

Introdução ao Controle Numérico

Prof. João Paulo P. Marcicano; e-mail: marcican@usp.br

Introdução

O controle numérico (CN) é um método de controle dos movimentos de máquinas pela interpretação direta de instruções codificadas na forma de números e letras. O sistema interpreta os dados e gera o sinal de saída que controla os componentes da máquina.

O primeiro protótipo de máquina CN foi construído em 1952 no Massachusetts Institute of Technology, era uma fresadora vertical copiadora, retrabalhada via “retrofitting” com servomotores, utilizada no fresamento frontal de alumínio. Os dados de entrada foram fornecidos através de fita perfurada, nos experimentos as peças foram fabricadas com sucesso, precisas e de forma repetitiva sem intervenção do operador. Com base neste equipamento, a indústria de máquinas ferramenta passou a projetar e construir e vender máquinas CN. Posteriormente, estas máquinas foram equipadas com controle numérico computadorizado (CNC) aumentando a flexibilidade, precisão e versatilidade.

O controle numérico computadorizado é uma evolução do controle numérico, ele substituiu o controle por hardware por controle por software. Foram desenvolvidos dois tipos de sistemas: o controle numérico direto e o controle numérico computadorizado. A diferença reside no fato que no primeiro um único computador central controla várias máquinas e no segundo cada máquina é equipada com o seu próprio processador. O DNC foi redefinido e atualmente significa controle numérico distribuído, onde um computador central controla várias máquinas equipadas com computador, este sistema permite mais capacidade de memória e processamento e oferece flexibilidade.

O CNC é um sistema em que um microcomputador é utilizado para controlar a máquina, este microcomputador é parte integrante do equipamento. O programa pode ser preparado remotamente em sistema integrados de projeto (CAD-D) e fabricação (CAM, CAPP), em sistemas deste tipo, o operador pode simular o programa CNC para verificar eventuais problemas que poderiam ocorrer durante o processo real de usinagem. Também é possível preparar o programa na própria máquina que normalmente dispõe de teclado e tela.

As máquinas CNC tem precisão de posicionamento de pelo menos $\pm 3 \mu\text{m}$, repetibilidade por volta de $\pm 8 \mu\text{m}$ e resolução aproximadamente de $2,5 \mu\text{m}$.

A precisão de posicionamento pode ser definida como o erro entre a posição desejada e a posição real.

A repetibilidade é o erro de posicionamento após repetidos movimentos nas mesmas condições.

A resolução é o menor incremento de movimento que pode ser obtido.

A rigidez e a folga em máquinas CNC devem ser controladas para maximizar a precisão, as máquinas são construídas sobre estruturas bastante rígidas e as folgas nos

fusos são eliminadas através do uso de fusos de esferas recirculantes.

A usinagem em máquinas CNC comparada a convencional apresenta as seguintes vantagens:

- Flexibilidade de operação, pode-se produzir formas complexas com boa precisão dimensional, boa repetibilidade com alta produtividade.
- Em alguns casos o custo de ferramentas é diminuído, por exemplo, no caso de perfis complexos não há necessidade de modelo (gabaritos ou “chapelona”).
- Calibração da máquina é facilitada pelos dispositivos eletrônicos.
- Pode-se executar um número maior de operações a cada preparação da máquina (“setup”) e, o tempo de “setup” e usinagem é menor.
- Os programas podem ser preparados rapidamente, podem ser armazenados eletronicamente e recuperados rapidamente, não há necessidade de “papelada”.
- Podem ser utilizados para prototipagem rápida.
- Não depende de habilidade do operador.

As desvantagens comparativas do CNC são: maior custo inicial custo e tempo de programação, maior custo de manutenção. De um modo geral, a utilização de máquinas CNC apresenta um retorno financeiro maior.

Conceitos Básicos de Programação CNC

O CNC é um dispositivo eletrônico capaz de receber informações e enviar sinais a máquina ferramenta de forma a executar operações sem a intervenção do operador. A programação CNC, do ponto de vista restrito, significa a preparação dos dados de entrada através de fita perfurada ou disco magnético para que o comando executando o programa movimente ferramentas e outros dispositivos da máquina para produzir a peça. De um ponto de vista mais amplo, a programação CNC começa quando as características da peça são analisadas para determinar os processos de fabricação necessários. A seguir, escolhe-se como fixar a peça, as ferramentas, seqüências de usinagem, e as condições de usinagem. A elaboração de um programa CNC é uma tarefa bastante minuciosa pois envolve uma série de informações relacionadas com a geometria da peça, com o tipo de máquina, com as ferramentas disponíveis e ainda todos os fundamentos de usinagem necessários para obtenção do produto com as características desejadas.

Os métodos de programação CNC podem ser classificados em quatro grupos:

- Programação manual.
- Programação do tipo APT.
- Sistemas Gráfico-interativos.
- Sistemas CAD-CAM.

Nos dois primeiros tipos, o programador elabora o programa, que geralmente é verificado através de sistemas de simulação ou teste na própria máquina. Nos dois últimos, a elaboração do programa é realizada com o auxílio do computador em situações com geometria totalmente definida onde todos os dados necessários são informados, mas a geração final do programa é feita pelo sistema de programação assistida pelo computador. A seguir apresenta-se algum esclarecimento adicional sobre cada tipo de programação.

Programação Manual

A programação manual consiste da elaboração de um programa na linguagem que o Comando Numérico Computadorizado entende. A linguagem de programação é composta por um conjunto de códigos formados por letras e algarismos, alguns parâmetros devem ser fornecidos em função do tipo de comando. Existem diversos comandos normalizados para posicionamento da ferramenta, ligar e desligar a rotação da ferramenta, ativar e desativar o uso de fluido de corte, ativar e desativar a correção de raio da ferramenta, ciclos pré-programados como de furação, rosqueamento, desbaste e outros. Com a linguagem o programador escreve o programa com estes comandos usando os parâmetros necessários e, para o posicionamento, utiliza um sistema de coordenadas que pode ser absoluto ou incremental. Como exemplo, apresenta-se o comando para um deslocamento da ferramenta em trajetória linear.

```
N01 G01 X200 Y400 Z000 F50
```

Onde N01 indica o número da linha;

G01 identifica o comando chamado interpolação linear;

X200, Y400 e Z000 indicam a posição final após o comando;

e F50 indica a velocidade de avanço para esta operação.

Para a execução de uma trajetória circular utiliza-se o comando G02 ou G03, de acordo com o sentido desejado, se horário ou anti-horário, seguido dos mesmos parâmetros do comando G01, acrescidos de parâmetros referentes a posição do centro do arco de circunferência em que a ferramenta se movimentará.

Programação APT

Em função da extensão dos programas elaborados através da programação manual para peças de geometria mais complexa e a dificuldade de sua verificação, foram desenvolvidas linguagens programação de alto nível para facilitar o trabalho de programação. Destas linguagens, a mais difundida foi a APT (Automatically Programmed Tools), que passou a ser amplamente adotada, sendo criadas muitas outras linguagens a partir desta. O programa APT apresenta quatro tipos de declarações:

declaração de geometria: onde são definidos todos os elementos geométricos usados;

declaração de movimentos: onde são descritos os movimentos da ferramenta ;

declarações do pós-processador: onde são especificados a máquina-ferramenta e o comando numérico utilizado;

declarações auxiliares: onde são identificadas ferramentas, tolerâncias, etc...

Na linguagem APT, o programador define as entidades geométricas no próprio desenho da peça e descreve, na seção de declarações de geometria, todos os dados necessários para identificá-las. A listagem abaixo exemplifica uma definição de geometria.

```
P0=POINT/0,-1.0,0
```

```
P1=POINT/6.0,1.125,0,0
```

```
P2=POINT/0,0,0
```

P3=POINT/6.0,0,0
P4=POINT/1.75,4.5,0
L1=LINE/P2,P3
C1=CIRCLE/CENTER,P1,RADIUS, 1.125
L2=LINE/P4,LEFT,TANTO,C1
L3=LINE/P2,P4
PL1=PLANE/P2,P3,P4.

A seguir são introduzidos comandos de movimentação da ferramenta. Os comandos são relacionados com as entidades previamente definidas, o programa em APT é considerado fácil de ser analisado. Alguns exemplos de comandos: GOTO/P1 comanda a ferramenta para se deslocar até o ponto P1. As declarações do pós-processador também o mesmo padrão, por exemplo, FEDRAT/6.0 indica a velocidade de avanço. O programa escrito nesta linguagem é, então traduzido por um compilador APT, para o CLDATA (Cutter Location Data) que é uma lista das posições da ferramenta. Posteriormente deve ser utilizado um programa pós-processador para cada tipo de máquina-ferramenta (é comum os fabricantes introduzirem alterações e ampliações na linguagem padronizada), para traduzir o CLDATA para a linguagem de programação manual que deverá ser enviada à máquina.

Sistemas Gráficos Interativos

Os sistemas gráficos interativos são sistemas computacionais destinados à programação CNC que utilizam a interação homem-máquina para determinar as condições desejadas na elaboração de um programa. Diante da grande diversificação de sistemas existentes, pode-se classificar os sistemas gráficos quanto a entrada de dados em: com linguagem e sem linguagem. O primeiro tipo utiliza linguagens simbólicas, com declarações que expressam a escolha da ferramenta, definição de geometria por elementos de contorno, determinação dos movimentos da ferramenta e informações complementares de representação gráfica e armazenamento. O segundo tipo usa recursos como ícones, teclas funcionais, mouse, que facilitam a manipulação dos dados.

Sistemas CAD/CAM

Os sistemas CAD e CAM são os meios mais modernos para a elaboração de programas CNC. Tais sistemas permitem uma interpretação da geometria das peças armazenadas em arquivo gráfico criado no CAD e a geração dos programas CNC de acordo com algumas informações fornecidas pelo programador usuário do módulo CAM. Em termos gerais, os sistemas CAD/CAM disponíveis no mercado exigem os seguintes passos para a obtenção de programas CNC:

- preparação das superfícies a serem usinadas;
- seleção dos parâmetros e variáveis de processo (tolerâncias, sobremetal, ferramentas, parâmetros de corte, etc.);
- geração automática das trajetórias das ferramentas;
- pós-processamento dos programas, adequando ao formato do comando numérico específico.

A necessidade de desenvolvimento destas ferramentas de programação foi motivada pela complexidade das formas criadas e a dificuldade de elaboração de programas CNC para estas geometrias, como exemplos, pode-se citar aplicações na indústria aeronáutica e na fabricação de moldes de injeção de plásticos.

Programação Manual – Torno

Neste capítulo, apresentam-se alguns tópicos relacionados a elaboração de programas CNC tais como: sistemas de referência, sistemas de coordenadas e sintaxe de instruções. Um programa exemplo será apresentado para facilitar a compreensão.

Pontos de referência

Normalmente os comandos de máquinas utilizam para referenciar a posição de ferramentas quatro pontos de referência, denominados: ponto zero da máquina, ponto zero da peça, ponto de referência da ferramenta e ponto de referência da máquina.

O ponto zero da máquina encontra-se no nariz da árvore, na altura da superfície de encosto da peça. O sistema de coordenadas da máquina fica definido a partir do ponto zero da máquina e todos os outros pontos de referência se relacionam a ele.

O ponto zero da peça é definido pelo programador ou operador através da posição do ponto zero da peça em relação ao ponto zero da máquina, esta distância resulta da soma do comprimento da placa mais a largura das castanhas e mais: comprimento da peça em bruto menos o sobremetal a direita, para ponto zero do lado oposto da placa e sobremetal da esquerda, caso o ponto zero da peça estiver no lado da placa.

O ponto de referência da ferramenta encontra-se no assento da ferramenta no revólver. A posição deste ponto pode ser definida através dos sistemas de medição pelo processo ATC, o comando calcula a distância da ponta da ferramenta ao ponto de referência da mesma.

O ponto de referência da máquina é uma posição fixa do carro determinada por uma chave limite. Esta posição deve ser sempre sobrepassada pelo carro para referenciar a máquina.

Modos de Operação

De um modo geral, tornos ou fresadoras CNC possuem um modo de operação manual e outro automático. O modo manual normalmente é utilizado nos procedimentos de referenciamento inicial da máquina e definição do ponto zero peça.

O referenciamento inicial normalmente é feito no momento em que a máquina é ligada e consiste em utilizar os comandos de deslocamento dos eixos em modo manual e sobrepassar os sensores de posição, assim que o sensor é sobrepassado a posição é assumida como origem e a partir deste momento a máquina sabe a posição relativa em que se encontra, sendo também possível programar o deslocamento do sistema de referência para definir o ponto zero peça através dos comandos G54, G55, G92 e outras.

No modo automático o programa carregado na memória é executado de modo contínuo ou passo a passo.

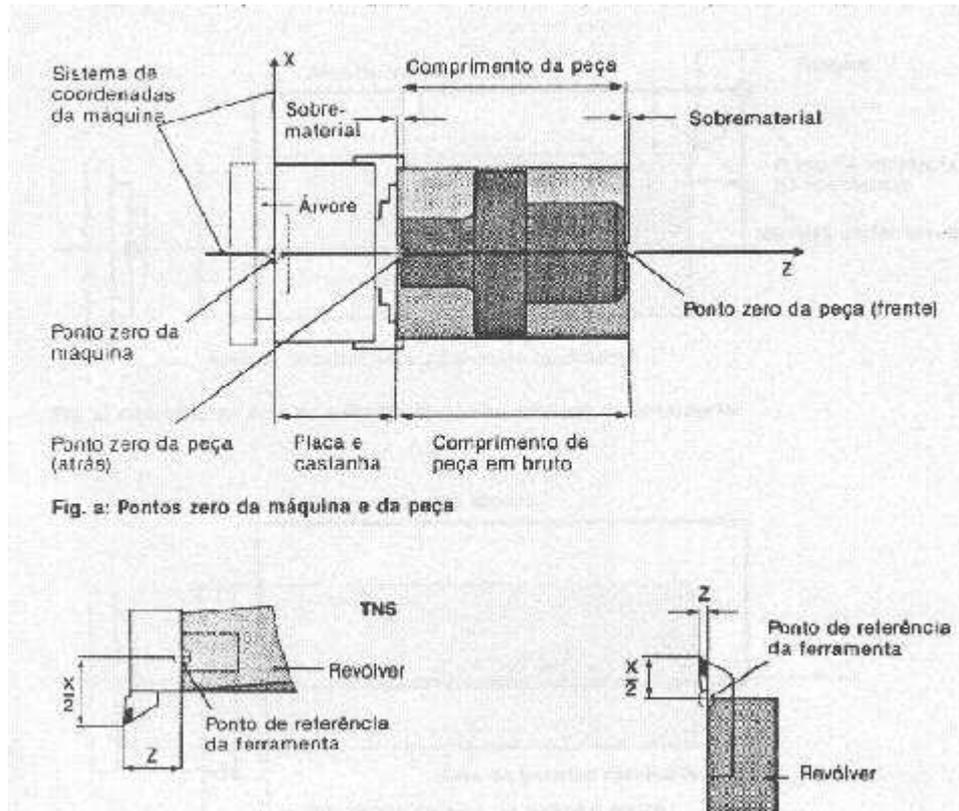


Figura 5.14 – Pontos de referência (adaptado de IFAO,1984)

Sistema de Coordenadas

Para a programação dos deslocamentos da ferramenta durante a usinagem, é utilizado um sistema de coordenadas de duas dimensões, representado por um eixo longitudinal Z e um eixo transversal X. Cada um dos pontos do contorno da peça pode ser programado através das coordenadas de X e de Z.

O eixo Z coincide com a linha de centro da árvore principal e o eixo X está sobre o ponto zero da peça. Como os contornos de peças torneadas são simétricos em relação ao eixo Z, é suficiente que seja representada apenas a metade superior da peça. As medidas com relação ao eixo X são colocadas no programa como a medida do próprio diâmetro da peça.

Na programação de um contorno completo, este pode ser dividido em elementos de contorno, no caso do comando TX-8 da TRAUB pode-se utilizar os elementos:

- reta;
- arcos de círculo;
- chanfro;
- raio de concordância.

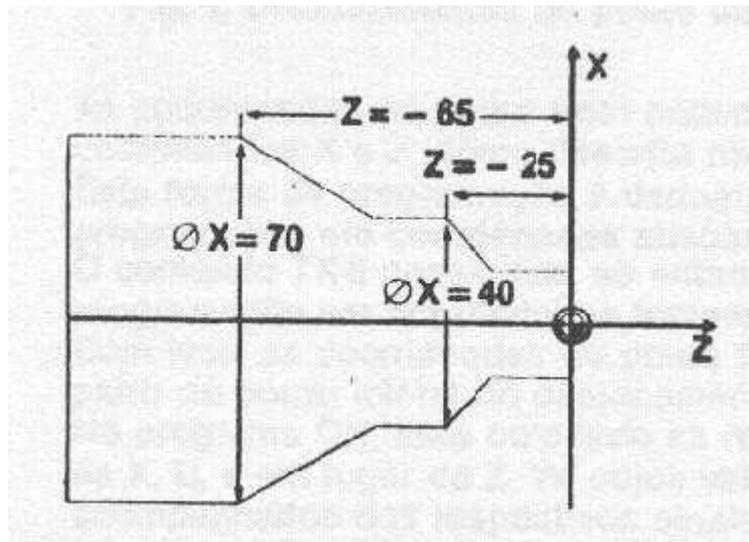


Figura 5.15 – Sistema de Coordenadas (adaptado de IFAO,1984)

Os deslocamentos de uma ferramenta sempre são programados de um ponto inicial até um ponto final, ou seja, ela sai de um ponto já atingido, e desloca-se para um ponto de chegada, cujas coordenadas são dadas como condições adicionais para a operação de deslocamento.

As coordenadas do ponto final podem ser programadas em coordenadas absolutas, como já visto, ou em coordenadas incrementais. As coordenadas incrementais são representadas no programa por U (eixo X) e W (eixo Z).

Os parâmetros de usinagem são representados no programa por: V para velocidade de corte, F para avanço, e S para rotação.

Linguagem de Programação G

G00: Avanço em marcha rápida para deslocar rapidamente a ferramenta até o ponto final. O deslocamento é feito em linha reta, por isso deve-se verificar a possibilidade de colisão.

G01: Interpolação linear utilizada para deslocar a ferramenta em trabalho de usinagem da posição até a posição desejada em linha reta. Este comando possui a seguinte sintaxe:

G01 X/U Z/W A C R F S M B

Onde:

X/U Z/W A : coordenada do ponto final.

C : medida do chanfro.

R : medida do raio de arredondamento

F: avanço mm/volta.

S: rotação (rpm).

M: instrução M

B: instrução B.

G02: Interpolação circular no sentido horário.

Sintaxe: G02 X/U Z/W R I K F S M B

R: valor do raio.

I, K : Coordenadas relativas do centro com relação ao ponto inicial, sendo I no eixo X e K no eixo Z.

G03: Interpolação circular no sentido anti-horário.

G24,G25,G26,G27: Avanço rápido em direção ao ponto de troca de ferramenta

Durante o processo de usinagem pode ser necessário trocar a ferramenta, neste caso o porta ferramenta deve se afastar da peça para poder girar sem perigo de colisão.

O comando G24 a ferramenta se desloca na direção X até o ponto de troca de ferramenta. O G25 faz a ferramenta se deslocar na direção Z.

G26 equivale a um G24 seguido por G25.

G27 equivale a G25 seguido de G24.

T: Troca de ferramenta

Sintaxe Taaa onde ee: número da estação e aa:dados de correção de desgaste da ferramenta.

G40 e G46 : Compensação de raio de ferramenta

A compensação do raio de corte faz com que a ferramenta considere o contorno exato da peça. G46 ativa e G40 desativa.

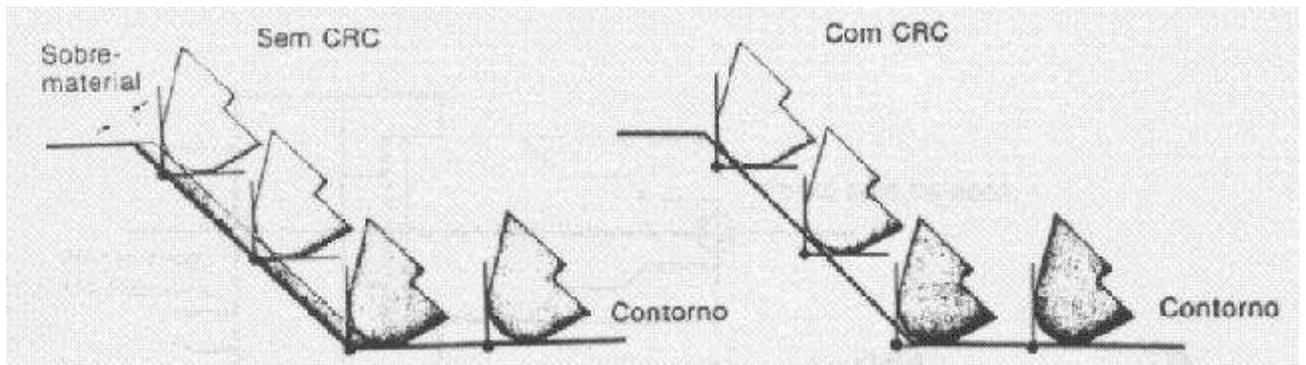


Figura 5.16 – Compensação do raio de corte. (adaptado de IFAO,1984)

G96 : Velocidade de corte constante

Sintaxe G96 V(valor da velocidade de corte)

G92:Limitação da rotação

Sintaxe: G92 P(rotação máxima) Q(rotação mínima)

G71,G72,G73 Ciclos de Desbaste

Antes de ser dado o acabamento é necessário que sejam dados alguns passes de desbaste, isto pode ser feito através da programação de cada passe utilizando as

sentenças de deslocamento, ou através da utilização dos ciclos de desbaste. Através de uma única sentença, o ciclo de desbaste usina o material até o contorno final da peça que deve ser programado em algum ponto do programa.

G71 realiza o desbaste com deslocamento longitudinal

G72 desbaste transversal e

G73 desbaste paralelo ao contorno.

O contorno correspondente ao ciclo pode ser programado na forma de subprograma ou no mesmo programa onde o início e o fim devem estar identificados pelo número de sentença.

Sintaxe: G71 A P Q I K D F S

Onde:

A: Número do subprograma.

P e Q: Número da sentença inicial e final respectivamente.

I: Sobremetal na direção X.

K: Sobremetal na direção Z.

D: profundidade de corte.

F: Avanço [mm/volta].

S: Rotação [rpm].

G72 tem sintaxe semelhante a G71.

Antes de serem executadas as instruções G71 ou G72 deve-se posicionar a ferramenta no ponto teórico, um ponto próximo a superfície em bruto da peça.

G73 A P Q U W I K D F S

Onde:

- U , W : coordenada do ponto teórico relativas ao ponto final do contorno.

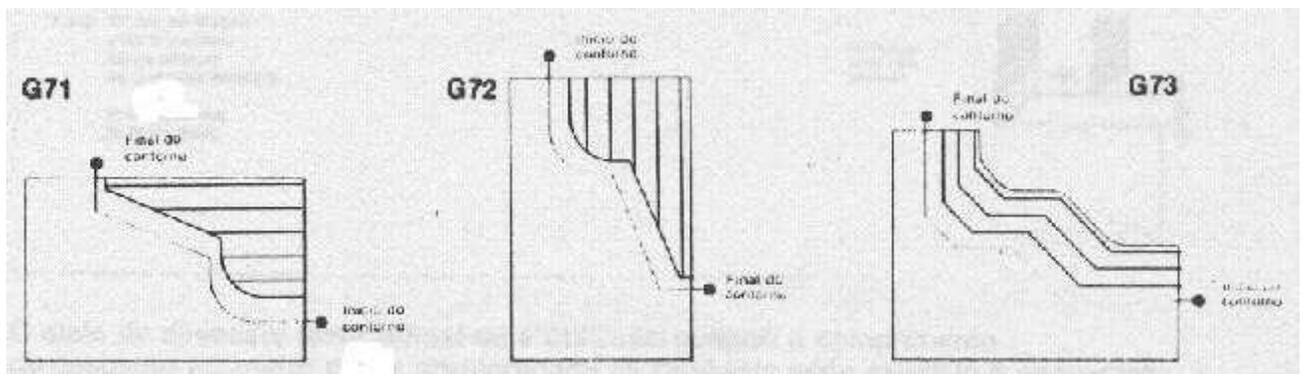


Figura 5.17 - Ciclos de Desbaste. (adaptado de IFAO,1984)

G33 : usinagem de rosca

Sintaxe: G33 X/U Z/W F E M B

Com este comando, inicialmente a ferramenta deve ser posicionada no ponto inicial da rosca com G00 e a seguir chamar a instrução G33 onde X/U,Z/W são as coordenadas do ponto final da rosca em coordenadas absolutas (X,Z) ou incrementais (U,W) ; deve-se informar o passo da rosca F ou E, onde F é em milímetro e E em polegadas; M e B são funções auxiliares que podem ser ativadas. A cada chamada do comando um passe é executado dependendo da altura do filete este comando deve ser chamado repetidas vezes a cada chamada deve-se atualizar as posições inicial e final. Pode-se usinar roscas cilíndricas, cônicas ou transversais com este comando.

G76: ciclo de pentear roscas

Sintaxe: G76 X/U Z/W I K H F/E A D

Inicialmente a ferramenta deve ser posicionada no ponto inicial da rosca com G00 e a seguir chamar a instrução G76 onde X/U,Z/W são as coordenadas do ponto final da rosca em coordenadas absolutas (X,Z) ou incrementais (U,W) ; deve-se informar o passo da rosca F ou E, onde F é em milímetro e E em polegadas; I é a distância em X do ponto inicial ao ponto final , para rosca cilíndrica é 0; K é a profundidade da rosca; H o número de passadas; A é o ângulo de aproximação deve ser ajustado para 5 graus menor que o ângulo de flanco da rosca (roscas métricas ang.flanco 60° então A 55°) e D é a profundidade do último passe. Pode-se usinar roscas cilíndricas ou cônicas com este comando.

Listagem de Funções "G" (Para o Comando MACH8):

Função: G00 Posicionamento Rápido

Função: G01 Interpolação Linear com avanço programável

Função: G02 e G03 Interpolação Circular

Função: G04 Tempo de permanência

Função: G20 Programação em diâmetro

Função: G21 Programação em raio

Função: G30 Cancela imagem espelho

Função: G31 Ativa imagem espelho no eixo "X"

Função: G32 Ativa imagem espelho no eixo "Z"

Função: G33 Ciclo de Roscamento Básico

Função: G37 Roscamento Automático

Função: G40 Cancela Compensação do Raio da Ponta da Ferramenta

Função: G41 Compensação do Raio da Ferramenta (esquerda)

Função: G42 Compensação do Raio da Ponta da Ferramenta (direita)

Função: G46 Inibe a velocidade de corte constante

Função: G47 Ativa a velocidade de corte constante

Função: G53 Cancela Todos DPZ's

Função: G54 Ativa o Primeiro DPZ

Função: G55 Ativa o Segundo DPZ

Função: G60 Cancela área de segurança

Função: G61 Ativa área de segurança

Função: G66 Ciclo Automático de Desbaste Longitudinal

Função: G67 Ciclo Automático de Desbaste Transversal
Função: G68 Ciclo Automático de Desbaste paralelo ao perfil final
Função: G70 Admite programa em polegada
Função: G71 Admite programa em milímetro
Função: G73 Interpolação linear ponto-a-ponto
Função: G74 Ciclo de Furação Com Descarga de Cavacos
Função: G75 Ciclo de Canais

Função: G76 Ciclo automático de roscamento (profundidade)
Função: G80 Cancela ciclo automático de furação
Função: G83 Ciclo automático de furação com quebra de cavacos
Função: G90 Programação em Coordenadas Absolutas
Função: G91 Programação em Coordenadas Incrementais
Função: G92 Origem do Sistema de Coordenadas e Limite de Rotação (rpm)
Função: G94 Estabelece Programa de Avanço (pol/min ou mm/min)
Função: G95 Estabelece Programa de Avanço (pol/rotação ou mm/rotação)

Função: G96 Programação em Vc Constante (pés/minuto ou metros/minuto)
Função: G97 Programação em rpm direta
Função: G99 Cancela G92 e define a programação em função do zero máquina

Instruções O

Servem para representar os números de programas e subprogramas.

Instruções M

Possibilitam a programação de funções auxiliares da máquina.

Por exemplo: M03 e M04 determinam o sentido de rotação da árvore principal, M30: indica o fim do programa principal, M00 ou M01 interrompem a usinagem, M07 a M09 ativa ou desativa o uso de fluido refrigerante.

Listagem de funções M.

M00 Parada do Programa

M01 Parada opcional do programa

M02 Fim de Programa

M03 Sentido Horário de Rotação do Eixo Árvore

M04 Sentido Anti-horário de Rotação do Eixo Árvore

M05 Desliga o eixo-árvore

M06 Libera o giro da torre

M08 Liga o Refrigerante de Corte

M09 Desliga o Refrigerante de Corte

M10, M11, M12, M13, M14, Troca de Faixa de Rotação

- (*) M15 Liga ferramenta rotativa no sentido horário
- (*) M16 Liga ferramenta rotativa no sentido anti-horário
- (*) M17 Desliga ferramenta rotativa
- (*) M18 Liga manipulador de peças
- (*) M19 Orientação do eixo-árvore
- (*) M20 Liga aparelho alimentador de barras

- (*) M21 Desliga aparelho alimentador de barras
- (*) M22 Trava o eixo-árvore
- (*) M23 Destrava o eixo-árvore

M24 Abrir placa

M25 Fechar placa

M26 Recuar o mangote do contra-ponto

M27 Acionar o mangote do contra-ponto

(*) M28 Abrir luneta

(*) M29 Fechar luneta

M030 Fim de Programa

(*) M033 Posicionamento do contra-ponto

(*) M036 Abrir a porta automática

(*) M037 Fechar a porta automática

(*) M038 Avançar o aparador de peças

(*) M039 Recuar o aparador de peças

(*) M42 Ligar ar para limpeza da placa

(*) M43 Desligar ar para limpeza da placa

(*) M50 Subir o braço do leitor de posição da ferramenta (TOOL EYE)

(*) M51 Descer o braço do leitor de posição da ferramenta (TOOL EYE)

(*) FUNÇÕES OPCIONAIS

Instruções B

São utilizadas para a programação de funções específicas da máquina e funções adicionais especiais, como por exemplo:

- sistema flexível de manuseio;
- sistema flexível de alimentação;
- acionamento rotativo de ferramentas;
- posicionamento da árvore principal;
- dispositivos de medição.

Exemplo de Programa

O programa apresentado a seguir pode ser utilizado para torneiar a peça da figura, além do desenho da peça deve-se conhecer as dimensões da placa: 110 mm, comprimento das castanhas: 30 mm, sobremetal 1 mm e dimensões da peça em bruto: diâmetro: 80 mm e comprimento: 157 mm.

```
G59 Z296                deslocamento do ponto zero
N1 T101 M4              chamada de ferramenta
G96 V200
G00 X82 Z0
G01 X-1.8 F0.2          Facear
G71 P50 Q60 I0.5 K0.1 D4 F0.35  desbaste
G26
N2 T202 M4
G96 V300
N50
G46                    ativa CRC
G00 X22 Z1             início do contorno final
G01 X28 Z-2 F0.2      chanfro
G01 Z-20
G01 X25 Z-25
G01 Z-47
G02 X45 Z-57 R10
G01 W-28 R8
G01 X75 Z-100
G01 W-30
G01 X81
G00 X81.5
G40
N60
G26
```

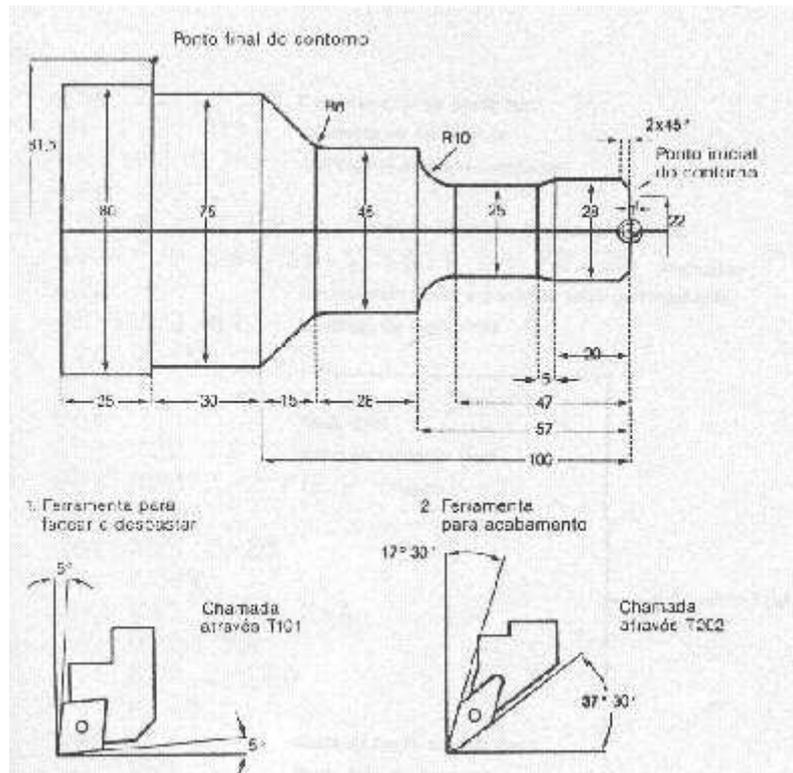


Figura 5.18 – Peça Torneada. (adaptado de IFAO,1984)

Questões para estudo dirigido

1. Comente os tipos de programação para gerar programas CNC
2. Elabore um programa CNC para tornear uma peça a partir de uma barra em bruto com 50 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento de aço 1045. A peça final deverá ter um diâmetro de 30 mm no comprimento de 20 mm e um diâmetro de 45 mm na parte restante.

Bibliografia

IFAO,1984 – IFAO Institut für angewandte Organisationsforschung; Comando Numérico CNC – Técnica Operacional Torneamento; 1984; Editora EPU.
 KALPAKJIAN,2001 – Kalpakjian,S.;Schmid,S.R.; Manufacturing Engineering and Technology, 2001; 4o edição; Prentice Hall.