

$$ev(\alpha) := \tan(\alpha) - \alpha \quad \text{Função da envolvente}$$

Com deslocamento de perfil Vê:

$$\alpha := 20^\circ \quad \text{Ângulo de pressão}$$

$$m := 2 \text{ mm} \quad \text{Módulo}$$

$$c := 0.25 \quad \text{Folga no pé do dente}$$

$$k := (1 + c) = 1.25 \quad \text{Fator de cálculo do dedendo}$$

$$x1 := 0.5 \quad \text{Deslocamento de perfil do pinhão}$$

$$x2 := 0 \quad \text{Deslocamento de perfil da coroa}$$

$$i_r := 2.6 \quad \text{Relação de de transmissão mínima requerida}$$

$$a' := 48 \text{ mm} \quad \text{Máximo a requerido}$$

$$z_{min} := \frac{2 \cdot (k - x1)}{\sin(\alpha)^2} = 12.823 \quad \text{Número mínimo de dentes da engrenagem fabricada por processo de geração}$$

Dados para o Pinhão

Dados para a coroa

$$z1 := 13 \quad i_r \cdot z1 = 33.8 \quad z2 := 34 \quad \text{Número de dentes}$$

$$i := \frac{z2}{z1} = 2.615 \quad \text{Relação de transmissão}$$

$$a := \frac{z1 + z2}{2} \cdot m = 47 \text{ mm} \quad \text{Distância entre centros sem deslocamento de perfil}$$

$$\phi1 := z1 \cdot m = 26 \text{ mm} \quad \phi2 := z2 \cdot m = 68 \text{ mm} \quad \text{Diâmetro primitivo}$$

$$p := m \cdot \pi = 6.283 \text{ mm} \quad \text{Passo primitivo}$$

$$\phi1_b := \phi1 \cdot \cos(\alpha) = 24.432 \text{ mm} \quad \phi2_b := \phi2 \cdot \cos(\alpha) = 63.899 \text{ mm} \quad \text{Diâmetro de base}$$

$$p_b := \frac{\phi1_b \cdot \pi}{z1} = 5.904 \text{ mm} \quad p \cdot \cos(\alpha) = 5.904 \text{ mm} \quad \text{Passo de base}$$

$$\alpha' := \arccos\left(\frac{a \cdot \cos(\alpha)}{a'}\right) = 23.057 \text{ deg} \quad \text{ângulo de pressão com centro deslocado}$$

$$x1 := x1 + x2 = \frac{(ev(\alpha') - ev(\alpha)) \cdot (z1 + z2)}{2 \cdot \tan(\alpha)} \xrightarrow{\text{explicit}} -x2 - \frac{(z1 + z2) \cdot (ev(\alpha) - ev(\alpha'))}{2 \cdot \tan(\alpha)} = 0.537$$

$$\frac{(z1 + z2) \cdot (ev(\alpha) - ev(\alpha'))}{2 \cdot \tan(\alpha)} = 0.537 \quad \text{Fator de deslocamento de perfil ajustado}$$

$$x1 = 0.537$$

$$y := \frac{a' - a}{m} = 0.5$$

Fator de deslocamento de centro

$$m' := m \cdot \frac{\cos(\alpha)}{\cos(\alpha')} = 2.043 \text{ mm}$$

Módulo de operação

$$s1 := m \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot x1 \cdot \tan(\alpha) \right) = 3.924 \text{ mm} \quad s2 := m \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot x2 \cdot \tan(\alpha) \right) = 3.142 \text{ mm}$$

Espessura dos dentes

$$s1 + s2 = 7.066 \text{ mm} \quad \blacksquare > \blacksquare \quad p = 6.283 \text{ mm}$$

$$\phi1' := m' \cdot z1 = 26.553 \text{ mm}$$

$$\phi2' := m' \cdot z2 = 69.447 \text{ mm} \quad \text{Diâmetro primitivos de operação}$$

$$\frac{\phi2'}{\phi1'} = 2.615$$

Relação de transmissão não muda

$$s1' := \phi1' \cdot \left(\frac{s1}{\phi1} + ev(\alpha) - ev(\alpha') \right) = 3.787 \text{ mm} \quad s2' := \phi2' \cdot \left(\frac{s2}{\phi2} + ev(\alpha) - ev(\alpha') \right) = 2.63 \text{ mm}$$

Espessura do dente nos diâmetros primitivos de operação

$$s1' + s2' = 6.417 \text{ mm} \quad \blacksquare = \blacksquare \quad m' \cdot \pi = 6.417 \text{ mm}$$

$$\phi1_a := \phi1 + 2 \cdot m \cdot (1 - x2 + y) = 32 \text{ mm}$$

$$\phi2_a := \phi2 + 2 \cdot m \cdot (1 - x1 + y) = 71.9 \text{ mm}$$

Diâmetro de adendo

$$\phi1_d := \phi1 - 2 \cdot m \cdot (1 + c - x1) = 23.1 \text{ mm}$$

$$\phi2_d := \phi2 - 2 \cdot m \cdot (1 + c + x2) = 63 \text{ mm}$$

Diâmetro de dedendo

$$\alpha1_a := \arccos\left(\frac{\phi1_b}{\phi1_a}\right) = 40.226 \text{ deg}$$

$$\alpha2_a := \arccos\left(\frac{\phi2_b}{\phi2_a}\right) = 27.21 \text{ deg}$$

Ângulo de pressão no adendo

$$s1_a := \phi1_a \cdot \left(\frac{s1}{\phi1} + ev(\alpha) - ev(\alpha1_a) \right) = 0.706 \text{ mm} \quad s2_a := \phi2_a \cdot \left(\frac{s2}{\phi2} + ev(\alpha) - ev(\alpha2_a) \right) = 1.571 \text{ mm}$$

Espessura do dente no adendo

$$\epsilon_\alpha := \frac{\sqrt{\left(\frac{\phi1_a}{2}\right)^2 - \left(\frac{\phi1_b}{2}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{\phi2_a}{2}\right)^2 - \left(\frac{\phi2_b}{2}\right)^2} - a' \cdot \sin(\alpha')}{p_b} = 1.35$$

Razão de condução

Com deslocamento de perfil Vê para aperfeiçoar a razão de condução:

$$\alpha := 20^\circ$$

Ângulo de pressão

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

Módulo

$$c := 0.25$$

Folga no pé do dente

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

Fator de cálculo do dedendo

$$x1 := -0.6$$

Deslocamento de perfil do pinhão

$$x2 := -.6$$

Deslocamento de perfil da coroa

$$x_1 + x_2 = -1.2$$

Condição de engrenamento Vê-Zero

$$z_{min} := \frac{2 \cdot (k - x_1)}{\sin(\alpha)^2} = 31.63$$

Número mínimo de dentes da engrenagem fabricada por processo de geração

$$i_r := 3$$

Relação de de transmissão mínima requerida

Dados para o Pinhão

Dados para a coroa

$$z_1 := 32$$

$$i_r \cdot z_1 = 96$$

$$z_2 := 100$$

Número de dentes

$$i := \frac{z_2}{z_1} = 3.125$$

Relação de transmissão

$$a := \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot m = 132 \text{ mm}$$

Distância entre centros sem deslocamnto de perfil

$$\phi_1 := z_1 \cdot m = 64 \text{ mm}$$

$$\phi_2 := z_2 \cdot m = 200 \text{ mm}$$

Diâmetro primitivo

$$p := m \cdot \pi = 6.283 \text{ mm}$$

Passo primitivo

$$s_1 := m \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot x_1 \cdot \tan(\alpha) \right) = 2.268 \text{ mm} \quad s_2 := m \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot x_2 \cdot \tan(\alpha) \right) = 2.268 \text{ mm} \quad \text{Espessura dos dentes}$$

$$s_1 + s_2 = 4.536 \text{ mm} \quad \blacksquare < \blacksquare \quad p = 6.283 \text{ mm}$$

$$\phi_{1b} := \phi_1 \cdot \cos(\alpha) = 60.14 \text{ mm}$$

$$\phi_{2b} := \phi_2 \cdot \cos(\alpha) = 187.939 \text{ mm}$$

Diâmetro de base

$$p_b := \frac{\phi_{1b} \cdot \pi}{z_1} = 5.904 \text{ mm}$$

$$p \cdot \cos(\alpha) = 5.904 \text{ mm}$$

Passo de base

$$\alpha' := \alpha$$

$$\tan(\alpha') - \alpha' = \tan(\alpha) - \alpha + \frac{2 \cdot (x_1 + x_2)}{z_1 + z_2} \cdot \tan(\alpha)$$

Solução numérica

$$\alpha' := \text{find}(\alpha') = 16.534 \text{ deg}$$

$$a' := a \cdot \frac{\cos(\alpha)}{\cos(\alpha')} = 129.39 \text{ mm}$$

Distância entre centros para engrenamento Vê

$$y := \frac{a' - a}{m} = -1.305$$

Fator de deslocamento de centro

$$m' := m \cdot \frac{\cos(\alpha)}{\cos(\alpha')} = 1.96 \text{ mm}$$

Módulo de operação

$$\phi_1' := m' \cdot z_1 = 62.734 \text{ mm}$$

$$\phi_2' := m' \cdot z_2 = 196.045 \text{ mm} \quad \text{Diâmetro primitivos de operação}$$

$$s1' := \phi1' \cdot \left(\frac{s1}{\phi1} + ev(\alpha) - ev(\alpha') \right) = 2.638 \text{ mm} \quad s2' := \phi2' \cdot \left(\frac{s2}{\phi2} + ev(\alpha) - ev(\alpha') \right) = 3.521 \text{ mm}$$

Espeçura do dente nos diâmetros primitivos de operação

$$s1' + s2' = 6.159 \text{ mm} > m' \cdot \pi = 6.159 \text{ mm}$$

$$\phi1_a := \phi1 + 2 \cdot m \cdot (1 - x2 + y) = 65.2 \text{ mm} \quad \phi2_a := \phi2 + 2 \cdot m \cdot (1 - x1 + y) = 201.2 \text{ mm}$$

Diâmetro de adendo

$$\phi1_d := \phi1 - 2 \cdot m \cdot (1 + c - x1) = 56.6 \text{ mm} \quad \phi2_d := \phi2 - 2 \cdot m \cdot (1 + c + x2) = 197.4 \text{ mm}$$

Diâmetro de dedendo

$$\alpha1_a := \arccos\left(\frac{\phi1_b}{\phi1_a}\right) = 22.678 \text{ deg} \quad \alpha2_a := \arccos\left(\frac{\phi2_b}{\phi2_a}\right) = 20.903 \text{ deg}$$

Ângulo de pressão no adendo

$$s1_a := \phi1_a \cdot \left(\frac{s1}{\phi1} + ev(\alpha) - ev(\alpha1_a) \right) = 1.844 \text{ mm} \quad s2_a := \phi2_a \cdot \left(\frac{s2}{\phi2} + ev(\alpha) - ev(\alpha2_a) \right) = 1.84 \text{ mm}$$

Espeçura do dente no adendo

$$\epsilon_\alpha := \frac{\sqrt{\left(\frac{\phi1_a}{2}\right)^2 - \left(\frac{\phi1_b}{2}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{\phi2_a}{2}\right)^2 - \left(\frac{\phi2_b}{2}\right)^2} - a' \cdot \sin(\alpha')}{p_b} = 1.97$$

Razão de condução