Acesse: ☞ http://fuvestibular.com.br/

AULA
35

Engrenagens IV

Introdução

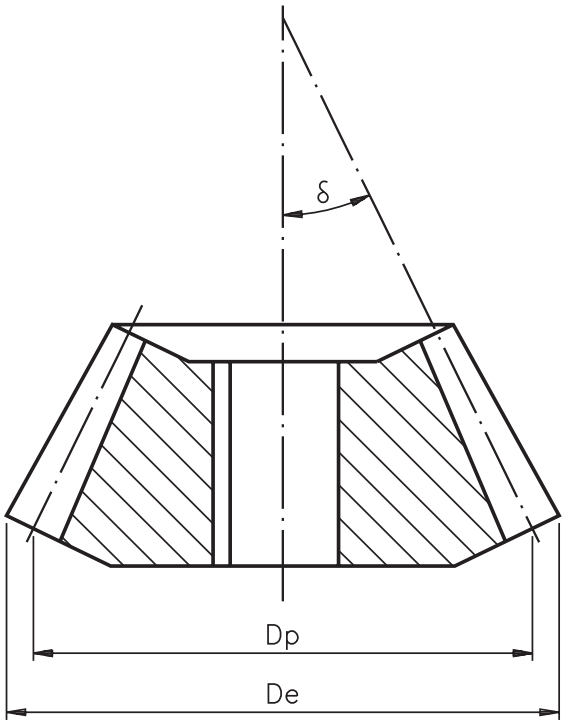
Para grandes problemas, grandes soluções. Por exemplo: qual a saída para o setor de projeto e construção de uma empresa em que o setor de usinagem necessita fazer a manutenção de uma máquina importada, cujo reparo exige a compra de uma engrenagem que não está disponível no mercado.

A saída é construir a peça.

Nesta aula você conhecerá os cálculos para a construção de engrenagens cônicas.

Cálculo para engrenagem cônica

Numa engrenagem cônica, o diâmetro externo (De) pode ser medido, o número de dentes (Z) pode ser contado e o ângulo primitivo (δ) pode ser calculado. Na figura a seguir podemos ver a posição dessas cotas.



P/ as outras apostilas de El. de Máquinas, Acesse: http://fuvestibular.com.br/telecurso-2000/apostilas/metal-mecanica/elementos-de-maquinas/apostila-2/

O diâmetro externo (De) é dado pelo fórmula $De = Dp + 2 \cdot M \cdot \cos\delta$, onde Dp é o diâmetro primitivo e M é o módulo.

O diâmetro primitivo (Dp) é dado por

$Dp = M \cdot Z$

onde:

Z é o número de dentes

O ângulo δ é dado pela fórmula

$$tg\,\delta = \frac{Z}{Za}$$

onde:

Z é o número de dentes da engrenagem que será construída;

Za é o número de dentes da engrenagem que será acoplada.

A partir dessas três fórmulas, podemos deduzir a fórmula do módulo (M) e encontrar o seu valor.

Assim,

$De = Dp + 2 \cdot M \cdot \cos\delta$ (A)

Como $Dp = M \cdot Z$, podemos substituir na fórmula (A)

Logo $De = M \cdot Z + 2M \cdot \cos\delta$

Reescrevendo, temos:

$De = M\,(Z + 2 \cdot \cos\delta)$ (B)

Isolando o módulo, temos:

$$M = \frac{De}{Z + 2\cos\delta} \quad (C)$$

Vamos, então, calcular o módulo da engrenagem, sabendo que:

De =63,88 mm (medido)

Z =30 (da engrenagem que será construída)

Za = 120 (da engrenagem que será acoplada)

É necessário calcular primeiro o ângulo primitivo (δ) da engrenagem que será construída.

Assim, $tg\,\delta = \frac{Z}{Za}$

Substituindo os valores na fórmula, temos:

$$tg\,\delta = \frac{30}{120}$$

$tg\ \delta = 0{,}25$

Utilizando a calculadora, encontraremos o ângulo aproximado.

$\delta = 14^{o}2'$

Agora podemos calcular o módulo, aplicando a fórmula (C):

$$M^{\circ}\ \frac{De}{Z + 2 \cdot \cos\delta}$$

Substituindo os valores, temos:

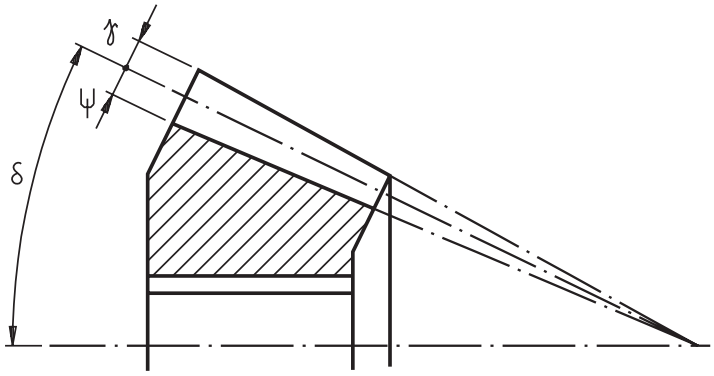
$$M^{\circ}\ \frac{63{,}88}{30 + 2 \cdot \cos 14^{o}2'}$$

$$M^{\circ}\ \frac{63{,}88}{30 + 1{,}94}$$

$$M^{\circ}\ \frac{63{,}88}{31{,}94}$$

$M = 2$

Vamos definir, agora, os ângulos da cabeça e do pé do dente.



γ – ângulo da cabeça do dente

ψ – ângulo do pé do dente

δ – ângulo primitivo

Os ângulos do dente são calculados pelas fórmulas

$$\operatorname{tg}\gamma^{\circ}\ \frac{2\cdot \operatorname{sen}\delta}{Z}\ \text{(D)}$$

para o ângulo de pressão α = 14º30' ou 15º,

$$\operatorname{tg}\psi^{\circ}\ \frac{2{,}33\cdot \operatorname{sen}\delta}{Z}\ \text{(E)}$$

para o ângulo de pressão α = 20º,

$$\operatorname{tg}\psi^{\circ}\ \frac{2{,}50\cdot \operatorname{sen}\delta}{Z}$$

Podemos, então, calcular os ângulos:

γ – ângulo da cabeça do dente
ψ – ângulo do pé do dente

Dados:

δ – ângulo primitivo (14º2')
Z = 30
α =14º30' (ângulo de pressão)

Aplicando a fórmula (D) abaixo:

$$\operatorname{tg}\gamma^{\circ}\ \frac{2\cdot \operatorname{sen}\delta}{Z}$$

Substituindo os valores na fórmula:

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{2\cdot \operatorname{sen} 14^{o}2'}{30}$$ (o seno de 14º2' é obtido na calculadora)

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{2\cdot 0{,}24248}{30}$$

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{0{,}48496}{30}$$

tg γ = 0,01616 (com a calculadora acha-se o ângulo aproximado)

γ = 56'

Portanto, o ângulo da cabeça do dente γ = 56'

O ângulo do pé do dente (ψ) é calculado aplicando a fórmula (E)

$$\operatorname{tg}\psi^{\circ}\ \frac{2{,}33\cdot \operatorname{sen}\delta}{Z}$$

Substituindo os valores, temos:

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{2{,}33\cdot \operatorname{sen} 14^{o}2'}{30}$$

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{2{,}33\cdot 0{,}24248}{30}$$

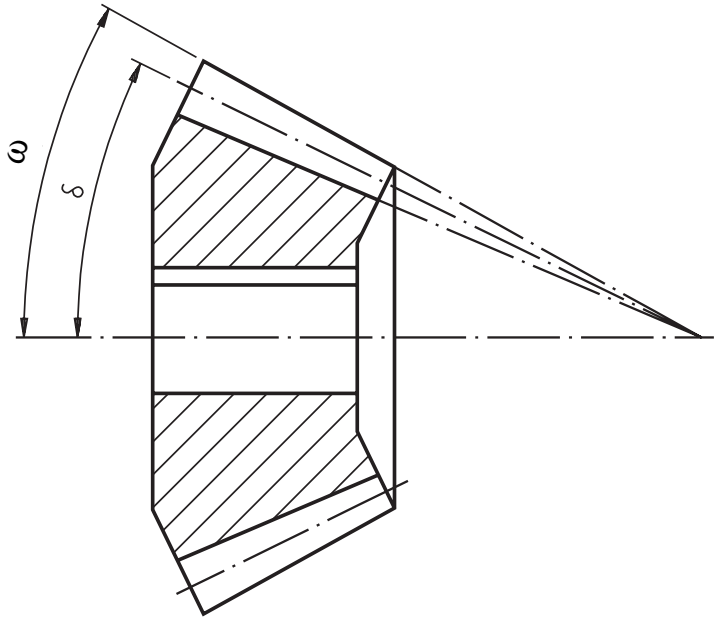
$$\operatorname{tg}\psi = \frac{0{,}56498}{30}$$

$\operatorname{tg}\psi$ = 0,01883(novamente, com a calculadora, obtém-se o ângulo aproximado)

$\psi = 1^{o}5'$

Assim, o ângulo do pé do dente ψ é 1º5'.

Mais dois ângulos são necessários para a construção da engrenagem cônica.
Um deles é o ângulo(ω), que será utilizado para o torneamento da superfície cônica do material da engrenagem.



O ângulo ω é o ângulo de inclinação do carro superior do torno para realizar o torneamento cônico do material.

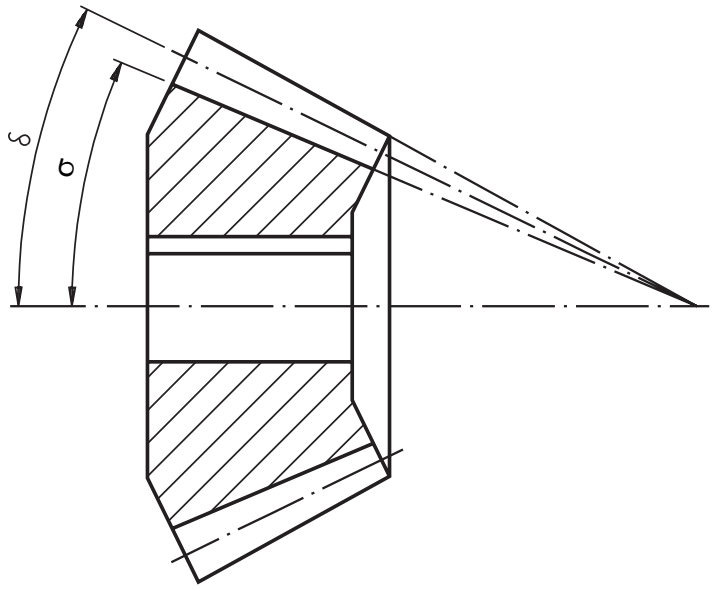
O ângulo(ω) é igual à soma do ângulo primitivo(δ) mais o ângulo da cabeça do dente (γ).

Logo, $\omega = \delta + \gamma$

Substituindo os valores na fórmula, temos:
$\omega = 14^o2' + 56'$
$\omega = 14^o58'$

Portanto, o ângulo ω é: $14^o58'$

O outro ângulo (σ) é o ângulo em que o fresador deve inclinar o cabeçote divisor para fresar a engrenagem cônica.



O ângulo (σ) é igual ao ângulo primitivo (δ) menos o ângulo do pé do dente (ψ).

Assim, $\sigma = \delta - \psi$

Substituindo os valores na fórmula, temos:

$\sigma = 14^o2' - 1^o5'$

$\sigma = 12^o57'$

Está faltando ainda calcular a altura total do dente (h).

h = a + b

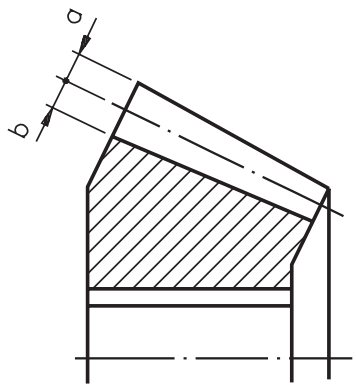
onde:a = altura da cabeça do dente

a = M

b = altura do pé do dente

b = 1,25 · M (para ângulo de pressão α = 20º)

b = 1,17 · M (para ângulo de pressão α = 14º30' ou 15º)



ComoM = 2

então,a = 2 mm
b = 1,17 · 2

Logo,b = 2,34 mm

Comoh = a + b

temos:h = 2 + 2,34

Portanto,h = 4,34 mm

Você viu os principais cálculos para construir uma engrenagem cônica.
Para adquirir mais habilidade, faça os exercícios a seguir. Depois confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Exercício 1**Exercício 1**

Calcular as dimensões para construir uma engrenagem cônica de módulo 2, número de dentes Z = 120, número de dentes da engrenagem que será acoplada Za = 30, ângulo de pressão α = 14º30' e ângulo dos eixos a 90º.

Dp = ...

δ = ...

De = ...

a = ...

b = ...

h = ...

γ = ...

ψ = ...

ω = ...

σ = ...

Exercício 2**Exercício 2**

Calcular as dimensões de uma engrenagem cônica, módulo 4, com eixos a 90º, com número de dentes Z = 54, número de dentes da engrenagem que será acoplada Za = 18 e ângulo de pressão α = 14º30'.

Dp = ...

δ = ...

De = ...

γ = ...

ψ = ...

ω = ...

σ = ...

a = ...

b = ...

h = ...