

$$P_1 := 3.75 \text{ kW}$$

$$\omega_1 := 600 \text{ rpm} = 62.8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$T_1 := \frac{P_1}{\omega_1} = 59.7 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M := 5 \text{ mm}$$

$$b := 32 \text{ mm}$$

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

$$\Sigma := 90 \text{ deg}$$

$$z_1 := 15$$

$$d_1 := z_1 \cdot M = 75 \cdot \text{mm}$$

$$\delta_1 := \text{atan}\left(\frac{z_1}{z_2}\right) = 18.43 \cdot \text{deg}$$

$$v := \omega_1 \cdot \frac{d_1}{2} = 2.356 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$i := \frac{z_2}{z_1} = 3$$

$$\omega_2 := \frac{\omega_1}{i} = 200 \cdot \text{rpm}$$

$$\eta := 98\%$$

$$T_2 := T_1 \cdot i \cdot \eta = 175.5 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$d_{m1} := d_1 - b \cdot \sin(\delta_1) = 64.9 \cdot \text{mm}$$

$$v_{m1} := \omega_1 \cdot \frac{d_{m1}}{2} = 2.038 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F_{tm} := T_1 \cdot \frac{2}{d_{m1}} = 1.84 \cdot \text{kN}$$

$$F_{a1} := F_{tm} \cdot \tan(\alpha) \cdot \sin(\delta_1) = 212 \text{ N}$$

$$F_{r1} := F_{tm} \cdot \tan(\alpha) \cdot \cos(\delta_1) = 635 \text{ N}$$

$$F_{a2} := F_{r1} = 635 \text{ N}$$

$$F_{r2} := F_{a1} = 212 \text{ N}$$

$$R_a := \frac{d_1}{2 \sin(\delta_1)} = 118.585 \cdot \text{mm} \quad \frac{d_2}{2 \sin(\delta_2)} = 118.585 \cdot \text{mm} \quad \frac{b}{R} = 0.058 \frac{\text{m}}{\text{K}}$$

$$h_{a1} := 2 \cdot M - h_{a2} = 7.04 \cdot \text{mm} \quad h_{a2} := .54 \cdot M + \frac{.46 \cdot M}{\left(\frac{z_2 \cdot \cos(\delta_1)}{z_1 \cdot \cos(\delta_2)}\right)} = 2.96 \cdot \text{mm}$$

Potência na transmissão

Velocidade angular

Torque na engrenagem

Módulo da engrenagem

Larguras dos dentes

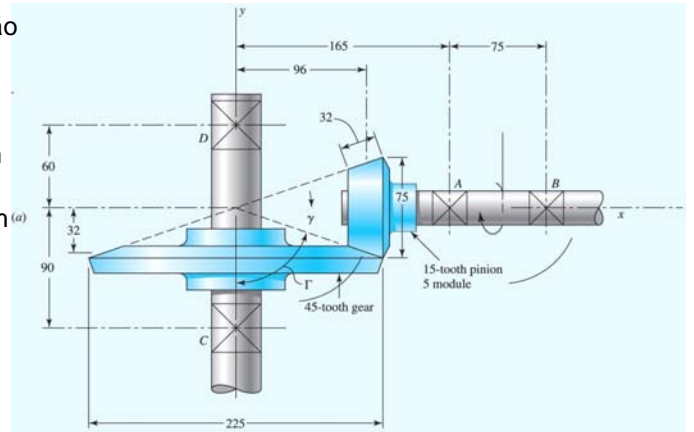
Ângulo de pressão

Ângulo entre eixos

$$z_2 := 45$$

$$d_2 := z_2 \cdot M = 225 \cdot \text{mm}$$

$$\delta_2 := \text{atan}\left(\frac{z_2}{z_1}\right) = 71.57 \cdot \text{deg}$$



Número de dentes

diâmetros primitivos

ângulos de cone

Velocidade no diâmetro primitivo

Relação de transmissão

Velocidade angular do eixo de saída

Rendimento da transmissão

Torque de saída do redutor

diâmetro no meio do dente

Velocidade média do dente

Força tangencial

Força axial no pinhão

Força radial no pinhão

Força axial na coroa

Força radial na coroa

Geratriz do cone completo

Alturas de adendo

$$X_{r1} := R_a \cdot \cos(\delta_1) - h_{a1} \cdot \sin(\delta_1) = 110.272 \cdot \text{mm}$$

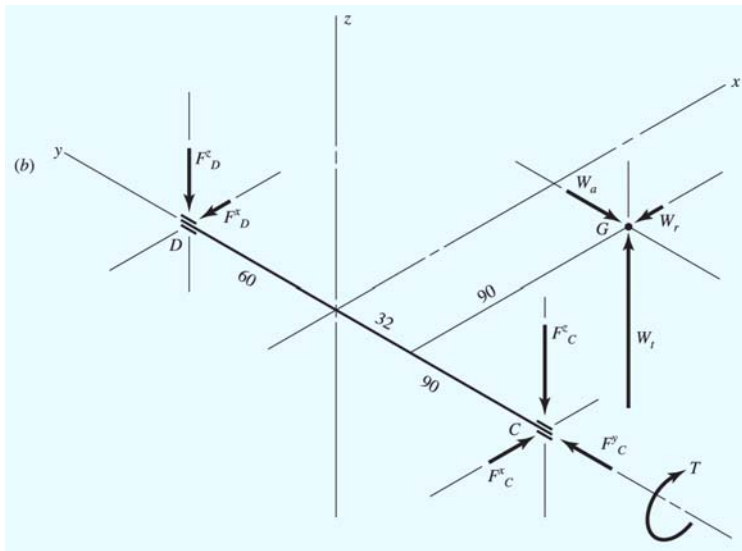
$$Y_2 := R_a \cdot \cos(\delta_2) - h_{a2} \cdot \sin(\delta_2) = 34.696 \cdot \text{mm}$$

Distância do diâmetro primitivo até o centro do engrenamento

$$XF_{r1} := X_1 - \frac{b \cdot \cos(\delta_1)}{2} = 95.093 \cdot \text{mm}$$

$$YF_{r2} := Y_2 - \frac{b \cdot \cos(\delta_2)}{2} = 29.636 \cdot \text{mm}$$

Distância dos pontos de aplicação de forças até o centro do engrenamento



Cálculos de esforços nos mancais do eixo do pinhão

$$F_{Ai} := -F_{a1} = -212 \text{ N}$$

Força axial no mancal A:

$$F_{r1} + F_{Aj} + F_{Bj} = 0$$

$$\Sigma F_j = 0$$

Sistema de solução para a força Y nos mancais A e B

$$-F_{Aj} \cdot 75 \text{ mm} - F_{r1} \cdot (75 \text{ mm} + 165 \text{ mm} - XF_{r1}) + F_{a1} \cdot YF_{r2} = 0$$

$$\Sigma M_{k_B} = 0$$

$$F_{Aj} := \frac{F_{a1} \cdot YF_{r2} + F_{r1} \cdot (XF_{r1} - 240 \cdot \text{mm})}{75 \cdot \text{mm}} = -1.144 \cdot \text{kN}$$

Carga Y no mancal A

$$F_{Bj} := -F_{Aj} - F_{r1} = 508 \text{ N}$$

Carga Y no mancal B

$$-F_{tm} + F_{Ak} + F_{Bk} = 0$$

$$\Sigma F_k = 0$$

Sistema de solução para a força Y nos mancais A e B

$$-F_{Ak} \cdot 75 \text{ mm} + F_{tm} \cdot (75 \text{ mm} + 165 \text{ mm} - XF_{r1}) = 0$$

$$\Sigma M_{j_B} = 0$$

$$F_{Ak} := -\frac{F_{tm} \cdot (XF_{r1} - 240 \cdot \text{mm})}{75 \cdot \text{mm}} = 3.55 \cdot \text{kN}$$

Carga Z no mancal A

$$F_{Bk} := F_{tm} - F_{Ak} = -1.715 \cdot \text{kN}$$

Carga Z no mancal B

$$F_{Aa} := |F_{Ai}| = 212 \text{ N}$$

Carga axial no mancal A

$$F_{Ar} := \sqrt{F_{Aj}^2 + F_{Ak}^2} = 3.734 \cdot \text{kN}$$

Carga radial no mancal A

$$F_{Br} := \sqrt{F_{Bj}^2 + F_{Bk}^2} = 1.789 \cdot \text{kN}$$

Carga radial no mancal B

Cálculos de esforços nos mancais do eixo da coroa

$$F_{Cj} := F_{a2} = 635 \text{ N}$$

Força axial no mancal C:

$$-F_{r2} + F_{Ci} + F_{Di} = 0$$

$$\Sigma F_i = 0$$

Sistema de solução para a força radial nos mancais C e D

$$F_{Ci} \cdot (60 \text{ mm} + 90 \text{ mm}) - F_{r2} \cdot (60 \text{ mm} + Y_{Fr2}) - F_{a2} \cdot X_{Fr1} = 0$$

$$\Sigma M_{kD} = 0$$

$$F_{Ci} := \frac{F_{a2} \cdot X_{Fr1} + F_{r2} \cdot (Y_{Fr2} + 60 \cdot \text{mm})}{150 \cdot \text{mm}} = 529.3 \text{ N}$$

Carga X no mancal C

$$F_{Di} := F_{r2} - F_{Ci} = -317.5 \cdot \text{N}$$

Carga X no mancal D

$$F_{tm} + F_{Ck} + F_{Dk} = 0$$

$$\Sigma F_k = 0$$

Sistema de solução para a força radial nos mancais C e D

$$-F_{Ck} \cdot (60 \text{ mm} + 90 \text{ mm}) - F_{tm} \cdot (60 \text{ mm} + X_{Fr2}) = 0$$

$$\Sigma F_{iD} = 0$$

$$F_{Ck} := -\frac{F_{tm} \cdot (Y_{Fr2} + 60 \cdot \text{mm})}{150 \cdot \text{mm}} = -1.099 \cdot \text{kN}$$

Carga X no mancal C

$$F_{Dk} := -F_{Ck} - F_{tm} = -740 \text{ N}$$

Carga X no mancal D

$$F_{Ca} := F_{Cj} = 635 \text{ N}$$

Carga axial no mancal C

$$F_{Cr} := \sqrt{F_{Ci}^2 + F_{Ck}^2} = 1.22 \cdot \text{kN}$$

Carga radial no mancal C

$$F_{Dr} := \sqrt{F_{Di}^2 + F_{Dk}^2} = 806 \cdot \text{N}$$

Carga radial nmo mancal D

Análise de tensão de flexão do dente

$$K_L := 1 \quad K_{HL} := K_L$$

Vida acima de 10^7 ciclos

$$K_M := 1.8$$

Ambas as engrenagens de dentes retos sem coramento, suportadas de uma único lado com eixo normal rígido

$$K_{H\beta} := 2.1$$

Material SCM 415 cementado:

Superfície: 600-640 Hv, 0,3 -0,5 mm de profundidade de cementação

Núcleo: 260 - 280 Hv

$$\sigma_{Flim} := 42.5 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} = 417 \cdot \text{MPa}$$

Tensão limite de fadiga de flexão no pé do dente

$$\sigma_{Hlim} := 134 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} = 1314 \cdot \text{MPa}$$

Tensão limite de fadiga superficial

$$\beta_m := 0 \text{ deg}$$

Engrenagem de dentes retos

$$Y_C := 1.15$$

$$M = 5 \cdot \text{mm} \quad b = 32 \cdot \text{mm}$$

Tamanho do dente

$$R_a = 118.6 \cdot \text{mm}$$

Distância do cone

$$z_{v1} := \frac{z_1}{\cos(\delta_1) \cdot \cos(\beta_m)^3} = 15.811$$

$$z_{v2} := \frac{z_2}{\cos(\delta_1) \cdot \cos(\beta_m)^3} = 47.434$$

$$s_1 := \frac{\pi \cdot M}{2} = 7.854 \cdot \text{mm}$$

Espessura do dente

$$K_L := 0 \quad C := 1$$

Coefficiente de correção

$$Y_{F1} := 3.3 \quad Y_{F2} := 2.42$$

Fator do perfil do dente

$$\epsilon_\alpha := 1.691$$

Razão de condução para dente reto padrão

$$Y_\epsilon := \frac{1}{\epsilon_\alpha} = 0.591$$

Fator da razão de condução

$$Z_\epsilon := 1$$

$$Y_\beta := 1$$

Fator do ângulo de hélice e recobrimento

$$Z_\beta := 1$$

$$Y_C := 1.15$$

Fator do diâmetro da fresa

$$K_{FX} := 1$$

Fator de tamanho

$$v = 2.356 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$K_V := 1.4$$

Vator de velocidade JIS 4 ou ISO 6

$$K_O := 1$$

Fonte e carga sem trancos

$$K_R := 1.2$$

Confiabilidade normal com conhecimento geral dos parâmetros de dimensionamento

$$C_R := 1.15$$

$$F_{tlim} := .85 \cdot \cos(\beta_m) \cdot \sigma_{Flim} \cdot M \cdot b \cdot \frac{R_a - .5 \cdot b}{R_a} \cdot \frac{1}{Y_{F1} \cdot Y_\epsilon \cdot Y_\beta \cdot Y_C} \cdot \left(\frac{K_L \cdot K_{FX}}{K_M \cdot K_V \cdot K_O} \right) \cdot K_R = 10.404 \cdot \text{kN}$$

Força tangencial limite

$$F_{tm} = 1.84 \cdot \text{kN}$$

$$FS_F := \frac{F_{tlim}}{F_{tm}} = 5.655$$

Fator de segurança para tensão de flexão

Análise de fadiga superficial

$$d_{m1} = 64.881 \cdot \text{mm}$$

Diâmetro médio

$$R_{max1} := 12.5 \mu\text{m} \quad R_{max2} := R_{max1}$$

Rugosidade a

$$Z_L := 1$$

Lubrificante de 100 CSt

$$R_m := R_a - \frac{b}{2} = 102.585 \cdot \text{mm}$$

Raio médio do cone

$$a := R_m \cdot (\sin(\delta_1) + \cos(\delta_1)) = 129.761 \cdot \text{mm}$$

$$R_{maxm} := \frac{R_{max1} + R_{max2}}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{100 \text{mm}}{a}} = 11.46 \cdot \mu\text{m}$$

$$Z_R := .92$$

Fator de rugosidade

$$i = 3$$

$$\alpha_s := \alpha = 20 \cdot \text{deg}$$

$$\beta_g := \text{atan}(\tan(\beta_m) \cdot \cos(\alpha_s)) = 0$$

$$Z_H := \sqrt{\frac{2 \cdot \cos(\beta_g)}{\sin(\alpha_s) \cdot \cos(\alpha_s)}} = 2.495 \quad \text{Fator de região}$$

$$Z_M := 60.6 \cdot \sqrt{\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}} = 189.8 \cdot \sqrt{\text{MPa}} \quad \text{Fator de elasticidade do material}$$

$$v = 2.356 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Z_V := 0.96 \quad \text{Fator de escorregamento}$$

$$Z_W := 1 \quad \text{Fator de relação de dureza}$$

$$K_{HX} := 1 \quad \text{Fator de tamanho}$$

$$F_{Hlim} := \left(\frac{\sigma_{Hlim}}{Z_M} \right)^2 \cdot \frac{d_1}{\cos(\delta_1)} \cdot \frac{R_a - .5 \cdot b}{R_a} \cdot b \cdot \frac{i^2}{i^2 + 1} \cdot \left(\frac{K_{HL} \cdot Z_L \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_W \cdot K_{HX}}{Z_H \cdot Z_\epsilon \cdot Z_\beta} \right)^2 \cdot \frac{1}{K_{H\beta} \cdot K_V \cdot K_O} \cdot \frac{1}{C_R^2} = 3.045 \cdot \text{kN}$$

$$SF_H := \frac{F_{Hlim}}{F_{tm}} = 1.655$$

