

Engrenagens V

Introdução

A ponte rolante precisava de reparos. A coroa e o parafuso com rosca sem-fim estavam com defeitos. Os dentes da coroa e os filetes da rosca do parafuso estavam desgastados.

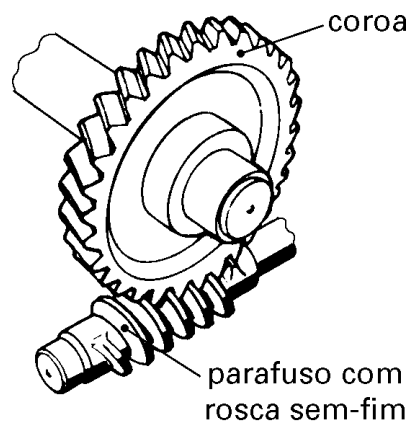
O mecânico do setor de manutenção estava com um sério problema. Conhecia bem o funcionamento da ponte rolante, mas não sabia como calcular as dimensões dos dentes da coroa nem da rosca do parafuso para sua construção.

E você, saberia fazer esses cálculos? Se não sabe, siga a aula com atenção porque é bem possível que, como mecânico, você um dia encontre o mesmo problema.

Vamos lá?

Conceito

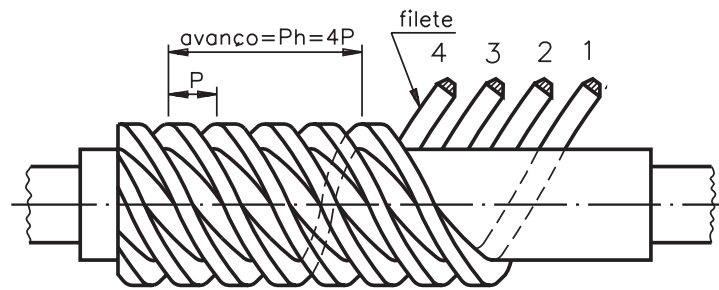
A coroa e o parafuso com rosca sem-fim compõem um sistema de transmissão muito utilizado na mecânica, principalmente nos casos em que é necessária redução de velocidade ou um aumento de força, como nos redutores de velocidade, nas talhas e nas pontes rolantes.



Parafuso com rosca sem-fim

Esse parafuso pode ter uma ou mais entradas.

Veja, por exemplo, a ilustração de um parafuso com rosca sem-fim com 4 entradas.



O número de entradas do parafuso tem influência no sistema de transmissão.

Se um parafuso com rosca sem-fim tem apenas **uma entrada** e está acoplado a uma coroa de 60 dentes, em cada volta dada no parafuso a coroa vai girar apenas um dente.

Como a coroa tem 60 dentes, será necessário dar 60 voltas no parafuso para que a coroa gire uma volta. Assim, a rpm da coroa é 60 vezes menor que a do parafuso. Se, por exemplo, o parafuso com rosca sem-fim está girando a 1.800 rpm, a coroa girará a 1.800 rpm, divididas por 60, que resultará em 30 rpm.

Suponhamos, agora, que o parafuso com rosca sem-fim tenha **duas entradas** e a coroa tenha 60 dentes. Assim, a cada volta dada no parafuso com rosca sem-fim, a coroa girará dois dentes. Portanto, será necessário dar 30 voltas no parafuso para que a coroa gire uma volta.

Assim, a rpm da coroa é 30 vezes menor que a rpm do parafuso com rosca sem-fim. Se, por exemplo, o parafuso com rosca sem-fim está girando a 1.800 rpm, a coroa girará a 1.800 divididas por 30, que resultará em 60 rpm.

A rpm da coroa pode ser expressa pela fórmula

$$N_c = \frac{N_p \cdot N_e}{Z_c}$$

onde: N_c = rpm da coroa

N_p = rpm do parafuso com rosca sem-fim

N_e = número de entradas do parafuso

Z_c = número de dentes da coroa

EXEMPLO

Em um sistema de transmissão composto de coroa e parafuso com rosca sem-fim, o parafuso tem 3 entradas e desenvolve 800 rpm. Qual será a rpm da coroa, sabendo-se que ela tem 40 dentes?

Dados disponíveis

$$N_p = 800 \text{ rpm}$$

$$N_e = 3 \text{ entradas}$$

$$Z_c = 40 \text{ dentes}$$

Aplicando a fórmula

$$N_c = \frac{N_p \cdot N_e}{Z_c}$$

e substituindo os valores na fórmula, temos:

$$N_c = \frac{800 \cdot 3}{40}$$

$$N_c = \frac{2.400}{40}$$

$$N_c = 60 \text{ rpm}$$

Portanto, a coroa deverá girar a 60 rpm.

Vamos fazer o exercício, a seguir, para você rever o que foi explicado.

Exercício 1

Qual será a rpm da coroa com 80 dentes de um sistema de transmissão cujo parafuso com rosca sem-fim tem 4 entradas e gira a 3.200 rpm?

$$\text{Dados: } N_p = 3.200 \text{ rpm}$$

$$N_e = 4$$

$$Z_c = 80 \text{ dentes}$$

Fórmula

$$N_c = \frac{N_p \cdot N_e}{Z_c}$$

Exercícios

Na última ilustração podemos ver que no parafuso com rosca sem-fim aparece o passo (P) e o avanço (Ph). A relação entre o passo e o avanço é dado pela fórmula

$$Ph = Ne \cdot P$$

onde: Ne = número de entradas

Quando o problema é calcular as dimensões do parafuso com rosca sem-fim e da coroa a serem fabricados, é preciso calcular o módulo (M), usando-se a mesma fórmula empregada para cálculo de engrenagem helicoidal.

A fórmula é a seguinte:
$$M = \frac{de + De - 2 \cdot E}{4} \quad (A)$$

onde: de = diâmetro externo do parafuso

De = diâmetro externo da coroa

E = distância entre os centros

Essas dimensões foram tomadas medindo-se o conjunto, e obtivemos os valores

$$de = 28 \text{ mm}$$

$$De = 104,4 \text{ mm}$$

$$E = 62,2 \text{ mm}$$

Substituindo os valores na fórmula (A), temos:

$$M = \frac{28 + 104,4 - 2 \cdot 62,2}{4}$$

$$M = \frac{132,4 - 124,4}{4}$$

$$M = \frac{8}{4}$$

$$M = 2$$

Assim, o módulo do conjunto coroa e parafuso com rosca sem-fim é 2. Agora, com o valor do módulo, é possível calcular as demais dimensões.

Para facilitar os cálculos, vamos utilizar a nomenclatura seguinte.

Coroa

- M = módulo
- Zc = número de dentes
- Dp = diâmetro primitivo
- De = diâmetro externo
- D2 = diâmetro maior
- l = largura da roda
- R = raio
- δ = ângulo dos chanfros da coroa
- a = altura da cabeça do dente
- b = altura do pé do dente
- h = altura total do dente
- β = ângulo da hélice
- E = distância entre eixos da coroa e da rosca sem-fim

Parafuso com rosca sem-fim

- de = diâmetro externo
- dp = diâmetro primitivo
- γ = ângulo do flanco do filete

Fórmulas

$$P = M \cdot \pi$$

$$D2 = De + 2 \cdot R (1 - \cos \delta)$$

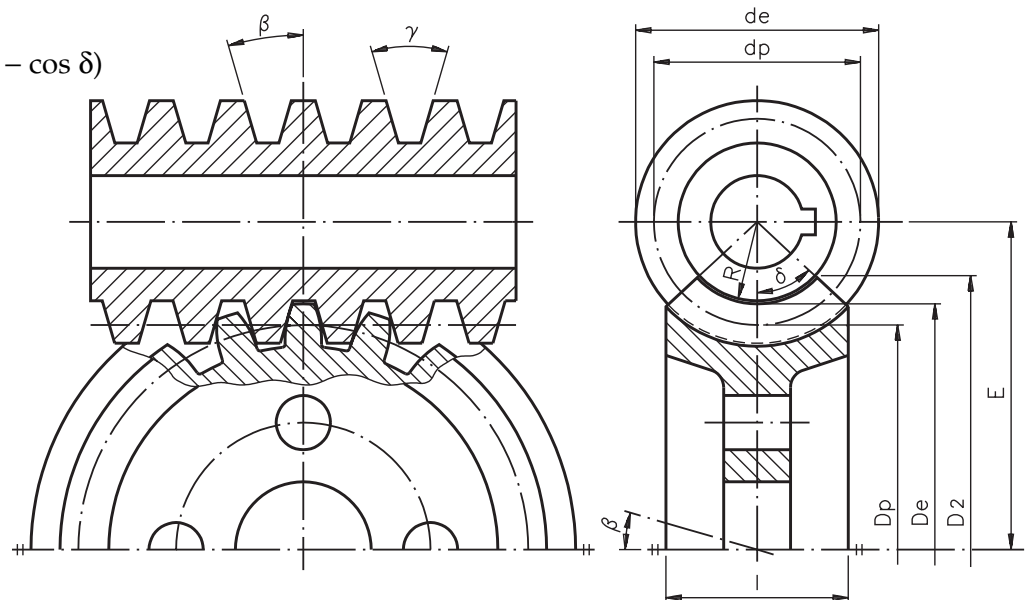
$$De = Dp + 2 \cdot M$$

$$E = \frac{Dp + dp}{2}$$

$$Dp = \frac{M \cdot Z_e}{\cos \beta}$$

$$Dp = De - 2 \cdot M$$

$$R = E - \frac{De}{2}$$



Valores de l

Para parafuso com rosca sem-fim de uma ou duas entradas:

$$l = 2,38 \cdot P + 6$$

Para parafuso com rosca sem-fim com mais de duas entradas:

$$l = 2,15 \cdot P + 5$$

Valores de h

$$h = a + b, \text{ sendo } a = M$$

$$b = 1,167 \cdot M \text{ (para ângulo de pressão } 14^{\circ}30' \text{ ou } 15^{\circ}\text{)}$$

$$b = 1,25 \cdot M \text{ (para ângulo de pressão } 20^{\circ}\text{)}$$

$$h = 2,167 \cdot M \text{ (para ângulo de pressão } 14^{\circ}30' \text{ ou } 15^{\circ}\text{)}$$

$$h = 2,25 \cdot M \text{ (para ângulo de pressão } 20^{\circ}\text{)}$$

$$\cos \delta = \frac{dp}{de}$$

$\gamma = 29^{\circ}, 30^{\circ}$ ou 40° , variando de acordo com o ângulo de pressão: $14^{\circ}30'$, 15° e 20° .

Agora, já é possível calcular as demais dimensões da coroa e da rosca do parafuso.

Contando o número de dentes da coroa, temos:

$$Z_c = 50$$

O passo P da coroa e da rosca do parafuso é dado pela fórmula $P = M \cdot \pi$

$$\text{Logo } P = 2 \cdot 3,14$$

$$P = 6,28 \text{ mm}$$

O diâmetro primitivo da coroa é calculado por

$$D_p = D_e - 2 \cdot M$$

$$D_p = 104,4 - 2 \cdot 2$$

$$D_p = 104,4 - 4$$

$$D_p = 100,4 \text{ mm}$$

O diâmetro primitivo da rosca do parafuso é dado por

$$dp = de - 2 \cdot M$$

$$dp = 28 - 2 \cdot 2$$

$$dp = 28 - 4$$

$$dp = 24 \text{ mm}$$

O raio R é calculado pela fórmula

$$R = E - \frac{D_e}{2}$$

$$\text{Assim, } R = 62,2 - \frac{104,4}{2}$$

$$R = 62,2 - 52,2$$

$$R = 10 \text{ mm}$$

O ângulo dos chanfros (δ) pode ser calculado pela fórmula

$$\cos \delta = \frac{dp}{de}$$

$$\cos \delta = \frac{24}{28}$$

$$\cos \delta = 0,85714$$

Consultando a tabela de co-seno temos, aproximadamente:

$$\delta = 31^\circ$$

Calcula-se o diâmetro maior da coroa ($D2$) pela fórmula

$$D2 = De + 2 \cdot R \cdot (1 - \cos \delta)$$

$$\text{Assim, } D2 = 104,4 + 2 \cdot 10 \cdot (1 - 0,85714)$$

$$D2 = 104,4 + 20 \cdot (0,14286)$$

$$D2 = 104,4 + 2,857$$

$$D2 = 107,257 \text{ mm}$$

Logo, $D2$ é, aproximadamente, igual a 107,26mm.

A largura da coroa (l) para o parafuso com rosca sem-fim de uma entrada é dada por

$$l = 2,38 \cdot P + 6$$

$$l = 2,38 \cdot 6,28 + 6$$

$$l = 14,95 + 6$$

$$l = 20,95 \text{ mm}$$

A altura total do dente (h) é calculada pela fórmula

$$h = a + b$$

$$\text{para } a = M$$

$$a = 2,0 \text{ mm}$$

$$\text{e } b = 1,25 \cdot M \text{ (considerando o ângulo de pressão } 20^\circ)$$

$$b = 1,25 \cdot 2$$

$$b = 2,5 \text{ mm}$$

$$\text{Portanto, } h = 2,0 + 2,5$$

$$h = 4,5 \text{ mm}$$

O ângulo da hélice β é dado por

$$\cos \beta = \frac{M \cdot Z}{Dp} \Rightarrow \cos \beta = \frac{2,0 \cdot 50}{100,4} =$$

$$\cos \beta = \frac{100}{100,4} = 0,99601$$

Portanto, procurando o valor mais próximo na tabela de co-seno, $\beta = 5^\circ$.

Para você fixar os cálculos vistos nesta aula é importante fazer os exercícios a seguir. Confira as respostas no gabarito.

Exercícios

Exercício 1

Calcular a rpm de uma coroa com 60 dentes, sabendo que o seu parafuso com rosca sem-fim tem 2 entradas e desenvolve 1.800 rpm.

Exercício 2

Calcular as dimensões de uma coroa com 80 dentes para engrenar com um parafuso com rosca sem-fim com os seguintes dados:

Parafuso com rosca sem-fim com 1 entrada

Módulo: $M = 3$

Diâmetro primitivo: $d_p = 22 \text{ mm}$

Diâmetro externo: $d_e = 28 \text{ mm}$

Ângulo da hélice: $\beta = 7^\circ 50'$

Ângulo de pressão: $\alpha = 15^\circ$

$D_p =$

$D_e =$

$D_2 =$

$E =$

$R =$

$l =$

$a =$

$b =$

$h =$

