

## FORMULÁRIO ENGRENAGENS CILINDRICAS DE DENTES RETOS OU HELICOIDAIS

1. Ângulo de pressão normal e transversal  $\cos \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\operatorname{tg} \alpha_t}$   $\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta}$   $\alpha_t = \arccos \left( \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta} \right)$

2. Passo Circular Transversal  $p_t = \frac{\pi \times d}{Z}$   $m_t = \frac{d}{Z}$   $p_t = \pi \times m_t$

3. Passo Circular Normal  $p_n = p_t \times \cos \beta$   $p_n = \pi \times m_t \times \cos \beta$   $m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}$   $p_n = \pi \times m_n$

4. Módulo normal - Sistema métrico  $m_n = \frac{p_n}{\pi} (mm)$

5. Diametral Pitch - Sistema Inglês  $DP_n = \frac{DP_t}{\cos \beta} = \frac{Z}{d \times \cos \beta}$   $DP_t = \frac{Z}{d} \left( \frac{1}{\text{pol}} \right)$

6. Relação entre módulo e diametral pitch  $m_n = \frac{25,4}{DP_n}$

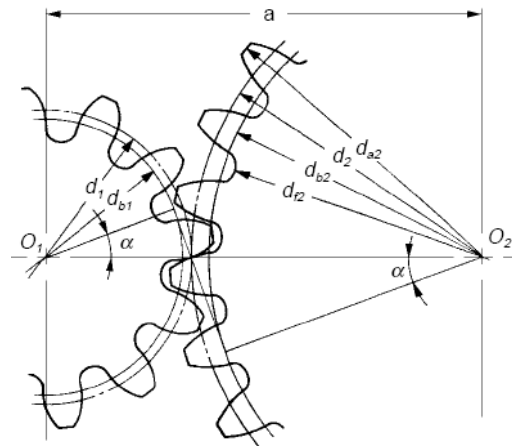
7. Diâmetro primitivo  $d = \frac{m_n \times Z}{\cos \beta}$

8. Adendo  $h_a = 1 \times m_n$

9. Dedendo  $h_d = 1,167 \times m_n$

10. Diâmetro de cabeça  $d_a = d + 2 \times h_a$

11. Diâmetro de fundo ou pé  $d_f = d - 2 \times h_d$



12. Distância entre centros  $a = \frac{d_1 + d_2}{2}$   $a = \frac{m_n \times (Z_1 + Z_2)}{2 \times \cos \beta}$

13. Folga entre cabeça e fundo de 1 par de engrenagens  $c = h_d - h_a$

14. Cálculo da correção conhecido o entre centros de trabalho - aw  $\sum x = \frac{ev\alpha_{tw} - ev\alpha_t}{2 \times \operatorname{tg} \alpha_n} \times (Z_1 + Z_2)$

15. Evolvente do ângulo de pressão frontal  $ev\alpha_t = \operatorname{tg} \alpha_t - \alpha_t (\text{radianos})$

16. Ângulo de pressão transversal de trabalho  $\alpha_{tw} = \arccos \left[ \frac{m_t \times (Z_1 + Z_2) \times \cos \alpha_t}{2 \times a_w} \right]$

17. Evolvente do ângulo de pressão de trabalho  $ev\alpha_{tw} = \operatorname{tg} \alpha_{tw} - \alpha_{tw} (\text{radianos})$

18. Coeficiente de rebaixamento  $k = \sum x - \frac{a_w - a}{m_n}$

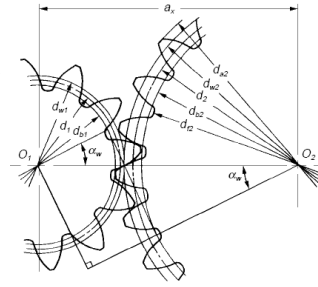
19. Diâmetro de cabeça  $d_a = d + 2 \times h_a + 2 \times x \times m_n - 2 \times k \times m_n = d + 2 \times (1 + x - k) m_n$

20. Diâmetro de fundo ou pé  $d_f = d - 2 \times h_d + 2 \times x \times m_n$

21. Diâmetro de trabalho

$$d_{w1} = \frac{2 \times a_w}{\frac{Z_2}{Z_1} + 1}$$

$$d_{w2} = 2 \times a_w - d_{w1}$$

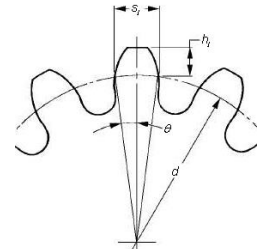


22. Espessura do dente no plano normal, no diâmetro primitivo

$$s_n = \frac{p_n}{2} + 2 \times x \times m_n \times \operatorname{tg} \alpha_n$$

23. Espessura do dente no plano transversal, no diâmetro primitivo.

$$s_t = \frac{p_t}{2} + 2 \times x \times m_n \times \operatorname{tg} \alpha_t$$

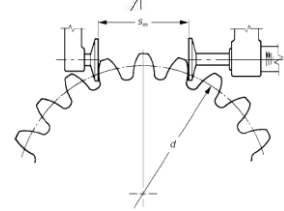


24. Número virtual de dentes

$$Z_v = \frac{Z}{(\cos \beta)^3}$$

25. Número de dentes para medir W

$$Z_{wcal} = 0,5 + \frac{\alpha_n \times Z_v}{\pi} - \frac{(Z_v + 2 \times x) \operatorname{tg} \alpha_n}{\pi} + \frac{Z_v}{\pi} \sqrt{(\operatorname{tg} \alpha_n)^2 + \frac{4 \times x}{Z_v \times \cos \alpha_n} \left(1 + \frac{x}{Z_v}\right)}$$



26. Medida de controle W

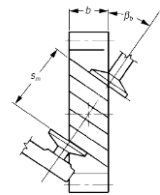
$$W = m_n \times \cos \alpha_n \left[ (Z_w - 0,5) \pi + Z \times \operatorname{ev} \alpha_t \right] + 2 \times m_n \times x \times \operatorname{sen} \alpha_n$$

27. Largura mínima para que seja possível medir W

Normalmente adota-se  $\Delta b$  igual ou maior que 3 mm

$$b_{\min} = W \times \operatorname{sen} \beta_b + \Delta b$$

$$\beta_b = \arctg(\operatorname{tg} \beta \times \cos \alpha_n)$$



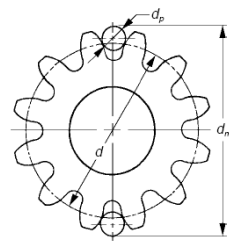
28. Número de dentes virtuais para medida M

$$Z_{nM} = \frac{Z}{(\cos \beta)^{3,3}}$$

29. Ângulos auxiliares

$$\alpha_{vmM} = \arccos \left( \frac{Z_{nM} \times \cos \alpha_n}{Z_{nM1} + 2 \times x} \right)$$

$$\alpha_{KnM} = \operatorname{tg} \alpha_{vmM} - \operatorname{ev} \alpha_n + \frac{\pi - 4 \times x \times \operatorname{tg} \alpha_n}{2 \times Z_{nM}}$$



30. Diâmetro da esfera

$$D_M = Z_{nM} \times m_n \times \cos \alpha_n (\operatorname{tg} \alpha_{KnM} - \operatorname{tg} \alpha_{vmM})$$

31. Ângulo de pressão no ponto de contato da esfera com a evolvente

$$\operatorname{ev} \alpha_{sm} = \operatorname{ev} \alpha_t + \frac{D_M}{m_n \times Z \times \cos \alpha_n} + \frac{4 \times x \times \operatorname{tg} \alpha_n}{2 \times Z}$$

32. Diâmetro sobre o qual a esfera se apóia

$$d_m = \frac{d \times \cos \alpha_t}{\cos \alpha_{sm}}$$

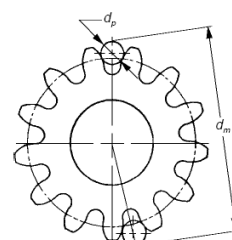
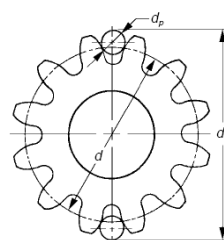
33. Calculo da medida sobre esferas (Medida M)

33.1. Para número de dentes par

$$M = d_m + D_M$$

33.2. Para número de dentes impar

$$M = d_m \times \cos \left( \frac{\pi}{2 \times Z} \right) + D_M$$



### 34. Grau de recobrimento

34.1. Grau de recobrimento radial

$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{1}{p_{tb}} \left[ \sqrt{\left(\frac{d_{a1}}{2}\right)^2 + \left(\frac{d_{b1}}{2}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{d_{a2}}{2}\right)^2 + \left(\frac{d_{b2}}{2}\right)^2} + a_w \times \text{sen} \alpha_{tw} \right]$$

34.2. Grau de recobrimento axial

$$\varepsilon_{\beta} = \frac{b_w \times \text{sen} \beta}{m_n \times \pi}$$

34.3. Grau de recobrimento total

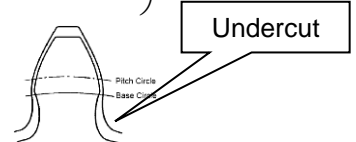
$$\varepsilon_t = \varepsilon_{\alpha} + \varepsilon_{\beta}$$

35. Ângulo de pressão em um diâmetro qualquer  $\alpha_q = \arccos \left( \frac{d}{d_q} \times \cos \alpha_n \right)$

36. Espessura em um diâmetro qualquer  $s_q = d_q \times \text{sen} \left( \frac{\pi + 4 \times x \times \text{tg} \alpha_n}{2 \times Z} + \text{ev} \alpha_n - \text{ev} \alpha_q \right)$

37. Correção mínima para evitar undercut

$$x_{\text{mínimo}} = 1 - \frac{Z}{2} \times (\text{sen} \alpha_n)^2$$



## FORMULÁRIO ENGRENAGENS CÔNICAS DE DENTES RETOS – SISTEMA GLEASON

1. Diâmetro primitivo  $d = m \times Z$

2. Ângulo do cone primitivo

$$\delta_1 = \arctg \left( \frac{\text{sen} \Sigma}{\frac{Z_2}{Z_1} + \cos \Sigma} \right) \quad \delta_2 = \Sigma - \delta_1$$

Onde  $\Sigma$  é o ângulo entre os eixos dos cones

3. Geratriz relativa ao primitivo  $R_e = \frac{d_1}{2 \text{sen} \delta_1} = \frac{d_2}{2 \text{sen} \delta_2}$

4. Largura do dente:  $b$  deve ser menor do que  $R_e/3$  ou  $10 \times$  módulo

5. Adendo  $h_{a2} = 0,540m + \frac{0,460m}{\left( \frac{Z_2 \cos \delta_1}{Z_1 \cos \delta_2} \right)}$   $h_{a1} = 2m - h_{a2}$

6. Dedendo  $h_f = 2,188m - h_a$

7. Ângulo do dedendo  $\Theta_f = \arctg \left( \frac{h_f}{R_e} \right)$

8. Ângulo do adendo  $\Theta_{a1} = \Theta_{f2}$   $\Theta_{a2} = \Theta_{f1}$

9. Ângulo do cone externo  $\delta_a = \delta + \Theta_a$

10. Ângulo do cone interno  $\delta_f = \delta - \Theta_f$

11. Diâmetro externo  $d_a = d + 2h_a \cos \delta$

12. Diâmetro externo interno  $d_i = d_a - \frac{2b \text{sen} \delta_a}{\cos \Theta_a}$

13. Distância de montagem  $X = R_e \cos \delta - h_a \text{sen} \delta$

