

$$ev(\alpha) := \tan(\alpha) - \alpha$$

Engrenamento Vê com dentes helicoidais

$$a' := 100\text{mm}$$

Distância entre centros requerida

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

ângulo de pressão normal

$$m_n := 4\text{mm}$$

módulo normal

$$c := .25$$

Folga no fundo do dente

$$k := (1 + c) = 1.25$$

Fator de profundidade do dendo

$$\beta := 15\text{deg}$$

ângulo de hélice

$$b := 40\text{mm}$$

largura da engrenagem

$$\alpha_t := \text{atan}\left(\frac{\tan(\alpha_n)}{\cos(\beta)}\right) = 20.6\text{deg}$$

ângulo de pressão transversal

$$\beta_b := \text{atan}\left(\tan(\beta) \cdot \cos(\alpha_t)\right) = 14.076\text{deg}$$

ângulo de hélice de base

$$m_t := \frac{m_n}{\cos(\beta)} = 4.14\text{mm}$$

Módulo transversal

$$p_t := m_t \cdot \pi = 13.01\text{mm}$$

Passo transversal

$$p_{bt} := p_t \cdot \cos(\alpha_t) = 12.174\text{mm}$$

Passo de base transversal

$$z1 := 18$$

$$z2 := 30$$

Número de dentes

$$i := \frac{z2}{z1} = 1.667$$

Relação de transmissão

$$a := \frac{z1 + z2}{2} \cdot m_t = 99.387\text{mm}$$

Distância entre centros sem deslocamento de perfil

$$\alpha'_t := \text{acos}\left(\frac{a}{a'} \cdot \cos(\alpha_t)\right) = 21.56\text{deg}$$

ângulo de pressão transversal de operação

$$x1s2 := \frac{(ev(\alpha'_t) - ev(\alpha_t)) \cdot (z1 + z2)}{2 \cdot \tan(\alpha_t)} = 0.151$$

Deslocamentos de perfis 1 e 2 somados

$$x1 := x1s2 = 0.151$$

$$x2 := 0$$

Deslocamento de perfis escolhidos

$$y := \frac{a' - a}{m_n} = 0.153$$

Fator de deslocamento de centros

$$z_{\min} := \frac{2 \cdot (k - x1) \cdot \cos(\beta)}{\sin(\alpha_t)^2} = 17.071$$

Número mínimo de dentes

$$m'_t := m_t \cdot \frac{\cos(\alpha_t)}{\cos(\alpha'_t)} = 4.167\text{mm}$$

módulo transversal de operação

$$m'_n := m'_t \cdot \cos(\beta) = 4.025\text{mm}$$

Módulo normal de operação

$$\phi 1 := m_t \cdot z1 = 74.54\text{mm}$$

$$\phi 2 := m_t \cdot z2 = 124.233\text{mm}$$

Diâmetro primitivo

$$\phi' 1 := m'_t \cdot z1 = 75\text{mm}$$

$$\phi' 2 := m'_t \cdot z2 = 125\text{mm}$$

Diâmetro primitivo de operação

$$r1 := \frac{\phi 1}{2} = 37.27 \cdot \text{mm}$$

$$r'1 := \frac{\phi'1}{2} = 37.5 \cdot \text{mm}$$

$$\beta' := \text{atan}\left(\frac{\phi'1}{\phi 1} \cdot \tan(\beta)\right) = 15.088 \cdot \text{deg}$$

$$\alpha'_n := \text{atan}\left(\cos(\beta') \cdot \tan(\alpha'_t)\right) = 20.882 \cdot \text{deg}$$

$$\phi 1_b := \phi 1 \cdot \cos(\alpha_t) = 69.752 \cdot \text{mm}$$

$$\phi 1_a := \phi 1 + 2 \cdot m_n \cdot (1 - x_2 + y) = 83.77 \cdot \text{mm}$$

$$\phi 1_d := \phi 1 - 2 \cdot m_n \cdot (1 + c - x_1) = 65.75 \cdot \text{mm}$$

$$\alpha_b := 0$$

$$\alpha 1_a := \text{acos}\left(\frac{\phi 1_b}{\phi 1_a}\right) = 33.623 \cdot \text{deg}$$

$$\alpha 1_d := \text{acos}\left(\frac{\phi 1_b}{\phi 1_d}\right) = 19.891 \cdot \text{deg}$$

$$s 1_t := m_t \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot x_1 \cdot \tan(\alpha_t)\right) = 6.977 \cdot \text{mm}$$

$$s 1_b := \phi 1_b \cdot \left(\frac{s 1_t}{\phi 1} + \text{ev}(\alpha_t) - \text{ev}(\alpha_b)\right) = 7.68 \cdot \text{mm}$$

$$s 1_a := \phi 1_a \cdot \left(\frac{s 1_t}{\phi 1} + \text{ev}(\alpha_t) - \text{ev}(\alpha 1_a)\right) = 2.67 \cdot \text{mm}$$

$$s 1_d := \phi 1_d \cdot \left(\frac{s 1_t}{\phi 1} + \text{ev}(\alpha_t) - \text{ev}(\alpha 1_d)\right) = (7.24 + 0.87i) \cdot \text{mm}$$

$$z 1_v := \frac{z 1}{\cos(\beta)^3} = 19.973$$

$$\epsilon_{\alpha} := \frac{\sqrt{\left(\frac{\phi 1_a}{2}\right)^2 - \left(\frac{\phi 1_b}{2}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{\phi 2_a}{2}\right)^2 - \left(\frac{\phi 2_b}{2}\right)^2} - a' \cdot \sin(\alpha'_t)}{P_{bt}} = 1.476$$

$$\epsilon_{\beta} := \frac{b \cdot \tan(\beta)}{\pi \cdot m_t} = 0.824$$

Potência a ser transmitida

$$P := 1 \cdot \text{kW}$$

$$\omega := 1120 \text{rpm} = 117.286 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$T := \frac{P}{\omega} = 8.526 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$r2 := \frac{\phi 2}{2} = 62.117 \cdot \text{mm}$$

$$r'2 := \frac{\phi'2}{2} = 62.5 \cdot \text{mm}$$

Ângulo de hélice de operação
ângulo normal na condição de operação

$$\phi 2_b := \phi 2 \cdot \cos(\alpha_t) = 116.254 \cdot \text{mm}$$

$$\phi 2_a := \phi 2 + 2 \cdot m_n \cdot (1 - x_1 + y) = 132.25 \cdot \text{mm}$$

$$\phi 2_d := \phi 2 - 2 \cdot m_n \cdot (1 + c - x_2) = 114.23 \cdot \text{mm}$$

ângulo de pressão na base por definição da envolvente

$$\alpha 2_a := \text{acos}\left(\frac{\phi 2_b}{\phi 2_a}\right) = 28.472 \cdot \text{deg}$$

$$\alpha 2_d := \text{acos}\left(\frac{\phi 2_b}{\phi 2_d}\right) = 10.761 \cdot \text{deg}$$

$$s 2_t := m_t \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot x_2 \cdot \tan(\alpha_t)\right) = 6.505 \cdot \text{mm}$$

$$s 1_t + s 2_t = 13.482 \cdot \text{mm}$$

$$s 2_b := \phi 2_b \cdot \left(\frac{s 2_t}{\phi 2} + \text{ev}(\alpha_t) - \text{ev}(\alpha_b)\right) = 8 \cdot \text{mm}$$

$$s 2_a := \phi 2_a \cdot \left(\frac{s 2_t}{\phi 2} + \text{ev}(\alpha_t) - \text{ev}(\alpha 2_a)\right) = 3.1 \cdot \text{mm}$$

$$s 2_d := \phi 2_d \cdot \left(\frac{s 2_t}{\phi 2} + \text{ev}(\alpha_t) - \text{ev}(\alpha 2_d)\right) = (7.86 + 0.25i) \cdot \text{mm}$$

$$z 2_v := \frac{z 2}{\cos(\beta)^3} = 33.288$$

Raio primitivo

Raio primitivo de operação

Diâmetro de base

Diâmetro de adendo

Diâmetro do pé do dente

ângulo de pressão na base por definição da envolvente

ângulo de contato no adendo

ângulo de contato no dedendo

Espessura transversal do dente no diâmetro primitivo

Soma das espessuras igual ao passo transversal

Espessura no pé do dente

Espessura no adendo

Espessura no dedendo

Número virtual de dentes

Razão de condução

Recobrimento axial

Potência do motor

Rotação no eixo

Torque no eixo

$$T = 8.526 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$F_t := \frac{T}{r_1} = 227.364 \cdot \text{N}$$

Força tangencial

$$F_r := F_t \cdot \tan(\alpha'_t) = 89.838 \text{ N}$$

Força radial

$$F_a := F_t \cdot \tan(\beta') = 61.298 \text{ N}$$

Força axial

$$F_n := \sqrt{F_t^2 + F_r^2 + F_a^2} = 252.037 \text{ N}$$

Força normal

$$F_{\text{norm}} := \frac{F_t}{\cos(\alpha'_n) \cdot \cos(\beta')} = 252.037 \text{ N}$$

Cálculo de tensões de contato

$$E1 := 207 \cdot \text{GPa} \quad E2 := E1$$

Módulo de elasticidade do material

$$\nu1 := .29 \quad \nu2 := \nu1$$

Coefficiente de Poisson

$$y_M := \frac{a \cdot F_t}{r_1 \cdot r_2 \cdot b} = 0.243 \cdot \text{MPa}$$

Fator MAAG Geométrico

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

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

$$y_\alpha := \frac{2}{\sin(2 \cdot \alpha'_t)} = 2.926$$

Fator do ângulo de pressão:

$$y_\epsilon := \frac{\cos(\beta_b)}{\epsilon_\alpha} = 0.657$$

$$\sigma_{HB} := \sqrt{y_M \cdot y_E \cdot y_\alpha \cdot y_\epsilon} = 129.518 \cdot \text{MPa}$$

Tensão de contato básica

$$v_t := \omega \cdot r_1 = 4.398 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$k_d := 1.3$$

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

$$\psi_d := \frac{b}{\phi_1} = 0.537$$

Relação entre largura e diâmetro da engrenagem

$$k_e := 1.3$$

Pinhão em balanço

$$k_s := 1.75$$

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

$$\sigma_H := \sqrt{y_M \cdot y_E \cdot y_\alpha \cdot y_\epsilon \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_s} = 222.737 \cdot \text{MPa}$$

Tensão de contato em serviço

Cálculo da tensão de flexão:

$$h := (2 + c) \cdot m_n = 9 \cdot \text{mm}$$

Altura do dente

$$h_{tf} := h - \frac{s1_a}{2} \cdot \tan(\alpha_{1a}) = 8.111 \cdot \text{mm}$$

Altura a ser considerada para cálculo

$$\rho_f := .35 \cdot m_n = 1.4 \cdot \text{mm}$$

Arredondamento no pé do dente

$$z1_v = 19.973$$

$$Y_F := 2.57$$

$$t := \sqrt{\frac{6 \cdot h_{tf} \cdot m'_n}{Y_F}} = 8.73 \cdot \text{mm}$$

$$Y_\beta := 1 - \frac{\beta}{120 \text{deg}} = 0.875$$

$$\sigma_{bf} := \frac{F_t}{b \cdot m'_n \cdot \epsilon_\alpha} \cdot Y_F \cdot Y_\beta = 2.152 \cdot \text{MPa}$$

$$K_t := .18 + \left(\frac{t}{\rho_f}\right)^{.15} \cdot \left(\frac{t}{h_{tf}}\right)^{.45} = 1.54$$

$$q := 1$$

$$K_{t_f} := 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1.54$$

$$\sigma_f := \sigma_{bf} \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_s \cdot K_{t_f} = 9.802 \cdot \text{MPa}$$

Numero de dentes virtuais para consulta do Y.F

Fator de forma de Maag

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

Fator de hélice

Tensão de flexão básica

Dos ensaios de fotoelasticidade

Fator tomando conservativamente como 1

Fator de concentração de tensões

Tensão de flexão no pé do dente em operação