Órgãos de Máquinas
Parafusos – Aula TP 1

Carlos M. C. G. Fernandes

1 Exercício

Um parafuso de transmissão de potência de duas entradas e rosca quadrada tem um diâmetro exterior de 32 mm e um passo aparente de 4 mm, e deve ser utilizado num macaco de elevação de cargas [1].

Os dados fornecidos incluem $\tan\phi = \mu_c = 0.08$, diâmetro do colar de apoio $d_c = 40\,\mathrm{mm}$ e $F = 6.4\,\mathrm{kN}$. Calcule:

1. a profundidade da rosca, largura da rosca, diâmetro médio, diâmetro de pé, e o passo real;
2. o momento torsor necessário para elevar e baixar a carga;
3. a reversibilidade do parafuso;
4. a eficiência durante a elevação da carga;
5. as tensões no núcleo do parafuso;
6. a tensão de flexão na raiz da rosca (considere que a primeira espira suporta $0.38 \cdot F$);
7. a tensão de von Mises na raiz da rosca;
8. a tensão de corte máxima na raiz da rosca.

1.1 Dimensões do parafuso

Para um parafuso de rosca quadrada, as dimensões são apresentadas na Figura 1.

A profundidade e largura da rosca são iguais a $\frac{p_a}{2}$, logo o diâmetro primitivo é:

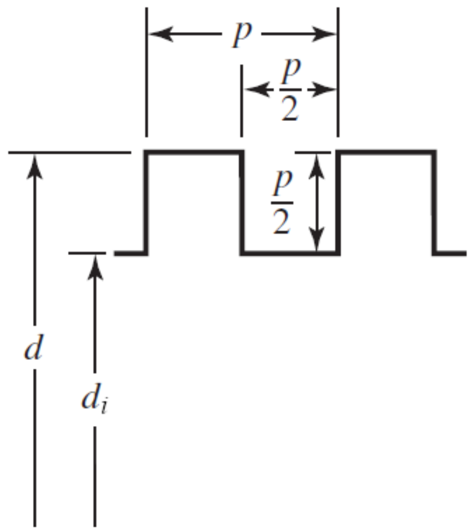

Figura 1: Dimensões de uma rosca quadrada de um parafuso de transmissão de potência (o passo aqui apresentado é o passo aparente p_a) [1]

$$d_m = d - \frac{p_a}{2} = 32 - \frac{4}{2} = 30\,\text{mm} \tag{1}$$

O diâmetro de pé é:

$$d_i = d - p_a = 32 - 4 = 28\,\text{mm} \tag{2}$$

O passo real é:

$$p = n \cdot p_a = 2 \times 4 = 8\,\text{mm} \tag{3}$$

Sendo n o número de entradas.

1.2 Momento torsor

O momento torsor necessário para elevar a carga é:

$$M_t = F \cdot \frac{d_m}{2} \cdot \frac{\tan\gamma + \sec\alpha_n \cdot \tan\phi}{1 - \tan\gamma \cdot \sec\alpha_n \cdot \tan\phi} + \frac{F \cdot \mu_c \cdot d_c}{2} \tag{4}$$

O ângulo de hélice pode ser calculado por $\tan\gamma = \frac{p}{\pi \cdot d_m} = 0.0849$

$$M_t = \frac{6400 \times 0.03}{2} \times \left(\frac{0.0849 + 0.08}{1 - 0.0849 \times 0.08}\right) + \frac{6400 \times 0.08 \times 0.04}{2} = 26.18\,\text{N}\,\text{m} \tag{5}$$

O momento torsor necessário para descer a carga é:

$$M_t = F \cdot \frac{d_m}{2} \cdot \frac{\tan\phi \cdot \sec\alpha_n - \tan\gamma}{1 + \tan\gamma \cdot \tan\phi \cdot \sec\alpha_n} + \frac{F \cdot \mu_c \cdot d_c}{2} \tag{6}$$

$$M_t = \frac{6400 \times 0.03}{2} \times \left(\frac{0.08 - 0.0849}{1 + 0.0849 \times 0.08} \right) + \frac{6400 \times 0.08 \times 0.04}{2} = 9.77\,\mathrm{N\,m} \tag{7}$$

1.3 Reversibilidade

O sinal de menos no primeiro termo da equação (7) indica que o parafuso não respeita a condição de auto-retenção e giraria sob a ação da carga, exceto pelo facto de existir o atrito no colarinho que também deve ser considerado na análise.

Neste caso, o sistema é reversível pois $\tan\gamma > \tan\phi$.

1.4 Eficiência

O trabalho fornecido durante uma rotação é:

$$W_f = 2 \cdot \pi \cdot M_t \tag{8}$$

O trabalho útil é:

$$W_u = F \cdot p \tag{9}$$

O rendimento é então:

$$\eta = \frac{W_u}{W_f} = \frac{6400 \times 8 \times 10^{-3}}{2 \times \pi \times 26.18} = 0.311 \tag{10}$$

1.5 Tensões no núcleo do parafuso

A tensão normal devido à força F:

$$\sigma = -\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot {d_i}^2} = -\frac{4 \times 6400}{\pi \times 28^2} = -10.39\,\mathrm{MPa} \tag{11}$$

A tensão de corte devido ao momento torsor:

$$\tau = \frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot {d_i}^3} = \frac{16 \times 26180}{\pi \times 28^3} = 6.07\,\mathrm{MPa} \tag{12}$$

1.6 Tensões devido à flexão

Considerando um modelo do tipo "viga à flexão":

$$\sigma \approx \frac{\left(F \cdot \frac{h}{2}\right) \cdot \frac{b}{2}}{\frac{\pi \cdot d_i \cdot n \cdot b^3}{12}} = \frac{3 \cdot F \cdot h}{\pi \cdot d_i \cdot n \cdot b^2} = 41.47\,\mathrm{MPa} \tag{13}$$

Para o presente caso, considera-sea força na primeira espira $F = 0.38 \cdot F$, logo n=1 e ainda $h = \frac{p_a}{2}$ e $b = \frac{p_a}{2}$.

De acordo com o enunciado, não é necessário considerar o efeito de corte, no entanto como exemplo:

$$\tau \approx \frac{3}{2} \frac{F}{\pi \cdot d_i \cdot n \cdot b} = 6.91\,\mathrm{MPa} \tag{14}$$

1.7 Tensão de von Mises

Considerando x a direção radial e y a direção axial, as tensões são: $\sigma_x = 41.47\,\mathrm{MPa}$, $\sigma_y = -10.39\,\mathrm{MPa}$ e $\tau_{yz} = 6.07\,\mathrm{MPa}$.

A tensão de von Mises é então:

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[(41.47 - 0)^2 + (0 + 10.39)^2 + (-10.39 - 41.47)^2 + 6 \times 6.07^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 48.68\,\mathrm{MPa} \tag{15}$$

1.8 Tensão de corte máxima

A direção x não apresenta tensões de corte, pelo que σ_x é uma tensão principal:

$$\sigma_1 = \sigma_x = 41.47\,\mathrm{MPa} \tag{16}$$

As tensões principais seguintes serão:

$$\sigma_{2,3} = \frac{\sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{yz}^2} \Leftrightarrow \sigma_2 = 2.79\,\mathrm{MPa},\ \sigma_3 = -13.19\,\mathrm{MPa} \tag{17}$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = 27.33\,\mathrm{MPa} \tag{18}$$

Referências

[1] Budynas, Richard G.: *Shigley's mechanical engineering design*. McGraw-Hill, 2014, ISBN 9789339221638.