

Fresando com CNC

A sigla CNC significa comando numérico computadorizado e refere-se a máquinas-ferramenta comandadas por computadores. A primeira máquina-ferramenta controlada por computador foi uma fresadora. Ela surgiu em 1952 e destinava-se a usinar peças de geometrias complicadas utilizadas em aviões e helicópteros. Na verdade, tratava-se de uma fresadora já existente – fabricada por uma empresa americana chamada Cincinnati – que sofreu modificações em seus componentes mecânicos e recebeu um controlador eletrônico.

Este primeiro controlador eletrônico não lembra, nem de longe, os pequenos e poderosos controles numéricos atuais. Eles tinham várias vezes o tamanho da própria máquina, consumiam muita energia elétrica, falhavam frequentemente e sua capacidade de cálculo era muito limitada, se comparada à tecnologia atualmente disponível.

No entanto, apesar dessas limitações, essa fresadora inaugurou a era das máquinas-ferramenta CNC.

Durante cerca de oito anos, entre 1952 e 1960, a utilidade desse novo tipo de tecnologia foi testada nos mercados dos Estados Unidos e da Europa. Os usuários de máquinas-ferramenta, desconfiados da eficiência dos equipamentos e assustados com os preços elevados, não aderiram imediatamente ao novo conceito de produção. Apenas poucas indústrias, como a aeronáutica e a automobilística, tinham condições financeiras para adquirir este tipo de equipamento.

Com a redução progressiva dos custos e o aumento da capacidade de cálculo dos controladores eletrônicos, a tecnologia CNC popularizou-se entre indústrias pequenas e médias. Hoje, é praticamente impossível imaginar a indústria, principalmente os setores mecânico e metalúrgico, sem a presença de máquinas-ferramenta CNC.

Os benefícios trazidos pela aplicação de comandos numéricos a máquinas-ferramenta foram inúmeros:

- fabricação de peças de geometrias mais complexas, tolerâncias dimensionais mais estreitas e melhor acabamento superficial;

- maior repetibilidade das características do produto: as peças produzidas são idênticas umas às outras, independentemente dos fatores humanos;
- redução da fadiga dos operadores humanos, que passam a ser responsáveis apenas por tarefas de preparação, programação e controle de produção das máquinas;
- flexibilização da produção, ou seja, possibilidade de fabricação de pequenos lotes de uma grande variedade de peças, sem que para isso sejam necessários ajustes demorados no equipamento;

Mas como freqüentemente ocorre no campo das inovações tecnológicas, o uso das máquinas CNC também trouxe alguns problemas, como:

- necessidade de investimentos relativamente elevados para aquisição dos equipamentos;
- necessidade de treinamento e capacitação de mão-de-obra, para utilização de todo o potencial tecnológico das máquinas;
- desemprego nos segmentos de indústria onde foram instaladas.

Alguns desses problemas, no entanto, poderiam ser solucionados na própria empresa. Assim, a recapacitação dos operários para novos postos de trabalho ou até sua absorção pelos próprios fabricantes dos equipamentos automáticos são soluções viáveis, que dependem basicamente da política social da empresa.

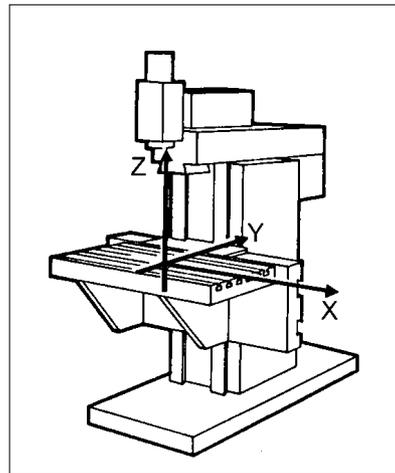
Fresadoras CNC

Nossa aula

Você já conhece o processo de fresamento convencional que utiliza fresadoras convencionais. Você deve então estar se perguntando: afinal, o que tem uma fresadora CNC que uma fresadora convencional não tem?

Se você olhar para uma fresadora CNC, vai notar componentes que já lhe são familiares como o cabeçote e a mesa, por exemplo. Mas, com certeza, vai sentir falta de muitos outros presentes na *velha* fresadora convencional.

Para começar, não há manipuladores. Também não há aquelas alavancas e tabelas que permitem a determinação das rotações e avanços. Em compensação, você vai se ver, face a face, com um painel cheio de botões, teclas e luzes coloridas e uma tela, como as de um televisor, com um amontoado de informações que, em um primeiro momento, vão lhe deixar atordoado.



fresadora CNC

Logo, você vai se perguntar como fazer para movimentar a peça ou a ferramenta. A resposta está no grande armário de metal próximo à máquina. Nesse armário estão os componentes elétricos e eletrônicos, que são responsáveis pelo controle da operação da máquina. Entre esses componentes encontra-se o comando numérico computadorizado (CNC), que é um computador responsável, principalmente, pelos movimentos da máquina.

Além do CNC, há também os drivers. Esses são um conjunto de circuitos eletrônicos, destinados a controlar a rotação do motor e uma série de outros componentes auxiliares.

Vamos ver como tudo isso funciona?

O *comando numérico* lê, interpreta e executa cada um dos códigos que compõem o programa de usinagem da peça. Por exemplo, vamos supor que você quer que o eixo longitudinal da fresadora se desloque para a coordenada 120 mm, com um avanço de 250 mm/min. Para que o CNC entenda isso, você deve programar G1 X120. F250. Mas não se preocupe agora com esses códigos. Eles serão estudados oportunamente.

Para executar uma ordem, o CNC envia uma mensagem ao motor que está ligado ao eixo longitudinal da máquina. A ordem, na verdade, é um sinal elétrico que deixa o comando numérico para acionar diretamente o motor. No entanto, como este sinal elétrico é muito fraco e insuficiente, é necessário amplificá-lo.

A amplificação do sinal elétrico é feita pelos drivers. Em outras palavras, o driver recebe um *senalzinho* do CNC e envia um *senalção* ao motor. A partir daí o motor gira no ângulo e velocidade desejados. Viu por que os manípulos e as alavancas não são mais necessários?

Mas ainda resta um problema: será que a ordem foi fielmente obedecida? Será que o motor girou exatamente o que você queria e na velocidade que você determinou?

Você pode verificar se a ordem dada pelo CNC foi cumprida por meio dos sensores. Os sensores são os *olhos* do comando numérico. Eles informam ao CNC o que está ocorrendo com a máquina e permitem a correção de eventuais desvios entre o programado e o real. Os principais sensores são os de posição e de velocidade.

Em relação às fresadoras convencionais, além de toda esta parafernália eletrônica, as fresadoras CNC modernas também apresentam melhoramentos mecânicos.

Assim, os fusos, antes trapezoidais, passam a ter um perfil semicircular e contam com esferas para reduzir o atrito e aumentar a exatidão da máquina. Com os mesmos objetivos, os antigos barramentos são substituídos por guias lineares de rolamentos. Além disso, a estrutura da máquina também é reforçada para permitir maiores taxas de remoção de cavacos.

Finalmente, as fresadoras CNC são adequadas para a produção de pequenos lotes de peças de um mesmo tipo e, às vezes, um lote único.

Os centros de usinagem

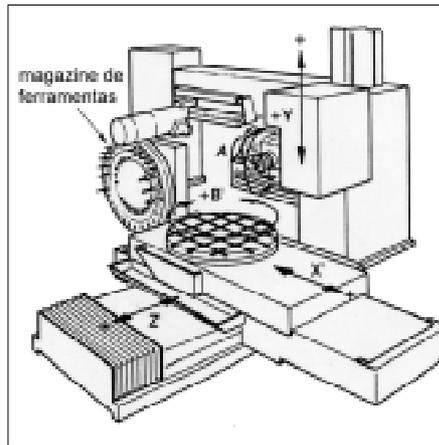
A evolução natural das fresadoras acabou por dar origem aos chamados centros de usinagem.

Os centros de usinagem são, na verdade, fresadoras às quais se juntaram outros sistemas mecânicos e eletrônicos, para obter uma máquina mais versátil.

Todo centro de usinagem tem um dispositivo conhecido como *magazine* de ferramentas.

O *magazine* tem a função de alojar um certo número de ferramentas, o qual pode chegar a mais de uma centena.

Os *magazines* constituem-se, normalmente, de um cabeçote giratório e de esteiras. O cabeçote giratório, também conhecido como *torre* ou *revólver*, comporta poucas ferramentas. As esteiras ou correntes arrastam os porta-ferramentas e comportam uma grande quantidade de ferramentas.



centro de usinagem

Para efetuar a troca da ferramenta que está no cabeçote por uma das que se encontram no *magazine*, é necessário um mecanismo conhecido como ATC, abreviação do termo, em inglês, *Automatic Tool Changer*, ou seja, trocador automático de ferramentas.

Os *magazines* e os ATCs possibilitam a troca automática de uma ferramenta por outra e aumentam a independência da máquina em relação à presença do operador humano. Uma mesma máquina pode fazer operações de fresamento, furação, mandrilamento, alargamento, rosqueamento etc., eliminando-se o tempo gasto na preparação de várias máquinas e o transporte do produto entre elas.

Assim, o produto fica pronto mais rapidamente e a um custo menor. Estes fatores podem ser decisivos para a sobrevivência da empresa, principalmente se for levada em conta a concorrência internacional à qual se encontram cada dia mais sujeitas.

Os centros de usinagem, ao contrário das fresadoras CNC, são mais utilizados na produção de lotes médios e grandes de peças. Nesse caso, a tecnologia CNC, voltada para a flexibilidade, isto é, a produção de lotes médios de peças variadas, foge do tipo de aplicação para a qual foi criada.

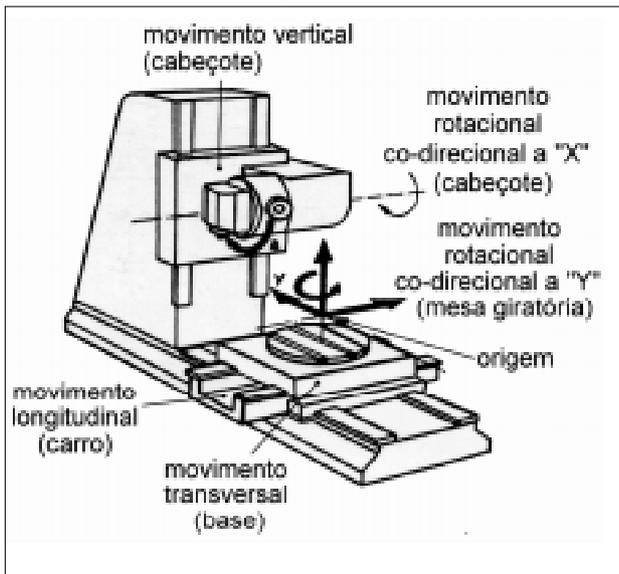
Colocando os pontos nos eixos

Em máquinas comandadas numericamente, um conceito muito importante é o de *eixo*. O número de eixos é o número de movimentos que a máquina pode executar ao mesmo tempo.

Como os tornos, as fresadoras e centros de usinagem têm eixos longitudinal e transversal, denominados *X* e *Y*, respectivamente. Além desses, possuem ainda o eixo vertical (nas máquinas verticais) ou horizontal (nas fresadoras e centros de usinagem horizontais). O eixo vertical é chamado eixo *Z*.

Quando os eixos *X*, *Y* e *Z* se movimentam ao mesmo tempo, diz-se que as máquinas são de três eixos. Quando a ferramenta pode se movimentar simultaneamente nos eixos *X* e *Y*, ficando o eixo *Z* somente para os movimentos de aproximação e afastamento da ferramenta em relação à peça, diz-se que se trata de uma máquina de dois eixos e meio.

Esta característica é importante quando se desejam fresar superfícies com formatos complicados, como as dos moldes destinados a estampar peças de carroceria de automóveis. Para que a chapa de aço adquira aquele formato todo arredondado, ao ser prensada, a cavidade do estampo deve ter a mesma geometria.



fresadora de 5 eixos

Antigamente, e mesmo ainda hoje, a usinagem dessa cavidade era feita com o auxílio das fresadoras copiadoras. As máquinas *apalpavam* um modelo e faziam a ferramenta reproduzir a geometria desse modelo sobre um bloco de aço. Atualmente, é possível usinar todo o molde com a ajuda das fresadoras CNC.

Para peças de formatos ainda mais complicados, principalmente as utilizadas na construção de aviões, existem fresadoras com 4 ou 5 eixos, como a mostrada na figura ao lado. Nessas máquinas, além dos eixos lineares X , Y e Z , a ferramenta ainda pode apresentar um ou dois movimentos angulares, com cursos de aproximadamente 40° .

Conversando com um centro de usinagem CNC

Vamos supor que você precisa elaborar um programa para usinar em uma fresadora CNC a peça apresentada abaixo. Por onde começar?

Fase inicial da programação

- Determine os valores das coordenadas dos pontos que compõem o perfil a ser fresado. Observe que, agora, os eixos são denominados X e Y, e não mais X e Z, como no caso dos tornos.

| PONTO | COORDENADA X | COORDENADA Y |
|-------|--------------|--------------|
| A | 10. | 0 |
| B | 50. | 0 |
| C | 50. | 10. |
| D | 55. | 15. |
| E | 70. | 15. |
| F | 70. | 40. |
| G | 60. | 50. |
| H | 0 | 50. |
| I | 0 | 10. |

Tabela de coordenadas dos pontos do perfil a ser fresado

- Indique o número de identificação do programa. Assim, o primeiro bloco do programa fica:
O 1500
- Informe ao comando numérico da máquina que a unidade de medida dos valores de coordenadas são milímetros. Como no caso do torno, isso é feito com a função G21.

Dica tecnológica

Se você programasse a função G20, os valores de coordenadas seriam entendidos como sendo em polegadas. Além disso, as coordenadas devem ser interpretadas como absolutas e não relativas. O que é feito, portanto, por meio da função G90.

- Informe igualmente à unidade o valor de avanço indicado pela função F nos blocos de movimentação linear e circular. Há duas possibilidades:

| G94 | G95 |
|--------------------|--------------------|
| avanço F em mm/min | avanço F em mm/rot |

- Selecione a função G94. Ou seja, a unidade de avanço será mm/min.
- Informe, finalmente, à máquina em que lugar da memória do comando numérico encontram-se as informações necessárias à localização do zero-peça. Tem-se assim o segundo bloco do programa: G21 G90 G94 G55.

Dica tecnológica

Nem todas as fresadoras e centros de usinagem são programados dessa maneira. Na verdade, um grande número deles apresenta seis endereços onde podem ser armazenados os dados referentes à localização do zero-peça. Esses endereços são indicados por meio das funções G54 a G59. No nosso caso escolhemos a função G55. Isso significa que, quando a máquina for preparada para usinar a peça programada, o preparador deve, necessariamente, registrar a localização do ponto zero-peça, de acordo com o estabelecido no programa, ou seja, no endereço G55.

- Fixe no cabeçote da máquina a ferramenta para usinar o perfil. A fresa escolhida deve ser a de topo de diâmetro 8 mm.
- Monte a fresa na posição número 4 do magazine.
- Gire o magazine da máquina e posicione a ferramenta selecionada de modo que o mecanismo de troca (ACT) possa agarrá-la. Para isso use o bloco T04.
- Programe a função M6 para realizar a troca. Logo, este bloco fica M6.

Observação: A troca ocorre quando o ATC retira a ferramenta que está no cabeçote e coloca-a no magazine.

- Ligue o motor do cabeçote da máquina. Para isso:
 - a) selecione a rotação desejada por meio da função S. Por exemplo, S2400, ou seja, 2400 rpm;
 - b) em seguida, ligue o motor, fazendo a ferramenta girar no sentido horário, isto é no sentido da ferramenta para a mesa da máquina. Para isso, use a função M3. Caso esteja usando uma fresa com hélice à esquerda, faça-a girar no sentido anti-horário por meio da função M4;
 - c) tem-se então o bloco S2400 M3.
- Agora, aproxime a ferramenta da peça. O bloco de movimentação fica G0 X – 10.Y – 10. Z50.

Dica tecnológica

Se o centro de usinagem for uma máquina de três eixos, aproxime a ferramenta por meio de um movimento que ocorra ao mesmo tempo nos eixos X, Y e Z. Escolha um ponto de aproximação 50 mm acima da superfície da peça, a fim de evitar colisões com dispositivos de fixação.

- Desça a ferramenta segundo o eixo Z, até que a ponta da fresa atinja a coordenada $Z = -10$ mm. Considere uma profundidade de corte de 10 mm.
- Ligue, ainda nesta posição, o fluido de corte por meio da função M8. Tem-se, então, o bloco G0 Z – 10.M8.

Compensação da ferramenta

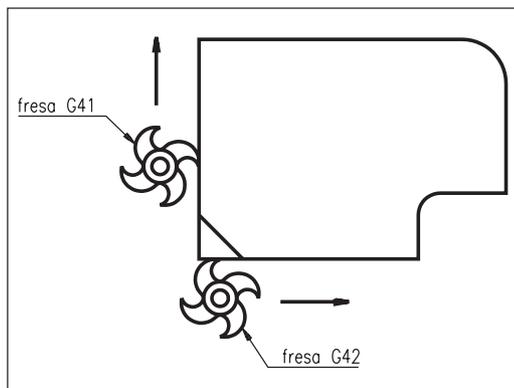
Antes de iniciar a usinagem do perfil, é necessário ativar a compensação da ferramenta. Isto é feito programando-se a função de compensação em um bloco e, no bloco seguinte, posicionando-se a ferramenta, de modo que a periferia da fresa tangencie o primeiro elemento do perfil.

Dica tecnológica

A compensação da ferramenta é necessária porque quando o comando numérico executa uma função de movimentação, como G0 ou G1, por exemplo, o centro da ferramenta é posicionado na coordenada do ponto desejado. Mas, no nosso caso, é a periferia da fresa, e não seu centro, que deve seguir o perfil formado pelos pontos dados na tabela da página anterior.

Assim, quando compensamos o raio da ferramenta por meio da função G42 ou G41, estamos compensando a diferença que existe entre o centro da ferramenta e a sua periferia, ou seja, o raio da fresa de topo.

Se a fresa percorre o perfil e permanece à sua direita, a compensação é feita com o auxílio da função G42. É o que ocorre quando a fresa passa pelos pontos A, B, C, D e sucessivamente. Se, pelo contrário, a fresa percorre o perfil em sentido oposto, ou seja, passando pelo pontos I, H, G, F etc., ela permanece à esquerda do perfil. Neste caso, usamos a função G41. Veja a figura.



No nosso caso, escolhemos percorrer o perfil no sentido anti-horário. Assim, a fresa permanece à direita do perfil. Então, a função de compensação será G42.

O ponto de aproximação escolhido será o da coordenada -10,0. Então, os blocos do programa ficam G42, G0 X-10 Y0.

Com a ferramenta já compensada, pode-se iniciar a usinagem do perfil. Para isso, proceda como segue.

- Faça um deslocamento linear até o ponto A. Utilize o seguinte bloco: G1 X10. Y0. F250.

Dica tecnológica

Não é necessário repetir em um bloco o que não mudou em relação ao bloco anterior.

- Continue o deslocamento até o ponto B através do seguinte bloco: G1 X . 50.Y0. F250.
- Desloque até o ponto C, usando o bloco G1 X50. Y10. F250.
- Descreva o arco no sentido horário levando a ferramenta até o ponto D com G2 X55. Y15. R5. F250.

**Pare! Estude!
Responda!**

Exercício 1

Escreva os blocos de movimentação até completar o perfil, isto é, até chegar novamente ao ponto A. Em seguida, confira os blocos escritos com os blocos abaixo:

De D para E: G1 X70. Y15. F250;
De E para F: G1 X70. Y40. F250;
De F para G: G3 X60. Y50. R10. F250;
De G para H: G1 X0. Y50. F250;
De H para I: G1 X0. Y10. F250;
De I para A: G1 X10. Y0. F250;

Terminamos a usinagem. Vamos então programar um movimento de saída da ferramenta.

Programando o movimento de saída da ferramenta

Proceda da seguinte maneira:

- programe o movimento de saída da ferramenta até o ponto de coordenada, segundo uma tangente ao perfil -20,-10;
- desligue, em seguida, o fluido de corte por meio da função M9. Os blocos ficam então **G0 X-20.Y-10. M9;**
- desloque a fresa no sentido positivo do eixo Z, subindo até uma posição que permita a retirada da peça do dispositivo de fixação;
- desligue o motor do cabeçote por meio da função M5. Tem-se então: G0 Z200. M5;
- indique o término do programa com o bloco M30.

**Pare! Estude!
Responda!**

Exercício 2

Crie, para cada uma das peças da figura abaixo, um programa de usinagem para dar um passe de acabamento ao longo do perfil externo.