

УСКОРЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА УСТАЛОСТИ СТАЛЕЙ

Тензомертрические исследования усталостного разрушения сталей /I/ позволили установить возможность ускоренного построения диаграммы этого процесса, включающей кроме линии Велера также и линию Френча - линию образования поверхностных микротрещин.

На основании указанных исследований представляется возможным предложить формулу для расчета предела усталости при испытании ограниченного количества образцов, не доводя их до разрушения.

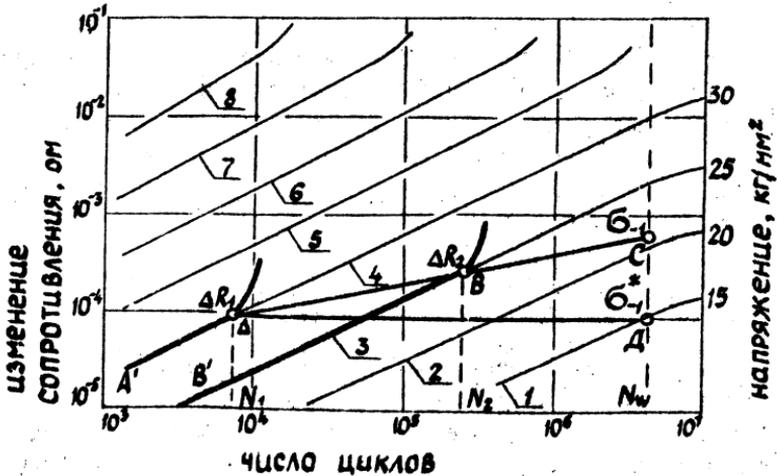


Рис. I. Диаграмма тарировочных кривых тензодатчиков ПРБ-5-100

Для этого воспользуемся диаграммой тарировочных кривых изменения сопротивления тензодатчиков ПКБ-5-100 при различных значениях циклической деформации $/I/$ (рис.1). На диаграмме кривые 1+8 соответствуют деформациям тензодатчиков при циклическом консольном изгибе, равным (7,5, 10, 12,5, 15, 17,5, 20, 25,5) 10^{-4} . Линии AA' и BB' - кривые изменения сопротивления тензодатчиков, наклеенных на плоские образцы из борированной стали 20. Точки А и В соответствуют числам циклов N_1 и N_2 при которых начинается резкое увеличение сопротивлений тензодатчиков. В этих точках сопротивления тензодатчиков превышают начальные значения на величины ΔR_1 и ΔR_2 при напряжениях в образце 30 и 25 кг/мм² соответственно. За базу испытания N_w , на которой определяется условный предел усталости, принято $4,2 \cdot 10^6$ циклов. Линия ABC соединяет точки начала резкого увеличения сопротивления тензодатчиков, наклеенных на борированную сталь 20. Эта линия представляет собой линию Френча, пересекающую ось ординат (точка С) при напряжении, равном пределу усталости $/I/$. Линия AD - линия Френча для отожженной стали 20-параллельна оси абсцисс.

Для тензодатчиков ПКБ-5-100 изменение сопротивления при консольном циклическом изгибе характеризуется коэффициентами: первый K_1 характеризует изменение сопротивления от числа циклов при одном напряжении, и второй K_2 характеризует изменение сопротивления от приложенного напряжения при одном числе циклов нагружения:

$$K_1 = \frac{\Delta \lg(\Delta R)}{\Delta \lg N}; \quad K_2 = \frac{\Delta \lg(\Delta R)}{\Delta \sigma}$$

Для ускоренного определения предела усталости на двух уровнях напряжения σ_1 и σ_2 ($\sigma_1 > \sigma_2$) проводят циклические испытания образцов с наклеенными на них тензодатчиками. В процессе усталостного износа измеряют сопротивление тензодатчиков и рассчитывают коэффициенты K_1 и K_2 . Испытания проводят до резкого увеличения сопротивления тензодатчиков (до числа циклов N_1 и N_2 при напряжениях σ_1 и σ_2 соответственно). Фиксируемые при этом изменения сопротивлений равны ΔR_1 и ΔR_2 . Базовое число циклов, на котором определяется предел усталости,

равно N_w . при $\Delta R_1 = \Delta R_2$ (рис. I) условный предел усталости σ_{-1} определяется из выражения:

$$\frac{\lg N_w - \lg N_1}{\sigma_{-1} - \sigma_{-1}^*} = \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta \lg N}{\sigma_{-1} - \sigma_{-2}} \quad (1)$$

Отсюда

$$\sigma_{-1}^* = \sigma_{-1} - \lg \frac{N_w}{N_1} \cdot \frac{K_1}{K_2} \quad (2)$$

Если $\Delta R_2 > \Delta R_1$, предел усталости изменится на величину $\sigma_{-1} - \sigma_{-1}^*$. Эта величина определяется из выражения:

$$\frac{(\sigma_{-1} - \sigma_{-1}^*) K_2}{\lg(\Delta R_2) - \lg(\Delta R_1)} = \lg \frac{N_w}{N_1} / \lg \frac{N_2}{N_1} \quad (3)$$

Из (2) и (3) имеем

$$\sigma_{-1} = \sigma_{-1} - \frac{1}{K_2} \lg \frac{N_w}{N_1} \left(K_1 - \lg \frac{\Delta R_2}{\Delta R_1} / \lg \frac{N_2}{N_1} \right) \quad (4)$$

Для борированной стали 20 при напряжениях $\sigma_1 = 30 \text{ кг/мм}^2$ и $\sigma_2 = 25 \text{ кг/мм}^2$ изменения сопротивлений до резкого возрастания равны $\Delta R_1 = 9,5 \cdot 10^{-5}$ ом и $\Delta R_2 = 2,5 \cdot 10^{-4}$ ом при числах циклов испытания $N_1 = 7,4 \cdot 10^3$ и $N_2 = 2,3 \cdot 10^5$. Коэффициенты K_1 и K_2 соответственно равны 0,8 и 0,13. Расчет предела усталости по формуле (4) на базе испытания $N_w = 4,2 \cdot 10^6$ циклов дает величину 20 кг/мм^2 . Предел усталости, определенный обычным методом, составил $21,5 \text{ кг/мм}^2$.

Для отожженной стали 20 в случае, когда $\Delta R_1 = \Delta R_2$, формула (4) упрощается

$$\sigma_{-1} = \sigma_{-1} - \frac{\sigma_{-1} - \sigma_{-2}}{\Delta \lg N} \cdot \lg \frac{N_w}{N_1} \quad (5)$$

Расчет предела усталости по формуле (5) дает величину 16 кг/мм², тогда как обычным способом получено значение 15 кг/мм².

Ускоренное определение предела усталости при заданном базовом числе циклов позволяет также построить кривую усталостного разрушения с использованием структурно-энергетических критериев усталости, предложенных В.С.Ивановой /2/. Зная величину N_w и σ_{-1} , можно определить долговечность D образца при напряжении $\sigma > \sigma_{-1}$ из уравнения, вытекающего из диаграммы усталости В.С.Ивановой

$$D = \exp \left(\lg N_w - \frac{\sigma - \sigma_{-1}}{\sigma_k - \sigma_{-1}} \lg \frac{N_w}{N_k} \right), \quad (5)$$

где N_k и σ_k - структурно-энергетические критерии усталости.

Предложенный способ был опробован на сталях 20, 40Х, 40Н и показал возможность его использования при ошибке не свыше 10%.

Л и т е р а т у р е

1. Л я х о в и ч Л. С., Б а б у ш к и н Б. В.,
К у л и к А. Я. "Заводская лаборатория", № 6, 1971.

2. И в а н о в а В. С. Усталостное разрушение металлов.
Металлургиздат, М., 1963.