Fadiga dos Materiais Metálicos
Prof. Carlos Baptista

Cap. 2 ABORDAGEM TENSÃO-VIDA

EXEMPLO 2. FADIGA MULTIAXIAL

Um eixo de seção circular com diâmetro de 50 mm é fabricado a partir de uma barra da liga Ti-6Al-4V. Um torque cíclico (*R = 0*) de valor máximo *T* = 10 kNm é aplicado junto com um momento fletor cíclico de valor máximo *M* = 7,5 kNm. Os dois carregamentos cíclicos têm a mesma freqüência e estão em fase. Pergunta-se: quantos ciclos de carregamento podem ser aplicados até que a falha por fadiga ocorra?

Solução: Considerando o eixo *x* orientado na direção do comprimento da barra, as tensões em um ponto da superfície do eixo no instante em que o torque e o momento fletor atingem seus valores máximos são dadas pelas equações (1) e (2). Todos os outros componentes de tensão são nulos.

$$\tau_{xy,\max} = \frac{16T}{\pi d^3} = 407{,}4MPa \tag{1}$$

$$\sigma_{x,\max} = \frac{M\frac{d}{2}}{\frac{\pi d^4}{64}} = \frac{32M}{\pi d^3} = 611{,}2MPa \tag{2}$$

Visto que ambas as tensões são aplicadas com R = 0, as amplitudes e valores médios são dados por:

$$\tau_{xya} = \tau_{xym} = \frac{407{,}4}{2} = 203{,}7MPa \tag{3}$$

$$\sigma_{xa} = \sigma_{xm} = \frac{611{,}2}{2} = 305{,}6MPa \tag{4}$$

A amplitude de tensão efetiva e a tensão média efetiva são determinadas empregando-se as expressões:

$$\bar{\sigma}_a = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_{xa}-\sigma_{ya})^2 + (\sigma_{ya}-\sigma_{za})^2 + (\sigma_{za}-\sigma_{xa})^2 + 6\left(\tau_{xya}^2 + \tau_{yza}^2 + \tau_{zxa}^2\right)} \tag{5}$$

$$\bar{\sigma}_m = \sigma_{xm} + \sigma_{ym} + \sigma_{zm} \tag{6}$$

Resultando em:

$$\bar{\sigma}_a = 466{,}8MPa \tag{7}$$

$$\bar{\sigma}_m = 305{,}6MPa \tag{8}$$

Note que o valor médio da tensão cisalhante não entra no cálculo, ou seja, não afeta a tensão média efetiva.

A tensão reversa equivalente pode ser obtida da expressão a seguir:

$$\sigma_{ar} = \frac{\bar{\sigma}_a}{1 - \frac{\bar{\sigma}_m}{\sigma'_f}} = \frac{466{,}8}{1 - \frac{305{,}6}{2030}} = 549{,}5MPa \tag{9}$$

A vida em fadiga é calculada substituindo a tensão reversa equivalente na equação de Basquin:

$$N_f = \frac{1}{2}\left(\frac{\sigma_{ar}}{\sigma'_f}\right)^{1/b} = \frac{1}{2}\left(\frac{549{,}5}{2030}\right)^{1/-0{,}104} = 1{,}43 \times 10^5 \, ciclos \tag{10}$$

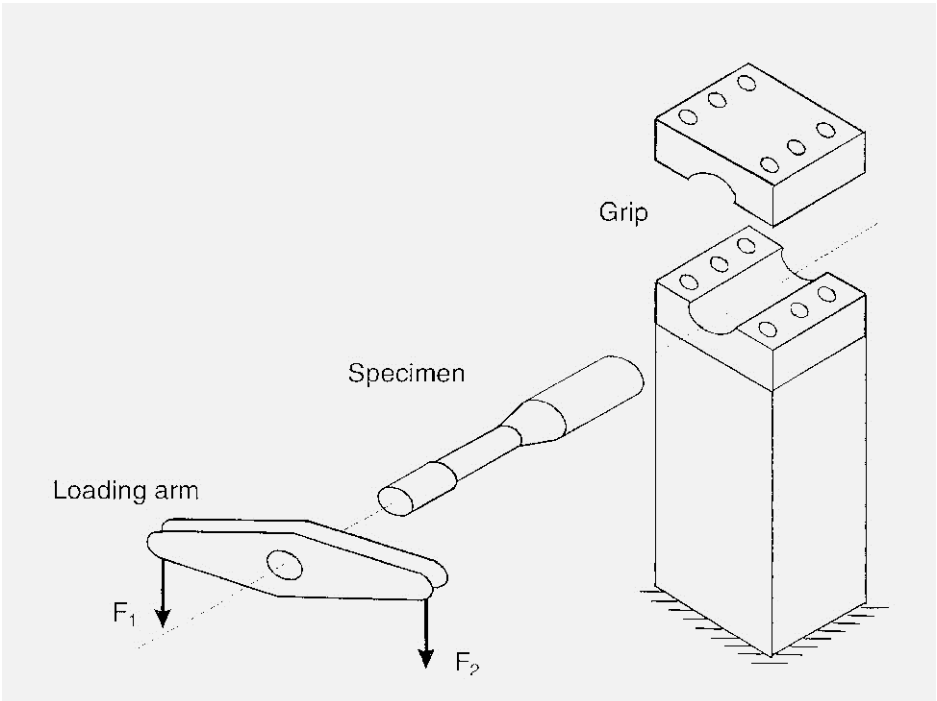

Figura 1. Montagem de corpo-de-prova de fadiga em dispositivo torção-flexão.