

Engrenamento Zero com dentes helicoidais

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

$$m_n := 2\text{mm}$$

$$c := .167$$

$$k := (1 + c) = 1.167$$

$$\beta := 25\text{deg}$$

$$i := 3.4$$

$$\alpha_t := \text{atan}\left(\frac{\tan(\alpha_n)}{\cos(\beta)}\right) = 21.88\cdot\text{deg}$$

$$\beta_b := \text{atan}\left(\tan(\beta)\cdot\cos(\alpha_t)\right) = 23.399\cdot\text{deg}$$

$$m_t := \frac{m_n}{\cos(\beta)} = 2.207\cdot\text{mm}$$

$$b := 28\text{mm}$$

$$p_t := m_t \cdot \pi = 6.933\cdot\text{mm}$$

$$p_{bt} := p_t \cdot \cos(\alpha_t) = 6.433\cdot\text{mm}$$

$$\text{ev}(\alpha) := \tan(\alpha) - \alpha$$

$$s_t := \frac{p_t}{2} = 3.466\cdot\text{mm}$$

$$z_{\min} := \frac{2 \cdot k \cdot \cos(\beta)}{\sin(\alpha_t)^2} = 15.231$$

$$z_1 := 16$$

$$i_v := \frac{z_2}{z_1} = 3.375$$

$$\phi_1 := m_t \cdot z_1 = 35.308\cdot\text{mm}$$

$$r_1 := \frac{\phi_1}{2} = 17.654\cdot\text{mm}$$

$$\phi_{1b} := \phi_1 \cdot \cos(\alpha_t) = 32.765\cdot\text{mm}$$

$$a := r_1 + r_2 = 77.236\cdot\text{mm}$$

$$\phi_{1a} := \phi_1 + 2 \cdot m_n = 39.308\cdot\text{mm}$$

$$\phi_{1d} := \phi_1 - 2 \cdot m_n \cdot k = 30.64\cdot\text{mm}$$

$$\alpha_h := 0$$

$$\alpha_{1a} := \text{acos}\left(\frac{\phi_{1b}}{\phi_{1a}}\right) = 33.536\cdot\text{deg}$$

$$\alpha_{1d} := \text{acos}\left(\frac{\phi_{1b}}{\phi_{1d}}\right) = 21.215\cdot\text{deg}$$

ângulo de pressão normal

Módulo normal

Folga no fundo do dente

Fator de profundidade do dendo

ângulo de pressão

Relação de transmissão escolhida

ângulo de pressão transversal

ângulo de hélice de base

módulo transversal

largura da engrenagem

Passo transversal

Passo de base transversal

Função da envolvente

Espessura transversal do dente no diâmetro primitivo

Número mínimo de dentes

$$z_2 := \text{round}(i \cdot z_1) = 54$$

Número de dentes

Relação de transmissão

$$\phi_2 := m_t \cdot z_2 = 119.165\cdot\text{mm}$$

Diâmetro primitivo

$$r_2 := \frac{\phi_2}{2} = 59.582\cdot\text{mm}$$

Raio primitivo

$$\phi_{2b} := \phi_2 \cdot \cos(\alpha_t) = 110.581\cdot\text{mm}$$

Diâmetro de base

$$\frac{z_1 + z_2}{2} \cdot m_t = 77.236\cdot\text{mm}$$

Distância entre centros

$$\phi_{2a} := \phi_2 + 2 \cdot m_n = 123.165\cdot\text{mm}$$

Diâmetro de adendo

$$\phi_{2d} := \phi_2 - 2 \cdot m_n \cdot k = 114.497\cdot\text{mm}$$

Diâmetro do pé do dente

ângulo de pressão na base por definição da envolvente

$$\alpha_{2a} := \text{acos}\left(\frac{\phi_{2b}}{\phi_{2a}}\right) = 26.126\cdot\text{deg}$$

ângulo de contato no adendo

$$\alpha_{2d} := \text{acos}\left(\frac{\phi_{2b}}{\phi_{2d}}\right) = 15.028\cdot\text{deg}$$

ângulo de contato no dendo

$$s1_b := \phi1_b \cdot \left(\frac{s_t}{\phi1} + ev(\alpha_t) - ev(\alpha_b) \right) = 3.86 \cdot \text{mm} \quad s2_b := \phi2_b \cdot \left(\frac{s_t}{\phi2} + ev(\alpha_t) - ev(\alpha_b) \right) = 5.4 \cdot \text{mm} \quad \text{Espessura no pé do dente}$$

$$s1_a := \phi1_a \cdot \left(\frac{s_t}{\phi1} + ev(\alpha_t) - ev(\alpha1_a) \right) = 1.59 \cdot \text{mm} \quad s2_a := \phi2_a \cdot \left(\frac{s_t}{\phi2} + ev(\alpha_t) - ev(\alpha2_a) \right) = 1.76 \cdot \text{mm} \quad \text{Espessura no adendo}$$

$$s1_d := \phi1_d \cdot \left(\frac{s_t}{\phi1} + ev(\alpha_t) - ev(\alpha1_d) \right) = (3.61 + 0.49i) \cdot \text{mm} \quad \text{Espessura no adendo}$$

$$s2_d := \phi2_d \cdot \left(\frac{s_t}{\phi2} + ev(\alpha_t) - ev(\alpha2_d) \right) = 4.88 \cdot \text{mm}$$

$$z1_v := \frac{z1}{\cos(\beta)^3} = 21.493 \quad z2_v := \frac{z2}{\cos(\beta)^3} = 72.538 \quad \text{Número virtual de dentes}$$

$$\epsilon_\alpha := \frac{\sqrt{\left(\frac{\phi1_a}{2}\right)^2 - \left(\frac{\phi1_b}{2}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{\phi2_a}{2}\right)^2 - \left(\frac{\phi2_b}{2}\right)^2} - a \cdot \sin(\alpha_t)}{P_{bt}} = 1.429 \quad \text{Razão de condução}$$

$$\epsilon_\beta := \frac{b \cdot \tan(\beta)}{\pi \cdot m_t} = 1.883 \quad \text{Recobrimento axial}$$

Potência a ser transmitida

$$P := 1 \cdot \text{kW} \quad \text{Potência do motor}$$

$$\omega := 3420 \text{rpm} = 358.142 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \text{Rotação no eixo}$$

$$T := \frac{P}{\omega} = 2.792 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad \text{Torque no eixo} \quad T = 2.792 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$F_t := \frac{T}{r1} = 158.162 \text{N} \quad \text{Força tangencial}$$

$$F_r := F_t \cdot \tan(\alpha_t) = 63.517 \text{N} \quad \text{Força radial}$$

$$F_a := F_t \cdot \tan(\beta) = 73.752 \text{N} \quad \text{Força axial}$$

$$F_n := \sqrt{F_t^2 + F_r^2 + F_a^2} = 185.712 \text{N} \quad \text{Força normal}$$

$$\frac{F_t}{\cos(\alpha_n) \cdot \cos(\beta)} = 185.712 \text{N}$$

Cálculo de tensões de contato

$$E1 := 207 \cdot \text{GPa} \quad E2 := E1 \quad \text{Módulo de elasticidade do material}$$

$$\nu1 := .29 \quad \nu2 := \nu1 \quad \text{Coeficiente de Poisson}$$

$$y_M := \frac{a \cdot F_t}{r1 \cdot r2 \cdot b} = 0.415 \cdot \text{MPa} \quad \text{Fator MAAG Geométrico}$$

$$K1 := 1 - \nu1^2 = 0.916 \quad K2 := K1$$

$$y_E := \frac{E1 \cdot E2}{\pi \cdot (K1 \cdot E2 + K2 \cdot E1)} = 35.97 \cdot \text{GPa} \quad \text{Fator de elasticidade dos materiais}$$

$$y_\alpha := \frac{2}{\sin(2 \cdot \alpha_t)} = 2.892 \quad \text{Fator do ângulo de pressão:}$$

$$y_{\epsilon} := \frac{\cos(\beta_b)}{\epsilon_{\alpha}} = 0.642$$

$$\sigma_{HB} := \sqrt{y_M \cdot y_E \cdot y_{\alpha} \cdot y_{\epsilon}} = 166.462 \cdot \text{MPa} \quad \text{Tensão de contato básica}$$

$$v_t := \omega \cdot r_1 = 6.323 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$k_d := 1.3$$

Engrenagem grau de qualidade ISO 9, com dureza superficial acima de 350 Brinell

$$\psi_d := \frac{b}{\phi_1} = 0.793$$

Relação entre largura e diâmetro da engrenagem

$$k_e := 1.45$$

Pinhão em balanço

$$k_s := 1.25$$

Acionamento por motor elétrico com carga de usinagem por freza de dois gumes em aço

$$\sigma_H := \sqrt{y_M \cdot y_E \cdot y_{\alpha} \cdot y_{\epsilon} \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_s} = 255.521 \cdot \text{MPa}$$

Tensão de contato em serviço

Cálculo da tensão de flexão:

$$h := (2 + c) \cdot m_n = 4.334 \cdot \text{mm}$$

Altura do dente

$$h_{tf} := h = 4.334 \cdot \text{mm}$$

Altura a ser considerada para cálculo

$$\rho_f := .35 \cdot m_n = 0.7 \cdot \text{mm}$$

Arredondamento no pé do dente

$$z_{1v} = 21.493$$

Numero de dentes virtuais para consulta do Y.F

$$Y_F := 2.75$$

Fator de forma de Maag

$$t := \sqrt{\frac{6 \cdot h_{tf} \cdot m_n}{Y_F}} = 4.349 \cdot \text{mm}$$

Estimativa da espessura na raiz do dente pelo Y.F, apenas para calcular o Kt

$$Y_{\beta} := 1 - \frac{\beta}{120 \text{deg}} = 0.792$$

Fator de hélice

$$\sigma_{bf} := \frac{F_t}{b \cdot m_n \cdot \epsilon_{\alpha}} \cdot Y_F \cdot Y_{\beta} = 4.303 \cdot \text{MPa}$$

Tensão de flexão básica

$$K_t := .18 + \left(\frac{t}{\rho_f}\right)^{.15} \cdot \left(\frac{t}{h_{tf}}\right)^{.45} = 1.497$$

Dos ensaios de fotoelasticidade

$$q := 1$$

Fator tomando conservativamente como 1

$$K_{t_f} := 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1.497$$

Fator de concentração de tensões

$$\sigma_f := \sigma_{bf} \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_s \cdot K_{t_f} = 15.181 \cdot \text{MPa}$$

Tensão de flexão no pé do dente em operação