

# Fresando engrenagens cilíndricas com dentes helicoidais

**N**a aula passada você viu como fresar engrenagens cilíndricas de dentes retos, utilizando o aparelho divisor universal e divisão indireta. Nesta aula você vai aprender a fresar engrenagens cilíndricas com dentes helicoidais, utilizando uma grade de engrenagens.

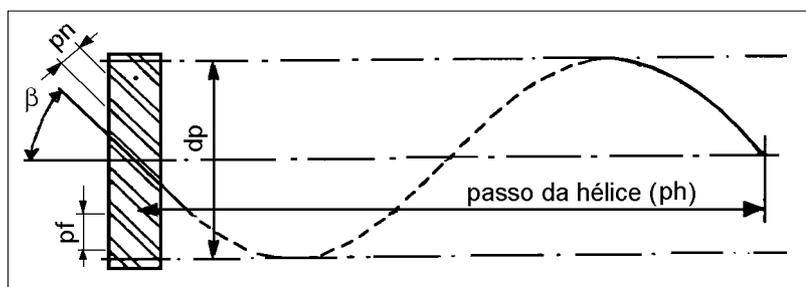
Para fresar engrenagens de dentes helicoidais, você vai utilizar outros conceitos como passo normal ( $p_n$ ), passo frontal ( $p_f$ ), passo da hélice ( $p_h$ ), passo constante da fresadora e número de dentes imaginários ( $Z_i$ ).

Estude bem! E não esqueça de recorrer a aulas passadas, caso necessário.

## Como fresar engrenagens cilíndricas com dentes helicoidais

## Nossa aula

Para fresar engrenagens cilíndricas com dentes helicoidais, é preciso conhecer o ângulo de inclinação ( $\beta$ ). Este apresenta os seguintes passos: passo normal, frontal e o passo da hélice ( $p_h$ ). Veja figura.



O passo da hélice é calculado por meio da seguinte fórmula:

$$p_h = \frac{d_p \cdot \pi}{\text{tg}\beta}$$

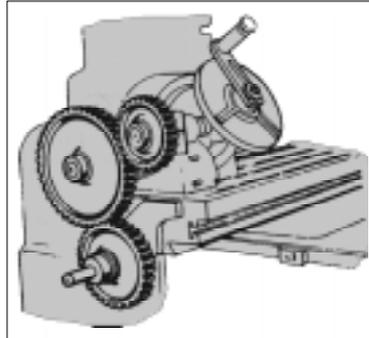
Também é preciso conhecer o passo constante da fresadora bem como a grade de engrenagens.

O *passo constante da fresadora* ( $p_c$ ) é dado pelo valor da relação de transmissão do aparelho divisor vezes o valor do passo do fuso da mesa ( $p_F$ ), ou seja,

$$p_c = RD \cdot p_F$$

Com o passo constante da fresadora calcula-se a grade de engrenagens.

Grade de engrenagens é um conjunto de engrenagens que transmite movimento sincronizado entre o fuso da mesa e o aparelho divisor universal. Veja figura a seguir.



O número de dentes das engrenagens que compõem a grade é determinado por meio da seguinte relação:

$$\frac{\text{passo constante da fresadora}}{\text{passo da hélice da engrenagem}} = \frac{\text{engrenagens motrizes}}{\text{engrenagens conduzidas}}$$

Também é importante a escolha da fresa módulo. Esta pode ser feita utilizando-se o número de dentes normal e o ângulo  $\beta$  ou calculando-se o número de dentes imaginário da fresa. O cálculo do número de dentes imaginário ( $Z_i$ ) é feito por meio da seguinte fórmula:

$$Z_i = \frac{Z}{\cos^3 \beta}$$

Com o resultado desta equação, consulta-se a tabela normalizada de fresas módulo e obtém-se o número da fresa.

Com essas informações, podemos passar à usinagem.

Vamos supor que você recebe a tarefa de fazer uma engrenagem cilíndrica de dentes helicoidais, em que:

$$\begin{aligned} Z &= 50 \\ \beta &= 22^\circ \\ mn &= 3 \\ \text{passo do fuso} &= 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$RD = \frac{40}{1}$$

coleção de engrenagens: 25, 30, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100 e 127.

Como fazer? Primeiramente, você deve calcular o módulo frontal da engrenagem.

## Cálculo do módulo frontal da engrenagem

$$m_f = \frac{m}{\cos\beta}$$

$$m_f = \frac{3}{0,92718}$$

$$m_f = 3,236$$

Então, o módulo frontal da engrenagem é igual a 3,236 mm. Em seguida, você calcula o diâmetro primitivo.

## Cálculo do diâmetro primitivo da engrenagem

$$m_f = \frac{d_p}{Z} \therefore d_p = m_f \times Z$$

Calculando vem:

$$d_{p_1} = m_f \times Z_1$$

$$d_{p_1} = 3,236 \times 50$$

$$d_{p_1} = 161,8 \text{ mm}$$

Assim, tem-se que o diâmetro primitivo da engrenagem é igual a 161,8 mm. Feito isso, você pode calcular o diâmetro externo ( $d_e$ ) da engrenagem.

## Cálculo do diâmetro externo da engrenagem

$$d_e = d_p + 2m$$

$$d_e = 161,8 + 2 \times 3$$

$$d_e = 161,8 + 6$$

$$d_e = 167,8 \text{ mm}$$

O diâmetro externo da engrenagem é igual a 167,8 mm. Essa deve ser também a medida do diâmetro externo do blaque.

Após isso, pode-se calcular a espessura ( $b$ ) da engrenagem e a altura do dente. Para a espessura, aplica-se a mesma fórmula utilizada para o cálculo do comprimento de dentes retos, isto é:  $b = 8 \times 3$ . Também é uma velha conhecida sua a fórmula para o cálculo da altura do dente, ou seja:

$$h = 2,166 \times 3 \therefore h = 6,498 \text{ mm}$$

Agora, já é possível escolher a fresa. Para isso, vamos utilizar o cálculo do número de dentes imaginário ( $Z_i$ ).

**Cálculo do número imaginário de dentes**

$$Z_i = \frac{Z}{\cos^3 \beta}$$

$$Z_i = \frac{50}{0,797}$$

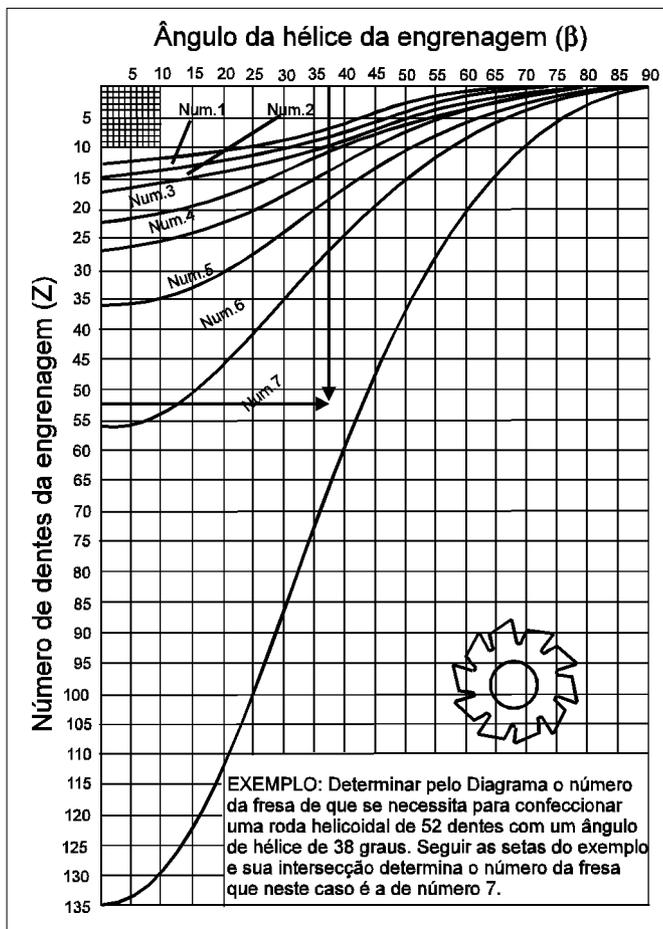
$$Z_i = 62$$

Conhecendo o valor de  $Z_i$ , você pode escolher a fresa módulo, de acordo com a tabela.

**Recordar é aprender**

Nº DA FRESA MÓDULO	Nº DE DENTES DA ENGRENAGEM (Z)
1	12 e 13
2	14 a 16
3	17 a 20
4	21 a 25
5	26 a 34
6	35 a 54
7	55 a 134
8	135 para cima e cremalheira

Assim de acordo com a tabela, a fresa módulo deve ser a de número 7.



Você acabou de escolher a fresa módulo, calculando o número de dentes imaginário. Mas, como dissemos, você também pode escolher a fresa, utilizando o número normal de dentes (Z) e o ângulo  $\beta$ .

Neste caso, o número da fresa é dado por um diagrama. Veja ao lado.

Como mostra o diagrama, para  $\beta = 22^\circ$  e  $Z = 50$  a fresa módulo é a de número 7, ou seja, a mesma encontrada por meio do cálculo de número imaginário de dentes.

**Dica tecnológica**

Caso a engrenagem fosse de dentes retos, a fresa seria a de nº 6. Para uma engrenagem de dentes helicoidais, o número da fresa deve ser maior, porque o diâmetro primitivo frontal deste tipo de engrenagem é maior que o seu diâmetro primitivo normal.

Você já tem os valores para usinar a engrenagem e já escolheu a fresa; é hora de determinar as engrenagens que vão compor a grade.

Você sabe que o passo do fuso da mesa da fresadora é igual a 5 mm e que a relação do divisor é de 40/1. Com isso, você pode determinar o passo constante da fresadora, multiplicando o passo do fuso pela relação do divisor. Veja:

$$\begin{aligned} pc &= 40 \times 5 \\ pc &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Feito isso, você calcula o passo da hélice da engrenagem. Veja:

$$ph = \frac{dp \cdot \pi}{\text{tg}\beta}$$

$$ph = \frac{161,8 \times 3,1416}{0,404}$$

$$ph = 1258,3$$

O resultado é que o passo da hélice é igual a 1258,3 mm. Tendo os valores de pc e de ph, você pode determinar as engrenagens da grade.

### Cálculo da grade das engrenagens

Substituindo na fórmula, vem:  $\frac{200}{1260}$

**Observação:** O denominador acima foi arredondado para tornar possível a simplificação da fração. Trata-se de um erro aceitável, visto que o passo da hélice é igual a quase 1300 mm.

Simplificando a fração, vem:  $\frac{10}{63}$

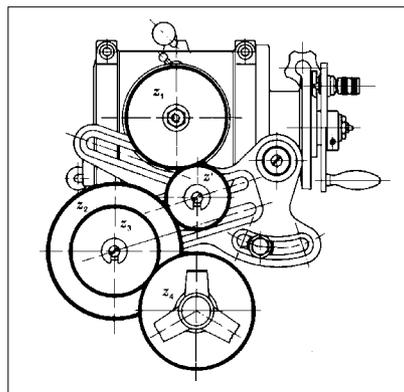
Ou seja, devíamos ter uma engrenagem com 10 dentes e outra com 63 dentes. Como a coleção disponível de engrenagens não contempla esses números de dentes (página 76), é necessário encontrar frações equivalentes aos números de dentes disponíveis na coleção.

$$\text{Assim: } \frac{10}{63} = \frac{1 \times 10}{7 \times 9} = \frac{10 \times 10}{7 \times 90} = \frac{100}{630} = \frac{4 \times 25}{7 \times 90} = \frac{40 \times 25}{70 \times 90} = \frac{\text{motrizes}}{\text{conduzidas}}$$

Com a fração  $\frac{40 \times 25}{70 \times 90}$ ,

monta-se a grade com engrenagens de 40, 25, 70 e 90 dentes, para usinar a engrenagem cilíndrica helicoidal, em que  $ph = 1260$  mm e  $pc = 200$  mm. Veja ao lado.

O último passo antes de montar a fresadora para usinar a engrenagem é determinar o número de voltas que devem ser dadas no manípulo em relação ao disco divisor.



Assim:

$$n = \frac{RD}{Z} = \frac{40}{50} = \frac{4}{5} = \frac{4 \times 4}{5 \times 4} = \frac{16}{20}$$

O resultado é  $\frac{16}{20}$ .

Isso significa que para cada dente a usinar, você deve regular o setor do disco do divisor em 16 furos em um disco de 20 furos.

### Usinando dentes helicoidais para engrenagens ciliíndricas

Vamos retomar o problema dado e acrescentar os valores calculados. Assim:

$$dp = 161,8$$

$$de = 167,8$$

$$h = 6,498$$

$$b = 24$$

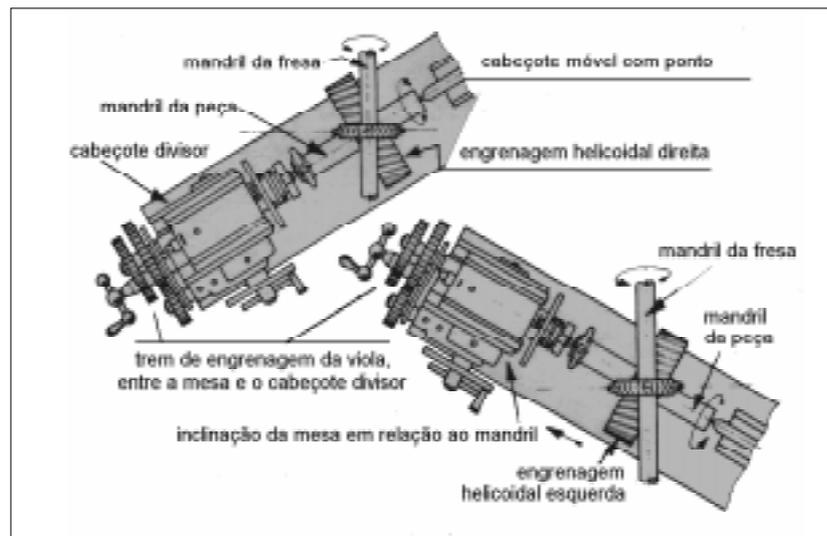
$$ph = 1\ 258,3$$

$$pc = 200$$

grade de engrenagens: *motrizes* = 40 e 25  
*conduzidas* = 70 e 90

disco de 20 furos

- Monte e prepare o aparelho divisor.
- Fixe a peça em um mandril e este no aparelho divisor.
- Fixe o disco no aparelho divisor e regule o setor para 16 furos.
- Calcule o número de dentes das engrenagens que vão compor a grade de engrenagens. Como já vimos, estes valores são: 40, 25, 70 e 90.
- Monte a grade, conforme a figura da página 79.
- Fixe a fresa. Esta será módulo 3, nº 7, uma vez que a engrenagem é de 50 dentes.
- Incline a peça em relação à fresa em 22°, conforme figura abaixo. A inclinação da peça pode ser tanto à direita quanto à esquerda, a depender do sentido dos dentes que se quer obter.



- Faça a primeira ranhura. Antes, posicione a fresa no centro do eixo e tangencie a peça.
- Retire a fresa de cima da peça e suba a mesa até a profundidade de corte desejada.
- Inicie o corte manualmente. Em seguida, complete o passe com o movimento automático. Dê tantas passadas quanto necessário para atingir  $h = 6,498$  mm.
- Gire o material para fresar a ranhura seguinte. Para isso, desloque novamente o manípulo do aparelho divisor em 16 furos. Faça a ranhura. Depois, estará pronto o primeiro dente.
- Meça o dente usinado.
- Proceda da mesma maneira para fazer as demais ranhuras e dentes.

### Exercício 1

Para uma engrenagem helicoidal de 60 dentes, módulo 4 e  $\beta = 45^\circ$ , determine:

mf

dp

de

h

b

Zi

n° da fresa

ph

### Exercício 2

Supondo uma relação de transmissão do divisor  $\frac{60}{1}$ , e passo do fuso da

mesa igual a 6 mm, determine o passo constante da fresadora.

### Exercício 3

Determine o passo da hélice (ph) de uma engrenagem helicoidal com 120 mm de diâmetro primitivo (dp) e  $\beta = 24^\circ$ .

### Exercício 4

Calcule a grade de engrenagens necessária para usinar uma engrenagem em que:

$$ph = 400 \text{ mm}$$

$$RD = \frac{40}{1}$$

passo de fuso da fresadora = 5 mm

(Utilize coleção de engrenagens da página 76.)

### Exercício 5

Qual a fresa indicada para usinar uma engrenagem de 85 dentes e  $\beta = 50^\circ$ . (Consulte o diagrama à página 78.)

**Pare! Estude!  
Responda!**