

Exercício 14-12

Uma transmissão de engrenagem consiste em um pinhão cilíndrico com 16 dentes retos, ângulo de pressão 20 graus, feito de aço endurecido por completo de grau 1, e uma coroa de 48 dentes de ferro fundido de passo diametral 12 dentes/pol. Para uma potência de entrada de 1,5 HP a uma frequência do pinhão de 700 rpm, selecione uma largura de face tendo em vista a tensão de contato admissível. Tome as decisões que considerar convenientes.

$$\phi := 20 \text{ deg}$$

dentes retos

módulo:

$$m := \frac{25,4}{12} \text{ mm} = 2,116667 \text{ mm}$$

potência:

$$H := 1118,5498 \text{ W} = 1118,5498 \text{ W}$$

frequência de rotação do pinhão:

$$n_p := \frac{700}{60} \text{ Hz} = 11,6667 \text{ Hz}$$

número de dentes do pinhão:

$$N_p := 16$$

número de dentes da coroa:

$$N_G := 48$$

tensão de contato admissível:

$$\sigma_{cadm} := 689,48 \text{ MPa} = 6,8948 \cdot 10^8 \text{ Pa}$$

fator de projeto:

$$n_d := 2$$

Solução

velocidade do ponto primitivo:

$$V := \pi \cdot m \cdot N_p \cdot n_p = 1,2413 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ou} \quad 2932,2047 \frac{\text{in}}{\text{min}}$$

força transmitida:

$$W_t := \frac{H}{V} = 901,1274 \text{ N}$$

diâmetro primitivo do pinhão:

$$d_p := m \cdot N_p = 0,0339 \text{ m}$$

fator de sobrecarga (admitindo operação suave):

$$K_o := 1$$

fator dinâmico (assumindo $Q_v = 6$):

$$Q_v := 6$$

$$B := 0,25 \cdot \left(12 - Q_v\right)^{\frac{2}{3}} = 0,8255$$

$$A := 50 + 56 \cdot (1 - B) = 59,773$$

$$K_V := \left(\frac{A + \sqrt{\frac{200 \cdot V}{\frac{m}{s}}}}{A} \right)^B = 1,213$$

fator de tamanho: $K_S := 1$

fator de distribuição de carga:

$$C_{mc} := 1$$

assumindo $b = 4p$ (recomendação $3p \leq b \leq 5p$):

$$b_\theta := 4 \cdot \pi \cdot m = 0,0266 \text{ m} \quad \text{ou} \quad b_\theta = 1,0472 \text{ in}$$

$$C_{pf\theta} := \frac{b_\theta}{10 \cdot d_p} - 0,0375 + 4,92 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{b_\theta}{\text{mm}} = 0,0541 \quad (25 \text{ mm} \leq b_\theta \leq 425 \text{ mm})$$

assumindo $S1/S < 0,175$:

$$C_{\rho m} := 1$$

$$C_{ma} := 0,07 \quad (\text{Fig. 14-11})$$

$$C_e := 1$$

$$K_{H\theta} := 1 + C_{mc} \cdot (C_{pf\theta} \cdot C_{\rho m} + C_{ma} \cdot C_e) = 1,1241$$

fator de condição de superfície:

$$Z_R := 1$$

fator geométrico da resistência superficial:

$$m_N := 1 \quad (\text{dentes retos})$$

$$m_G := \frac{N_G}{N_P} = 3$$

$$Z_I := \frac{\sin(2 \cdot \Phi) \cdot m_G}{4 \cdot m_N \cdot (m_G + 1)} = 0,1205$$

coeficiente elástico:

$$Z_E := 174 \cdot \sqrt{\text{MPa}} \quad (\text{Tab. 14-8})$$

igualando σ a $(\sigma)_{adm}$ e isolando b , obtém-se a segunda estimativa de b :

$$b_1 := \frac{Z_E^2 \cdot n_d \cdot W_t \cdot K_O \cdot K_V \cdot K_S \cdot K_{H0} \cdot Z_R}{d_P \cdot \sigma_{cadm}^2 \cdot Z_I} = 0,03835 \text{ m}$$

recalculando:

$$C_{pf1} := \frac{b_1}{10 \cdot d_p} - 0,0375 + 4,92 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{b_1}{\text{mm}} = 0,0946 \quad (25 \text{ mm} \leq b_0 \leq 425 \text{ mm})$$

$$K_{H1} := 1 + C_{mc} \cdot (C_{pf1} \cdot C_{pm} + C_{ma} \cdot C_e) = 1,1646$$

$$b_2 := \frac{Z_E^2 \cdot n_d \cdot W_t \cdot K_O \cdot K_V \cdot K_S \cdot K_{H1} \cdot Z_R}{d_P \cdot \sigma_{cadm}^2 \cdot Z_I} = 0,03973 \text{ m}$$

recalculando:

$$C_{pf2} := \frac{b_2}{10 \cdot d_p} - 0,0375 + 4,92 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{b_2}{\text{mm}} = 0,0993 \quad (25 \text{ mm} \leq b_0 \leq 425 \text{ mm})$$

$$K_{H2} := 1 + C_{mc} \cdot (C_{pf2} \cdot C_{pm} + C_{ma} \cdot C_e) = 1,1693$$

$$b_3 := \frac{Z_E^2 \cdot n_d \cdot W_t \cdot K_O \cdot K_V \cdot K_S \cdot K_{H2} \cdot Z_R}{d_P \cdot \sigma_{cadm}^2 \cdot Z_I} = 0,03989 \text{ m}$$

recalculando:

$$C_{pf3} := \frac{b_3}{10 \cdot d_p} - 0,0375 + 4,92 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{b_3}{\text{mm}} = 0,0999 \quad (25 \text{ mm} \leq b_0 \leq 425 \text{ mm})$$

$$K_{H3} := 1 + C_{mc} \cdot (C_{pf3} \cdot C_{pm} + C_{ma} \cdot C_e) = 1,1699$$

$$b_4 := \frac{Z_E^2 \cdot n_d \cdot W_t \cdot K_O \cdot K_V \cdot K_S \cdot K_{H3} \cdot Z_R}{d_P \cdot \sigma_{cadm}^2 \cdot Z_I} = 0,03989 \text{ m}$$

terminou o processo iterativo, pois $b_4 = b_3$ (convergência com 4 algarismos)

no entanto: $5 \cdot \pi \cdot m = 0,03325 \text{ m} < b = 39,89 \text{ mm}$

logo, vai-se empregar o recomendado:

$$b := 33,00 \text{ mm}$$

fatores de segurança ao contato:

resistência ao contato:

pinhão (Tab. 14-5):

$$\text{dureza especificada: } H_{BP} := 300$$

$$S_{CP} := (2,22 \cdot H_{BP} + 200) \text{ MPa} = 866 \text{ MPa}$$

coroa (Tab. 14-7, ferro fundido classe 40):

$$\text{dureza especificada: } H_{BG} := 201$$

$$S_{CG} := 550 \text{ MPa}$$

fator de ciclagem para tensões de contato (Fig. 14-15):

$$N_{CP} := 10^9 \quad Z_{NP} := 1,4488 \cdot N_{CP}^{-0,023} = 0,900$$

$$N_{CG} := \frac{48}{16} \cdot N_{CP} = 3 \cdot 10^9 \quad Z_{NG} := 1,4488 \cdot N_{CG}^{-0,023} = 0,877$$

fator de razão de dureza:

pinhão:

$$Z_{WP} := 1$$

coroa:

$$1,2 \leq \frac{H_{BP}}{H_{BG}} = 1,4925 \leq 1,7$$

$$A_{linha} := 8,93 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{H_{BP}}{H_{BG}} - 8,29 \cdot 10^{-3} = 0,005$$

$$m_G := \frac{N_G}{N_P} = 3$$

$$Z_{WG} := 1 + A_{linha} \cdot (m_G - 1) = 1,0101$$

fator de temperatura:

$$Y_\theta := 1$$

fator de confiabilidade (R=0,90):

$$Y_Z := 0,85$$

tensão de contato no pinhão:

$$K_H := K_{H3}$$

$$\sigma_{cP} := Z_E \cdot \sqrt{W_t \cdot K_O \cdot K_V \cdot K_S \cdot \left(\frac{K_H}{d_P \cdot b} \right) \cdot \frac{Z_R}{Z_I}} = 536,14 \text{ MPa}$$

tensão de contato na coroa:

$$\sigma_{cG} := Z_E \cdot \sqrt{W_t \cdot K_O \cdot K_V \cdot K_S \cdot \left(\frac{K_H}{d_P \cdot b} \right) \cdot \frac{Z_R}{Z_I}} = 536,14 \text{ MPa}$$

fator de segurança do pinhão:

$$S_{HP} := \frac{S_{cP} \cdot Z_{NP} \cdot Z_{WP}}{Y_\theta \cdot Y_Z \cdot \sigma_{cP}} = 1,71 \quad (S_{HP})^2 = 2,9218$$

fator de segurança do pinhão:

$$S_{HG} := \frac{S_{cG} \cdot Z_{NG} \cdot Z_{WG}}{Y_\theta \cdot Y_Z \cdot \sigma_{cG}} = 1,07 \quad (S_{HG})^2 = 1,1432$$