередь тем, что в случае использования датчиков сопротивления измеряется входящая в расчетные уравнения величина относительной деформации непосредственно, в то время как на оптиметре и др. измеряются абсолютные деформации в процессе удаления слоев и по их значениям вычисляются относительные деформации. Кроме того, процесс измерения величины деформации при использовании тензодатчиков сопротивления может быть при известных условиях непрерывен в отличие от измерения деформаций на оптиметре; при использовании оптиметра измерение деформаций производится несколько раз и занимает длительное время (до нескольких дней). Это вызывает трудности в обеспечении постоянной температуры измеряемых объектов и приводит к значительным ошибкам. Например, изменение температуры образца на  $5^{\circ}$  при коэффициенте линейного расширения стали  $\alpha_t = 12 \cdot 10^{-6} 1/\text{град.}$  вызовет относительную деформацию  $\epsilon = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 60 \cdot 10^{-6}$  (или при размере образца 40 мм - абсолютную деформацию, равную 2,5 мк). Расчеты показывают, что изменение температуры образцов на  $5^{\circ}\text{C}$  при коэффициенте линейного расширения проволоки тензодатчиков сопротивления ПКБ-5-100 по паспортным данным  $\alpha_t = 5 \cdot 10^{-6} 1/\text{град.}$  приводит к относительной деформации  $\epsilon = 25 \cdot 10^{-6}$ , что составляет 25% относительной деформации, замеренной в цементированных образцах типа дисков с наружным диаметром 40, внутренним 20 и высотой 10 мм после закалки и отпуска [1]. Методика измерения деформаций тензодатчиками сопротивления описана в работе [1]. В процессе удаления слоев в образ-

цах химическим травлением температура образца повышается. Между образцами, на которых наклеены рабочие и компенсационные тензодатчики, возникает разность температур. Последнее обстоятельство, как указывалось выше, оказывает первостепенное влияние на точность получаемых результатов.

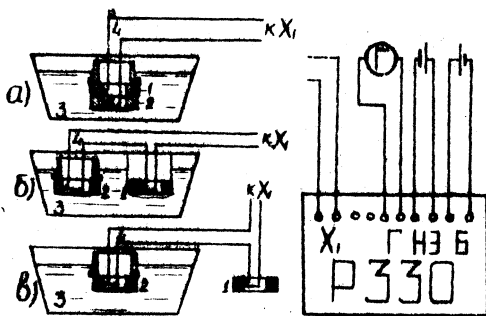


Рис. I

Схема экспериментальной установки:

1-2 - компенсационный и рабочий образцы;

3 - 20%-ная азотная кислота;

4 - дифференциальная термопара;

5 - лабораторный потенциометр Р330 с подключенным питанием (Б), нормальным элементом (НЭ) и зеркальным гальванометром М2Г.

С целью проверки изменения температуры образцов с наклеенными рабочими и компенсационными тензодатчиками сопротивления были поставлены специальные эксперименты. При этом образцы с наклеенными рабочими и компенсационными тензодатчиками располагались тремя способами: а) оба образца склеивались друг с другом через тонкую резиновую прокладку, а для защиты от воздействия кислоты образец с компенсационными датчиками защищался слоем пасты состава 50% воска и 50% канифоли (рис. I, а); б) образец с компенсационными датчиками защищался от воздействия кислоты тонкой резиновой оболочкой (рис. I, б); в) компенсационный образец располагался на воздухе (рис. I, в).

Для измерения разности температур между образцами при разном их расположении в процессе удаления слоев на поверхности внут-

разного отверстия образцов закончивалась дифференциальная хромель-алюминелевая термопара. Разность термо-ЭДС термопары замерялась лабораторным потенциометром РЭ30. В качестве нуля прибора использовался зеркальный гальванометр МЭ1. На рис. 2 приведены значения разности температур в зависимости от времени травления при расположении датчиков по схеме (а) (кривая 1), (б) (кривая 2) и (в) (кривая 3).

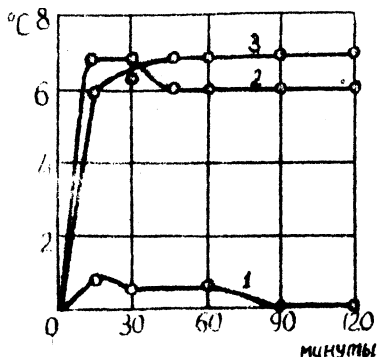


Рис. 2

Разность температур в зависимости от времени травления при расположении датчиков по схеме (а) - кривая 1, (б) - кривая 2 и (в) - кривая 3.

Видно, что в случае расположения образцов с компенсационными и рабочими датчиками по схеме (а) разность температур за 2 часа травления не превышала  $1^{\circ}\text{C}$ , по схеме (б) -  $7^{\circ}$  и схеме (в) -  $7-8^{\circ}$ . Следует отметить, что при расположении образцов по схеме (а) через 20 минут травления температура образцов выравнивалась, при расположении образцов по схемам (б) и (в) через 20-30 минут эта разность составляла постоянную величину, которую можно учитывать расчетом, но расположение образцов с рабочими и компенсационными датчиками по схемам (б) и (в) вносит наибольшую погрешность на начальных этапах травления. Это приводит к ошибкам при определении остаточных напряжений в поверхностном слое, что особенно важно в случае, например борирования, когда глубина насыщения составляет до 0,2 мм.

Для проверки температурной компенсации при расположении тензодатчиков по схеме (а) использовался также косвенный метод, сутью которого состоит в следующем. Тензодатчики наклеивались на отожженных образцах-дисках из стали 45. В этом случае остаточные напряжения практически отсутствовали и разбаланс мостовой схемы тензометра был бы обусловлен только разностью температур между образцами. Эксперименты показали отсутствие разбаланса мостовой схе-

мы.

мы в процессе травления при расположении образцов по схеме (а).

Таким образом, лучшая температурная компенсация при удалении слоев травлением имеет место при расположении образцов по схеме (а).

#### Л и т е р а т у р а

И. Б. В. Б а б у ш к и н и др. Определение остаточных напряжений в стали 20ХНГ после цементации. Сб. "Новое в технологии машиностроения". Изд-во МТЗ, Минск, 1967.