

MICHAEL
FITZPATRICK



INTRODUÇÃO À

USINAGEM
COM CNC



» série tekne

Mc
Graw
Hill



Equipe de tradução

Caio César Valdevite Pinto
Carlos Oscar Corrêa de Almeida Filho
Eduardo Vargas da Silva Salomão
Felipe Sotero de Menezes Junqueira
Fernando de Sousa Ghiberti
Igor Kendi Kondo
Sergio Luís Rabelo de Almeida



F559i Fitzpatrick, Michael.

Introdução à usinagem com CNC [recurso eletrônico] : comando numérico computadorizado / Michael Fitzpatrick ; [tradução: Caio César Valdevite Pinto ... et al.] ; revisão técnica: Sergio Luís Rabelo de Almeida, Carlos Oscar Corrêa de Almeida Filho. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : AMGH, 2013.

Editado também como livro impresso em 2013.
ISBN 978-85-8055-252-2

Usinagem. 2. Tecnologia mecânica. 3. Comando numérico computadorizado. I. Título.

CDU 621.7

MICHAEL FITZPATRICK

INTRODUÇÃO À

USINAGEM COM CNC

*COMANDO NUMÉRICO
COMPUTADORIZADO*

Revisão técnica

Sergio Luís Rabelo de Almeida

Doutor em Engenharia Mecânica pela FEM - Unicamp

Professor da Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie
e do Instituto Mauá de Tecnologia

Carlos Oscar Corrêa de Almeida Filho

Mestre em Engenharia Mecânica pela EPUSP

Professor da Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie
e do Instituto Mauá de Tecnologia

Versão impressa
desta obra: 2013



AMGH Editora Ltda.
2013

Obra originalmente publicada sob o título *Machining & CNC Technology, 2nd Edition*
ISBN 0077388070 / 9780077388072

Original edition copyright © 2011, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, New York 10020. All rights reserved.

Portuguese language translation copyright © 2013, AMGH Editora Ltda.
All rights reserved.

Gerente editorial: *Arysinha Jacques Affonso*

Colaboraram nesta edição:

Editora: *Verônica de Abreu Amaral*

Capa e projeto gráfico: *Paola Manica*

Imagen da capa: *istockphoto/Mike_kiev*

Preparação de originais: *Bianca Basile Parracho*

Leitura final: *Cristhian Matheus Herrera*

Editoração: *Techbooks*

Reservados todos os direitos de publicação, em língua portuguesa, à
AMGH EDITORA LTDA., uma empresa do GRUPO A EDUCAÇÃO S.A.
A série TEKNE engloba publicações voltadas à educação profissional, técnica e tecnológica.

Av. Jerônimo de Ornelas, 670 – Santana
90040-340 – Porto Alegre – RS
Fone: (51) 3027-7000 Fax: (51) 3027-7070

É proibida a duplicação ou reprodução deste volume, no todo ou em parte, sob quaisquer formas ou por quaisquer meios (eletrônico, mecânico, gravação, fotocópia, distribuição na Web e outros), sem permissão expressa da Editora.

Unidade São Paulo
Av. Embaixador Mamedo Soares, 10.735 – Pavilhão 5 – Cond. Espace Center
Vila Anastácio – 05095-035 – São Paulo – SP
Fone: (11) 3665-1100 Fax: (11) 3667-1333

SAC 0800 703-3444 – www.grupoa.com.br

IMPRESSO NO BRASIL
PRINTED IN BRAZIL

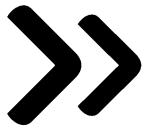
Enquanto incontáveis outras pessoas passaram pelo meu caminho,
estes quatro fizeram toda a diferença na minha carreira e na minha
vida. Sem eles, questiono se este livro aconteceria.

Para Linda, minha esposa
por nunca se queixar sobre o tempo que nos foi tirado para fazer este
livro, por acreditar e perdoar.

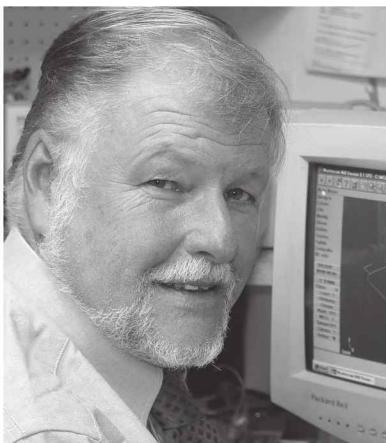
Para Jan Carlson
por demonstrar, com atitudes, como um profissional cuidadoso deve
ser e, especialmente, pelo espaço encorajador para crescer.

Para Bill Simmons
por confiar em mim, com mais que sua caixa de ferramentas, e por
sua doce orientação. Nós todos sentimos sua falta, tio Bill.

Para Bill Coberley
por me impulsionar no começo da carreira e se tornar
um amigo de longa data.



O autor



Lembro-me, como se fosse ontem, de carregar minha caixa de ferramentas nova pelo corredor da Caminhões Kenworth de Seattle. Scotty, o rude operador de furadeira de coluna, afastou-se de sua máquina e se plantou diante de mim. Sem dizer nem "bem-vindo", ele levantou suas sobrancelhas cerradas, bateu com dois dedos sobre meu peito, disse "você vê todos esses homens aqui?" e esprerou. Aos 18 anos, lembro-me apenas de acenar com a cabeça, incapaz de dizer uma palavra. Ele continuou: "...cada um de nós vai mostrar a você tudo que sabe, se você prestar atenção. Nós vamos lhe dar anos de experiência, mas saiba, rapaz, que isso vem com uma obrigação. Algum dia você passará este conhecimento adiante".

Olá, meu nome é Mike Fitzpatrick, seu instrutor de usinagem por escrito. Já que você me honrou ao escolher este livro, imagino que seja uma forma de construir uma confiança mútua se eu contar um pouco do porquê sou qualificado para passar adiante o que Scotty e inúmeros outros profissionais me ensinaram.

Comecei este aprendizado na primeira segunda-feira após minha formatura no Ensino Médio, em 1964. Cerca de um ano depois, tive a oportunidade única de ser o primeiro empregado a operar a primeira máquina de Comando Numérico (CN) na área de Seattle, além daqueles que já a operavam na Boeing. Nada comparável às máquinas computadorizadas que você irá aprender, aquela máquina CN era basicamente um cabeçote de furadeira de coluna, comandada por fitas perfuradas de papel. Não distante de uma caixa de música no que se refere à sua tecnologia, a máquina era primitiva, se comparada com as máquinas existentes em seu laboratório de treinamento. Ainda assim, foi suficiente para me alavancar para a vida. Então, com um ano de inscrições e entrevistas, fui transferido para a Boeing, onde completei minha certificação em usinagem. Lá, aprendi a operar máquinas programáveis que tinham subsolo e escadas para chegar ao cabeçote!

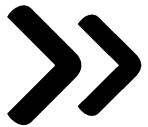
Passando pelo rigoroso exame final com 100% de aproveitamento, qualifiquei-me para o teste ain-

da mais rigoroso a fim de me tornar um aprendiz ferramenteiro. Fiz e terminei meu treinamento em 1971. Esse processo totalizou 12.000 horas de treinamentos práticos sob o comando de um exército de pessoas qualificadas, além de muitas horas de aulas técnicas. Desde então, tenho atuado como profissional de usinagem/ferramenteiro ou ensinado outros por toda a minha vida adulta. Nos últimos 25 anos, ensinei manufatura em escolas técnicas, indústrias, centros de nível médio e fundamental e em dois países estrangeiros.

Hoje, posso ficar na frente de qualquer pessoa e dizer com orgulho: "Eu sou um oficial ferramenteiro e mestre na minha profissão". Próximo do fim da minha jornada, as lembranças de Scotty me conduzem a passar este conhecimento adiante. Mas não

se esqueça: o que nós, instrutores e profissionais da usinagem, damos a você vem com a mesma obrigação.

Uma característica que claramente vejo que você irá precisar muito mais do que a minha geração é adaptação. Além de transmitir habilidades e competências, este livro tem uma missão: iniciar seus leitores no longo e sempre acelerado caminho da tecnologia. Claramente, o profissional da usinagem do futuro é aquele que pode ver e se adaptar ao futuro em mudança. Quando você passar o bastão adiante, o mercado não será o mesmo que você encontrou neste livro. Mas estou confiante de que mesmo assim o bastão será passado, pois os profissionais da usinagem têm uma longa história de adaptação.



Agradecimentos

Meus mais profundos agradecimentos vão para estes colaboradores principais, sem os quais este livro não seria possível:

Bates Technical College (*Tacoma – Washington*)

Bob Storror, instrutor-orientador

Um programa completo de instrução de usinagem focado no futuro do aluno. Bob trouxe para este livro sua habilidade e conhecimento para o ensino de ferramentaria com 16 anos de experiência na indústria e 15 anos ensinando em nível universitário. Obrigado por sua crença neste projeto, por sua edição meticulosa, encorajamento e especialmente por sua amizade.

Lake Washington Technical College (*Kirkland – Washington*) *Mike Clifton, instrutor-chefe*

Um programa em crescimento de instrução em usinagem dedicado tanto a profissionais de carreira como àqueles com interesse em atualizar seus conhecimentos. Obrigado, Mike, por contribuir com 25 anos de experiência em pesquisa avançada e manufatura, além do treinamento do aprendizado, e pelo interesse no portfólio de fotos.

CNC software, Inc. Mastercam – *Mark Summers, presidente; Dan Newby, diretor de treinamento*
Obrigado, Mark, por acreditar em educação, e Dan, pela colaboração na edição e sua orientação; e muito obrigado ao seu time por melhorar nossa profissão e apoiar a educação mundo afora.

Auburn Comprehensive High School (*Auburn, Washington*) *Ron Cughan, instrutor de usinagem*

Um programa de qualidade na área de manufatura dos metais para o ensino médio, servindo o vale de Auburn. Agradeço por dedicar um tempo extra para revisar este livro e também por acreditar nele, e ser um bom amigo.

Milwaukee Area Technical College (*Milwaukee, Wisconsin*) *Patrick Yunke & Dale Houser, instrutores-orientadores*

Oferece um diploma nacionalmente reconhecido de 2 anos em ferramentaria. Os graduados na MATC aprendem confecção de moldes e matrizes e se qualificam para o certificado de aprendizagem de Wisconsin. Assim, a escola oferece aprendizado completo na área altamente remunerada da manufatura.

Sr. Dale Houser: Além dos 28 anos de experiência no ofício da ferramentaria, com 15 anos de ensino nessas disciplinas, Dale obteve grau de ferramenteiro em ferramentas e matrizes pela Milwaukee Area Technical College e educação profissional da Stout University. Ele também trabalha no desenvolvimento de material educacional para a Precision Metalforming Association e programas de aprendizagem de Wisconsin.

Patrick Yunke: Graduado pelo programa de matrizaria da Wisconsin's Madison Area Technical College e em educação profissional pela Stout University, Patrick trouxe muitos anos de experiência em todos os aspectos de matrizes de precisão e fabricação de moldes de metal e plástico para o MATC, onde ensina há 15 anos. Ele também atua com o consultor de

manufatura e programas educacionais personalizados para a indústria.

Muito obrigado a ambos, por sua experiência e por fornecer ótimas fotos de sua bem organizada oficina.

NTMA – National Tooling and Machining Association – *Dick Walker, presidente*

Muito obrigado por estar na raiz deste novo livro, por investir tempo e energia nele e pelos 45 desenhos doados de seu material de treinamento.

NTMA Training Centers, California – *Max Hughe, decano de instrução*

Obrigado, Max, pelo auxílio com a parte de CNC deste livro.

Dr. Keith Ellis – Northwest Metalworker Magazine

Obrigado pelos maravilhosos desenhos para enfatizar a segurança.

Hass Automation, Inc. (Oxnard, Califórnia) *Scott Rathburn, gerente de marketing, editor sênior CNC Machining*

Agradeço, Scott, pelo seu comprometimento na educação sobre máquinas-ferramentas (veja a capa e direitos autorais) e por sua contribuição, suporte, energia e muitas fotos para este livro.

Boeing Commercial Airplane Co. – *Tim Wilson, instrutor de aprendizagem*

Obrigado à Boeing por me fornecer a melhor educação possível no início da minha carreira, e ao Tim, pelo suporte contínuo na qualidade da aprendizagem, pela ajuda em planejar e executar este livro e por ser um amigo de longa data.

Brian Mackin – McGraw-Hill – Publishing

Foi você quem viu uma mudança de paradigma na manufatura e percebeu que um novo livro deveria ser escrito. Eu lhe agradeço por essa visão. Não sei se teria escrito este livro sem seu apoio.

À toda a equipe técnica de educação profissional da divisão de educação superior – McGraw-Hill Publishing

Jean Starr, Vicent Bradshaw, Sarah Wood, Kelly Curran, Kevin White, Jenean Utley, Srdj Savanovic e todo o grupo de educação profissional Burr Ridge

Sem brincadeira, até cruzar com vocês todos, eu havia decidido que este seria meu último livro – mas mudei de ideia! Esta foi uma experiência totalmente positiva, apesar dos obstáculos. Obrigado, colegas. Vocês são mais que um grupo: são um time composto de pessoas verdadeiramente simpáticas, positivas e revigorantes. Espero poder trabalhar com vocês novamente.

Pat Steele – Editor de texto manuscrito

O que normalmente é a pior fase de escrever um livro se tornou uma experiência maravilhosa. Com confiança na sua edição, nós desenvolvemos uma só voz e então escrevemos este livro juntos e nos tornamos amigos. Obrigado, Pat.

Northwest Technical Products, Inc. – *Vic Gallienne, presidente*

Servindo às necessidades da comunidade do nordeste do Pacífico nas áreas científica, técnica e de carreira; obrigado, Vic, por colocar este projeto no caminho certo com o Mastercam.

Brown and Sharpe Corp. (Rhode Island)

Equipamento de metrologia

Pelo seu comprometimento com a educação em metrologia nas escolas técnicas e faculdades.

Kennametal Inc. – *Kennametal University, dedicada a encontrar melhores métodos e educar onde quer que o ensino da usinagem seja aplicado.*

Obrigado pelos dados, ferramentas avançadas, fotos, textos e gráficos.

Iscar Metals – *Bill Christensen, fotos de ferramentas avançadas e texto*

Conhecimento avançado através de pesquisa e educação; obrigado, Bill, pelo artigo de HSM (usinagem em alta velocidade).

Coastal Manufacturing – Joel Bisset, gerente de controle de qualidade

Obrigado, Joel, por editar os arquivos de CEP e por seu longo comprometimento com a qualidade na manufatura norte-americana.

Northwood Designs – MetaCut Utilities – Bill

Eliot, presidente/CEO, e Paulo Elliot, engenheiro de software sénior. Desenvolvendo software para o mundo da manufatura.

Agradeço a vocês pelo apoio e por nos permitir utilizar os programas maravilhosos de verificação de trajetória de ferramenta neste livro e dentro do Mastercam.

Sandvik Coromat – Obrigado pelas fotos de "Modern Metal Cutting".

SME – Society of Manufacturing Engineers –

Exposição de máquinas-ferramentas e produtividade Westech

Optomec – Texto e fotos do Processo LENS®

Obrigado por nos mostrar uma grande nova tecnologia.

Além disso, gostaria de agradecer aos seguintes revisores do manuscrito da versão final:

Richard Granlund, *Hennepin Technical College*

Thomas E. Clark, *National Institute of Technology*

Martin Berger, *Blue Ridge Community College*

Gostaria também de agradecer aos seguintes revisores do texto, por contribuir para o desenvolvimento desta atualização:

Glenn Artman, *Delaware County Community College*

Christina Barker, *North Central State College*

Alan Clodfelter, *Lake Land College*

Daniel Flick, *Ivy Tech Community College*

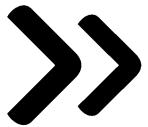
Ken Flowers, *Lake Michigan College*

Bill McCracken, *Western Colorado Community College*

Eric McKell, *Western Washington University*

Troy Ollison, *University of Central Missouri*

Alan Trundy, *Maine Maritime Academy*



Prefácio

Orgulhosamente, olhamos para trás e vemos que estamos bem na vanguarda da revolução informática. Começamos a utilizar as máquinas programáveis há mais de 50 anos. Isso é anterior a projetistas usando desenhos auxiliados por computador ou cientistas fazendo pesquisa em computadores de grande porte. Embora as linhas que tracei a seguir para definir eras sejam nebulosas, a evolução da máquina-ferramenta programável pode ser feita em três gerações, baseadas na forma como eram usadas na indústria e no ensino em escolas técnicas.

Primeira geração: 1940-1965

Elas começaram como experimentos de laboratórios e, por 20 anos, vagarosamente apareceram em oficinas mais avançadas. Assim como minha furadeira por fita perfurada em Kenworth, no início, apenas poucas máquinas apareceram dentro da região manufatureira. Mas, próximo ao fim dessa era, aproximadamente metade das grandes oficinas tinha pelo menos uma máquina movida a fita. No entanto, durante esse período, o CN era sempre considerado uma especialização. A maior parte da usinagem era realizada em máquinas operadas manualmente (convencionais) ou equipamentos automáticos. A programação requeria muita mão de obra e consumia muito tempo. A compra de uma máquina CN (movida a fita, sem computador) só poderia ser justificada se o chão de fábrica fizesse milhares de peças semelhantes ou se o trabalho não pudesse ser realizado de nenhuma outra forma. Como o comando numérico era uma especialização, só era ensinado em poucas escolas e ape-

nas no fim dessa geração. Os trabalhos em CN nunca eram dados a principiantes.

Segunda geração: 1965-1990

Essa fase pode ser considerada como a de grande expansão. Ela começou com uma razão estimada de 20/80 de máquinas programáveis comparada com máquinas convencionais, mas terminou com algo em torno de 90/10! Durante o meio da fase, os PCs se tornaram acessíveis e os softwares ficaram populares. A programação se tornou uma atividade de computadores de mesa (*desktops*). Com a velocidade dos processadores crescendo, as máquinas programáveis se tornaram cada vez mais acessíveis e capazes; o trabalho era então planejado especificamente para manufatura com CNC. Próximo ao fim dessa fase, *a corrente principal da manufatura era realizada por máquinas programáveis. As escolas ensinavam a disciplina como um curso avançado*, próximo ao fim do curso de usinagem.

Terceira geração: 1990 - presente

As máquinas programáveis representam próximo de 100% da manufatura e, de grande impacto para você, dos novos empregos gerados. *Os profissionais iniciantes normalmente começam no chão de fábrica como operadores de CNC. Flexíveis e amigáveis, as máquinas e os sistemas de programação são tão rápidos e fáceis de aprender que agora podem ser aplicados tanto na fabricação de um único molde como em produção regular. As escolas integram e*

ensinam CNC como disciplina básica, começando com a primeira lição no primeiro dia.

Para servir à terceira geração de estudantes, dividi os assuntos em três livros:

Introdução à manufatura

A manufatura é um mundo próprio. Este livro foi desenvolvido para abrir esta porta. Ele fornece a fundamentação necessária para você se ajustar ao chão de fábrica, entender suas regras, ler e interpretar desenhos técnicos, se sentir confortável com a exatidão extrema e, especialmente, se sentir seguro.

Introdução aos processos de usinagem

O segundo livro ensina como remover metal da forma correta. Essas lições assumem que você eventualmente desempenhará atividades em um equipamento CNC, mas que provavelmente começará com máquinas convencionais, pois são simples e seguras para aprender ajustes e operações.

Introdução à usinagem com Comando Numérico Computadorizado

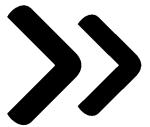
Agora, chegamos ao núcleo do texto, ou seja, como aplicar os assuntos dos outros dois livros para preparar, programar e rodar uma máquina-ferramenta CNC. Nesse livro, aprenderemos a manusear profissionalmente o mundo do CNC. Por se mover em alta velocidade e com grande potência, a segurança deve ser integrada com tudo que se estude sobre o assunto.

Capítulos online – Tecnologia avançada e evolutiva

A evolução não está acima, nem mesmo perto! Os capítulos disponíveis no ambiente virtual de aprendizagem Tekne, www.grupoa.com.br/tekne, definem o tom para a sua carreira após a graduação. O melhor está por vir; portanto, mãos à obra!

Muito obrigado por usar meu livro para iniciar sua carreira na área de manufatura. É uma honra ser seu instrutor. Aqui está o que posso passar sobre nosso ofício!

Mike Fitzpatrick



Sumário

capítulo 1	Coordenadas, eixos e movimento	1
capítulo 2	Sistemas CNC	51
capítulo 3	Comandos CNC	93
capítulo 4	Operando uma máquina CNC	117
capítulo 5	Planejamento de programação	157
capítulo 6	Programação de nível 1	183
capítulo 7	Programação de nível 2	221
capítulo 8	Configurando uma máquina CNC	247
capítulo 9	Programas e processos CAD/CAM	303
apêndices		347
créditos		357
índice		359

>> Visão geral do livro

Características de aprendizagem

Introdução aos processos de usinagem traz muitos recursos de aprendizagem ao longo dos capítulos, entre eles:

Introdução ao capítulo

Cada capítulo começa com uma breve introdução, preparando o terreno para o que os alunos estão prestes a aprender.

Objetivos do capítulo

Este recurso fornece uma concisa descrição dos resultados de aprendizagem esperados.

>> capítulo 1

Coordenadas, eixos e movimento

- A maior parte de um programa é composta das coordenadas dos pontos que se referem às distâncias para os eixos. Junto com as declarações que determinam como a máquina é usada, essas coordenadas X, Y e Z são empregadas tanto para o movimento da ferramenta como para o posicionamento da ferramenta em relação à peça, bem como para referência. Os eixos se referem aos mesmos que já aprendemos em fresadoras e tornos (Capítulos 3 e 4 do livro FITZPATRICK, M. *Introdução aos processos de usinagem* Porto Alegre: AMGH, 2013), mas aqui, no Capítulo 1, vamos formalizá-los. Estas quatro unidades são os alicerces de conhecimento para tudo em CNC e para o restante deste livro.

• Objetivos deste capítulo

- » Identificar X, Y e Z – eixos lineares primários e secundários da máquina CNC.
- » Identificar A, B e C – eixos de rotação primários.
- » Identificar U, V e W – eixos lineares secundários.
- » Identificar pontos geométricos usando coordenadas cartesianas absolutas.
- » Identificar pontos geométricos usando coordenadas cartesianas incrementais (relativas).
- » Selecionar o valor da coordenada correta com base nas dimensões de desenho.
- » Definir movimento rápido e interpolações linear e circular.
- » Comparar os movimentos de dois, de dois e meio e de três eixos.
- » Identificar as características de desenho definidas com dimensionamento polar.
- » Usar coordenadas polares para definir os pontos únicos.

Recursos motivacionais

Quadros como o **CONVERSA DE CHÃO DE FÁBRICA**, **DICA DA ÁREA** e **PONTO-CHAVE** mostram aos estudantes o lado prático do assunto.

Imagem com Comando Numérico Computadorizado

Figura 1-14 Equipamentos de fixação com pallets para a produção giram a peça para criar um acesso seguro e eficiente a mais de um lado da peça de trabalho.

locadas aos quatro lados de uma resistente torre vertical de fixação de trabalho. Cada lado pode ser indexado e bloqueado na direção do fuso. Por exemplo, a peça recebe todos os cortes de fresação de face em uma só estação, e, em seguida, a mesa de paletização é indexada para que fresas gerais periféricas e laterais sejam feitas na segunda face. A furação e o mandrilamento são feitos na terceira etapa. Três lados da peça podem ser usados em uma preparação. Outra vantagem desse tipo de sistema de fixação e posicionamento das ferramentas é que as peças podem ser trocadas de forma segura, no quarto lado, do lado oposto ao eixo, enquanto acontece a usinagem. A terceira vantagem é que as torres interiores podem ser predefinidas com os dispositivos de fixação corretos quando "preparadas" (configuradas para um novo trabalho), o que torna apenas alguns minutos para

• Ponto-chave:

Para fins de programa, a acessórios com rotação de peça e a alguns acessórios de indexação deve ser atribuída uma letra de identificação no eixo. Quando isso é feito, a identificação segue a regra do polegar, com base na regra da mão direita.

Os eixos lineares secundários U, V e W

O dispositivo de furação para torno na Figura 1-7 ilustra outro sistema de eixos. Máquinas CNC recebem, ocasionalmente, eixos em linha reta secundários para adicionar guias de ferramentas auxiliares ou mangotes para mandrilamento e outras funções de usinagem, de acordo com a sua capacidade.

Revisão do capítulo

Os alunos podem usar os resumos quando estiverem fazendo revisão para as avaliações ou apenas para ter certeza de que não perderam conceitos importantes.

6. Reveja a Questão 1 e avalie quanta trigonometria seria necessária se o comando fosse limitado a valores de coordenadas cartesianas XY. (O CAM não está disponível.) Se você tiver um conversor R-P em sua calculadora, tente utilizá-lo na Questão 1. Converta cada posição polar para retangular.

Dica da área

Rotinas de círculo de furos Muitos comandos possuem uma terceira solução para determinar a coordenada retangular para a Questão 1; ela é chamada de rotina de círculo de furos (círculo fixo). Para utilizá-la, após a entrada do código de início da rotina, você fornece os parâmetros para a furação no dado raio a partir do centro de referência local. Além disso, a rotina necessita da distância angular da LRP para realizar o primeiro furo do círculo – pronto, o comando processará as coordenadas de cada furo. Os aspectos finais dizem respeito a como os furos serão feitos, em passos grandes ou pequenos, a profundidade total do furo e qual distância de recuo da broca será utilizada no movimento rápido entre cada furo.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Unidade 1-1

A próxima geração da evolução de máquinas CNC está a caminho. Equipamentos totalmente novos que estão no mercado acabaram com a distinção entre cortar e refilar, tornear e frezar; eles são centros de usinagem completos, sem parada. Essa tendência continuará, uma vez que ela reduz o custo de manufatura. Isso significa que ser capaz de identificar

os eixos da máquina nesses novos maquinários será muito mais complexo e necessário.

Essas máquinas de multitarefa apresentam várias guias e movimentos de rotação. A todos devem ser atribuídos nomes de eixo e direções. Certamente excederemos os nove padrões EIA que estudamos.

Unidade 1-2

Nunca visualizei um momento em que a habilidade de escrever programas para ferramental com entradas手工的 ou editar programas gerados por CAM não fossem uma exigência de trabalho para um mecânico experiente. Para isso, uma boa capacidade de trabalhar com as coordenadas absolutas e incrementais, cartesianas e polares, e códigos de instruções será uma habilidade de trabalho essencial.

No entanto, a programação principal está sob mudança evolutiva.

Embora os desenhos complexos que já existem, tais como representações em estrutura de arame ou padrões planos 2D, nunca sejam convertidos, hoje a maioria dos novos desenhos CAD é fornecida como objetos sólidos com superfície. Dado um modelo sólido, programas CAM tornam-se mais automáticos. Com



» capítulo 1

Coordenadas, eixos e movimento

A maior parte de um programa é composta das coordenadas dos pontos que se referem às distâncias para os eixos. Junto com as declarações que determinam como a máquina é usada, essas coordenadas X, Y e Z são empregadas tanto para o movimento da ferramenta como para o posicionamento da ferramenta em relação à peça, bem como para referência. Os eixos se referem aos mesmos que já aprendemos em fresadoras e tornos (Capítulos 3 e 4 do livro FITZPATRICK, M. *Introdução aos processos de usinagem* Porto Alegre: AMGH, 2013), mas aqui, no Capítulo 1, vamos formalizá-los. Estas quatro unidades são os alicerces de conhecimento para tudo em CNC e para o restante deste livro.

Objetivos deste capítulo

- » Identificar X, Y e Z – eixos lineares primários e secundários da máquina CNC.
- » Identificar A, B e C – eixos de rotação primários.
- » Identificar U, V e W – eixos lineares secundários.
- » Identificar pontos geométricos usando coordenadas cartesianas absolutas.
- » Identificar pontos geométricos usando coordenadas cartesianas incrementais (relativas).
- » Selecionar o valor da coordenada correto com base nas dimensões de desenho.
- » Definir movimento rápido e interpolações linear e circular.
- » Comparar os movimentos de dois, de dois e meio e de três eixos.
- » Identificar as características de desenho definidas com dimensionamento polar.
- » Usar coordenadas polares para definir os pontos únicos.

» Unidade 1-1

» Mundo dos eixos normalizados

Conversa de chão de fábrica

EIA-RS267-B O movimento e a posição axial são padronizados pela Electronic Industries Association (EIA) na América do Norte com base em seu padrão recomendado EIA267-B. Há também um padrão paralelo da ISO (International Standards Organization). Esses padrões, de fato, incluem 14 eixos definidos para movimento e posição, no entanto, utilizando os nove descritos aqui, estamos contemplando todos os equipamentos de CNC normais.

movimento de punho (movimento de rotação, mas não completo).

Por fim, temos três eixos secundários em linha reta, chamados de *eixos lineares auxiliares* (*U*, *V* e *W*). Eles são adicionados ao sistema para uma produção multiaxial, algumas vezes chamada de *multitarefa*.

Termos-chave:

Articulação

Ação do tipo punho que se move em arco, mas não em um círculo completo. Cabeçotes de fresadoras possuem articulação.

Fresadora de cinco eixos

Máquina vertical ou horizontal com um cabeçote que se articula nos eixos *A* e *B*.

Orientação global

A relação do sistema de uma máquina definida considerando-se o chão e o operador.

Planos discretos

Um dos três planos originais definidos pelos eixos que se encontram sobre ele: *XY*, *YZ* ou *XZ*.

Regra da mão direita

Utilizada para determinar as letras de identificação dos eixos dentro de um sistema de eixos ortogonais.

Regra da orientação (polegar)

Utilizada para determinar o valor de sinal de eixos rotativos.

Sistema de eixos ortogonais

Três eixos que se orientam a 90° uns dos outros.

Os eixos lineares primários

X, Y e Z

Os eixos de base utilizados para definir um espaço de três dimensões (tridimensional) encontram-se situados a 90° uns em relação aos outros e, como tal, são chamados de um **sistema de eixos ortogonais**. Usando a mesma raiz da palavra ("orto") que em projeção ortográfica, o sistema é composto de linhas de eixo orientadas a 90°umas das outras e que se cruzam em um ponto de referência comum (Fig. 1-1).

Três planos primários

Combinando quaisquer duas linhas de eixo primárias, define-se uma superfície plana. Há três planos: *XY*, *XZ* e *YZ* (Fig. 1-2). Por exemplo, ao visualizar uma peça colocada em uma fresadora vertical, a mesa representa o plano *XY*, enquanto um objeto em um torno é visto no plano *XZ* – geralmente a partir de cima.

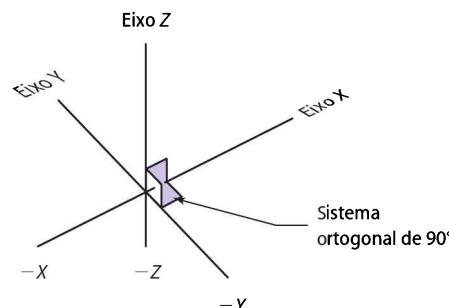


Figura 1-1 Os três eixos lineares primários: *X, Y e Z*.

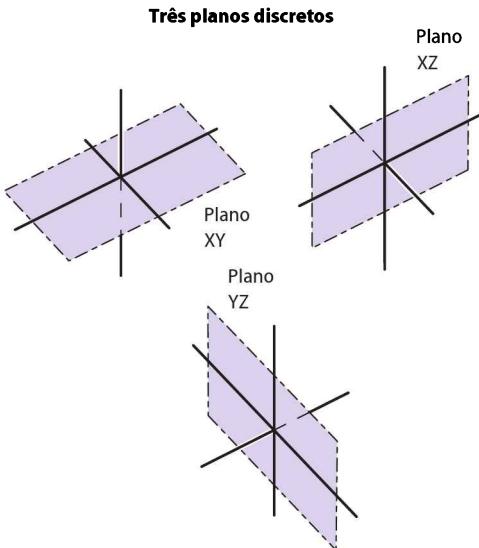


Figura 1-2 Os três planos primários: XY , XZ e YZ .

Quando o comando da máquina é capaz de cortar as curvas em mais do que um desses três **planos discretos** (únicos), o programador deve inserir um código para definir em qual plano o movimento deve ocorrer. Aprenderemos os códigos mais tarde.

Ponto-chave:

Por enquanto, saiba que mudar para um corte curvilíneo dentro de um plano principal diferente requer que seja digitado um novo código para indicar qual plano desejado.

Identificação do eixo em uma máquina CNC

Ao se deparar com uma máquina CNC pela primeira vez, a **orientação global** do seu sistema de eixos (em relação ao chão e ao operador) pode ser frequentemente identificada deste modo, nesta ordem (Fig. 1-3):

- Z O eixo paralelo e oposto ao eixo-árvore
- X Normalmente, o eixo mais longo, geralmente paralelo ao chão
- Y O eixo perpendicular tanto a X como a Z

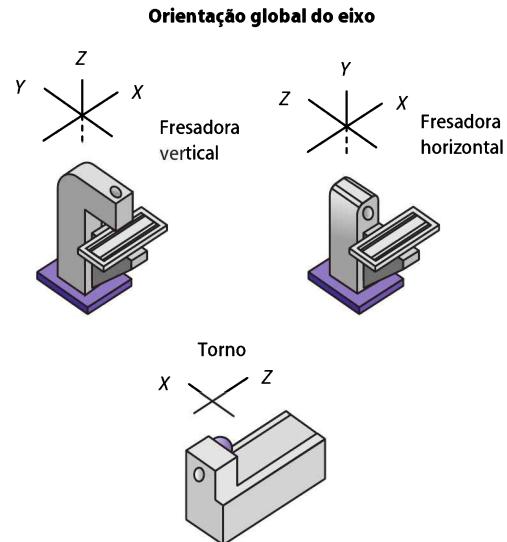


Figura 1-3 Os eixos principais se aplicam às três máquinas habituais.

Essas são as diretrizes convencionais, não um padrão. Para uma determinada máquina CNC, o sistema de eixos não precisa ter uma relação com a referência global. Embora o sistema de eixos permaneça ortogonal e os eixos estejam na mesma posição um em relação ao outro, o sistema de eixos pode ser rotacionado para qualquer posição global.

Tente você mesmo.

Use a regra da mão direita em uma fresadora da sua oficina. Dependendo da perspectiva geral do sistema de eixos, você poderá verificar a sua mão em qualquer posição, mas ela se ajustará à regra. Quase não há exceções ao sistema ortogonal, mas ele pode ser observa-

Conversa de chão de fábrica

Opa! Tempos atrás, a alguns dos primeiros tornos programados, foram atribuídos valores com sinal inverso apenas para o eixo Z. A grande ideia era eliminar a maioria dos sinais negativos nas coordenadas do eixo Z e, assim, criar programas mais curtos. Contudo, essa "melhoria" levou a tantos acidentes graves, devido ao sistema de eixos fora do padrão, que eles nunca mais foram produzidos.

Dica da área

Quando confrontado com uma máquina CNC desconhecida, sempre olhe primeiro para o eixo Z, pois será o mais fácil de identificar. O eixo Z traz a ferramenta para a peça, como em um torno, ou a peça para o fuso ou vice-versa em fressadoras. Em seguida, com o eixo Z identificado, aplique a **regra da mão direita** para identificar os outros dois eixos (Fig. 1-4).

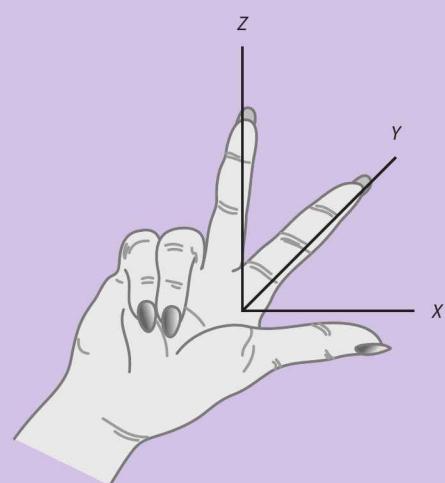


Figura 1-4 A regra da mão direita ajuda a identificar os eixos da máquina.

Ponto-chave:

Regra da mão direita

Apontando o dedo polegar de sua mão direita ao longo da direção positiva do eixo X, o seu dedo indicador aponta para a direção positiva do eixo Y. Por fim, o dedo médio aponta para o eixo Z positivo.

O exemplo mais comum de orientação global inclinada, mostrado nas Figuras 1-5 e 1-6, é uma *base inclinada do torno*, na qual o eixo X foi inclinado em relação ao chão. Essa modificação faz o cavaco e a ejeção do fluido refrigerante mais eficientes e melhora o acesso do operador para configurar as ferramentas.

Os eixos de rotação primários A, B e C

Algumas máquinas CNC apresentam eixos programáveis que giram ou são **articulados**. De acordo com o padrão EIA267-B, existem três eixos rotativos primários:

A, B e C

Cada um é identificado pelo eixo central primário em torno do qual gira:

O eixo A gira em torno de uma linha paralela a X

O eixo B gira em torno de uma linha paralela a Y

O eixo C gira em torno de uma linha paralela a Z

Ponto-chave:

Os eixos de rotação primários são identificados pelo seu eixo central.

Torno CNC com barramento inclinado (vista de cabeçote móvel)

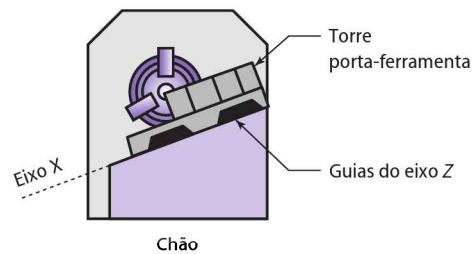


Figura 1-5 Um barramento de um torno com inclinação possui um eixo X inclinado em relação ao chão para melhorar a remoção de cavaco e o acesso do operador às ferramentas.

do inclinado em algumas posições diferentes em relação ao mundo, especialmente em equipamentos CNC avançados e robôs.

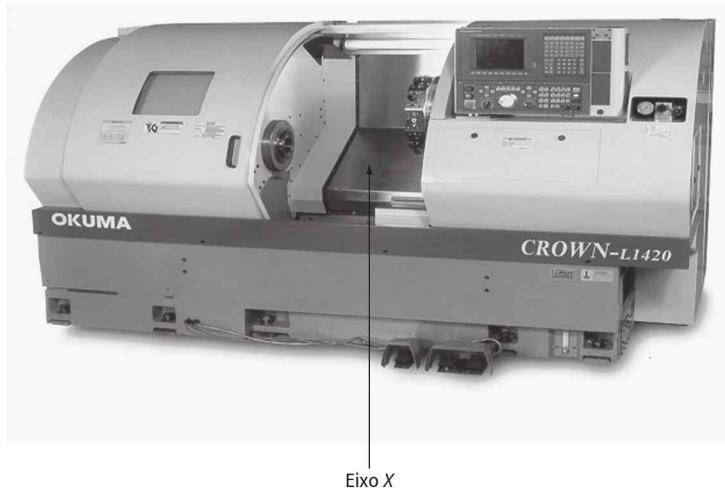


Figura 1-6 O eixo X de um torno com barramento inclinado é rotacionado em relação ao solo para melhorar a refrigeração e a remoção de cavaco e para auxiliar o acesso do operador durante a preparação.

Pergunta

Para identificar um eixo rotativo, primeiro encontre o seu eixo central. Por exemplo, um torno equipado com um fuso posicionável que pode parar em qualquer ângulo de rotação facilita a abertura de furos espaçados ao redor do perímetro de uma peça torneada (Fig. 1-7). Como esse eixo é chamado?

Resposta

A placa indexadora gira sobre um eixo paralelo em torno do eixo Z, portanto, é um eixo C rotativo. Se ele pode parar apenas em um determinado local e não permite a realização de um avanço por meio de um arco durante a usinagem, trata-se de um eixo de posicionamento.

O mesmo eixo C também pode ser capaz de girar em rotações programadas com lentes taxas de avanço, o que possibilita as operações de fresagem em seguida, assumindo que um cabeçote de fresagem foi adicionado. Esse eixo é conhecido como um *eixo de avanço*. Para facilitar a operação de fre-

sagem, um cabeçote de ferramenta acionado é colocado na torre de ferramentas (Fig. 1-8).

Eixos rotativos de fresagem

Quando superfícies inclinadas ou curvadas são necessárias, mas não podem ser cortadas com equipamentos de fresagem padrão, voltamo-nos para máquinas de eixo rotativo. Há duas maneiras

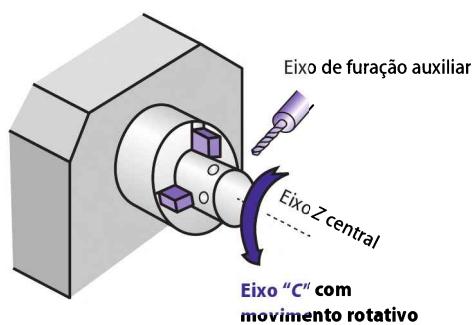


Figura 1-7 Um fuso do torno capaz de posicionar-se em uma localização exata seria denominado um eixo "C", de acordo com as normas EIA.

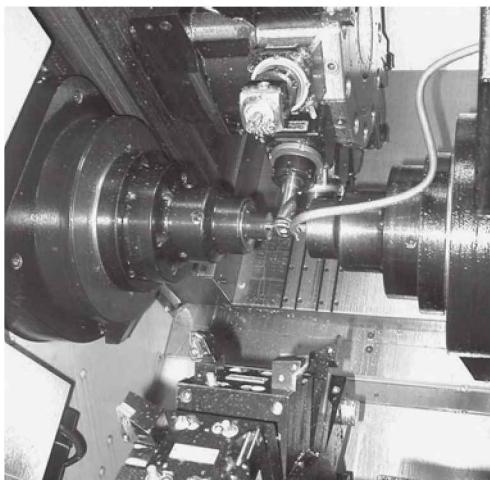


Figura 1-8 Tornos multitarefa apresentam fresas acionadas em sua torre de ferramentas, chamadas muitas vezes de ferramentas ativas.

como uma fresadora CNC pode empregar um eixo de rotação programável: girando a peça ou pela rotação do cabeçote de corte (ou uma combinação dos dois).

Cabeçotes de fresagem articulados Estas máquinas estão equipadas com um cabeçote no eixo, que pode girar em um ou dois planos durante um corte (A ou $A + B$). A articulação promove uma rotação semelhante ao cabeçote da fresadora Bridgeport, mas, permite o avanço seguindo um arco (Fig. 1-9).

Cabeçote de usinagem de cinco eixos Máquinas com essa capacidade são conhecidas como **fresadoras de cinco eixos** com eixos X , Y e Z e A e B (Fig. 1-10).

Movimento de rotação positivo ou negativo – Regra de orientação (polegar)

Para definir a direção em que o movimento de rotação deve ocorrer, no sentido horário ou anti-horário, usamos um sinal de positivo ou de negativo na coordenada. Tente você mesmo. Use a regra do polegar para resolver as questões a seguir sobre o corte de uma superfície curvada.

Cabeçote de fresagem articulado AB

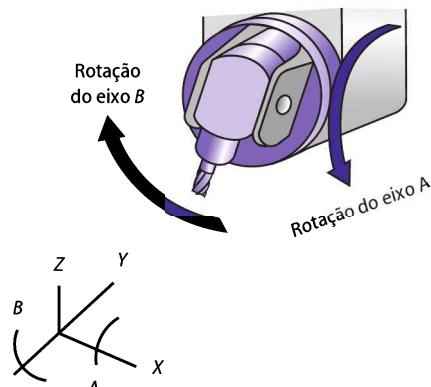


Figura 1-9 Uma fresadora de cinco eixos apresenta dois movimentos articulados – A e B .



Figura 1-10 Esta turbina de alta velocidade está sendo usinada por um eixo A/B com cabeçote de fresagem que inclina.

Agora é a sua vez

Questões importantes sobre partes curvas: A peça mostrada na Figura 1-11 deve ter o perfil usinado por uma fresagem concordante (da direita para a esquerda na página). Para tornar essa superfície curva, um cabeçote A/B articulado deve seguir o percurso, mudando a curvatura à medida que a fresadora se move sobre os eixos X e Y . Use a regra do polegar (Fig. 1-12) para determinar a direção

em que o cabeçote tem que girar nas direções A e B positivas ou negativas.

Fresagem de uma superfície curva inclinada

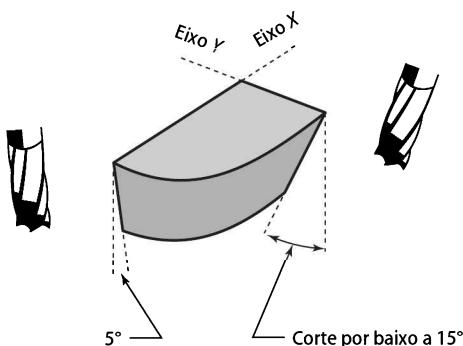


Figura 1-11 Para realizar a fresagem concorrente, esta peça requer articulação nos eixos A e B. Em que direção eles estão (positiva ou negativa)? Use a regra do polegar para resolver.

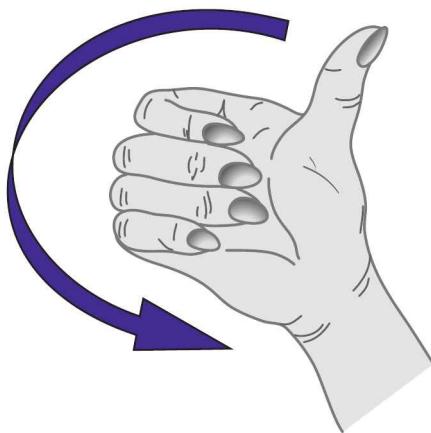


Figura 1-12 A regra do polegar ajuda a identificar o sinal do valor no eixo rotativo (senso de direção).

- Antes do corte, o eixo A está rotacionado na direção positiva ou negativa em relação à vertical? (Isso é mostrado na parte direita da Fig. 1-11.)
- De que maneira A se movimenta durante o corte?

- O eixo B começa com uma inclinação de zero grau. No final do corte, sua rotação é positiva ou negativa? (Ver o lado esquerdo da figura.) As respostas estão na página 9.

Regra do polegar – Valor de entrada no eixo de rotação

Para identificar se a direção do eixo de rotação é positiva ou negativa (no sentido horário ou anti-horário), use a regra do polegar (Fig. 1-12).

Em primeiro lugar, identifique o sentido positivo do eixo central em torno do qual a rotação ocorre (+X, +Y ou +Z). Então, posicionando o polegar da sua mão direita ao longo dessa direção positiva, os dedos se curvam no sentido positivo do eixo rotativo. O movimento de rotação negativo seria contra os seus dedos.

Rotação de peça e indexação

A segunda maneira pela qual um centro de usinagem ou uma fresadora CNC pode conseguir um eixo rotativo ou de indexação é movendo a peça, e não o cabeçote de corte. Isso pode ser feito com um acessório programável do eixo A (método mais comum), como se mostra na parte direita da Figura 1-13, ou um eixo embutido no meio da mesa. Existem também várias outras maneiras de indexar a peça de maneira programável e versões de acessórios que permitem a rotação da peça.

Indexação da peça Uma maneira muito eficiente para indexar peças é uma *mesa de paletização de quatro faces* (Fig. 1-14). Aqui, as peças são co-

Eixos rotativos CNC

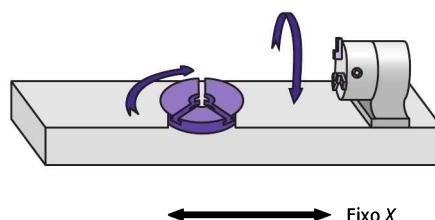


Figura 1-13 Eixos rotativos programáveis podem ser adicionados aos acessórios ou integrados a partes da máquina.

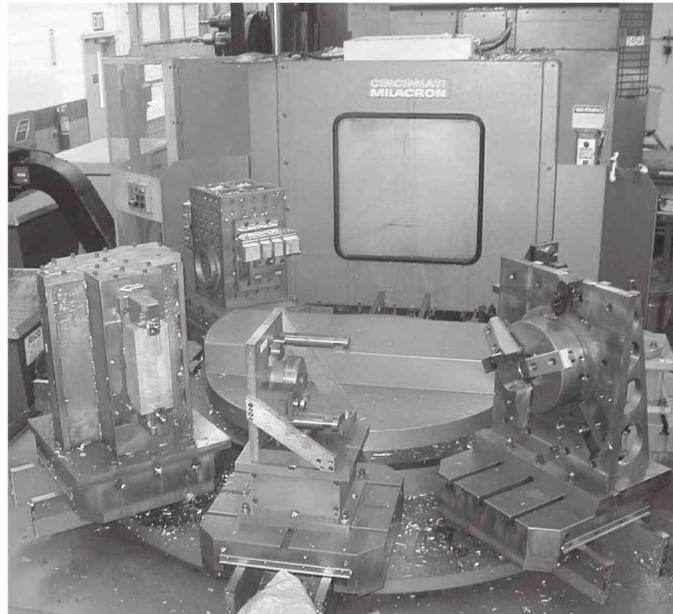


Figura 1-14 Equipamentos de fixação com pallets para a produção giram a peça para criar um acesso seguro e eficiente a mais de um lado da peça de trabalho.

locadas aos quatro lados de uma resistente torre vertical de fixação de trabalho. Cada lado pode ser indexado e bloqueado na direção do fuso. Por exemplo, a peça recebe todos os cortes de fresagem de face em uma só estação, e, em seguida, a mesa de paletização é indexada para que fresa-gens periféricas e laterais sejam feitas na segunda face. A furação e o mandrilamento são feitos na terceira etapa. Três lados da peça podem ser usinados em uma preparação. Outra vantagem desse tipo de sistema de fixação e posicionamento das ferramentas é que as peças podem ser trocadas de forma segura, no quarto lado, do lado oposto ao eixo, enquanto acontece a usinagem. A terceira vantagem é que as torres inteiras podem ser pre-definidas com os dispositivos de fixação corretos quando “preparadas” (configuradas para um novo trabalho), o que torna apenas alguns minutos para remover um pallet e substituí-lo por um segundo, completamente pronto para usar com as peças pré-carregadas! Esse é um bom exemplo de como remover os cavacos constantemente de forma lucrativa! Veremos mais no Capítulo 2.

Ponto-chave:

Para fins de programa, a acessórios com rotação de peça e a alguns acessórios de indexação deve ser atribuída uma letra de identificação no eixo. Quando isso é feito, a identificação segue a regra do polegar, com base na regra da mão direita.

Os eixos lineares secundários *U, V e W*

O dispositivo de furação para torno na Figura 1-7 ilustra outro sistema de eixos. Máquinas CNC recebem, ocasionalmente, eixos em linha reta secundários para adicionar guias de ferramentas auxiliares ou mangotes para mandrilamento e outras funções de usinagem, de acordo com a sua capacidade.

Regra do eixo linear secundário

Para identificar os eixos lineares secundários, determine os eixos lineares primários paralelos (*X*, *Y* ou *Z*). Se o eixo secundário é paralelo a

X, é o eixo U

Y, é o eixo V

Z, é o eixo W

Por exemplo, a pequena fresadora vertical mostrada na Figura 1-15 tem o seu mangote programável designado como o eixo Z, portanto, o consolo que também se move verticalmente torna-se o eixo "W", de acordo como EIA267-B.

Agora é a sua vez

Respostas do eixo curvo

- O programa começa com o eixo A inclinado a +15° (positivo).
 - Em seguida, começa a rotação do cabeçote na direção negativa de A.
 - O eixo B termina com uma rotação negativa.
- Não entendeu? Lembre-se: o polegar aponta para o lado positivo do eixo central – oposto a cada aresta X e Y da peça.

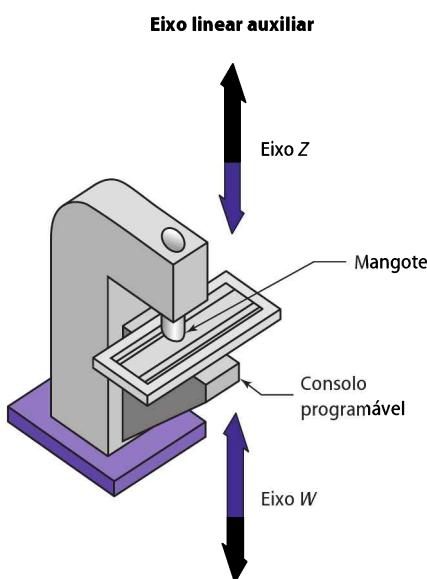


Figura 1-15 O consolo programável da fresadora seria chamado de eixo W, uma vez que ele se move paralelamente ao eixo Z.

Revisão da unidade 1-1

Revise os termos-chave

Articulação

Ação do tipo punho que se move em arco, mas não em um círculo completo. Cabeçotes de fresadoras possuem articulação.

Fresadora de cinco eixos

Máquina vertical ou horizontal com um cabeçote que se articula nos eixos A e B.

Orientação global

A relação do sistema de uma máquina definida considerando-se o chão e o operador.

Planos discretos

Um dos três planos originais definidos pelos eixos que se encontram sobre ele: XY, YZ ou XZ.

Regra da mão direita

Utilizada para determinar as letras de identificação dos eixos dentro de um sistema de eixos ortogonais.

Regra da orientação (polegar)

Utilizada para determinar o valor de sinal de eixos rotativos.

Sistema de eixos ortogonais

Três eixos que se orientam a 90° um do outro.

Reveja os pontos-chave

- Para mudar de um plano discreto para outro, uma palavra de código deve ser inserida no programa.
- Os eixos de rotação são identificados pelo seu eixo central.

Responda

- Em uma folha de papel, utilizando a regra da mão direita, complete o sistema de eixos ortogonais no desenho da Figura 1-16.
- Qual eixo linear principal é paralelo ao eixo do fuso principal? Qual eixo é central para um movimento de eixo B?

3. Identifique os eixos de rotação na fresa-dora de cinco eixos da Figura 1-17 e em que direção eles estão se movendo (positiva ou negativa).

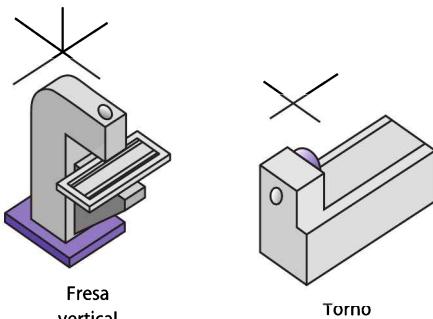


Figura 1-16 Identifique o sistema de eixos utilizando a regra da mão direita.

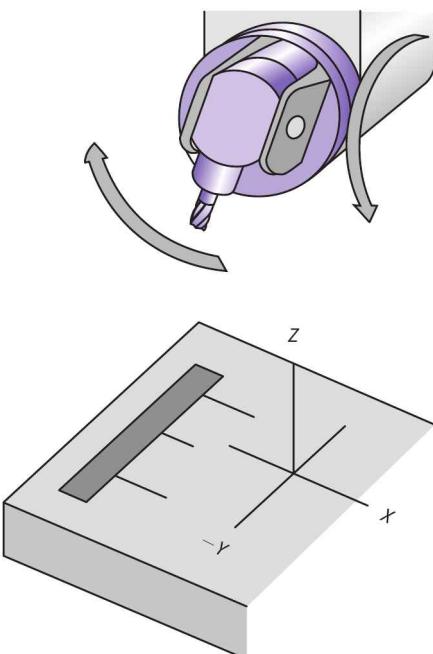


Figura 1-17 Identifique os dois movimentos rotativos neste cabeçote de fresagem articulado de cinco eixos.

4. Um torno CNC multitarefa capaz de cortar os dois lados da peça apresenta duas torres de ferramentas programáveis. Cada uma delas pode deslocar-se individualmente em duas direções. Identifique os eixos que faltam nesta máquina e o valor do sinal (positivo ou negativo) (Fig. 1-18).

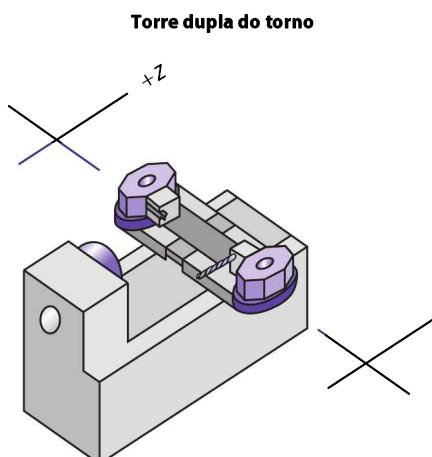


Figura 1-18 Identifique o eixo primário e os dois eixos auxiliares deste torno.

5. Os eixos principais correspondem um ao outro. Preencha esta tabela.

Eixo linear primário		<i>Y</i>
Eixo linear secundário	<i>U</i>	
Eixo rotativo primário		<i>C</i>

6. Esta fresa-dora de cinco eixos na Figura 1-19 está girando com o cabeçote de corte na direção indicada. Esse é um movimento de eixo *A* ou *B* positivo ou negativo, de acordo com a regra do polegar?
7. Complete o sistema de eixos ortogonais para a fresa-dora CNC horizontal na Figura 1-20.

Resolva usando a regra do polegar

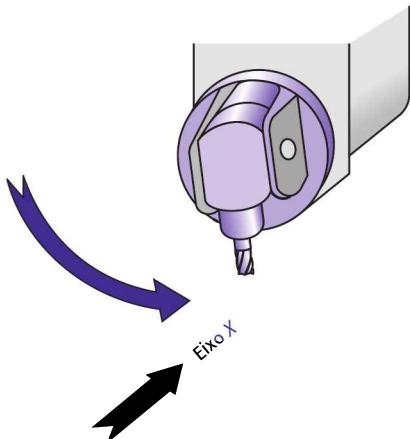


Figura 1-19 Este é um movimento dos eixos A e B positivo ou negativo?

Nomeie estes eixos

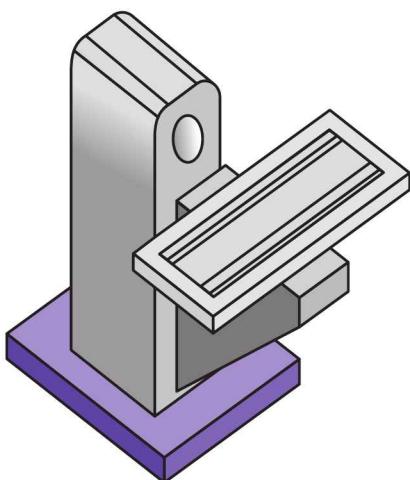
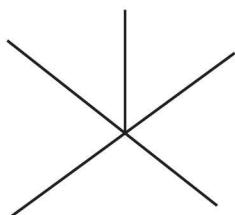


Figura 1-20 Complete o sistema de eixos para esta fresa horizontal.

» Unidade 1-2

» Sistemas de coordenadas e pontos

O cartógrafo espanhol Cartes utilizou uma grade de linhas que se cruzam em 90° para a identificação de qualquer ponto sobre os seus mapas geográficos. Quatro séculos depois, ainda estamos as usando em mapas de rua. Muito além da sua intenção, matemáticos e mecânicos as adaptaram para a programação e as chamaram de *coordenadas cartesianas*, o que nos ajuda a tornar a usinagem CNC possível. Duas coordenadas cartesianas (X e Y) identificam pontos bidimensionais no plano. Ao adicionar uma terceira (X, Y e Z), é possível identificar qualquer ponto em três dimensões, chamado de *espaço tridimensional*. Elas também são chamadas de coordenadas retangulares.

O ponto identificado pode ser usado como referência, como, por exemplo, o centro de um círculo. Também pode ser utilizado como um local no qual um furo vai ser brocado ou para definir um determinado ponto sobre uma superfície da peça. Ou uma coordenada pode ser o alvo de uma instrução de movimento, de tal modo que a ferramenta se dirige a ele a um determinado avanço.

Coordenadas cartesianas não atendem a todas as identificações de pontos necessárias. Às vezes, a informação chega até nós em um desenho de engenharia que não está em X, Y e Z. Como um foguete deixando a Terra, às vezes, pensamos em pontos de identificação em termos de quão longe ele já viajou desde a origem (raio = R) e em qual ângulo (A). Essas são conhecidas como **coordenadas polares**. Por exemplo, um círculo de furos é muito mais fácil de definir usando coordenadas polares do que X por localizações Y.

Ponto-chave:

Em desenhos de CAD e programação CNC manual ou por *software CAM*, nós usamos principalmente coordenadas retangulares, mas, de vez em quando, é possível mudar para coordenadas polares. Estas podem economizar muitos cálculos quando as dimensões do desenho são apresentadas em função do raio e do ângulo em vez de das distâncias retangulares das referências.

A Unidade 1-2 é sobre três tipos de coordenadas utilizadas em CNC, bem como sobre a nossa forma de atribuir valores a elas para determinar a direção.

Termos-chave:**Coordenadas absolutas**

Valores com base na origem do sistema de eixos – o PZP.

Coordenadas cartesianas

Conjunto de coordenadas retangulares que se refere aos pontos dos eixos de referência.

Coordenadas da máquina

Conjunto de coordenadas que sempre se referem à RM, e não ao PZP.

Coordenadas polares

Identificação do ponto usando deslocamento radial e angular da origem.

Coordenação (eixos CNC)

Mover fisicamente a ferramenta para uma posição conhecida em relação à geometria da peça e, em seguida, configurar o registro do eixo para representar essa posição.

Entidade

Linha reta ou arco curvo com um ponto com coordenadas de início e fim.

Entrada nula

Modo de comando, ou de coordenadas, que foi definido anteriormente e pode ser opcionalmente omitido da instrução do programa.

Espaço tridimensional

Envelope de trabalho tridimensional definido por X, Y e Z ou por coordenadas esféricas ou polares.

Padrão (condição CNC)

Valor ou modo esperado ou predefinido.

Ponto zero do programa ou ponto zero peça (PZP)

Origem principal para o programa e a geometria da peça. Escolhido pelo programador, o PZP é coordenado pelo operador durante a preparação. Ele pode ser colocado em qualquer lugar dentro do envelope em máquinas modernas.

Quadrante

Um dos quatro possíveis segmentos com 90° situados sobre uma superfície plana, criados pela interseção dos dois eixos que definem o plano. Os valores absolutos das coordenadas dependem do quadrante no qual se encontra um ponto.

Referência da máquina (RM)

Posição que nunca muda, utilizada para instalação segura, reajuste da precisão e para fins de configuração.

Referência flutuante completa

Capacidade de posicionar o PZP em qualquer lugar dentro do envelope da peça (e, às vezes, ainda além em situações especiais).

Referenciamento (a máquina CNC)

Conduzir a máquina a uma posição fixa (referência da máquina – [RM]).

Valor incremental (valor relativo)

Coordenadas com base em uma entrada anterior.

Valores ponto a ponto. Às vezes, chamado de coordenadas relativas, porque cada entrada é baseada na última.

Coordenadas absolutas e incrementais

Há duas maneiras diferentes de usar as coordenadas cartesianas e polares. Como vamos usá-las dependerá de a coordenada se referir à origem (o que é mais comum) ou levar a sua referência a partir do ponto anterior, chamado de coordenadas incrementais. A Figura 1-21 mostra exemplos de dois tipos diferentes de dimensionamento. Note que, no mundo real, eles não seriam misturados como no exemplo do desenho por causa do conflito entre as tolerâncias.

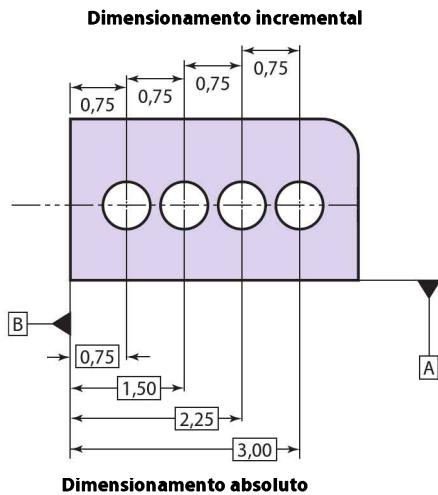


Figura 1-21 Exemplos de dimensionamentos absoluto e incremental (também chamado de relativo).

Ponto-chave:

Normalmente, o projetista usaria um tipo ou outro de dimensionamento – absoluto ou incremental.

Definições

Coordenadas absolutas

Uma **coordenada absoluta** é aquela em que cada entrada representa a distância do ponto a partir da origem: $X = 0$, $Y = 0$ e $Z = 0$. Usamos com mais frequência a identificação do ponto absoluto nos trabalhos com CNC porque desenhos geralmente referem suas características às origens do desenho (referências A e B, por exemplo). Elas são mais populares porque os valores absolutos se tornaram convencionais para programas gerados com CAM.

Coordenadas incrementais

Elas se referem a um conjunto de coordenadas em que cada entrada representa a distância do ponto identificado a partir do ponto anterior. Esses pontos podem ser imaginados como saltos a partir da localização atual para a próxima. Usar os valores incre-

mentais, muitas vezes, economiza cálculos e tempo durante as preparações e a edição de programas.

Coordenadas absolutas

Agora, vamos desenvolver uma capacidade de trabalho por meio de coordenadas. Vamos começar com as mais utilizadas: as coordenadas retangulares absolutas.

Referenciadas à origem – Ponto zero do programa

Todas as coordenadas absolutas referem-se a um ponto de partida único – a origem local. No trabalho CNC, ele é chamado de **ponto zero do programa** ou

simplesmente **ponto zero peça (PZP)**, a origem da grade. O PZP é o ponto de referência principal no qual o programa e a preparação são baseados. Selecionar a localização PZP relativa às características geométricas da peça está entre as primeiras decisões importantes de planejamento.

Ponto-chave:

Seja o desenho GDT (dimensionamento por tolerâncias geométricas) ou não, o PZP deve ser baseado nas prioridades geométricas.

Conversa de chão de fábrica

Inventada nos Estados Unidos, a tecnologia CNC está liderando nossa área de atuação, mas está longe de ser um assunto novo! Mecânicos têm usado formas de programação rígidas em máquinas comandadas numericamente desde 1950. Os mecânicos mais antigos estão na frente dos demais que surgiram na estrada da informação, mas nós fazemos mais do que transferir dados, nós geramos cavacos e fazemos peças complexas de helicópteros e aviões com nossos programas e computadores. Contudo, mesmo antes da usinagem, outras indústrias usavam cartões perfurados para controlar teares na fabricação de tecidos perfeitos com padrões complexos. A automação programada já tem seu lugar na manufatura há mais de 50 anos.

selecionada para o programa. Essa é uma tarefa de configuração importante tanto em fresadoras como em tornos. Vamos usar um exemplo com fresadora.

A ação é semelhante a definir alguma coisa (Fig. 1-22) a ser furada em uma fresadora manual. Em primeiro lugar, a morsa está indicando verdadeiro em relação ao eixo da máquina e aparafusada no lugar. Não importa onde a morsa está localizada sobre a mesa, porque o PZP pode ser fixado em qualquer posição dentro do envelope de trabalho em equipamentos modernos. Isso é conhecido como **referência flutuante completa**.

Quando o operador define o PZP relativo à peça, morsa, placa ou no dispositivo de fixação, a ação é chamada de **coordenação da máquina**. O eixo-árvore situa-se acima de um dos cantos da peça de trabalho neste exemplo. A próxima ação é definir o mostrador digital e/ou anéis graduados para ler zero nessa posição na fresadora manual. Em CNC ocorre o mesmo, os registros do comando são definidos para X0.0 e Y0.0. Em seguida, depois de coordenar os eixos X e Y, a ferramenta de corte poderia ser tocada no topo da peça e definir seu registro como Z = 0,0000, assumindo que é onde o PZP do eixo Z foi escolhido para o programa (uma prática comum).

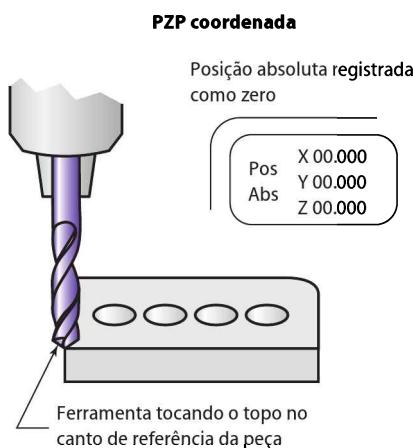


Figura 1-22 Coordenar o PZP para a peça física requer ajuste dos registros do eixo para zero quando a ferramenta está na posição PZP.

Ponto-chave:

A ferramenta apenas tocando a superfície de trabalho é a maneira mais simples para ilustrar a posição zero Z. Isso funciona bem para programas que usam apenas uma ferramenta de corte. Mais tarde, vamos aprender que a origem Z em uma configuração com várias ferramentas de corte pode estar na referência da máquina ou em qualquer outra altura fora da peça, a fim de permitir ferramentas de comprimentos diferentes.

Com a coordenada PZP, todos os movimentos absolutos dos eixos da máquina referem-se a esse ponto. Em uma peça da fresadora, o PZP geralmente é colocado em um canto, como na Fig. 1-22, enquanto, em uma peça do torno do PZP, é muitas vezes colocado na ponta externa e central.

O PZP, em circunstâncias especiais, pode ser colocado fora do envelope de trabalho. Primeiro, o fuso ou a ferramenta é posicionado sobre a peça. Mas, desta vez, os eixos não estão ajustados na origem; em vez disso, a sua posição em relação ao PZP é escrita nos registradores da máquina. Nem todos os controladores permitirão essa ação. No entanto, isso é possível, uma vez que a máquina refere coordenadas, mas não necessita mover o eixo-árvore ou a ferramenta de corte até ele.

Por uma convenção em engenharia, o PZP é representado como um círculo de alvo, como na Figura 1-23.

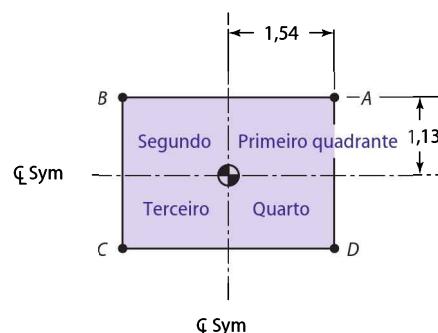


Figura 1-23 Valores absolutos nos quatro quadrantes.

Valor absoluto nos quatro quadrantes

Conversa de chão de fábrica

Dependendo do costume local, você também pode ouvir o PZP ser referido como *origem do programa, ponto de referência do programa, zero do programa ou zero XYZ*. Independentemente de como você chamá-lo, lembre-se de que é o ponto a partir do qual todas as coordenadas absolutas foram originadas ou a que se referem.

direito no sentido anti-horário (Fig. 1-23). Cada ordenada (X ou Y) combina-se para compor uma coordenada e cada uma tem um valor positivo ou negativo.

Ponto-chave:

Um pouco diferente das instruções matemáticas, para coordenadas CNC, colocamos o sinal de negativo (-) após a letra para indicar um valor negativo. Nós não usamos o sinal de positivo (+). Nenhum sinal indica valor positivo.

X – é negativo X é positivo

Cada valor de X e Y é um valor único em função do quadrante em que está localizado. Tal como mostrado na Figura 1-23, o ponto B está no segundo quadrante, então, as suas coordenadas são

$$B = X-1.5400, Y1.1300$$

Na Figura 1-23, quais são as coordenadas absolutas para os pontos C e D ?

Resposta

$$C = X-1.5400, Y-1.1300$$

$$D = X1.5400, Y-1.1300$$

Dependendo de qual lado do PZP uma coordenada está, o seu valor será positivo ou negativo. Usando o plano XY para o exemplo, a interseção dos dois eixos cria quatro possíveis zonas denominadas **quadrantes**. Eles são numerados a partir do canto superior

Ponto-chave:

Este conceito pode ser estendido para um **espaço tridimensional (XYZ)**, criando um universo de oito possíveis locais (octantes). A Figura 1-24 mostra uma posição absoluta para a broca coordenada. Seus valores de X e Y são positivos, mas o Z é negativo.

Quadrantes do torno

Durante a programação de trabalho para o torno, a peça é vista no plano XZ – de cima. O PZP é geralmente colocado no eixo de extremidade exterior – face da peça (mas nem sempre). Se ele estiver localizado nesse local fácil de coordenar, toda a trajetória a ser usinada está dentro do segundo quadrante, fazendo todos os valores de Z negativos, mas todos os valores de X positivos, como se vê na Figura 1-25.

Na Figura 1-25, as coordenadas para o ponto A são

$$A = X1.0000, Z0.0000$$

Quais são as coordenadas para os pontos B , C e D ?

Resposta

$$B = X1.000, Z-2.7500$$

$$C = X1.8750, Z-2.7500$$

$$D = X1.8750, Z-4.0000$$

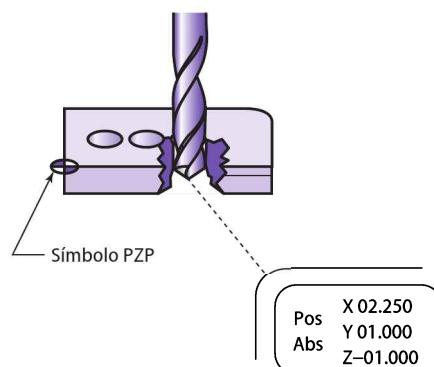


Figura 1-24 X e Y são valores absolutos positivos, mas Z é negativo.

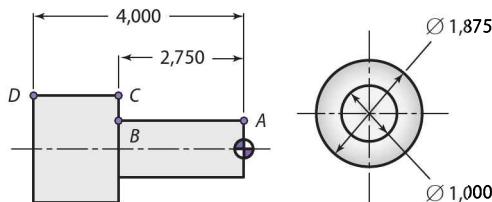
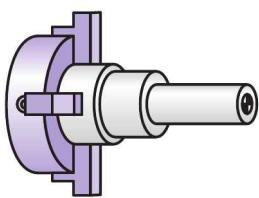


Figura 1-25 Os quadrantes para os eixos X e Z em um trabalho no torno.

Programação em diâmetro

Uma segunda convenção do torno está ilustrada na Figura 1-25. Em quase todos os programas para torno, as coordenadas do eixo X são baseadas no diâmetro.

Ponto-chave:

Para a programação do torno, os valores de X são convencionalmente escritos como diâmetros.

Em alguns comandos e software CAM, é possível programar com valores de raio, mas apenas depois de especificar o valor do raio na coordenada X; X = diâmetro é uma condição **padrão** para a maioria dos centros de torneamento. (Padrão, aqui, significa valor ou condição predeterminado.)

Dica da área

Seleção do PZP para valor do quadrante

Quando conveniente para o trabalho na fresa-dora, tente girar a peça bruta, como na Figura 1-22, de tal forma que a localização selecionada do PZP esteja no canto esquerdo mais baixo em relação à peça. Quando é colocado dessa maneira, todos os valores das coordenadas absolutas

se situam na peça sobre a linha do eixo ou no primeiro quadrante e, portanto, todos os valores são positivos. Essa é uma manipulação de dados apenas. A prioridade do referencial de projeto é um fator primordial para a colocação PZP.

Pontos para geometria e/ou referência

Coordenar pontos recai em duas categorias de como eles irão ser utilizados no programa. Alguns pontos podem ter dupla função. Na Figura 1-22, o PZP também estava na peça como um ponto de geometria a ser usinada.

Pontos de geometria

Pontos de geometria são aqueles que você pretende usar para posição ou movimento – um local a ser usinado. Eles estão no final de um corte ou em uma posição central para um furo ou, ainda, em um ponto intermediário sobre uma superfície (Fig. 1-26).

Identificação da geometria dos pontos A geometria do ponto ocorre na junção entre duas **entidades quaisquer** (Fig. 1-27). Uma entidade é um termo familiar para aqueles com formação em CAD. Elas são linhas individuais retas ou arcos. Cada uma tem uma coordenada do ponto do início e do ponto final.

Um arco também deve ter um ponto de referência do centro. Onde duas entidades quaisquer se juntarem, tornarem-se tangentes, formarem in-

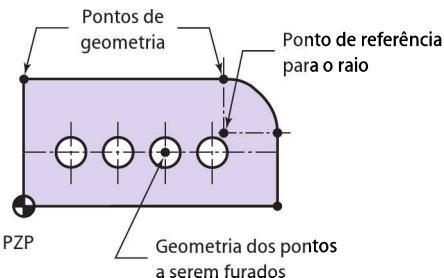


Figura 1-26 Pontos de geometria ocorrem em locais importantes.

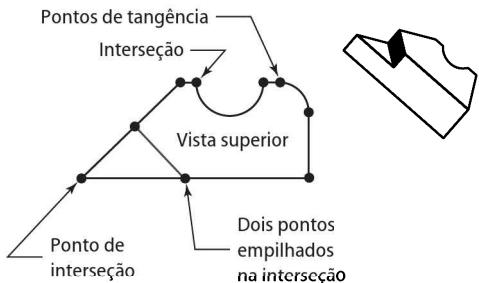


Figura 1-27 Os pontos podem ser coaxiais (empilhados em cima uns dos outros ao longo de um eixo principal).

terceição ou se cruzarem, há também um ponto de geometria único a ambos.

Pontos de referência

Além do PZP, existem dois outros tipos de pontos de referência utilizados em CNC. Um, que não é normalmente utilizado para a execução do programa, é a **referência da máquina (RM)**. A RM não é um ponto flutuante, porém, fica em uma posição fixa e exata (repetível) dentro do envelope da máquina, normalmente com todos os eixos totalmente removidos para longe da placa ou da

mesa. A condução da máquina à RM é chamada de **referenciamento**.

Trata-se de uma localização útil usada principalmente para as funções de preparação e coordenação de precisão de máquinas mais antigas que não possuem a capacidade de manter a sua posição quando estão desligadas. Deixaremos a RM de lado até olharmos as responsabilidades do operador nos Capítulos 3 e 4.

Pontos de referência locais Ao escrever um programa, é possível mudar o PZP para um local com *ponto zero de referência local temporário (PRL)*, que fica a uma distância conhecida a partir do PZP. Uma vez que as características são usinadas em relação ao PRL, ele é cancelado, e o referencial retorna novamente ao PZP. Referências locais são utilizadas por alguns motivos:

1. Um motivo possível é que uma característica geométrica, ou grupo de características, esteja referida a uma referência que não seja o PZP (Fig. 1-28). Muitos cálculos seriam necessários para escrever o valor absoluto das coordenadas para cada corte que se refere ao PZP de cada coordenada. Porém, criar um ponto de

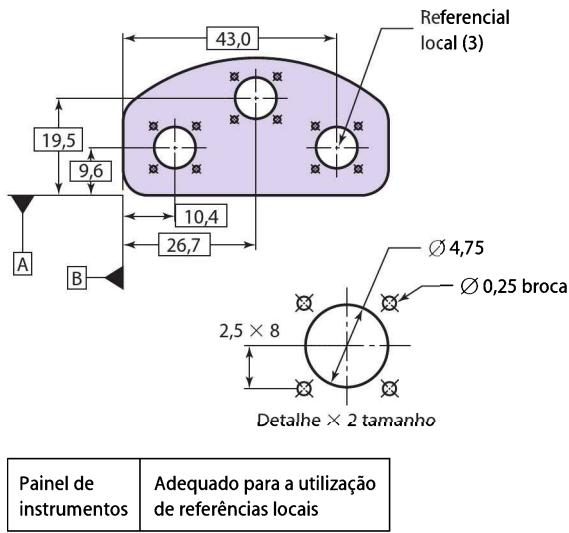


Figura 1-28 A matemática necessária para escrever as coordenadas para as características deste painel de instrumentos pode ser simplificada usando uma referência local temporária para cada padrão de corte.

referência local no centro e, então, referir-se a ele para esse grupo poupa tempo de programação e cálculos ao escrever o programa sem o CAM.

2. Um PRL também pode ser utilizado para repetir um programa inteiro, ou uma parte de um programa, em outro local dentro do envelope de trabalho. A repetição pode ser, em uma parte, como recortes de instrumento, ou poderíamos usinar duas peças iguais em duas morsas. A segunda parte poderia utilizar uma referência local, a uma determinada distância a partir da primeira (Fig. 1-29).
3. Nós também usamos PRL em peças muito grandes, como longarinas de asas, por exemplo, nas quais o PZP principal pode estar a centenas de pés de distância. Um ponto temporário pode ser estabelecido, o que é muito mais conveniente para o trabalho de preparação. O barramento da fresa pótico na Figura 1-30 é de 200' de comprimento.

Dica da área

No trabalho CNC, há quase sempre mais de uma maneira de fazer um trabalho usando códigos. Sub-rotinas que contenham todos os comandos para um corte do instrumento podem ser usadas para simplificar o programa do painel de instrumentos. Tal seria escrito usando coordenadas incrementais (a seguir). Então, só precisamos mover para o local central para iniciar a sub-rotina. Vamos aprender sobre sub-rotinas em comandos lógicos no Capítulo 7 deste livro.

Outro método de gravação de duas fixações de morsa, na Figura 1-29, é chamado de *deslocamento de ponto zero*. A maioria dos comandos consegue se lembrar de vários PZP dentro do envelope de trabalho. Dada a instrução correta, os registradores podem mudar de PZP1 para PZP2, e assim por diante. A maioria dos controles armazena de 6 a 10 PZP locais, com referência à referência da máquina. Os códigos usados são G53, G54, G55, G56, e assim por diante, dependendo do fabricante. Uma vez que o novo código

de deslocamento é lido, a máquina comece a agir sobre a localização de referência armazenada na página de deslocamento de ponto zero. Muitas oficinas carregam G53 com todos os zeros, sendo essa uma maneira fácil de voltar para a (ou se referir à) máquina. O G53 depois cancela qualquer deslocamento de ponto zero. Assim, para a sub-rotina com duas morsas, a lógica possível seria G54 = morsa 1, G55 = morsa 2. Aprenderemos mais sobre deslocamentos de ponto zero no Capítulo 6 deste livro.

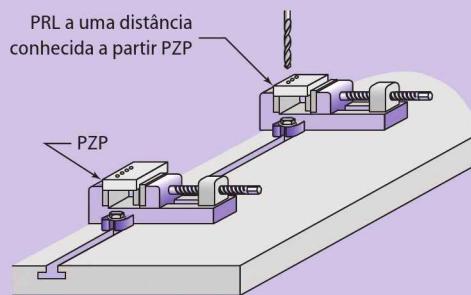


Figura 1-29 Um PRL pode ser usado para executar o mesmo programa em duas morsas.



Figura 1-30 Uma referência da máquina e o PZP podem ter 20 pés de distância (à esquerda) ou 200 pés nesta gigante fresa de pótico de 3 fusos e 5 eixos.

Coordenadas incrementais

As **coordenadas cartesianas** incrementais representam um método útil para identificar um ponto. Elas podem ser chamadas de coordenadas relativas, porque cada movimento da ferramenta está relacionado com a última posição da ferramenta ou do fuso. A coordenada é a distância a partir da posição atual para a próxima. **Valores incrementais** são escolhidos por várias razões. Por exemplo, quando:

O *desenho*, ou uma parte dele, está dimensionado de forma incremental e o programa será escrito sem *software CAM*. Neste caso, utilizar valores absolutos vai exigir muita matemática. Por outro lado, os valores incrementais estão todos ali – sem fazer qualquer cálculo.

Entradas no teclado manual foram usadas, por exemplo. Um programa de ferramenta curto, escrito no comando para usinar castanhas moles ou para mover um relógio comparador com uma quantidade exata usando entradas digitadas, seria simplificado usando entradas com coordenadas incrementais.

Soluções incrementais são necessárias. Quando uma solução de um cálculo de programação produz um valor incremental. Em outras palavras, a solução para a próxima posição de referência ou local cria a distância incremental. Para calcular a distância absoluta, seriam necessários cálculos adicionais.

Valores incrementais são necessários. Alguns comandos específicos devem estar em valores incrementais. Veremos comandos para geração de curvas nos quais o centro do círculo deve ser identificado com coordenadas incrementais.

Movimentos extras devem ser editados. Um programa escrito pode exigir uma edição. Muitas vezes, é mais fácil deslocar em movimentos incrementais para corrigir alguma coisa em um programa escrito em valores absolutos.

Ponto-chave:

Usando coordenadas incrementais

Não existe diferença na exatidão usando valores incrementais ou absolutos, visto que o comando executa o programa internamente, sempre de forma absoluta. No entanto, quando entradas indevidas são feitas, os valores incrementais podem criar grandes problemas. Veremos exemplos a seguir. Contanto que isso não viole as políticas da oficina, é possível alternar livremente entre valores absolutos ou incrementais dentro do programa, ou mesmo em uma única sentença de programa. Contudo, o código correto de programação deve ser inserido para que o comando saiba se os valores inseridos são absolutos ou incrementais. Frequentemente usamos coordenadas incrementais em modo de edição, onde devemos introduzir um movimento extra ou quando escrevemos uma preparação rápida ou um programa para geração de ferramental diretamente do comando.

Valores incrementais de movimento

O valor do eixo, positivo ou negativo, descreve a direção em que o movimento da ferramenta deve ser feito a partir da posição atual para a próxima. O centro da ilustração na Figura 1-31 não é necessariamente o PZP, mas deve ser visualizado como a

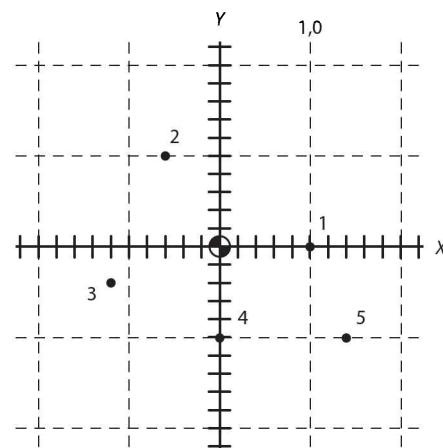


Figura 1-31 Identifique estes pontos de forma incremental, em sequência.

presente localização da ferramenta. Por exemplo, nessa posição, as coordenadas X10.0 Y1.0 levam a ferramenta para a posição 1. Ambos são movimentos positivos. No entanto, um X-10.0 Y-1.0 levaria à direção oposta.

Agora é a sua vez

Questão de pensamento crítico Partindo do ponto 1, determine as coordenadas incrementais para mover do ponto 1 para o ponto 2 e, em seguida, para os pontos 3, 4 e 5 na sequência. Atente à escala de uma polegada no desenho.

RESPOSTA

Ao ponto	Incrementais	Coordenadas
2	X-1.600	Y1.000
3	X-0.600	Y-1.400
4	X1.200	Y-0.600
5	X1.400	Y0.000

Ponto-chave:

Note que o ponto 5 de coordenadas X1.400, Y0.000 pode ser resumido para X1.400 sem entrada Y, já que não há movimento do eixo Y do ponto 4 ao ponto 5. Isso é chamado de *entrada nula*. Coordenadas nulas podem ser deixadas de fora ou não.

Dica da área

Uma boa maneira de visualizar coordenadas incrementais é pensar na posição atual como um mini-PZP, “só naquele momento”. Isso significa que os valores das coordenadas (positivo ou negativo) do próximo ponto seguirão o princípio quadrante, mas usando a posição atual como referência, não a origem absoluta.

Coordenadas métricas

Coordenadas no sistema métrico são tão simples como as entradas em polegadas. Mas, também aqui, o código correto deve ser fornecido para

alertar o comando se as unidades que estão sendo introduzidas são métricas ou imperiais. Apesar de não ser uma boa prática, as duas unidades podem ser misturadas no programa. Isso só acontece se um desenho maluco as misturar!

Como você sabe, um milímetro é 25,4 vezes menor do que uma polegada. Assim, as coordenadas são geralmente escritas com três casas decimais; por exemplo, X3.750.

Ponto-chave:

Há um código para coordenadas com valores métricos e um para dizer ao comando que o programa está em unidades imperiais (polegadas). Ele pode, por exemplo, ser G20 = Imperial e G21 = métrica, ou G70 = Imperial e G71 = Métrica.

G21 X2.000

Essa linha define coordenadas em sistema métrico e que a entrada é de 2 mm.

G20 X2.0000

Essa linha diz ao comando para retornar a valores imperiais e que a entrada é de 2 polegadas.

Comandos modernos permitem flexibilidade completa de unidades e valores. A maioria pode aceitar valores absolutos ou incrementais e nos sistemas métrico ou imperial com facilidade, desde que acompanhados pelos códigos corretos. Mais uma vez, apesar de isso ser uma má ideia, as unidades e os valores (G90 = absoluto ou G91 = incremental) podem ser alterados dentro do programa ou até mesmo dentro de um único comando, sem perda de precisão. Atrás da tela de vídeo, os controles modernos mantêm o controle da posição da ferramenta de forma absoluta, utilizando valores métricos, desconsiderando os valores do programa e o que você vê na tela. A mudança de unidades e valores só muda a maneira de ver os dados.

Quais coordenadas estão corretas?

Esse não será um problema se você estiver programando com o software CAM. O software irá conver-

ter as dimensões no desenho CAD em distâncias equivalentes em quaisquer unidades e valores que você tenha selecionado para o programa de saída (quase sempre valores absolutos). No entanto, quando estiver programando com entrada de dados digitados, como em um PC ou no teclado do comando, o bom programador seleciona a identificação de coordenadas que exige o mínimo de cálculo e, portanto, proporciona menor chance de erro. Cálculos, às vezes, são inevitáveis na programação, mas, quando um grande número de contas está surgindo baseado na conversão de localização de pontos em valores absolutos ou incrementais, ou cartesianos para polares (estudaremos a seguir) ou vice-versa, converta as unidades e os valores para evitar os cálculos de conversão.

Ponto-chave:

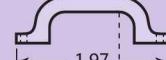
Um dos três tipos de coordenadas é usado para identificar a maioria dos pontos no desenho: cartesiano incremental, cartesiano absoluto ou polar.

Dica da área

As coordenadas incrementais podem ser úteis quando várias peças de tamanho ou forma semelhantes são programadas (Fig. 1-32). Usando um programa principal, a alteração pode ser inserida quando necessário. Por exemplo, os três puxadores podem ser feitos a partir de um único programa com dois movimentos X adicionais acrescentados para ajustar o comprimento da peça e usinar com as versões traço 1, 2 ou 3. Isso não funcionaria usando coordenadas absolutas, porque a sequência seguinte retornaria à forma original. Por exemplo, adicionando alguns movimentos incrementais de 0,400 polegadas, o traço 1 é alterado para a peça traço 2.

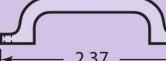
Facilmente modificado pela adição de dois blocos que se estendem, se o programa é escrito em valores incrementais

-1



Adicionar comando extra ao programa

-2



Para estender esta linha

-3



Figura 1-32 Usando coordenadas incrementais, o programa traço 1 pode ser facilmente editado para a usinar o traço –2.

Política de coordenadas

Para fins de uniformidade, muitas oficinas têm uma política específica sobre a seleção de coordenadas que restringe os valores a um único tipo.

Convenções em comandos de programa

Eliminação de nulos (coordenadas absolutas repetidas)

Embora seja correto representar cada ponto de geometria ou de referência em um programa com coordenadas X e Z ou X, Y e Z completas, nem toda coordenada precisa conter todos os dados de entrada para ser completa.

Regra do nulo absoluto

Se um determinado valor de coordenada absoluta foi inserido em uma instrução de comando anterior, então, a entrada da ordenada do eixo pode ser ignorada. Chamada de **entradas nulas**, a parte duplicada pode ser deixada de lado por conveniência e para criar programas mais curtos.

Por exemplo, compare os dois conjuntos de coordenadas mostrados a seguir, nos quais a fresa inicia 1,0 acima do PZP ($X0.0, Y0.0, Z1.0$). Em seguida, ela é posicionada em coordenadas de absolutas para tocar na peça. Na etapa seguinte, ela se posiciona lateralmente em X para o ponto A e, depois, muda as posições Y e Z para o ponto B. Relacione as coordenadas completas ao conjunto abreviado que se segue no qual os valores nulos são omitidos. As ações da máquina permanecem as mesmas.

Coordenadas completas

Do início ao PZP	$X0.0 Y0.0 Z0.0$
Ao ponto A	$X2.5 Y0.0 Z0.0$
Ao ponto B	$X2.5 Y-2.0 Z-1.0$

Entradas nulas removidas

$Z0.0$
$X2.5$
$Y-2.0 Z-1.0$

Ponto-chave:

Eliminação do valor nulo

Se o registro de posição (leitura de tela) para um movimento de eixo em particular não for mudar de uma entrada para outra, então, essa parte da coordenada (X, Y ou Z) pode ser omitida na coordenada seguinte. Isso funciona dessa forma para as coordenadas absolutas e incrementais.

Dica da área

Anular ou não anular Quando estiver escrevendo um programa sem assistência do CAM, deixar os nulos de fora funciona especialmente bem para a programação incremental. Uma vez que cada nova instrução de comando é a quantidade e a direção do movimento seguinte, remover os nulos encurta programas longos, pois cria menos dados enviados para armazenamento permanente. Isso se torna importante para formas 3D complexas. Em alguns casos, é uma questão de escolha.

Porém, há momentos em que é melhor deixar os nulos no programa. Como um novato,

há uma chance de seu trabalho exigir alguma depuração, e nulos ajudam nessa tarefa. Haverá outros momentos em que você irá escolher deixá-los no programa também. Por exemplo, quando estiver programando curvas (Capítulo 6 deste livro), ocorrerão nulos nos pontos de geometria e de referência; assim, eles são deixados para uma boa manutenção de registros de seus cálculos.

Os procedimentos e convenções a seguir se aplicam ao uso de ambas as coordenadas absolutas e incrementais. Os comandos CNC de hoje são flexíveis em suas exigências de dados de entrada, tanto para a ordem de entrada quanto para a colocação decimal, mas nem sempre foi assim. Também há alguns comandos nos quais a ordem de entrada é rigidamente definida, não importando a geração de comando.

Ordem de entrada

Comandos modernos podem ser programados em qualquer ordem XYZ. A coordenada $X1.0, Y2.0$ e $Z3.0$ poderia ser escrita $Y2.0, X1.0, Z3.0$ ou, ainda, $Z3.0, X1.0, Y2.0$. A maioria dos comandos não requer ordem nos dados, desde que eles estejam completos dentro de uma instrução. No entanto, ordenar em ordem alfabética é o mais comum.

Zeros antes e depois

Em comandos modernos, as entradas de números decimais só precisam ter o seu ponto decimal no lugar certo e os algarismos significativos corretamente arranjados. Por exemplo, $X.37$ e $X0.37000$ são ambas aceitáveis. No entanto, há três razões para que as entradas do programa sejam ordenadas convencionalmente. O programa é, muitas vezes, mais fácil de editar. Compare estas:

Desestruturada

$X1.37 Y1$

$X.256$

$X.037 Y1.125 Z.5$

Z-0.2500
X.037 Z-.05
Estruturada
X1.3700 Y1.0000
X0.2560
X.03750 Y1.1250 Z0.5000
Z-0.2500
X0.037 Z-0.0500

Ambos os conjuntos de coordenadas transmitem os mesmos dados. No entanto, no segundo conjunto, as colunas são alinhadas e os números são escritos com algarismos decimais até a resolução da máquina. Todos os zeros não são necessários, mas definir de maneira uniforme facilita a verificação. Ordenar o programa é uma questão de escolha e da política da oficina.

Ponto-chave:

Quando lhe é atribuído um novo comando para operar, descubra quais são as convenções necessárias para a entrada de dados. *Controladores mais antigos muitas vezes requerem um formato fixo com ordem rígida.*

Quando números inteiros são obrigatórios

Algumas entradas devem ser inseridas como números inteiros sem um ponto decimal. Por exemplo,

Os números de linha nunca têm um ponto decimal

N001 não pode ser N001.0

Números de ferramentas

T10 não pode ser T10.0

Mas podem ser T0010 se o controle tiver muitas definições de ferramenta.

Número de passagens para completar uma forma

P12 não pode ser P12.0

Essas situações serão aprendidas em uma base de comando a comando. Leia o manual do comando.

Revisão da Unidade 1-2

Revise os termos-chave

Coordenadas absolutas

Valores com base na origem do sistema de eixos – o PZP.

Coordenadas cartesianas

Conjunto de coordenadas retangulares que se refere aos pontos dos eixos de referência.

Coordenadas da máquina

Conjunto de coordenadas que sempre se referem à RM, e não ao PZP.

Coordenadas polares

Identificação do ponto usando deslocamento radial e angular da origem.

Coordenação (eixos CNC)

Mover fisicamente a ferramenta para uma posição conhecida em relação à geometria da peça e, em seguida, configurar o registro do eixo para representar essa posição.

Entidade

Linha reta ou arco curvo com um ponto com coordenadas de início e fim.

Entrada nula

Modo de comando, ou de coordenadas, que foi definido anteriormente e pode ser opcionalmente omitido da instrução do programa.

Espaço tridimensional

Envelope de trabalho tridimensional definido por X, Y e Z ou por coordenadas esféricas ou polares.

Padrão (condição CNC)

Valor ou modo esperado ou predefinido.

Ponto zero do programa ou ponto zero peça (PZP)

Origem principal para o programa e a geometria da peça. Escolhido pelo programador, o PZP é coordenado pelo operador durante a preparação. Ele pode ser colocado em qualquer lugar dentro do envelope em máquinas modernas.

Quadrante

Um dos quatro possíveis segmentos com 90° situados sobre uma superfície plana, criados pela interseção dos dois eixos que definem o plano. Os valores absolutos das coordenadas dependem do quadrante no qual se encontra um ponto.

Referência da máquina (RM)

Posição que nunca muda, utilizada para instalação segura, reajuste da precisão e para fins de configuração.

Referência flutuante completa

Capacidade para posicionar o PZP em qualquer lugar dentro do envelope da peça (e, às vezes, ainda além em situações especiais).

Referenciamento (a máquina CNC)

Conduzir a máquina a uma posição fixa (referência da máquina – [RM]).

Valor incremental (valor relativo)

Coordenadas com base em uma entrada anterior. Valores ponto a ponto. Às vezes, chamado de coordenadas relativas, porque cada entrada é baseada na última.

Reveja os pontos-chave

- Coordenadas absolutas se referem sempre à distância X, Y e Z do PZP.
- Coordenadas incrementais identificam a distância e a direção para o próximo ponto usando o ponto presente como referência.
- Pontos de coordenada são usados tanto para a geometria como para a referência, e, às vezes, um ponto pode ser usado para ambas.
- O PZP é escolhido a partir da referência base dada no desenho.
- O PZP também existe no envelope físico da máquina, e defini-lo é uma tarefa de preparação.
- Se a máquina lê X0.0, Y0.0 e Z0.0 e a ferramenta está posicionada no PZP, ela está ordenada.

- Cada plano primário tem quatro quadrantes que determinam o sinal das coordenadas absolutas.

- Valores nulos podem ou não ser omitidos por escolha do programador.
- Equipamentos modernos CNC oferecem flexibilidade em determinadas entradas de dados que podem ser utilizadas conforme a escolha do operador.
- Não há diferença na exatidão usando valores absolutos, incrementais ou sistema métrico ou imperial, pois o comando acompanha o progresso internamente e sempre de forma absoluta.
- Podemos alternar livremente entre absoluto e incremental, entretanto, a instrução correta deve ser dada ao comando, de modo que ele saiba qual está sendo utilizado.
- Muitas vezes, usamos coordenadas incrementais para edição onde devemos inserir um movimento extra ou para escrever uma preparação rápida ou programas de ferramentas no comando da máquina.

Responda

Resolva quaisquer mal-entendidos ou peça ajuda para respostas que estejam incorretas ou pouco claras. Não vá além desta unidade sem a compreensão de 100% do conteúdo.

Coordenadas absolutas

1. Coordenadas cujos valores se referem ao PZP são conhecidas como coordenadas retangulares absolutas. Essa afirmação é verdadeira ou falsa? Caso seja falsa, qual seria a afirmação verdadeira?
2. Nomeie em ordem de importância as duas diretrizes básicas para a seleção do PZP.
3. Desenhe um esboço do símbolo de PZP sobre uma folha de papel. Qual parte deve ser escolhida para a peça fresada mostrada na Figura 1-33?

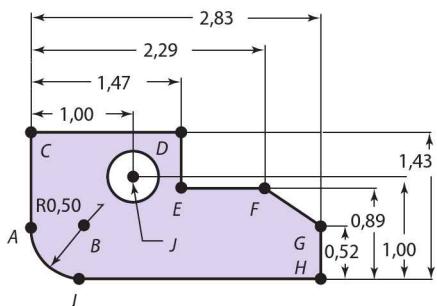


Figura 1-33 Perguntas e problemas sobre fresagem.

4. Esboce o local correto do PZP para o trabalho no torno na Figura 1-34. Nota do aluno: Muitas vezes, apenas metade do perfil é mostrado na peça torneada.

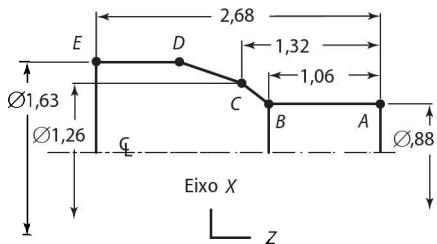


Figura 1-34 Perguntas e problemas sobre torneamento.

5. Escreva um conjunto de coordenadas XY absolutas para os pontos indicados na Questão 3 (Fig. 1-33). Registre-os na sequência mostrada e, em seguida, verifique suas respostas com os valores fornecidos. Note que os valores de Z não são necessários para este exercício, mas seriam necessário em um programa.
6. Escreva um conjunto de coordenadas absolutas para o perfil torneado da Questão 4 (Fig. 1-34). Note que, normalmente, metade da peça é mostrada para o trabalho

no torno simétrico. O eixo Z é horizontal na página, e o eixo X é vertical.

7. Em uma folha de papel para gráficos em polegadas, desenhe um gráfico semelhante ao mostrado na Figura 1-35 e, em seguida, trace esses pontos e classifique-os em ordem. Então, ligue os pontos para chegar a uma forma familiar. Todas as linhas serão retas. Algumas podem ser diagonais na página.

Pontos	Coordenadas absolutas
A	X2.00 Y0.83
B	X0.83 Y2.00
C	X0.83 Y2.00
D	X-2.00 Y0.83
E	X-2.00 Y-0.83
F	X-0.83 Y-2.00
G	X0.83 Y-2.00
H	X2.00 Y-0.83

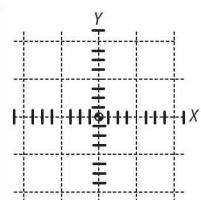


Figura 1-35 Use uma folha de papel para gráfico para criar uma grade de programa como esta.

Questões de pensamento crítico

8. Este problema (Fig. 1-36) ilustra a grande diferença entre as coordenadas absolutas e incrementais. Vamos executar o problema uma segunda vez, apenas para as coordenadas incrementais. O sistema XY de coordenadas absolutas para fresagem na Figura 1-36 tem um erro intencional *que não produza forma mostrada*. Utilizando uma folha de papel para gráficos em polegadas (0,1 pol. ou 0,2 pol. de grade), passe-as para o papel e conecte-as em sequência usando uma cor contrastante para ver o que acontece. Salve o seu desenho.

Ponto-chave:

Para enriquecer este exercício, plote os pontos em um software simulador de CNC ou usando parte da criação de geometria de um sistema CAD/CAM.

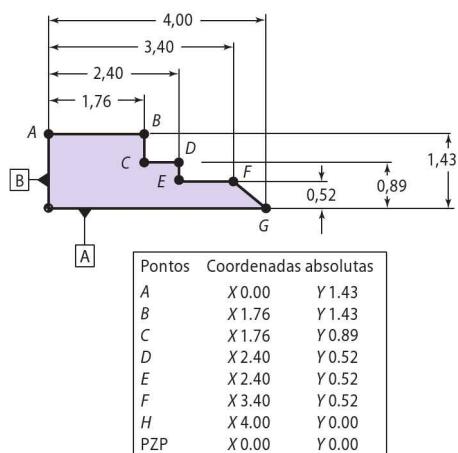


Figura 1-36 Plote esses pontos para ver o que o erro faz à forma. Salve seu desenho para análise posterior.

9. Encontre os valores nulos no conjunto de coordenadas da Questão 5. Copie a página e, então, use um marcador de texto ou circule aqueles que podem ser removidos do programa.

Problemas em coordenadas incrementais

10. Escreva um conjunto de coordenadas incrementais para o formato mostrado na Figura 1-37. Note que a escala do desenho não precisa ser em tamanho real. Assuma que a ferramenta está posicionada no PZP (canto inferior esquerdo) e prossiga para o ponto A, em seguida, em torno da peça em sentido horário. Feche o formato do ponto I ao ponto A. Nenhum movimento no eixo Z é necessário para este exercício.

11. Trace, em sequência, as seguintes coordenadas incrementais com um lápis. Escolha uma escala no gráfico semelhante à mostrada na Figura 1-38. O programa começa com a ferramenta (lápis, neste caso) 5 mm acima do papel no PZP. A ferramenta toca o papel para gerar uma linha quando Z está em 5,0 mm. As entradas nulas foram removidas.

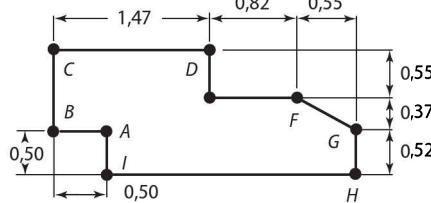


Figura 1-37 Escreva um conjunto de coordenadas incrementais para esta peça.

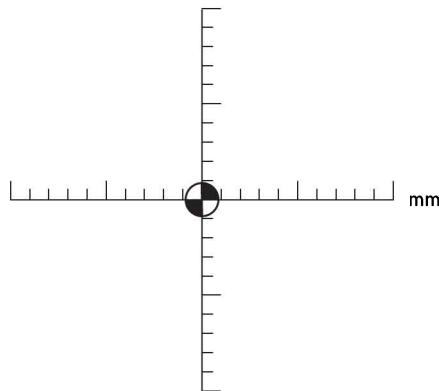


Figura 1-38 Sua grade plotada não precisa ser em qualquer escala especial ou tamanho real. Escolha uma escala que preencha a página com as dimensões da peça.

Número de sequência (Bloco)	Coordenadas
N005	Z-5.0 (toca o papel para formar a linha)
N010	Y10.0
N015	X-5.0 Y10.0
N020	Z5.0
N025	X10.0
N030	X-5.0
N035	X-5.0 Y-10.0 (forma uma linha diagonal)
N040	Z5.0
N045	X20.0 Y10.0 (diagonal)
N050	Z-5.0
N055	X-10.0
N060	Y-10.0

Número de sequência (Bloco)	Coordenadas
N005	Z-5.0 (toca o papel para formar a linha)
N010	Y10.0
N015	X-5.0 Y10.0
N020	Z5.0
N025	X10.0
N030	X-5.0
N035	X-5.0 Y-10.0 (forma uma linha diagonal)
N040	Z5.0
N045	X20.0 Y10.0 (diagonal)
N050	Z-5.0
N055	X-10.0
N060	Y-10.0

N065	X2.5
N070	X-2.5 (retraça a linha anterior)
N075	Y-10.0
N080	X10.0
N085	Z5.0
N090	X10.0
N095	Z-5.0
N100	X10.0
N105	Y10.0
N110	X-10.0
N115	Y10.0
N120	X10.0
N125	FIM

Questões de pensamento crítico

- 12.** Depois de verificar sua compreensão sobre a Questão 11, retorne e modifique apenas as cinco primeiras linhas, inserido as entradas nulas que foram omitidas. Note que este é um importante ponto de pensamento de autoaprendizado. Leia as respostas com cuidado.

Dica da área

No conjunto de coordenadas da Questão 11, foram adicionados números de sequência ou de bloco. Eles são uma ferramenta organizacional que você deve incluir na maioria dos programas. No entanto, em muitos casos, eles são opcionais. Numerar os cinco afastados entre si deixa espaço para uma edição futura.

Números de bloco, às vezes, são exigidos quando certas ferramentas de lógica de programação, chamadas de *loops*, sub-rotinas e ciclos fixos, são usados. Essas declarações preenchem ou pulam o programa para frente, para trás ou para fora da sequência normal. Isso é chamado de *lógica de ramificação*, a qual vamos estudar mais tarde. Nesses casos, números de bloco se tornam endereços necessários para o salto e/ou retorno de volta para a sequência normal do programa seguindo a execução dos comandos ramificados.

- 13.** O conjunto de coordenadas incrementais XY na Figura 1-39 possui um erro que não produz o perfil mostrado – mais uma vez. Inicie do PZP. Plote e conecte as coordenadas na sequência usando uma cor contrastante, para fazer o mesmo problema em coordenadas absolutas. O que ocorre com o perfil? Resolver este quebra-cabeça irá lhe mostrar uma grande diferença entre os dois tipos de coordenadas quando um erro é cometido.

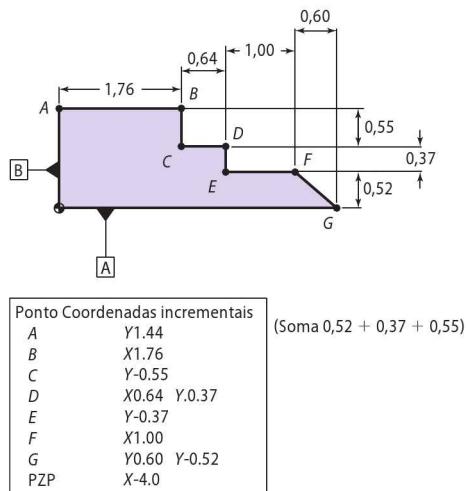


Figura 1-39 Mais uma vez, o erro do programa não produz a forma mostrada. Analise a diferença entre os erros de forma absoluta e incremental.

» Unidade 1-3

» Movimentos da máquina CNC

Sempre que estiver preparando, operando ou programando uma máquina CNC, os vários tipos de movimento que essas máquinas são capazes de realizar devem ser compreendidos. Observare-

mos as máquinas CNC desde a mais simples até as mais complexas. Entender os movimentos CNC e as formas de peças que eles produzem melhorará seus conhecimentos para escrever e ditar instruções em programas e realizar as operações.

Por segurança, é importante saber como sua máquina CNC responderá aos vários tipos de instruções de movimento. Podem existir diferenças, dependendo da idade e da velocidade do processador. Comandos mais antigos com menos capacidade de processamento se movem de forma diferente em alguns casos ou quando acionados por computadores atualizados de alta velocidade. Quando for necessário, essas diferenças serão apontadas, então, o operador experiente deve determinar qual versão de movimento seu comando deve produzir.

Termos-chave:

Comando 2D

Comando capaz de usinar um círculo usando dois eixos ao mesmo tempo.

Comando 2½D

Comando capaz de produzir interpolações circulares em qualquer um dos dois eixos enquanto realiza interpolação linear no terceiro eixo.

Comando 3D

Realiza interpolação circular em três eixos na velocidade de avanço especificada. Não se limita a três planos por arcos.

Distância de recuo (R)

Posição de segurança à qual a ferramenta é posicionada com uma velocidade de posicionamento rápido ou recuada da peça antes do posicionamento rápido.

Interpolação circular

Usinagem de um arco em dois ou mais eixos na velocidade de avanço especificada.

Interpolação linear

Usinagem em um ou mais eixos em linha reta na velocidade de avanço especificada.

Movimento rápido (posicionamento rápido)

A velocidade axial máxima que uma máquina pode

produzir. Usado como um movimento de posicionamento visando a uma maior eficiência.

Padrão (valores ou condições)

Valor de retorno ao qual a máquina irá se referenciar quando as entradas excederem os limites de eixo ou de controlador.

Movimento dos eixos

Existem quatro formas de movimentar uma ferramenta em tornos e fresadoras.

Movimento rápido

O **movimento rápido**, geralmente chamado de *posicionamento rápido*, é a velocidade máxima que a máquina pode produzir. O posicionamento rápido é uma movimentação eficiente de reposicionamento para outros cortes ou para a troca de ferramentas ou de peças. A faixa comum de velocidades varia de uma velocidade lenta de 100 pol. por minuto (ppm), em máquinas para treinamento, a impressionantes 1.000 ppm, ou mais, em equipamentos industriais. O posicionamento rápido é uma velocidade de uma única entrada – nenhuma velocidade é especificada. Caso a velocidade comprometa a segurança, o operador da máquina pode reduzi-la.

Ponto-chave:

O movimento rápido pode ser ajustado manualmente abaixo da velocidade máxima utilizando a função de *sobrepassagem de movimento rápido* (Fig. 1-40). O posicionamento rápido não pode ser ajustado para acima do nível de 100% (as velocidades de avanço, por sua vez, podem ser ajustadas acima do nível de 100%).

O operador opta por sobrepor a velocidade de posicionamento durante uma nova programação de testes a fim de fornecer intervalos de tempo entre os movimento para monitorar a segurança da ferramenta. Alguns comandos utilizam teclados numéricos para sobrepassagem em vez de um botão, como mostrado na Figura 1-40.

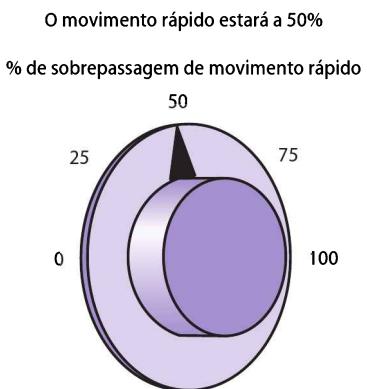


Figura 1-40 Um típico controle de sobrepassagem pode reduzir o movimento rápido abaixo da velocidade máxima.

Movimento rápido linear versus não linear O trajeto que uma máquina CNC realiza durante a execução de movimento rápido se divide em duas versões, dependendo da velocidade do microprocessador do comando (Fig. 1-41). É importante conhecer o trajeto que sua máquina segue. Máquinas mais antigas seguem um deslocamento angulado. Se esse trajeto estranho passa despercebido pelo programa, a ferramenta pode colidir com a peça ou com os dispositivos de fixação.

Ponto-chave:

Todas as máquinas mais recentes com processadores de 16 bits ou mais produzem um movimento fielmente linear.

Altura de posicionamento rápido ou distância de aproximação No planejamento de um programa, deve-se determinar a menor distância em movimento rápido em direção à peça. A velocidade da ferramenta deve ser retardada para a velocidade de avanço nessa determinada distância entre a peça e a ferramenta. A distância de segurança deve levar em conta grampos, morsas, mordentes e outros dispositivos de fixação. Por ser um programador iniciante, interrompa o movimento rápido da ferramenta de corte quando ela estiver a 12 mm ou 1/2 pol. da superfície da peça. Para programações industriais, essa distância é grande, porém segura. Posteriormente, ela será modificada quando você tiver mais confiança em seus programas.

A altura de posicionamento de segurança acima da peça/ferramental é chamada, em fresadoras, de **distância de retração** ou **rekuo** (abreviada para R), onde a ferramenta deve recuar várias vezes e, em seguida, deve passar por cima da superfície da peça, como no exemplo de furação de uma série de furos. Em tornos, ela também pode ser chamada de *ponto de partida* em certos comandos nos quais a ferramenta deve ser recuada para um local seguro de partida antes de se dar outro passo. O movimento de recuo, ou seja, de afastamento da peça, é normalmente feito com movimento rápido.

Na ilustração, dois comandos reposicionam a ferramenta de A para B com o movimento rápido. Observe a diferença entre o traçado da CPU lenta e o traçado sólido da nova CPU. A CPU lenta não consegue processar dados de forma rápida o suficiente para controlar os dois motores para produzirem um trajeto reto da posição A até B.

Quando é dada uma instrução de movimento rápido, o comando mais antigo rotaciona ambos os eixos dos motores de acionamento na sua veloci-

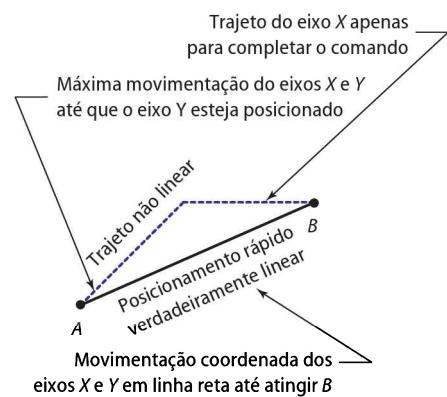


Figura 1-41 Comandos mais抗igos não acompanham um trajeto em linha reta de ponto a ponto em modo de movimentação rápida. É fundamental conhecer o trajeto que seu comando irá tomar!

dade máxima até que um dos eixos atinja seu destino, produzindo um ângulo de 45° de distância. Então, o outro eixo continua girando a toda velocidade até atingir seu destino.

O comando com CPUs mais velozes proporciona um controle da velocidade do motor tal que ambos os eixos, X e Y, atinjam seus destinos ao mesmo tempo – gerando uma linha reta entre A e B. Esse movimento em linha totalmente reta requer maior velocidade de processamento.

Interpolação linear – Movimentação em linha reta com velocidade de avanço

A movimentação linear ocorre em velocidades de avanço especificadas no programa. Girando, por exemplo, os botões em um “ traço mágico” ou ambas as manivelas dos eixos X e Y em velocidades diferentes em uma fresadora, você poderia quase produzir uma linha diagonal semelhante à linha mostrada na Figura 1-42. O resultado não seria tão suave nem tão preciso. Além disso, obter a velocidade de avanço desejada seria um desafio impossível.

Conforme a Figura 1-42, quando a máquina CNC é comandada para se movimentar em um trajeto com **interpolação linear**, um, dois, ou três eixos devem se mover com velocidades coordenadas para que se atinja a destinação em linha reta com a velocidade de avanço especificada no programa.

No desenho, você pode observar que, quando mais de um eixo motor está acionando à ferramen-

ta, cada um deles deve rotacionar a uma subtaxa acima da especificada. A combinação dessas velocidades produz o movimento da ferramenta na velocidade especificada. Isso é conhecido como **interpolação** (interpolação significa encontrar um valor entre outros dois). Por exemplo, para interpolar linearmente uma linha reta com 20° indo de A até B, o eixo Y deve rotacionar a 36,3% da velocidade do eixo X (a relação de tangência da inclinação da linha).

Se a velocidade de avanço programada for de 400 mm por minuto (mm/min), por exemplo, o eixo X deve girar a 375,87 mm/min, ao passo que o eixo Y irá rotacionar 136,81 mm/min. A CPU controla ambos os acionamentos de cada um dos eixos para chegar em tal resultado.

Suponha que as coordenadas absolutas de B sejam X2.5000, Y0.8750. Portanto, a seguinte linha de instrução se moveria de A para B.

G21 G01 F400. X2.5000 Y0.8750

G21 = valores métricos

G01 = interpolação linear

F400. = velocidade de avanço = 400 mm/min

Novamente, não fique muito preso em memorizar os códigos ainda. Vamos nos concentrar neles mais tarde.

Sobrepassagem da velocidade de avanço Similar ao movimento de posicionamento, os movimentos de velocidade de avanço podem ser sobrepassados pelo operador para afinar a ação de corte. Contudo, há uma diferença entre o posicionamento rápido e o controle de sobrepassagem de avanço. O ajuste usual da variação da velocidade de avanço é de 0% até 150% da velocidade programada, a menos que a velocidade programada esteja perto ou já seja a velocidade máxima da máquina.

Ponto-chave:

Na maioria dos controles CNC, a velocidade de avanço pode ser aumentada até, no máximo, 150% do valor programado.

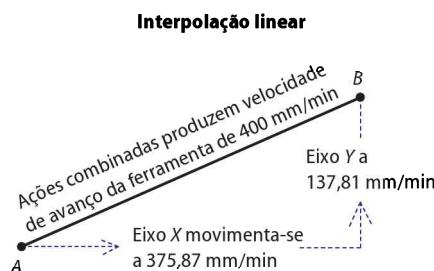


Figura 1-42 A ação combinada das diferentes velocidades de avanço dos eixos X e Y cria o trajeto linear com uma velocidade de avanço programada.

Interpolação circular

A **interpolação circular** é o próximo movimento mais utilizado de uma CNC. Ela traça um círculo completo, ou uma parte (arco), na velocidade de avanço programada. Movimentos circulares fornecem um desafio adicional para o computador além da interpolação linear. Ao produzir um círculo completo, o comando deve mudar constantemente os valores entre os motores de acionamento para cada incremento de arco.

Cada eixo é interpolado abaixo da velocidade de avanço desejada, porém, as velocidades combinadas deles geram a velocidade correta da ferramenta. Tenha em mente que, além dos cálculos das velocidades dos eixos motores, a CPU também está comparando os resultados de *feedback* para manter tudo em perfeito estado (Fig. 1-43).

Taxas padrão Durante a interpolação circular, devido à grande quantidade de cálculos por segundo, algumas CPUs antigas (mais lentas) devem limitar as taxas de avanço para uma **tакса padrão** máxima. Esses comandos não conseguem produzir círculos na mesma velocidade que produzem linhas retas. Por exemplo, um comando antigo consegue executar interpolações lineares a 200 ppm, porém, devem diminuir para 140 ppm ao traçar arcos. Mesmo que o programa esteja a uma taxa

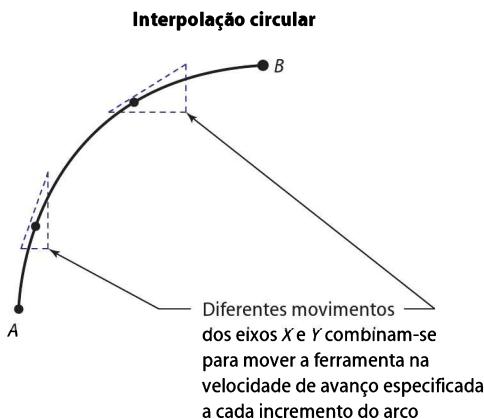


Figura 1-43 Variando constantemente as velocidades de X e Y, pode-se produzir um círculo perfeito com a velocidade de avanço programada.

mais elevada, o comando diminui a velocidade ou restaura a velocidade padrão em movimentos circulares. CPUs mais recentes de 32 bits (ou mais) não possuem esses limites até que taxas extremas de avanço sejam atingidas.

O termo “padrão” será usado ao longo de todo o texto sobre CNC. Ele tem como significado voltar ou restaurar os valores predefinidos dentro do comando. Um padrão (do inglês, “default”) também ocorre quando uma escolha precisa ser feita pelo comando, porém uma outra informação não está disponível.

Combinações de eixo para fresadoras

Tornos CNCs podem executar movimentos de interpolação linear e circular apenas no plano XZ, como já descrito. Essa abordagem é apenas para fresadoras. Fresadoras de três-eixos são categorizadas pela capacidade de realizar movimentos circulares:

- Movimento bidimensional
- Movimento tridimensional
- Movimento de duas dimensões e meia

A diferença é significativa.

Movimento bidimensional

O nível mais baixo de **comando 2D** é restrito ao movimento de dois eixos enquanto se produz um círculo. Isso significa que os arcos estão apenas nos eixos primários XY, XZ ou YZ – um plano de cada vez (Fig. 1-44).

O programa deve conter o comando G17 para indicar a interpolação circular no plano XY, G18 para gerar um círculo no plano XZ e G19 para interpolação circular em YZ.

Movimento tridimensional

Uma fresadora 3D requer um processador mais rápido ou velocidades de avanço bem lentas. Ela deve interpolar e comandar três eixos simultaneamente para produzir os arcos. Movimentos da ferramenta perfeitamente circulares envolvendo os eixos X, Y e Z com a velocidade de avanço programada são um

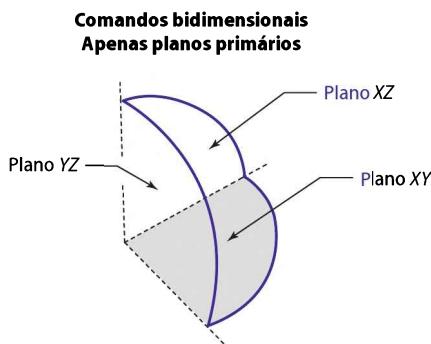


Figura 1-44 Um comando 2D pode produzir um círculo em um único plano primário por vez.

grande desafio para o processador. **Comandos 3D** não são comuns na indústria (Fig. 1-45).

Comandos de duas dimensões e meia

A maioria dos comandos de hoje está no meio-termo dos dois predecessores, gerando movimentos circulares em um dos planos primários XY, XZ ou YZ enquanto se move o terceiro eixo em linha reta. Essa movimentação é chamada de deslocamento

Comando tridimensional

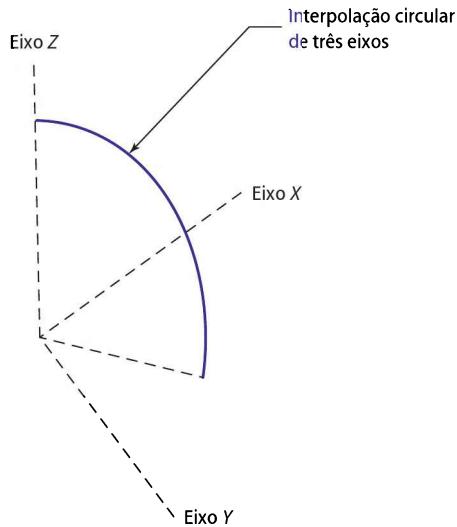


Figura 1-45 Um comando 3D pode produzir um arco usando três eixos simultaneamente. Isso significa que arcos podem ser usinados em qualquer plano.

2½D (dois eixos circundam enquanto o terceiro move-se lineamente) e produz uma espiral semelhante a uma rosca – sempre paralela a um eixo primário (Fig. 1-46).

Máquinas com **comando 2½D** são capazes de usar o passe de espiral com rampa sobre o qual discutimos anteriormente no processo de fresação.* Hoje, em muitos casos, não precisamos de comando CNC para realizar interpolações de alto nível, contanto que um sistema CAM capaz auxilie nas instruções do programa (Fig. 1-47). O sistema

Comando de 2,5 dimensões

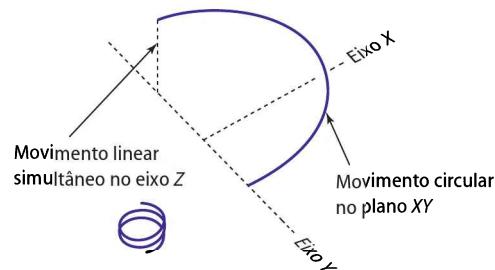


Figura 1-46 A maioria dos comandos CNC consegue produzir movimentos 2½D.

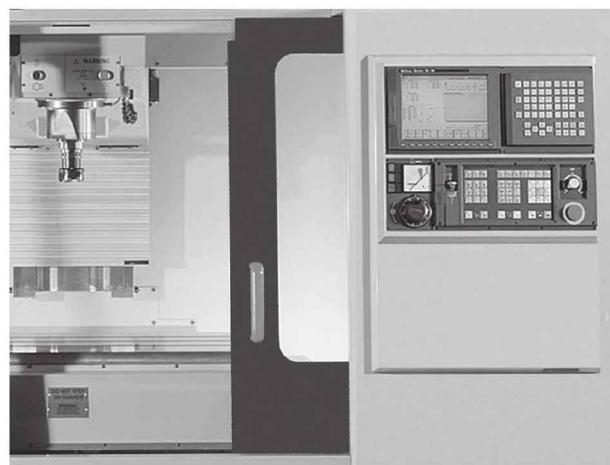


Figura 1-47 A maioria dos comandos CNC é capaz de produzir movimentos 2½D.

* Refere-se ao Capítulo 4 do livro FITZPATRICK, M. *Introdução aos processos de usinagem*. Porto Alegre: AMGH, 2013.

CAM pode aproximar superfícies complexas usando movimentos 2D ou 2½D.

Dica da área

Interpolação cônica Nem todas as curvas regulares fazem parte de uma circunferência. As curvas regulares mostradas na Figura 1-48 são chamadas de seções cônicas. Quando um cone é cortado em um ângulo diferente de 90° através de seu eixo, primeiramente, uma seção transversal elíptica é produzida, e, inclinando-se o corte ainda mais, uma parábola e então uma hipérbole são produzidas. Cada uma delas é uma curva com características levemente diferentes. Alguns comandos conseguem interpolar tais curvas utilizando as mesmas normas de movimentação 2D e 3D já descritas. Você aprenderá sobre elas em algum trabalho com forma especial no qual sejam aplicáveis. A usinagem de curvas cônicas está além do escopo do Capítulo 1, mas você deve ter conhecimento de sua existência.

Curvas de seção cônica

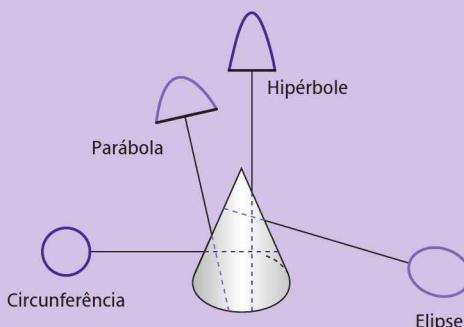


Figura 1-48 Alguns comandos avançados são capazes de executar interpolações cônicas.

Formas geradas com CAM

Devido ao fato de os comandos de máquinas serem limitados a movimentos lineares e círculares, software CAM não podem, simplesmente, gerar uma superfície irregular. Em vez disso, o software CAM desmembra a superfície em pequenos arcos

ou linhas retas e, em seguida, une-as, formando um contorno aproximado ao original.

O comprimento dessas linhas de aproximação é definido por uma tolerância longe da forma ideal e por quanto acentuada é a curvatura. Visto que a forma tridimensional gerada por CAM é uma série de pequenas linhas ou arcos, o processamento de dados do programa torna-se lento, principalmente quando as superfícies são complexas. Softwares avançados, tais como o Mastercam, nosso exemplo de programa CAM, pode reprocessar o programa uma vez que já foi gerado para criar arcos mais eficientes e que se encaixem melhor na forma determinada, mas ainda há uma grande quantidade de dados em relação ao verdadeiro processo 3D. Mesmo que a quantidade de dados seja grande, o processo CAM é o método escolhido para formas complexas atualmente. O único problema que ele gera é o armazenamento de dados, o qual é facilmente administrado. Indo para o nível microscópico da superfície, a diferença entre uma forma gerada em 3D e uma de aproximação em CAM é indistinguível. Além disso, usando CAM, uma máquina CNC torna-se muito mais barata e menos complexa.

Revisão da Unidade 1-3

Revise os termos-chave

Comando 2D

Comando capaz de usar um círculo usando dois eixos ao mesmo tempo.

Comando 2½D

Comando capaz de produzir interpolações circulares em qualquer um dos dois eixos enquanto realiza interpolação linear no terceiro eixo.

Comando 3D

Realiza interpolação circular em três eixos na velocidade de avanço especificada. Não se limita a três planos por arcos.

Distância de recuo (R)

Posição de segurança à qual a ferramenta é posicionada com uma velocidade de posicio-

namento rápida ou recuada da peça antes do posicionamento rápido.

Interpolação circular

Usinagem de um arco em dois ou mais eixos na velocidade de avanço especificada.

Interpolação linear

Usinagem em um ou mais eixos em linha reta na velocidade de avanço especificada.

Movimento rápido (posicionamento rápido)

A velocidade axial máxima que uma máquina pode produzir. Usado como um movimento de posicionamento visando a uma maior eficiência.

Padrão (valores ou condições)

Valor de retorno ao qual a máquina irá se referenciar quando as entradas excederem os limites de eixo ou de controlador.

Reveja os pontos-chave

- O movimento rápido pode ser ajustado manualmente abaixo da velocidade máxima utilizando a função *sobrepassagem do movimento rápido*, a qual permite apenas a redução de velocidade.
- O posicionamento rápido não pode ser sobreposto acima do nível de 100% da máquina.
- CPUs atingas e lentas podem produzir um tipo de deslocamento angulado, o qual deve-se levar em conta na programação.
- Velocidades de avanço podem ser aumentadas acima da taxa programada até a velocidade máxima da máquina, normalmente 150% da velocidade programada.

Responda

Questões de pensamento crítico

1. Quando uma oficina necessitaria de um comando de nível superior ao 2D para um torno?
2. Durante a interpolação circular, a velocidade de avanço é especificada pelo código G21 F600, ou seja, o programador definiu o sistema métrico (G21) e a veloci-

dade de avanço para 600 mm por minuto. No entanto, durante a operação, observa-se que a máquina está a uma velocidade de 400 mm/min, abaixo da comandada. Cite duas possíveis explicações.

3. Um hemisfério deve ser usinado no topo de uma carcaça fundido de formato estranho. A oficina possui um torno CNC e uma fresadora CNC 2D. Descreva as formas como esse processo pode ser usinado.
4. O movimento mostrado na Figura 1-49 é chamado de *mergulho espiral em rampa* ou de *rampa em espiral*. Ele é utilizado em fresagem com CNC para mergulhar em uma peça e iniciar a fresagem de um bolsão. Qual tipo de controle é necessário para realizar tal movimento? Referindo-se às suas habilidades manuais com máquinas de fresagem, por que o movimento ilustrado seria superior ao de mergulho reto e ao de rampa linear? Essa é uma questão de reflexão crítica não contemplada diretamente no texto.

Um mergulho espiral em rampa

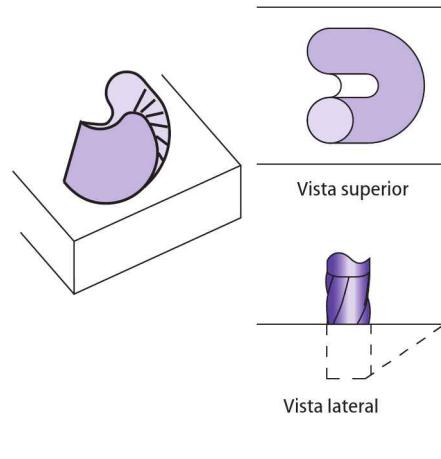


Figura 1-49 Qual tipo de controle CNC pode produzir uma espiral em rampa, 2D, 2½D ou 3D?

- Nomeie um tipo de fresadora CNC e uma ação em que ela possa produzir uma verção suave do hemisfério da Questão 3.
- Descreva as ações dos três níveis do comando de fresadoras: 2D, $2\frac{1}{2}$ D e 3D.
- Duas limitações de controle descritas nesta unidade são a velocidade de avanço padrão e os tipos de interpolações circulares. A que elas se devem?
- Qual tipo de movimento da máquina produz uma rampa em descida em um bolso mostrado na Figura 1-50?

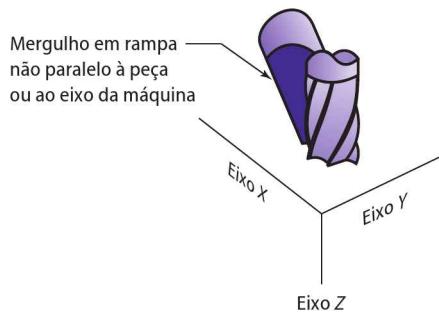


Figura 1-50 Qual nível de comando pode produzir este mergulho em rampa?

» Unidade 1-4

» Coordenadas polares

Além das coordenadas retangulares X, Y e Z, um único ponto também pode ser identificado usando sua posição radial e angular em relação a uma referência fixa. O universo polar de duas dimensões é uma série de círculos concêntricos com uma linha radial estendendo-se para fora, usada para a referência angular. A distância de afastamento da origem determina a ordenada radial, enquanto o deslocamento angular da **linha de referência polar (LRP)** completa o par de coordenadas. Coordenadas polares são expressas como R, A (raio, ângulo) (Fig. 1-51).

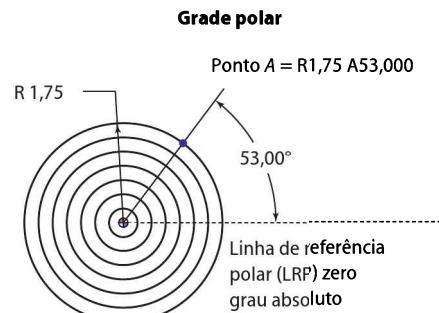


Figura 1-51 O ponto A pode ser definido usando seus deslocamentos radial e angular do PZP e da LRP.

Termos-chave:

Coordenadas esféricas

Coordenadas no espaço 3D usando raio, ângulo e ângulo.

Linha de referência polar (LRP)

Uma linha que sobrepuja o PZP, indicando zero grau.

Polares absolutas (coordenadas)

Identificação de um ponto usando raio e ângulo como coordenadas baseando-se no PZP.

Polares incrementais (coordenadas)

Identificação das coordenadas de um ponto baseando-se em outro ponto polar, e não no PZP.

Coordenadas polares absolutas e incrementais

Coordenada polar absoluta

Se a referência central é o ponto PZP de uma geometria de peça e a linha de referência angular é horizontal (zero grau), então, a coordenada é uma coordenada de valor **polar absoluto**.

Por exemplo, na Figura 1-52, o ponto A é completamente identificado na superfície plana como:

R7.16 A52.00

Essa coordenada identifica o ponto A como único. Muitos (mas não todos) comandos CNC podem atuar com ela como uma referência ou geometria, tão facilmente como se fosse um valor cartesiano.

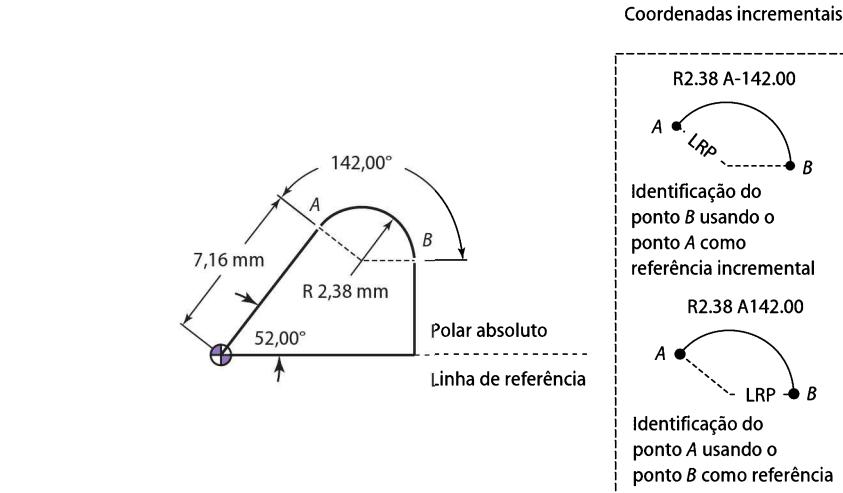


Figura 1-52 Algumas dimensões de desenho são polares, e não retangulares.

Coordenada polar incremental

Às vezes, o ponto não pode ser totalmente identificado utilizando o PZP, porém, ele pode ser localizado usando um outro ponto conhecido como referência. Se as dimensões radiais e angulares forem locais, então, uma coordenada **polar incremental** pode resolver o problema. Na Figura 1-52, o ponto B é identificado utilizando o centro do raio como sua origem e a linha radial para o ponto A como sua referência angular.

R2.38 A-142.00

Ponto-chave:

Seguindo a regra do polegar

Se o deslocamento angular é no sentido horário em relação à LRP ou de uma referência local, então, o ângulo será negativo. Caso ele esteja no sentido anti-horário, ele é um ângulo positivo. Na identificação do ponto A utilizando o ponto B como uma referência incremental, as coordenadas seriam

R2.38 A142.00

Isso é verdadeiro para os ângulos absolutos e incrementais (Fig. 1-53).

positivo

Sinal do valor angular polar

Negativo

Figura 1-53 A movimentação polar no sentido horário é negativa, e, no sentido anti-horário, positiva.

Ângulos positivos e negativos Na Figura 1-52, observe que o ângulo de 142° é expresso como um número negativo. Isso é uma convenção de coordenadas polares.

De forma semelhante às coordenadas cartesianas incrementais, um ponto polar incremental é iden-

tificado a partir da posição presente e de uma posição central de referência, usada apenas naquele momento. A maioria dos comandos CNC apresenta coordenadas polares absolutas. Apenas alguns usam as coordenadas polares incrementais, mas, quando usam, quase toda a trigonometria é eliminada quando escrevem-se programas via entradas de teclado a partir do desenho de engenharia.

Se o desenho tem a geometria da peça definida, então, os pontos mais importantes são dimensionados com alguma forma de referência retangular ou polar. Ao se alternar os tipos e valores das coordenadas, todos os cálculos de conversão podem ser eliminados. Todo cálculo remanescente é necessário apenas para definir pontos importantes, os quais não foram dimensionados no desenho.

Para usar as coordenadas polares incrementais, o comando deve apresentar um meio conveniente de fixar os pontos locais de referência para o centro do sistema local (Fig. 1-54). Isso terá efeito desde que as coordenadas se refiram a esse único ponto. Por exemplo, fixando o centro do desenho como o ponto de referência:

Furo 1 = Raio 2,0 Ângulo 0,00
2 = R2,00 A36,0
3 = R2,00 A72,0

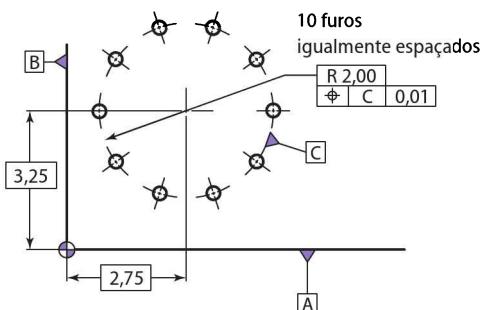


Figura 1-54 Este círculo de furos brocados são dimensionados utilizando coordenadas polares.

Dica da área

Polar *Leia o Manual de Comando – evite cálculos e erros em potencial.* Faça a você mesmo um favor, leia o manual de comando para saber como as coordenadas polares são utilizadas em máquinas específicas. Quase todos os CNC comandos modernos utilizam coordenadas polares absolutas, mas em diferentes graus. Nem todos terão a habilidade de utilizar valores polares incrementais ou fixarão um ponto de referência, como descrito anteriormente.

No entanto, naqueles que o fazem, a programação matemática é reduzida consideravelmente caso você siga esta dica. Tendo a opção de identificar um único ponto de uma peça geométrica utilizando coordenadas polares absoluta ou incrementais e coordenadas cartesianas, a maioria dessas máquinas pode ser programada diretamente utilizando o desenho sem a realização de cálculos (Fig. 1-55).

Simples conversão retangular/polar

De polar para retangular
De retangular para polar

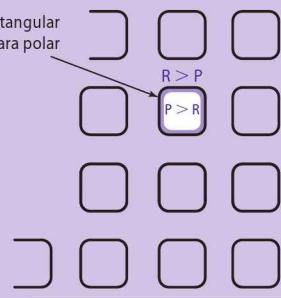


Figura 1-55 A maioria das calculadoras científicas possui um conversor de polar para retangular.

Portanto, *leia o manual da sua calculadora* quando for trabalhar com um comando que não possui coordenadas polares. Aqui vai uma segunda dica para lhe ajudar a acelerar as conversões de polar para retangular (P-R) (Fig. 1-55). Sua calculadora científica padrão provavelmente possui

uma função de conversão de coordenadas polares e retangulares: P-R e o contrário, R-P. Aprenda a função de conversão de polar para retangular. Isso simplificará as conversões trigonométricas!

Coordenadas esféricas – Polar tridimensional Pontos podem ser identificados no espaço tridimensional utilizando um segundo tipo de grade de raio-ângulo-ângulo chamado de **coordenadas polares esféricas**. Elas não são aplicadas em comandos CNC nem além do escopo desta unidade. Quando problemas tridimensionais surgem, os programadores voltam às coordenadas cartesianas X, Y e Z ou para os sistemas CAM para realizar os cálculos necessários.

No entanto, ao se observarem os computadores integrados de produção, existem alguns robôs industriais que movem seus corpos em volta de um pivô central e apresentam dois eixos angulares em seu braço. Portanto, a garra terminal move-se sobre um envelope hemisférico. Esses tipos esféricos são programados, ocasionalmente, utilizando uma linguagem similar à utilizada em máquinas CNC, com valores de raio, ângulo e ângulo para descrever posições específicas do braço.

Revisão da Unidade 1-4

Revise os termos-chave

Coordenadas esféricas

Coordenadas no espaço 3D usando raio, ângulo e ângulo.

Linha de referência polar (LRP)

Uma linha que sobrepõe o PZP, indicando zero grau.

Polares absolutas (coordenadas)

Identificação de um ponto usando raio e ângulo como coordenadas baseando-se no PZP.

Polares incrementais (coordenadas)

Identificação das coordenadas de um ponto baseando-se em outro ponto polar, e não no PZP.

Reveja os pontos-chave

- Se o posicionamento angular for no sentido horário a uma linha de referência, ou à LRP, o ângulo será negativo.

Responda

- Complete as coordenadas polares do gráfico para os 10 furos rosqueados do problema sobre círculo de furos mostrado na Figura 1-55. Mantenha os valores nulos em suas coordenadas.
- Reescreva as coordenadas do conjunto de 10 furos da Figura 1-55, mas utilize coordenadas polares negativas desta vez. Todos os comandos CNC que utilizam coordenadas polares irão entender ambos os valores: positivo ou negativo.

Questões de pensamento crítico

- O ponto 3 deve ser identificado em um programa (Fig. 1-56). Selecione os valores da coordenada correta. Explique sua escolha.

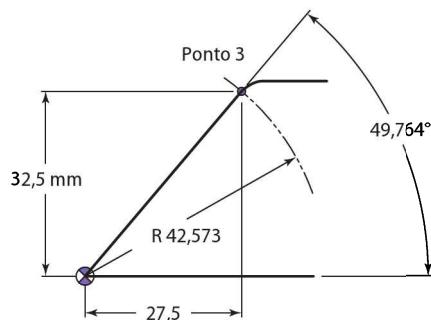


Figura 1-56 Defina o ponto 3 utilizando coordenadas polares absolutas.

- Liste os fatores para seleção de coordenadas em uma programação por ordem de importância para o programador.
- Defina coordenada polar com suas próprias palavras, usando dez palavras ou menos.

6. Reveja a Questão 1 e avalie quanta trigonometria seria necessária se o comando fosse limitado a valores de coordenadas cartesianas XY. (O CAM não está disponível.) Se você tiver um conversor R-P em sua calculadora, tente utilizá-lo na Questão 1. Converta cada posição polar para retangular.

Dica da área

Rotinas de círculo de furos Muitos comandos possuem uma terceira solução para determinar a coordenada retangular para a Questão 1; ela é chamada de rotina de círculo de furos (ciclo fixo). Para utilizá-la, após a entrada do código de início da rotina, você fornece os parâmetros para a furação no dado raio a partir do centro de referência local. Além disso, a rotina necessita da distância angular da LRP para realizar o primeiro furo do círculo – pronto, o comando processará as coordenadas de cada furo. Os aspectos finais dizem respeito a como os furos serão feitos, em passos grandes ou pequenos, a profundidade total do furo e qual distância de recuo da broca será utilizada no movimento rápido entre cada furo.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Unidade 1-1

A próxima geração da evolução de máquinas CNC está a caminho. Equipamentos totalmente novos que estão no mercado acabaram com a distinção entre cortar e retificar, tornear e fresar; eles são centros de usinagem completos, sem parada. Essa tendência continuará, uma vez que ela reduz o custo de manufatura. Isso significa que ser capaz de identificar

os eixos da máquina nesses novos maquinários será muito mais complexo e necessário.

Essas máquinas de multitarefa apresentam várias guias e movimentos de rotação. A todos devem ser atribuídos nomes de eixo e direções. Certamente excederemos os nove padrões EIA que estudamos.

Unidade 1-2

Nunca visualizei um momento em que a habilidade de escrever programas para ferramental com entradas manuais ou editar programas gerados por CAM não fossem uma exigência de trabalho para um mecânico experiente. Para isso, uma boa capacidade de trabalhar com as coordenadas absolutas e incrementais, cartesianas e polares, e códigos de instruções será uma habilidade de trabalho essencial.

No entanto, a programação principal está sob mudança evolutiva.

Embora os desenhos complexos que já existem, tais como representações em estrutura de arame ou padrões planos 2D, nunca sejam convertidos, hoje a maioria dos novos desenhos CAD é fornecida como objetos sólidos com superfície. Dado um modelo sólido, programas CAM tornam-se mais automáticos. Com

o objeto 3D definido e a liga e o tamanho do tarugo bruto conhecidos, o *software* seleciona a maioria das sequências da operação, número de cortes, velocidades e avanços e a ferramenta correta a ser usada.

Uma vez que comandos CNC baseados em computadores são capazes de suportar e aplicar o *software* de

programação do CAM, muitas tarefas que utilizam o modelo sólido dos desenhos podem ir diretamente do desenho à máquina CNC, na qual o comando escreve o programa! Estamos falando na redução de muitas horas de trabalho.

Unidade 1-3

A capacidade de realizar manipulações de dados aprofundadas na própria máquina é um dos principais fatores que separam os operadores dos mecânicos. O mecânico pode controlar e melhorar o processo, e o operador controla o funcionamento da máquina.

Programas gerados por CAM não usam movimentos de alto nível nem lógicas com laços e sub-rotinas. Os

programas que eles geram são compostos de aproximações da superfície utilizando arcos e linhas retas. Portanto, ter conhecimento das formas como uma máquina é capaz de interpolar é necessário, pelas mesmas razões já descritas, para melhorar e testar programas e para escrever minirrotinas da ferramenta para a sua máquina.

Unidade 1-4

Admito que ter conhecimento e saber usar as coordenadas polares no trabalho com máquinas CNC pode estar mais para uma Dica da área do que para um assunto fundamental. Não são muitos os mecânicos que as usam em uma base diária, e elas não são padronizadas na indústria como são as coordenadas cartesianas. Alguns comandos não aceitam valores de raio e ângulo como entradas e, entre eles aqueles que os aceitam, há grandes diferenças quanto ao nível em que são usados.

Todos os comandos que aceitam coordenadas polares usam valores absolutos baseados no PZP. No entanto, apenas alguns usam coordenadas polares

incrementais, porque elas requerem um ajuste no PRL. Ela pode ou não ser uma função do comando. No entanto, se o seu comando CNC não aceitar entradas R/A, um conhecimento operacional deles simplificará muitas tarefas diárias. Leia o seu manual de operador para encontrá-las.

Ponto-chave:

Porém, enquanto elas são opcionais no trabalho com CNCs, quando se desenha uma peça geométrica em um *software CAD*, coordenadas polares são uma ferramenta indispensável.

Questões e problemas

- Nós estudamos nove eixos que definem o movimento e a posição em um trabalho com CNC. Descreva-os.
- Verdadeiro ou falso? Quando um eixo move-se com movimento de punho, não em um círculo

completo, diz-se que ele está sendo interpolado. Se essa afirmação for falsa, qual seria a verdadeira?

Questões de pensamento crítico

As questões de 3 a 6 referem-se à Figura 1-57 e ao seguinte planejamento:

Planejamento de trabalho

Número da Peça PLC 17-A

- 005 Corte chapas de alumínio $5 \times 2,75$ × 1,25 (excesso de espessura para fixação na morsa)
- 010 Frese todos os detalhes × 0,900 da profundidade total ($0,875 + 0,025$ extra)
- 015 Inverta as partes e usine o acabamento da espessura excedente para 0,875 pol.

A operação final será virar as peças e fixá-las em um mordente macio e usinar os excessos. Isso permite que as peças tenham 100% do perfil fresado de uma única vez (Fig. 1-58).

3. Na Figura 1-57, observe que a peça PLC 17-A não está dimensionada geometricamente. Onde o PZP deveria ser colocado no desenho para escrever o programa do perfil fresado? Explique.
4. A Figura 1-59 retrata quatro possíveis posições para定位 a morsa a fim de fixar a peça para o processo de fresagem da peça PLC 17-A. Em qual quadrante cada configuração reside?

5. Quantas interpolações circulares serão necessárias para fresar o perfil da peça PLC 17-A?
6. Das quatro possíveis orientações de fixação da peça PLC 17-A (Fig. 1-59), qual poderia ser utilizada para usinar a peça: A, B, C ou D? Qual seria a mais eficiente? Explique.
7. Com a peça na posição D (Fig. 1-59), quais são as coordenadas absolutas para os centros dos dois furos de diâmetro de 0,812 pol.?
8. Usando a orientação de desenho (Fig. 1-57), quais são as coordenadas incrementais do ponto K (centro do arco) tendo o ponto D como a referência local atual?
9. Quais são as coordenadas absolutas do ponto K com a peça na orientação D? Na Figura 1-59.
10. Com a peça na orientação do desenho, escreva as coordenadas absolutas da geometria da peça. Na Figura 1-57, temos os pontos na ordem dada. Deixe as entradas nulas não escritas. Você não está escrevendo as instruções para desenhar a curva, apenas listando as coordenadas.
11. Para realizar o mergulho espiral em rampa, qual nível de movimento o comando deve ser capaz de realizar?

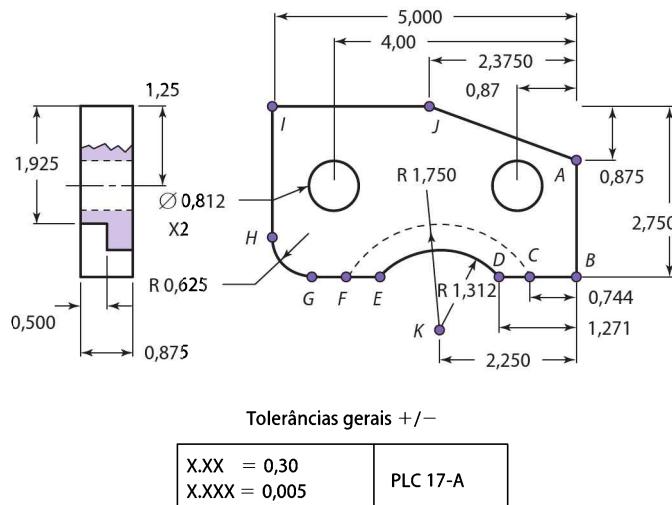


Figura 1-57 Questões 3-10.

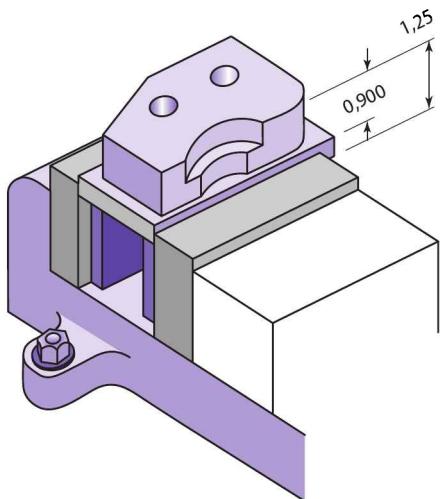


Figura 1-58 Este é o modo como vamos fixar e fresar o perfil da peça.

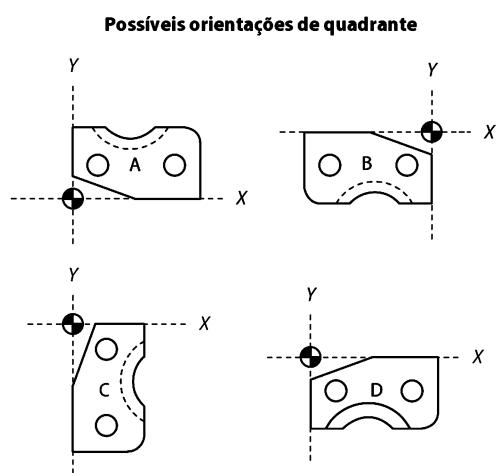


Figura 1-59 Opções de fixação em vários quadrantes.

12. Como programas CAM geram formas tridimensionais?
13. Verdadeiro ou falso? Uma coordenada polar incremental utiliza o PZP como centro de referência e uma linha local como uma referência angular. Se essa afirmação for falsa, qual seria a verdadeira?

14. Na Figura 1-60, onde o PZP deve ser colocado para tornejar este pino de pinça de placa? Em qual orientação ela deveria ser usinada? Explique.
15. Há algum requerimento para interpolação circular de um pino de placa? Por quê? (Fig. 1-60)
16. Visto que 50° é uma dimensão angular, coordenadas polares poderiam ser usadas para definir a superfície cônica? (Fig. 1-60.)
17. Assumindo que a peça seja rotacionada em 180° *, quais serão os pontos geométricos, coordenadas absolutas, para tornear a peça? Comece pelo PZP e em seguida, vá em direção à bancada. Você não está escrevendo o programa, apenas listando os pontos geométricos principais requisitados para tornear o diâmetro externo. (Dica: Veja a Questão 18 e depois, cheque as respostas.)

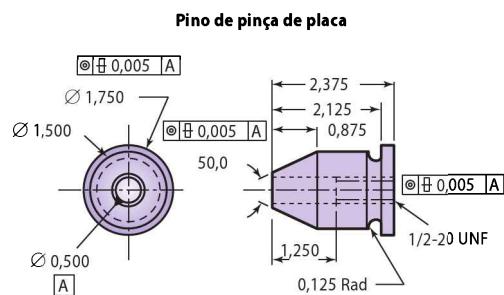


Figura 1-60 Problema sobre torneamento.

18. O segundo ponto geométrico para a Figura 1-60 era o diâmetro na posição $X0.6840$, $Z0.0000$. Ela não está no desenho. Como ela foi calculada?
19. A Figura 1-61 mostra uma peça que requer dois rasgos de chave de boca a serem fresados no final do arredondandamento da tampa de inspeção. As coordenadas seriam mais eficientes se fossem cartesianas ou polares? Explique.
20. Quais são as coordenadas polares absolutas dos pontos A, B, C e D no final de cada rasgo de chave? (Fig. 1-61)

* Com a conicidade para a direita.

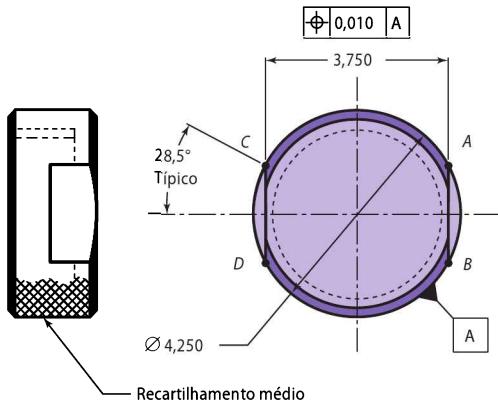


Figura 1-61 Tampa de inspeção.

RESPOSTAS DO CAPÍTULO

Respostas 1-1

1. Veja a Figura 1-62.
2. O eixo Z; o eixo Y.
3. O eixo A está se movendo na direção positiva; o eixo B está se movendo na direção positiva.
4. O eixo secundário pode ser U e W. Observe que, para a consistência da programação, o eixo W é negativo na direção da peça, assim como o eixo X.
5. $X \quad Y \quad Z$
 $U \quad V \quad W$
 $A \quad B \quad C$
6. É uma movimentação negativa no eixo X.
7. Veja a Figura 1-63.

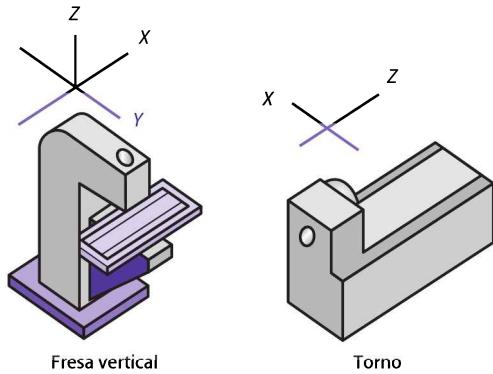


Figura 1-62 Resposta para a Questão 1.

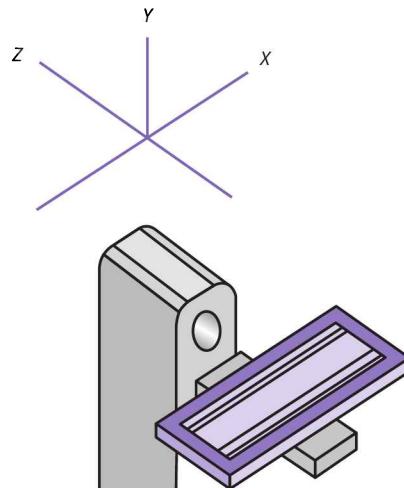


Figura 1-63 Resposta para a Questão 7.

Respostas 1-2

1. Verdadeiro.
2. Sempre tendo como base a *referência* – na verdade, essa é a *única* regra. Posicione-a no primeiro quadrante, se possível – uma consideração mínima.
3. Veja a Figura 1-64.
4. Veja a Figura 1-65.
5. Veja a Figura 1-64.
6. Veja a Figura 1-65.
7. Um octógono aberto. Veja a Figura 1-66.

Dica da área

Você completou o octógono na Questão 7? Se você o completou, você presumiu o que o programa iria fazer. Tenha cuidado com esses pressupostos durante os testes de programação. Não pressuponha que a ferramenta realizará o que você quer que seja feito. Leia e analise os dados.

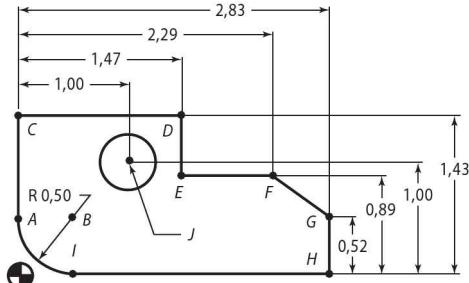


Figura 1-64 Resposta para as Questões 3 e 5.

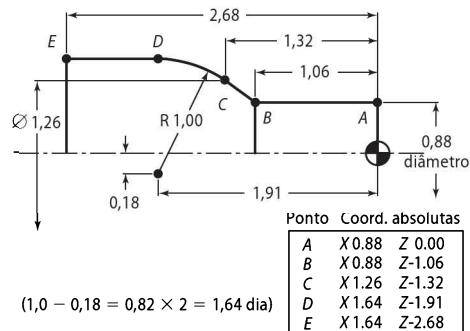


Figura 1-65 Resposta para as Questões 4 e 6.

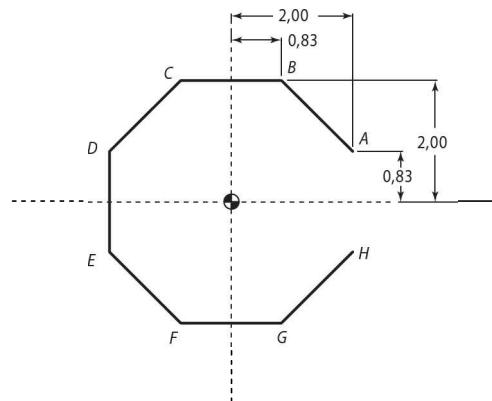


Figura 1-66 Resposta para a Questão 7.

8. O erro causa uma linha angular do ponto C para o ponto D. Visto que o ponto D está incorretamente impresso sobre o ponto E, a linha DE está faltando. No entanto, todo o resto está corretamente formulado (Fig. 1-67).

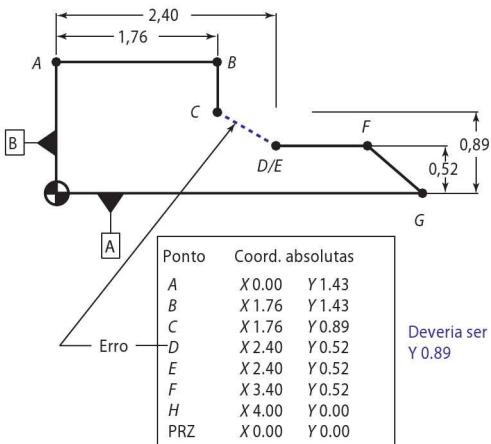


Figura 1-67 Resposta para a Questão 8. Erro causado pela coordenada absoluta errada.

9. Os valores nulos que podem ser removidos são mostrados na Figura 1-68.

Ponto	Coordenadas absolutas	
A	X 0.00	Y 0.50
B	X 0.50	Y 0.50
C	X 0.00	Y 1.43
D	X 1.47	Y 1.43
E	X 1.47	Y 0.89
F	X 2.29	Y 0.89
G	X 2.83	Y 0.52
H	X 2.83	Y 0.00
I	X 5.00	Y 0.00
J	X 1.00	Y 1.00

Figura 1-68 Resposta para a Questão 9. Apague essas entradas nulas.

10. Aqui estão as coordenadas incrementais:
N005 X,50 Y0,50 (Mova para o ponto A)
N010 X-0,50 Y0,0 (Y0,0 é uma valor nulo in-
cremental -Y não se move)

N015 Y0.94 (Todos os valores nulos removidos daqui para baixo)

N020 X1.47 (Ponto D)

N025 Y-0.55

N030 X0.81

N035 X0.55 Y-0.37

N040 Y-0.52 (Ponto H)

N045 X-2.34

N050 Y0.50 (Termina a forma da peça
indo para o ponto A)

11. Eles geram um bloco no estilo "YES" de 50 mm de comprimento e 10 mm de altura.

- 12.** Aqui estão os valores nulos para o programa:

N005 X0.00 Y0.00 Z-5.0

N010 X0.00 Y1.00 Z0.00

N015 X-0.50 Y1.00 Z0.00

N020 X0.00 Y0.00 Z.50

N025 X1.00 Y0.00 Z0.00

Explicação: Em cada caso, a

nulas deveriam ser “zero”; p

valor, haveria movimento. Um valor nulo manteria a posição presente da ferramenta no dado eixo. Uma outra maneira de observar isso é que não há *movimento esperado* para cada valor nulo – um zero.

13. A linha angulada foi feita novamente entre C e D. Mas, agora, D torna-se um ponto de origem relativo para o próximo ponto, E, o qual é agora deslocado 0,37 para baixo na página, assim como todas as outras após o erro. Em outras palavras, apesar de as entradas, após o erro, possuírem as dimensões corretas, elas também herdaram o deslocamento de posição. Embora ambas as peças devam ser jogadas fora, o erro seria muito pior nos valores com coordenadas incrementais, com os quais a ferramenta poderia ter atingido a morsa ou outro dispositivo de fixação (Fig. 1-69).

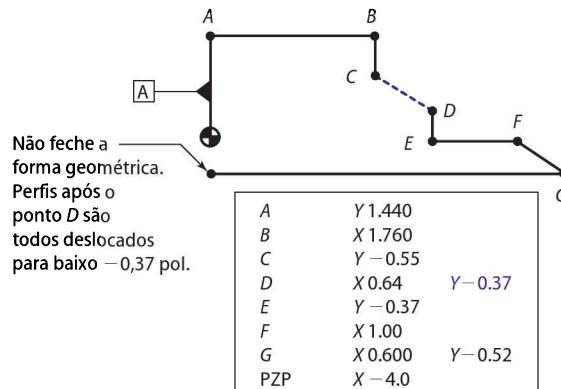


Figura 1-69 Resposta para a Questão 13. Efeito do erro utilizando coordenadas incrementais.

Respostas 1-3

1. Cortes lineares adicionais acrescentados às opções de fresagem causam a necessidade de maiores níveis de movimento da ferramenta.
2. Ou a *sobrepassagem da velocidade de avanço* está sendo usada em cerca de 66%, ou o comando possui um *limite padrão* de velocidade de avanço circular de 400 mm/min.
3. Usando uma placa lisa ou de fixação, o torno CNC poderia realizar esse processo simplesmente utilizando uma interpolação circular enquanto gira a peça (Fig. 1-70).

Há duas opções para fresagem:
Usine vários círculos utilizando uma fresa de *topo esférica* (Fig. 1-71). Ela produz um acabamento de superfície áspero, dependendo da quantidade de círculos programados. É um método lento, porém, às vezes, necessário. Adicione uma mesa com eixo rotativo e gire a peça enquanto realiza, lentamente, uma interpolação circular. Esse processo é o mesmo usado pelo torno, porém, a velocidade de rotação da peça é mais segura para objetos maiores e com forma estranha.

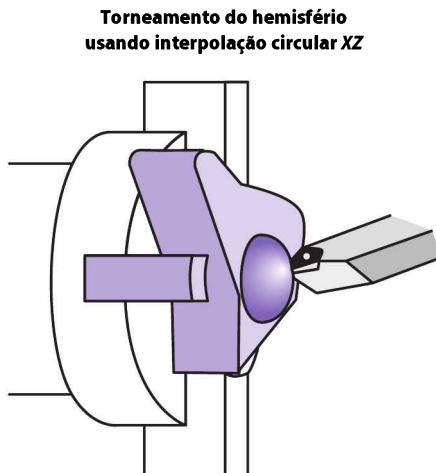


Figura 1-70 Torneamento do objeto em forma de domo.

Aproximação pela fresa de topo esférica

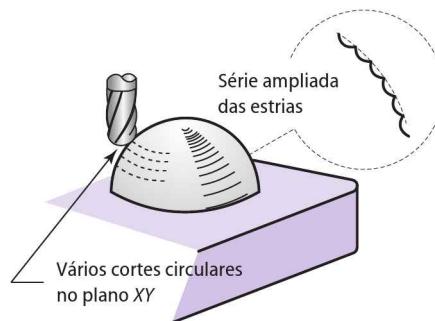


Figura 1-71 Fresagem do domo utilizando interpolação circular 2D.

4. É um movimento de eixo de $2\frac{1}{2}$ de dimensão. Realizando uma abordagem circular na superfície da peça, enquanto a ferramenta mergulha na direção do eixo Z. Um comando 3D também pode realizar esse movimento. Ele é melhor, pois uma rasgo é feito para remoção de cavaco e a transferência de refrigerante. A ferramenta entra em contato com a superfície de acabamento de forma tangencial, produzindo uma transição suave da rampa para a própria superfície com menos marcas de ferramenta no ponto de contato.
5. Uma fresadora CNC de *cinco eixos* pode produzir o hemisfério mantendo continuamente a ferramenta tangente à superfície em todas as vezes (Fig. 1-72).
6. 2D – interpolação circular apenas no plano primário; $2\frac{1}{2}D$ – interpolação circular no plano primário com o terceiro eixo realizando interpolações lineares; 3D – interpolação circular utilizando os três eixos.
7. A velocidade na qual o microprocessador pode processar dados de saída do comando. Coman-

Solução para fresagem em cinco eixos

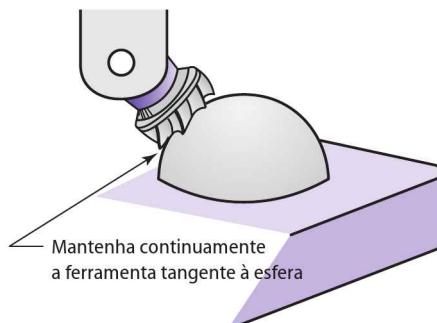


Figura 1-72 Fresagem do domo utilizando interpolação circular XY, enquanto a ferramenta é mantida, continuamente, tangente à superfície.

dos antigos eram muito lentos para a velocidade máxima de movimentação durante esses movimentos.

8. Visto que é apenas um movimento linear nos três eixos, ele pode ser realizado em todos os três tipos de comando de fresadora!

Respostas 1-4

1. Valores polares positivos (note que R2.00 foi omitido para o ponto 5). Em alguns comandos, a repetição de raios pode ser removida, enquanto, em outros, ela será necessária quando trabalhar com coordenadas polares.

4 R2.00 A108.0	8 A252.0
5 A144.0	9 A288.0
6 A180.0	10 A324.0
7 A216.0	

2.

1 R2.00 A0.0	6 A-180.0
2 A-324.0	7 A-144.0
3 A-288.0	8 A-108.0
4 A-252.0	9 A-72.0
5 A-216.0	10 A-36.0

3. Há duas opções:

Cartesiano absoluto	X32.5	Y27.50
Polar absoluto	R42.573	A49.764

As dimensões retangulares são números de uma única casa decimal, enquanto o raio e o ângulo são calculados a partir deles. Coordenadas cartesianas podem ser uma escolha ligeiramente melhor, devido aos erros de arredondamentos. Ambas realizarão o trabalho.

4. *Primeiro*, política da empresa (não está referido no livro, porém, é uma realidade na programação industrial); *segundo*, capacidade de comando; *terceiro*, o mínimo de conversões matemáticas, se você conhece as regras de comando.
5. Identificação das coordenadas de posição em um plano utilizando raio e ângulo.

Respostas para as questões de revisão

1. Linear primário X , Y e Z (linha reta)
Rotacionário primário A , B e C (movimento circular ou em arco)
Linear secundário U , V e W (linear e paralelo a X , Y e Z)
 2. Falso – ele está articulando.
 3. Na interseção das arestas superior e direita – todas as dimensões possuem a origem lá.
 4. $A = 1^\circ$ quadrante
 $B = 3^\circ$ quadrante
 $C = 4^\circ$ quadrante
 $D = 4^\circ$ quadrante
 5. Cinco interpolações circulares. De acordo com o planejamento, *todos* os detalhes devem ser fresados. O raio de 0,75 pol. e os arcos de 2,500 pol. e 2,675 pol. devem ser interpolados circularmente. Porém, os furos de diâmetro de 1,312 pol. também devem ser fresados, e não furados.
 6. Todas elas podem ser utilizadas, desde que o PZP esteja na posição correta relativa à peça. No entanto, a posição D permite que o raio rebaixado de 2,675 pol. possa ser usinado enquanto os outros perfis são cortados. As configurações A, B e C podem ser usadas, porém, o rebaixo precisaria ser usinado quando a peça for virada para remover os excessos.
 7. $X0.8700 \quad Y-1.2500$
 $X4.0000 \quad Y-1.2500$
 8. $X-0.979 \quad Y-0.925$
 9. $X2.250 \quad Y-3.675$
-
10. Ponto A $X0.0000 \quad Y-0.8750$
 $B \quad \quad \quad Y-2.750$
 $C \quad X-0.744$
 $D \quad X-1.271$
 $E \quad X-3.229$
 $F \quad X-3.756$
 $G \quad X-4.375$
 $H \quad X-5.000 \quad Y-2.125$
 $I \quad \quad \quad Y0.000 (zero não é um valor nulo)$
 $J \quad X-2.375$
-
11. De duas dimensões e meia ($2\frac{1}{2}D$), circular em dois eixos e linear no terceiro eixo.
 12. Por meio da aproximação de superfície com retas curtas e linhas curvas (melhor ajuste dentro da tolerância).
 13. Esta pode ser verdadeira se a ferramenta está localizada no PZP. No entanto, normalmente uma coordenada polar incremental usa uma referência de centro local e a localização atual como referência angular.
 14. Na linha de centro e na extremidade da face a 50° (Fig. 1-73). A peça deveria ser girada em 180° em relação à orientação do desenho, com o ponto de 50° voltado para o cabeçote móvel. Nessa posição, todos os perfis podem ser usinados, e o PZP é facilmente verificado na extremidade externa do material.

Soluções do pino de pinça

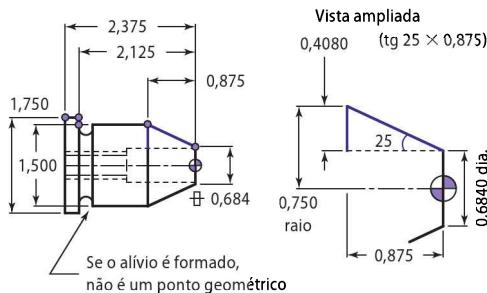


Figura 1-73 Soluções do pino de pinça.

15. Não, ela seria formada devido ao seu pequeno tamanho.
16. Não, a distância radial entre os pontos precisaria ser calculada – isso seria um trabalho extra.
17. As coordenadas estão em X e Z . Lembre-se de que todas as coordenadas em X são valores de diâmetro para a maioria dos programas de torno (Fig. 1-73).

X0.0000	Z0.0000	(PZP na linha de centro)
X0.6840		
X1.5000	Z-0.8750	(Topo da conicidade)
	Z-2.1250	(Canto de alívio – note que você deveria tornear até o ressalto de 2,125 e, então, retornar para formar o alívio)

X1,7500

18. Veja a Figura 1-73.

19. Polar (assumindo que o comando aceite essas coordenadas), visto que ambos, raio e ângulo, são conhecidos. Para usar as coordenadas retangulares, a dimensão em Y precisaria ser calculada. Isso não é um grande problema, mas por que se preocupar quando ele já está no desenho em forma polar?

20.	R1.125	A 28.5	
	A151.5	(180 – 28,5)	
	A208.5	(180 + 28,5)	
	A331.5	(360 – 28,5)	



» capítulo 2

Sistemas CNC

O Capítulo 2 fornece a base de conhecimentos acerca das máquinas e as informações necessárias para utilizar um equipamento CNC. Analisaremos três aspectos do sistema CNC:

Mecânica de açãoamento do eixo Com base na explicação do Capítulo 1 sobre os tipos de movimento de eixo que uma máquina CNC pode fazer, investigaremos a mecânica de como eles ocorrem. Vamos aprender como eles podem fazer uma superfície quase perfeita em lotes de materiais diferentes, não importando o açãoamento de corte. Mesmo com a variação do sobremetal de uma peça para outra, todas as peças saem da máquina como uma duplicata quase perfeita da anterior.

Variação e evolução da máquina Embora as máquinas atuais sejam muito superiores a qualquer uma do passado, com certeza elas não são perfeitas. Então, nosso objetivo é a compreensão do que levou à evolução da máquina, para que o futuro seja mais facilmente vislumbrado. Observando cuidadosamente a linha do tempo, você poderá prever uma grande mudança logo à frente!

Programas Também examinaremos a criação de programas e o gerenciamento de dados. O Capítulo 2 não é sobre a escrita de programas, mas sobre de onde eles vêm e como são administrados.

Objetivos deste capítulo

- » Definir e desenhar os cinco componentes do eixo de transmissão CNC.
- » Descrever um sensor de movimento cinético (círculo fechado).
- » Baseado em uma linha do tempo, listar os três ramos da tecnologia em mudança.
- » Identificar as capacidades de um centro de fresagem vertical moderno.
- » Identificar as capacidades de um centro de torneamento.
- » Definir a geometria da peça.
- » Descrever como o programa CAM cria um programa que pode ser lido pela máquina.
- » Usar os termos de gerenciamento de dados corretamente.

» Unidade 2-1

» Acionamento do eixo CNC

A maior diferença entre uma máquina manual e uma máquina industrial CNC moderna é a forma como elas movem seus eixos. O movimento do eixo CNC é muito similar ao do seu braço ao mover e posicionar um objeto. Seu cérebro envia sinais através de nervos conectivos para as sinapses que acionam os músculos. Ele também recebe relatórios de volta que comparam o comando com o resultado – denominado senso cinético. Sem olhar, você sempre sabe onde se encontra o seu braço e quanto rápido ele está se movendo. Então, se o item não se move, você pode colocar mais força para movimentá-lo ou, em algum momento, decidir que está além de sua capacidade. Se o objeto se move facilmente, você pode reduzir a força.

Termos-chave:

Alinhamento da máquina

Enviar todos os eixos para os interruptores de fim de curso para obter uma base zero para os codificadores. Geralmente, só necessários em máquinas mais antigas.

Círcuito aberto

Sistema de acionamento mais barato que não apresenta equipamento para processar o sinal de realimentação.

Círcuito fechado

Círcuito que inclui monitores para enviar sinais de progresso de volta à CPU.

CPU – unidade de processamento central

Componente que decodifica o programa, envia o comando de movimentação para os servomotores e monitora e ajusta o desenvolvimento.

Erro do servo

Condição indesejada em um sistema de circuito fechado no qual a posição do eixo excede a tolerância do resultado esperado.

Fuso de esferas

Sistema de acionamento linear com uma compensa-

ção de retorno no qual uma porca dividida é forçada lateralmente em ambas as direções contra o fuso. Esferas rolam através do canal circular entre a porca e o fuso.

Inicialização

Ao ligar o controle, dependendo da sofisticação, rotinas devem ser seguidas a fim de preparar para a usinagem. Máquinas novas carregam o programa e se preparam; unidades mais antigas precisam de mais preparação.

Limites físicos

Interruptores que verificam a localização da posição de um eixo.

Limites suaves

Sensores ópticos que verificam a proximidade aos interruptores de limites físicos.

UCM

Unidade de controle mestre. *Veja CPU.*

Motor de passo

Motor que, dado um pulso de energia, gira uma parte de uma volta completa.

Realimentação

O sinal voltando do sistema de acionamento para a CPU.

Servomotor

Motor altamente controlável com curvas de potência, velocidade e aceleração prevíveis com base na energia de entrada.

Sistema de posicionamento absoluto

Sistema de acionamento CNC que mantém sua grade de posicionamento mesmo quando desligado e depois religado. Essas máquinas possuem dispositivos de realimentação linear.

Zero da máquina

Posição que nunca muda, para onde a máquina deve ser levada para atualizar o sinal de realimentação no início da operação.

Os cinco componentes

Usando cinco componentes elétricos/mecânicos, o acionamento CNC faz as mesmas tarefas que você faria ao usar músculos para mover e posicionar seu

braço. O controlador pode manter uma ferramenta de corte na forma programada com uma precisão de 0,002 ou 0,003 pol. para cargas mais pesadas ou até 0,0002 pol. para cargas leves, dependendo da máquina e do formato e do volume do metal sendo removido.

O controle constantemente compara a posição física da ferramenta com a posição esperada. Se o progresso da ferramenta não está dentro da tolerância, o controlador tem uma ou duas opções, dependendo da forma básica de seu sistema.

Normalmente, ele pode esperar um tempo preestabelecido até que a localização física da ferramenta alcance a posição esperada antes de emitir um novo comando para o eixo de acionamento. Ou, então, em máquinas mais poderosas, o controle pode aumentar a força do eixo de acionamento quando a ferramenta entra em cortes mais pesados e começa a ficar para trás, e pode diminuir a força quando a ferramenta chega em seções de trabalho mais leves. O sistema que faz essas proezas é um *eixo de acionamento linear de circuito fechado*.

Isso tudo é abreviado para um eixo de acionamento CNC e é responsável pelos movimentos de corte e pela precisão no posicionamento. Assim como seus movimentos musculares, cinco componentes são necessários (Fig. 2-1):

Acionamento CNC	Movimento muscular
Unidade de controle	Cérebro – processa entrada/saída de informações
Relés do eixo de acionamento	Sinapses – disparam os músculos
Fuso do eixo de translação	Puxamento dos tendões
Motor de acionamento controlável	O músculo
Dispositivo de realimentação	Nervos sensoriais reportando o desenvolvimento

A fim de conseguir o resultado máximo e entender as limitações, a ação de cada componente deve ser

Um sistema de acionamento de eixo com circuito fechado

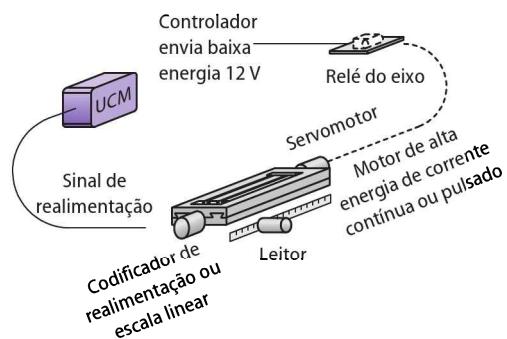


Figura 2-1 Um sistema de acionamento CNC de circuito fechado.

entendida genericamente pelo operador, o que é nosso objetivo nesta unidade.

Três tipos de repetibilidade

Quando comprar uma máquina CNC, uma das primeiras informações a pedir diz respeito à repetibilidade do eixo. Começaremos com a resolução (Fig. 2-2).

Resolução da máquina Este é o menor movimento que o eixo de acionamento pode fazer, quase sempre entre 0,0001 pol. ou 0,02 mm. Também é um limite mecânico, baseado no menor movimento que os motores de acionamento dos eixos podem fazer, ou, ainda, pode ser um sensor de limite de quanto bem a máquina pode ler os movimentos e enviar um sinal de volta ao controlador – um ou outro, geralmente o limite mecânico.

Repetibilidade do eixo Em seguida, discutiremos a capacidade do eixo de acionamento de mover o fuso ou a ferramenta para longe de um local específico e depois trazê-lo de volta ao mesmo local com uma tolerância pequena. O teste de proximidade deve ser feito a partir de qualquer ponto do envelope de trabalho e em velocidades variadas. Contudo, o teste de retorno nunca é feito sob uma carga de corte. As repetibilidades dos eixos CNC estão normalmente em torno de 0,0002 pol., com algumas exceções. Porém, a repetibili-



Figura 2-2 Máquinas CNC de superprecisão, como esta fresadora Super-Mini, têm resoluções abaixo de 0,0001 pol.

Conversa de chão de fábrica

Existem máquinas extremamente precisas desenvolvidas para trabalhos especiais com resolução de 0,00005 pol. (cinquenta micropolegadas). Essas máquinas podem reproduzir peças dentro de 0,0001 pol. cada em todas as vezes.

de não é suficiente, sozinha, ela pode ser enganosa.

Repetibilidade da forma – O fator final Os operadores algumas vezes pensam na repetibilidade do eixo como a tolerância limite para se manter em uma

trajetória curva, mas nem sempre é assim, especialmente quando a taxa de remoção aumenta. Muitos fatores juntos formam a repetibilidade da forma. Dependendo da força exercida pelos eixos de acionamento da máquina e da natureza da usinagem, algumas máquinas são capazes de reproduzir peças dentro da repetibilidade especificada, enquanto a maioria apresenta desvios maiores.

Erros físicos do servo

Assim como quando descobrimos que o braço não tem força suficiente para empurrar uma peça, quan-

Conversa de chão de fábrica

A repetibilidade de forma é mais difícil de quantificar do que a repetibilidade de posicionamento, devido à grande variação de forças e cortes das máquinas. A repetibilidade de forma com pequena tolerância é normalmente oferecida como um diferencial de venda quando se está escolhendo um novo equipamento CNC para cargas pesadas. No entanto, não existe um teste padrão para determiná-la, como existe para a repetibilidade do eixo. Muitas vezes, vemos-nos comparando maçãs a laranjas, uma máquina à outra.

operador e, ao mesmo tempo, vai parar totalmente a máquina quando não conseguir voltar o eixo ao sincronismo decorrido um certo espaço de tempo.

Dica da área

Como operador, você tem três armas principais contra o erro do servo. Primeiro, use os controles de sobreposição para fazer um ajuste fino nas forças de corte (fazendo edições permanentes no programa, se necessário). Para fazer isso, os operadores devem entender as forças e a física para produzir cavaco e o limite de suas máquinas. Monitorar de perto o fio da ferramenta e o fornecimento de refrigerante também pode ajudar a prevenir muitas interrupções pelo servo.

Também existem métodos que podem prevenir erros de servo e de forma. São as mesmas habilidades aprendidas em máquinas manuais, como fazer uma passada final mais leve com uma ferramenta reservada para acabamentos. Sua experiência com máquinas manuais realmente conta aqui!

do um programa exige mais do que a máquina ou a ferramenta pode fazer, ou quando a ferramenta fica cega ou trava, a máquina pode ficar fora de sincronismo. Quando o trajeto físico excede o desvio limite estabelecido, ela entra em uma condição conhecida como **erro do servo**. Na tela, possivelmente com luzes piscantes, o controlador vai sinalizar ao

Translação mecânica do eixo

O coração do controle de precisão é mecânico. Nós já vimos isso no Capítulo 6*, *a porca dividida pré-carregada de esferas recirculantes*. O seu propósito é mover, posicionar e inverter o movimento do eixo sem qualquer recuo. Para se lembrar de como elas são, observe a Figura 2-3.

Controlador

O cérebro de um CNC, algumas vezes, é chamado de **unidade de controle mestre (UCM)** ou de **unidade de processamento central (CPU)**. Este componente tem quatro ou cinco funções, dependendo se ele está ou não conectado a um computador externo. Para o nosso estudo de sistemas de transmissão, a CPU do controlador converte comandos de programas armazenados ou entradas via teclado do operador em comandos de acionamento e, então, envia-os para os motores do eixo.

Ponto-chave:

Comandos do eixo de transmissão não vão da CPU para os motores, mas para os relés intermediários.

Fuso de esferas recirculantes

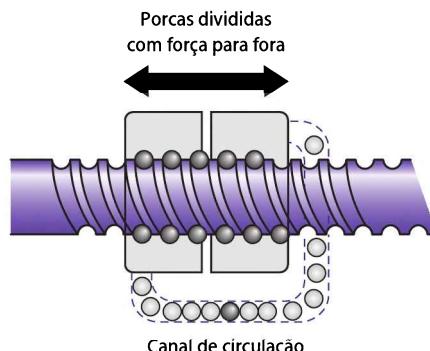


Figura 2-3 Fusos de esferas são o coração mecânico do sistema de acionamento.

* N. de E.: Capítulo do livro FITZPATRICK, M. *Introdução aos processos de usinagem*. Porto Alegre: AMGH, 2013.

A CPU emite um comando de baixa energia (geralmente 12 V CC) para dispositivos com relés que funcionam como amplificadores de tensão e interruptores. Ao mesmo tempo, ela também está processando sinais de realimentação que chegam dos sensores para determinar qual ação é necessária para manter a taxa de avanço programada.

Relés do eixo de açãoamento

Um único controlador CNC pode ser usado para açãoar uma variedade de máquinas CNC diferentes. Para fazer isso, o controlador não aciona os motores diretamente; ele aiona um relé que é adaptado para um motor específico. O relé de açãoamento permite que um único modelo de controlador move qualquer tipo de motor, pequeno ou grande, servo ou de passo (estudado a seguir). Um controlador consegue operar uma pequena fresaadora, ou pode ser conectado em uma fresaadora horizontal gigante com mais de 100 hp por eixo, devido aos relés açãoadores.

Conectado entre o controlador e o motor, o relé intermediário recebe o comando de controle de baixa tensão, amplifica-o e configura-o para as necessidades do motor. No relé, o comando de controle desencadeia uma corrente elétrica de alta-tensão, como uma corrente direta ou como pulso, dependendo do tipo de motor que está sendo açãoado.

Motores de açãoamento – Servo ou passo

Diferentemente das máquinas manuais, que geralmente usam um motor para açãoar várias funções por meio de engrenagens, correias e embreagens, os motores de açãoamento CNC são altamente controláveis e previsíveis. Fornecendo uma tensão de entrada exata, eles se moverão exatamente da mesma maneira, com segurança. Eles aceleram e desaceleram com uma curva exata de tempo/carga.

Ponto-chave:

Máquinas CNC usam um motor de açãoamento por eixo, e cada motor é bem diferente daqueles usados em máquinas manuais.

Existem dois tipos de motores populares, os **servomotores** e os **motores de passo**. (Algumas máquinas, como os tornos de precisão, usam motores hidráulicos alimentados por bombas, mas são menos comuns.)

Servomotores de corrente contínua

– **Mais potência para máquinas industriais** Servomotores elétricos são mais potentes, mas também são mais caros. Eles produzem rotação precisa, baseada em uma tensão contínua de entrada. Quando a tensão de entrada aumenta, os servomotores giram mais rápido ou açãoam com mais torque quando um eixo é açãoado.

Conversa de chão de fábrica

Os fusos de esferas recirculantes são tão importantes na manufatura de máquinas CNC, que uma certa empresa estrangeira desejava produzir máquinas de alta qualidade nos Estados Unidos. Antes de eles considerarem construir a fábrica, enviaram uma equipe de estudos para determinar se existia mais de um produtor de fusos de esferas que ofereceria a precisão requerida. Até eles se informarem sobre isso, não se comprometeriam a pensar sobre o investimento (Fig. 2-4). Entre no site www.wedin.com para ver alguns artigos interessantes sobre a produção de fusos de esferas.

Ponto-chave:

O servomotor CC é, de longe, o mais comum.



Figura 2-4 Este fuso de esferas gigante é um dos maiores já produzidos nos Estados Unidos.

Motores de passo – Movendo com pequenos incrementos Motores de passo são o segundo músculo de acionamento mais comum. Eles são geralmente usados em máquinas menores. Motores de passo simplesmente se movem em pequenos pulos, em vez de rodarem como os servos. Ao segurar o eixo de um motor de passo desmontando e girá-lo, você o sentirá fazer um clique ou um pulso quando o motor girar através de pequenos arcos magnéticos.

Usando a função de relógio da CPU para coordenar os pulsos temporizados para o relé de acionamento e depois de ler a taxa de alimentação programada, o controlador determina quanto rápido os pulsos devem ser enviados. Quanto mais rápido eles são enviados, mais rápido o motor gira (até sua velocidade máxima).

Cada pulso do relé de acionamento rotaciona o motor em um arco exato. Por exemplo, motores de passo comuns rotacionam uma volta completa com 15, 30 ou 45 pulsos por revolução, dependendo da sua construção. Então, o motor se move 24°, 12° ou 8° por pulso. Isso, por sua vez, significa uma rotação exata do fuso de esferas.

Como o movimento de um motor de passo é previsível, máquinas para cargas leves podem ser construídas sem qualquer sistema de realimentação, chamado de **círcuito aberto**. Máquinas de circuito aberto são feitas para atender a um determinado orçamento. Sem sistema de realimentação, elas não controlam ou percebem variáveis e também não repetem formas muito bem. Na verdade, um eixo de circuito aberto pode estar completamente parado e, ainda assim, o controle vai continuar enviando comandos do programa, sem qualquer movimento resultante. Sem um senso cinético, o controlador nunca sabe se está dessincronizado!

Ponto-chave:

Máquinas de circuito aberto são melhores para detalhes e trabalhos sem carga ou trabalhos em madeira, mas não são práticas para usinagens pesadas.

Conversa de chão de fábrica

Fabricando o fuso de acionamento O objetivo é fazer um **fuso de esferas** perfeito, com zero de variação na condução ao longo do seu comprimento. Sua produção requer usinagem altamente controlada, tratamento térmico, acabamento retificado e polimento. Apesar de quase perfeitos, eles simplesmente não podem ser completamente livres de erros de condução. Então, o poder do computador é colocado em ação em certos acionamentos CNC de alta qualidade. Usando sensores laser, a variação de condução na rosca pode ser detectada, mapeada e guardada na memória do controlador. Correções são, então, aplicadas para compensar pelos pequenos erros na rosca. Contudo, conforme a máquina aquece, e com o passar do tempo, o padrão de erros muda. De tempos em tempos, ela pode ser atualizada usando tecnologias de laser portáteis. Contudo, por razões de precisão, calibração periódica não é, por si só, bom o suficiente. Logo, o próximo nível de máquina tem a realimentação a laser embutida no sistema de acionamento da máquina. Ela constantemente verifica e atualiza seus próprios diagramas – isso é engenharia!

O sistema de realimentação

O quinto componente é o cão de guarda do sistema. Monitorando o progresso e a localização do eixo, o sistema de **realimentação** é responsável por detectar e reportar a posição em tempo real para o processador. Existem duas famílias gerais:

1. Realimentação linear direta

Algumas vezes chamados de **sistemas de posicionamento absoluto**, eles fazem uso de vários tipos de sensores de distância calibrados. Apesar de mais sofisticadas, as escalas são similares a sistemas de posicionamento digitais em máquinas manuais. O controlador segue a posição do eixo usando sinais da escala. A realimentação direta possui a vantagem de adquirir a posição instantaneamente durante a energização da máquina. Máquinas equipadas com realimentação direta readquirem o posicionamento do eixo e da ferramenta quando o controlador é ligado pela primeira vez.

2. Realimentação indireta

Esses dispositivos monitoram a quantidade de rotações do fuso de acionamento, como mostrado na Figura 2-5, chamado de *transdutores (contadores)*. Praticamente, a única vantagem desses dispositivos de codificação é seu baixo custo comparado com os sistemas de posicionamento absoluto. A maior desvantagem dos transdutores é que eles podem se perder ao desenergizar ou com usinagem de cargas pesadas. Como a CPU deve contar pulsos para seguir a posição, ele pode perder a conta quando o interruptor do controlador é desligado ou quando a ferramenta encontra cortes pesados repentinamente. O sistema que é feito dessa forma deve ser zerado em interruptores de relé (**limites físicos**) ou sensores ópticos (**limites suaves**) para saber onde ele está. Máquinas desse tipo são montadas de forma a não funcionarem até terem sido calibradas, após serem ligadas pela manhã, para que tenham um zero inicial de onde possam começar a se posicionar.

Transdutor simplificado – Realimentação indireta

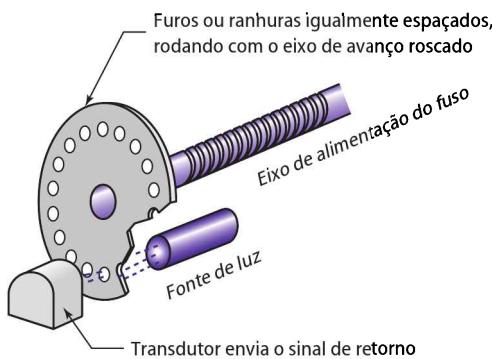


Figura 2-5 Um codificador indireto conta os pulsos enquanto o eixo rosulado rotaciona.

Inicializando

Quando se está **zerando a máquina**, ou **inicializando** (energizando o sistema) uma máquina transdutora, cada eixo deve ser levado a um ponto inicial confiável, normalmente contra os interruptores limites do eixo. Essa posição é conhecida como o **zero da máquina** ou **zero do eixo**. Uma vez colocado na posição base, fixa e imutável, normalmente nas extremidades de cada eixo, o controlador tem, então, uma origem para o seu eixo.

Dica da área

Em codificadores de acionamento antigos, é uma boa ideia inserir um comando zero no programa, depois de um corte longo ou difícil, antes de fazer as passadas finais. Para simplificar a ação, pode-se zerar a máquina com um comando do programa em vez de fazê-lo manualmente. Então, com as coordenadas do eixo atualizadas, a passada final pode ser feita com uma precisão melhorada. Durante a ação de zerar, é conveniente programar uma troca de ferramenta para uma ferramenta de acabamento, já que a posição de troca de ferramenta normalmente encontra-se próximo ou na posição zero, tanto em fresadoras como em toros. Atenção – a máquina tem uma ferramenta afiada e uma posição do eixo atualizada.

Existem outros tipos de mecanismos de retorno de acionamento, linear e rotacional, mas escalas e codificadores (Fig. 2-5) representam a maior parte das possibilidades para equipamentos comuns. Sistemas ainda mais avançados usam a luz do laser refletida como seu mecanismo sensorial de eixo.

Ponto-chave:

Não importa o tipo do dispositivo, o objetivo da realimentação contínua é o mesmo: medir a posição exata da máquina nos eixos X, Y, Z, A, B e C e retornar essa informação de volta para a CPU.

Revisão da Unidade 2-1

Revise os termos-chave

Círculo aberto

Sistema de acionamento mais barato que não apresenta equipamento para processar o sinal de realimentação.

Círculo fechado

Círculo que inclui monitores para enviar sinais de progresso de volta à CPU.

CPU – unidade de processamento central

Componente que decodifica o programa, envia o comando de movimentação para os servomotores e monitora e ajusta o desenvolvimento.

Erro do servo

Condição indesejada em um sistema de circuito fechado, no qual a posição do eixo excede a tolerância do resultado esperado.

Fuso de esferas

Sistema de acionamento linear com uma compensação de retorno no qual uma porca dividida é forçada lateralmente em ambas as direções contra o fuso. Esferas rolam através do canal circular entre a porca e o fuso.

Inicialização

Ao ligar o controle, dependendo da sofisticação, rotinas devem ser seguidas a fim de preparar para a usinagem. Máquinas novas carregam o programa e se preparam; unidades mais antigas precisam de mais preparação.

Limites físicos

Interruptores que verificam a localização da posição de um eixo.

Limites suaves

Sensores ópticos que verificam a proximidade aos interruptores de limites físicos.

UCM

Unidade de controle mestre. *Veja CPU.*

Motor de passo

Motor que, dado um pulso de energia, gira uma parte de uma volta completa.

Realimentação

O sinal voltando do sistema de acionamento para a CPU.

Servomotor

Motor altamente controlável com curvas de potência, velocidade e aceleração previsíveis com base na energia de entrada.

Sistema de posicionamento absoluto

Sistema de acionamento CNC que mantém sua grade de posicionamento mesmo quando desligado e depois religado. Essas máquinas possuem dispositivos de realimentação linear.

Zerando a máquina

Enviar todos os eixos para os interruptores de fim de curso para obter uma base zero para os codificadores. Geralmente, só necessários em máquinas mais antigas.

Zero da máquina

Posição que nunca muda, para onde a máquina deve ser levada para atualizar o sinal de realimentação no início da operação.

Reveja os pontos-chave

- Existem cinco componentes em um sistema de acionamento CNC moderno: controlador, relé de eixo, servomotor, fuso de esferas e sistema de realimentação.
- Erros do servo geralmente acontecem quando as forças de corte aumentam além da capacidade do acionador de empurrar; por exemplo, quando uma fresadora de topo carrega e trava.
- Máquinas de círculo aberto são mais indicadas para acabamentos, trabalhos sem carga ou em madeira, mas nunca para usinagem industrial.
- O servomotor de corrente contínua é, de longe, o mais comum.
- O sistema de realimentação detecta a posição exata da máquina nos eixos X, Y, Z, A, B e C e, então, envia essa informação de volta para a CPU.

Responda

1. Em uma folha de papel, faça um esboço dos cinco componentes do sistema de acionamento de um CNC – identifique cada componente por um nome. Verifique seu esboço confrontando-o com a Figura 2-1.
2. Descreva com menos de 10 palavras:
 - a. Realimentação direta
 - b. Um acionador de circuito aberto (questão de reflexão crítica)
 - c. Um servomotor
 - d. Um relé de acionamento de eixo
3. Descreva com menos de 20 palavras como o fuso de esferas ajuda na precisão do CNC.

Questões de reflexão crítica

4. Quando, durante um corte, o acionador do eixo repentinamente recebe uma carga, a UCM detecta o retardado e fornece mais energia para o acionador para compensar. Essa afirmativa é verdadeira ou falsa? Caso seja falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?
5. A falta de qual processo em controladores de baixo custo faz com que os comandos não sejam verificados pela CPU?

Termos-chave:

Alimentador de barras

Complemento de centros de torneamento que contém uma barra longa girando e que a avança quando um novo comprimento é necessário.

Armazenamento aleatório de ferramentas

Habilidade de armazenar uma ferramenta que está sendo retirada em qualquer posição de ferramenta, sendo o número da ferramenta e a posição monitoradas pelo controlador. Isso melhora o tempo CEC.

Carregador de barras

Acessório de centros de torneamento que coloca novas barras de um estoque no alimentador de barras ou no cortador de barras.

Cortador/carregador de barra

Acessório de centros de torneamento que serra barras no tamanho certo para carregá-las na máquina.

Ferramenta rotativa

Ferramenta que rotaciona para tornos, tornando possíveis operações de fresagem e furação em trabalhos em centros de torneamento.

Ferramental qualificado

Suporte de ferramentas que podem ser trocadas com uma variação muito pequena de uma para a outra.

Lápide

Fixação vertical e esquadrejada para fixar a peça, usada normalmente na troca de paletes de centros de usinagem. A lápide permite acesso a três lados da peça em uma única montagem.

Robô de controle de processo (PCR)

Robô de inspeção do processo que pode medir tamanhos durante o programa. Também pode realimentar informações para o controlador para ajuste em caso de variação.

Tempo cíclico entre cavacos (CEC)

Tempo entre o corte com uma ferramenta e, depois, com uma segunda ferramenta.

Tempo cíclico peça a peça

Período de tempo entre as peças acabadas em uma linha de multipeças.

» Unidade 2-2

» Usinagem industrial e centro de torneamento

Na Unidade 2-2, vamos estudar os tipos de máquinas que você pode encontrar no trabalho. Veremos as características e os acessórios de maquinários modernos, muitos dos quais não devem estar presentes entre os equipamentos de um laboratório escolar devido ao seu alto custo e por consumirem material demais por hora para caber no orçamento de treinamento.

Tempo morto

Tempo não produtivo, quando trabalho algum está sendo feito.

Trocador de paletes

Centro de usinagem com duas estações de trabalho, cada uma capaz de rotacionar no espaço de trabalho enquanto a outra está do lado de fora sendo carregada com novas peças a serem usinadas.

A linha do tempo evolutiva

A evolução em busca da máquina perfeita é impulsionada por quatro fatores:

Novos produtos – Não possíveis antes

Eliminação de erros – Remover a intervenção humana, reduzindo a variação

Aumento de produção – Redução do custo de trabalho e do tempo de espera

Melhor qualidade – Reprodução mais confiável

Para ver claramente o futuro, devemos dar uma breve olhada para trás. Ao mesmo tempo em que é enriquecedor saber a árvore genealógica do nosso ofício, essa informação tem um propósito maior: aprofundar o entendimento das razões que levaram à evolução das máquinas.

As grandes pistas

A primeira evolução a partir das máquinas manuais ocorreu porque “deveria existir um jeito melhor!”, contudo, em um certo ponto, a motivação não era mais fazer o que não conseguíamos, mas fazê-lo melhor e até mais rápido. Ainda, note que, na linha do tempo, logo que as máquinas foram criadas, uma grande parte da tecnologia em mudança estava relacionada a sistemas de programação – onde e como eles eram escritos. Também a pessoa, o lugar e o método de se escrever um programa mudaram várias vezes na linha do tempo e, provavelmente, mudarão de novo no futuro! A próxima fase pode ser para devolver esse trabalho para suas mãos, pulando o programador. Aqui está um resumo das datas importantes.

1946 Desenvolvimentos aeroespaciais logo após a Segunda Guerra Mundial requerem formas complexas. Para usar hélices do rotor de helicópteros, a empresa John Parsons experimentou fornecer dados em tabelas de movimento XYZ falados para os operadores humanos, um para cada manivela de acionamento do eixo de uma fresadora manual. Você acha que isso funcionou?

1949 Parsons monta uma demonstração de sua primeira solução para a Força Aérea Americana. Ela mostrava que era possível gerar formas complexas automaticamente usando suas informações de XYZ como um programa que movimentava os eixos das máquinas.

1952 Primeira máquina realmente programada. Esforço em conjunto entre a Força Aérea, a Parsons e o laboratório de Servomecânica do MIT, resultando na primeira máquina programada. Funcionou! Acionando uma Cincinnati Hydrotel®, os gabinetes de relés elétricos eram maiores do que a própria máquina (Fig. 2-6), mas funcionou!

1955 Nasce o maquinário acionado por fitas. A Força Aérea Americana concede um contrato de 35 milhões de dólares para produzir 100 máquinas de controle numérico (NC) para a fabricação aeroespacial. Máquinas reservadas para fins militares. Note que não há “C”, só “NC”.

Ponto-chave:

Essas máquinas não têm memória, elas seguiam programas numéricos em cartões ou fitas furados, bem parecido com uma caixa de música.

1960 Indústria privada recebe máquinas NC. Fabricantes de máquinas começam a fornecer máquinas simples de dois eixos de acionamento por fita, furadeiras, tornos e fresadoras para a indústria não militar. Máquinas começam a ascensão em direção à “melhor máquina”. Programação continua sendo uma questão de calcular e digitar os comandos à mão.

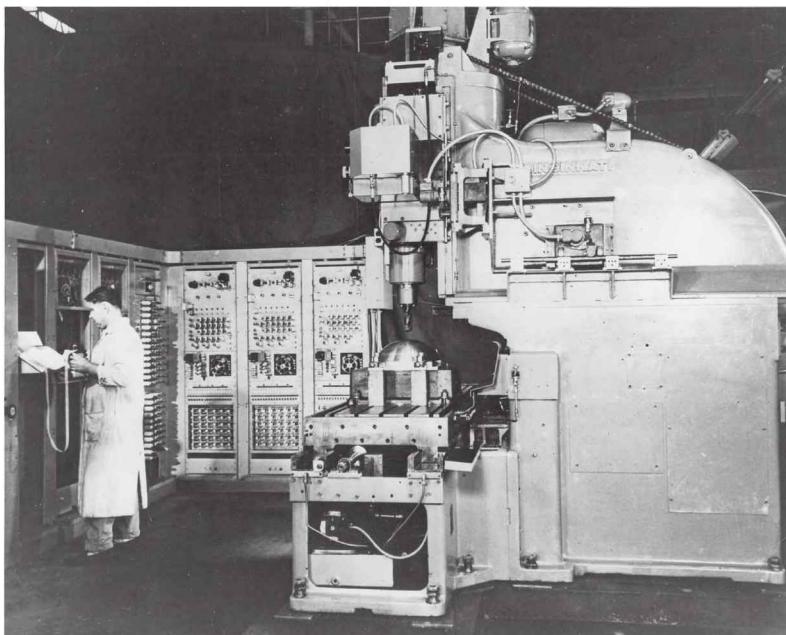


Figura 2-6 A primeira máquina programada tinha gabinetes elétricos maiores do que ela mesma!

Ponto-chave:

Neste estágio, o tempo necessário para se escrever o programa é muitas vezes maior do que o tempo necessário para executá-lo! Desafios da matemática e erros de entrada estão sempre presentes.

Ter um servidor está além da maioria dos orçamentos, exceto o das maiores corporações. Então, se estivéssemos usando APT, usavam-se máquinas teletipo (máquinas de escrever que podem ler fitas e produzir novas fitas) para enviar programas APT básicos para o servidor localizado a muitas milhas de distância, que, então, retorna o comando final do programa! *Tem que existir um jeito melhor para programar as máquinas!*

Vocabulário de palavras código padrão para programação de máquinas se torna necessário. Organizado pela Electronic Industries Association (EIA), nasce o vocabulário de código RS-267-B. Programas são escritos por especialistas altamente qualificados com uma habilidade profunda em matemática.	1970 Nasce o CNC. Máquinas com RAM (memória de acesso aleatório) ficam disponíveis comercialmente. Programas podem ser editados e escritos na própria máquina CNC, mas isso significa que ela não está funcionando enquanto está sendo programada.
1963 Rotina mundial, nasce a linguagem automática de programação (APT). Usando sub-rotinas em uma denominada APT, a programação pode ser feita ao se escrever declarações como "goto PT1 [ponto 1]" ou "goaround R2,5[raio de 2,5]" e, então, introduzir isso na estrutura principal de computadores para calcular as coordenadas.	1975 Computadores pessoais de mesa se tornam acessíveis, e a programação se torna uma questão mais simples, mais acessível. Programas podem ser escritos para várias máquinas, usando uma estação de trabalho. O PC APT se torna realidade, e a programação ganha um grande impulso em eficiência. Começam os desenhos CAD.

Começa o CAM. Começam experimentos ao se criarem programas que resolvem um pouco da matemática da programação para as coordenadas XYZ. Como o programa de solução matemática se torna cada vez mais capaz, fica óbvio que o programa pode ser capaz de escrever programas diretamente da imagem do modelo CAD. Contudo, devido ao custo do programa, os desenhos CAD são raros. Programas ainda são escritos por especialistas, mas é necessário muito menos matemática.

Ponto-chave:

Note que, neste ponto, a evolução está em três patamares, cada um afetando o outro: os sistemas de software CAD/CAM, chips para PC e as máquinas físicas, cada um em seu próprio percurso e levando os outros a melhorar o processo.

- 1980** **Programação gráfica completamente funcional.**
Programa CAD com preço acessível.
Tecnologia de chip aumenta a velocidade de cálculo. Máquinas CNC multitarefas.
Sistemas com programação gráfica se tornam comuns em controladores de máquinas. Parte da programação é feita na oficina, no controlador, pelo operador. Sistemas de programação gráfica inclusos aumentam o preço do controlador CNC. A maioria das máquinas novas tem seu próprio sistema CAM. "Tem que existir um jeito melhor".

Ponto-chave:

Agora, as máquinas físicas começam a mudar rapidamente, devido à habilidade multitarefa da CPU.

- 1990** **Sistemas CAM de computadores pessoais direcionam a maior parte da programação para ambiente de escritório, para longe dos operadores.** Desenhos sólidos CAD se tornam mais comuns (Unidade 2-3).
1995 **Sistemas CAM operam em sólidos.** Desenhos em estruturas de arame (Unidade 2-3) ainda são usados, mas desenhos sólidos começam a dominar a indústria.
2000 **Software CAM automatizado transforma desenhos sólidos em programas automaticamente.** Controles a partir de PCs e programações relâmpago baseadas em modelos sólidos tornam a programação na oficina pelo operador uma possibilidade novamente.

O que está no comando agora?

A partir de meados dos anos 80, a evolução das máquinas foi impulsionada pela necessidade de melhorar a eficiência (fazer mais peças por hora). Para calcular o custo de produção, o tempo de usinagem é dividido em duas categorias gerais: **tempo ativo** (produzindo cavaco), também chamado de **TEA** (trabalho em andamento) e **tempo morto** (não produzindo cavaco). Devido ao seu grande custo e potencial para o lucro, as máquinas CNC devem ter um tempo ativo por volta de 90 a 95% para poder pagar seu custo, mas os salários, despesas em geral e gerar lucro. O tempo ativo é desafiado por cinco tipos de tempo morto não produtivo que impulsionam a evolução da máquina e a equipe da oficina a resolver.

1. Troca de peça a peça (PAP) – (tempo de um ciclo)

Este é o tempo necessário para remover a peça acabada e depois carregar uma segunda peça. Isso inclui limpar a máquina de sujeiras e cavacos e cuidadosamente recolocar e prender

a próxima peça. Ações bem pensadas do operador são cruciais para minimizar o tempo PAP, mas as próprias máquinas vêm sendo alteradas para esse propósito, como veremos. A evolução do CNC criou todo um novo grupo de opções para o descarregamento de peças: carregadores de barras e alimentadores para tornos, sistemas de troca de paletes para fresadoras e braços robóticos carregadores para ambas as máquinas.

2. Tempo morto de manutenção ativa

Isto envolve troca de ferramentas cegas, manutenção dos níveis de lubrificantes e refrigerantes e outras tarefas que não fazem peças, mas que também devem acontecer, apesar de atrasarem a produção. Se for seguro, é melhor que muitas dessas tarefas sejam feitas enquanto a máquina está em operação, mas nem todas. Algumas só podem ser realizadas com segurança com a máquina parada. Também existem algumas soluções computadorizadas para esse tempo morto. Quando as máquinas possuem capacidade de armazenamento, duas ferramentas com a mesma forma e o mesmo tamanho podem ser colocadas no magazine de armazenamento de ferramentas. Então, depois de usar a primeira ferramenta por um certo número de ciclos, a máquina automaticamente troca para a segunda ferramenta afiada. Nessa hora, a primeira pode ser removida da máquina para ser trocada ou afiada. Isso é conhecido como *troca de ferramentas programada*.

3. Troca de configuração

Estas são tarefas necessárias para se fazer uma nova configuração funcional. Escrever e carregar o novo programa; desaparafusar os antigos e, então, alinhar e aparafusar os novos suportes de ferramentas; e colocar novas ferramentas na máquina e testar o programa em uma primeira peça são apenas três de muitos tempos de troca não produtivos da máquina.

4. Tempo cíclico entre cavacos (CEC) para troca de ferramentas

Este é o tempo necessário para trocar as ferramentas de corte durante o programa. Ele inclui

parar o eixo, rapidamente posicionar a máquina em uma posição de troca de ferramentas, trocar as ferramentas, reiniciar o movimento do eixo e reposicioná-lo na peça com cavaco sendo removido.

5. Programas ineficientes

Esta categoria é complexa. Ela inclui movimentação desnecessária da ferramenta sem encostar no metal ou troca de ferramentas ou movimentação de peças pela máquina muitas vezes. Mais adiante, vamos examinar algumas formas para detectar esses gastos extras de tempo e como inibi-los por meio de edições inteligentes de programas.

Ponto-chave:

A evolução das máquinas, atualmente, é impulsionada pela necessidade de maximizar o TEA.

Agora, investigaremos as funções e os acessórios dos centros de torneamento e usinagem que acabam com o tempo não produtivo.

Centros de usinagem verticais

O centro de usinagem (Fig. 2-7), sem sombra de dúvida, é a espinha dorsal da indústria atualmente. Ele é capaz não só de trocar ferramentas e peças, mas, como indica a palavra “centro”, trabalhos multioperacionais também podem ser terminados



Figura 2-7 A espinha dorsal de uma oficina CNC atualmente: um centro de usinagem vertical (CUV).

nele. Eles podem rosquear interna e externamente, furar, alargar furos e fresar objetos cilíndricos que no passado seriam usinados em um torno.

Centros de usinagem são capazes de usiná formas tridimensionais quando são programados com CAD. Se adicionarmos uma cabeça AB e/ou uma mesa rotacionável, as fresadoras CNC verticais podem usiná quase qualquer forma que possa ser desenhada em uma tela de computador.

Especificações técnicas para fresadoras verticais – Centros de usinagem

Aqui estão as possibilidades que essas máquinas trazem para o local de trabalho.

Troca de ferramentas A maioria dos centros de usinagem pode armazenar, separar e automaticamente usar de um mínimo de 16 a 18 ferramentas até aproximadamente 36 em um equipamento padrão. Alguns possuem extensões opcionais do alimentador de ferramentas ou um sistema de transporte capaz de alojar um número ilimitado de ferramentas.

Tempo entre cavacos, tempo CEC ou algumas vezes chamado de ferramenta a ferramenta (FAF)

A velocidade com que essas máquinas podem recuar do metal sendo cortado para troca e depois o retorno para cortar cavacos com uma segunda ferramenta é chamada tempo de troca de ferramenta entre cavacos. Ciclos de 2,5 a 10 segundos são comuns. A flange da ferramenta é agarraada por um braço robótico, mostrado na Figura 2-8. Esse eficiente braço de ferramentas é conhecido como trocador de pontas. Ele tinha a ferramenta a ser colocada na máquina em uma pinça, em uma ponta do braço, e agarrou e puxou a ferramenta a ser retirada na outra ponta.

Administração de ferramentas do CNC A maioria dos sistemas modernos de administração de ferramentas do CNC faz **armazenamento aleatório de ferramentas** (máquinas CNC mais antigas não fazem). Armazenamento aleatório quer di-

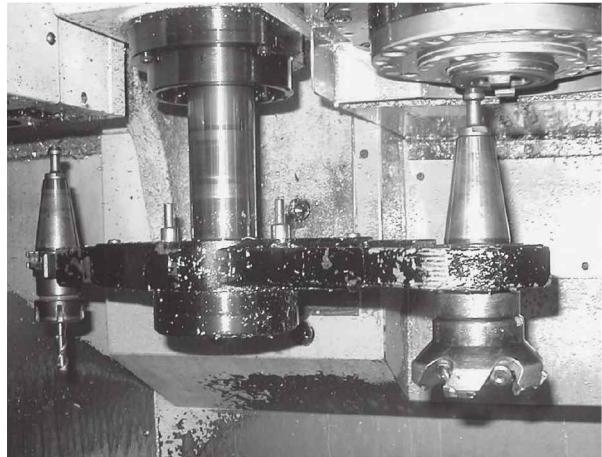


Figura 2-8 Um braço robótico de troca de pontas puxa a ferramenta que está saindo e segura a que vai ser colocada na outra ponta.

zer que qualquer ferramenta pode ser recolocada no magazine de armazenamento mais próximo ou na posição do sistema de transporte em qualquer hora enquanto o programa estiver rodando (Fig. 2-9). Na primeira inserção, o operador informa ao controlador que uma determinada ferramenta está em uma determinada posição de armazenamento



Figura 2-9 Informações de ferramentas armazenadas em uma página do controlador: tamanho da ferramenta, deslocamentos da ferramenta e a posição atual.

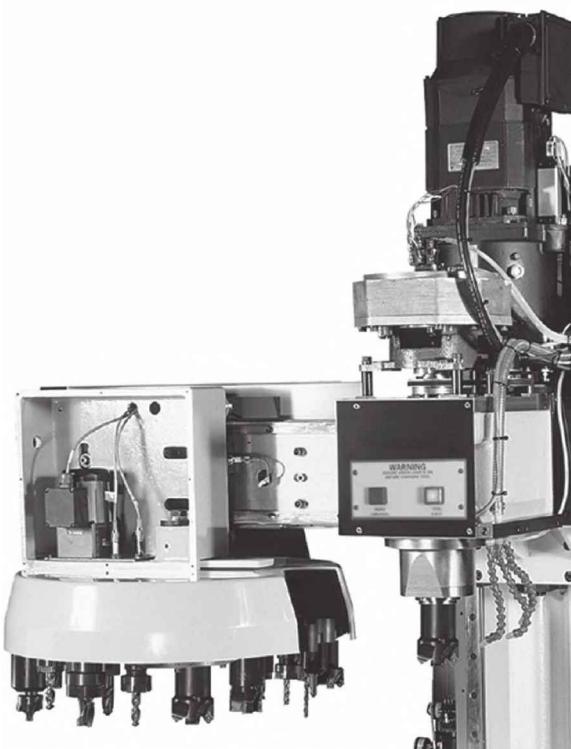


Figura 2-10 Um magazine de armazenamento de ferramentas típico em um centro de usinagem guarda até 36 ferramentas (varia com a máquina).

(Fig. 2-10). Então, o controlador mantém um registro de onde cada ferramenta está localizada após cada troca de ferramenta. A questão é que não é necessário que a ferramenta seja guardada no mesmo local toda vez. Depois do uso, a máquina coloca a ferramenta no primeiro espaço disponível.

Ponto-chave:

Ao se colocar ferramentas carregadas automaticamente em um centro de fresagem, existem dois números que devem ser informados: o *número da ferramenta* designado pelo programador (encontrado no documento de configuração) e o *número da posição da ferramenta no magazine de ferramentas da máquina*, escolhido pelo operador.

Uma vez que essa coordenação de ferramentas é feita, o computador organiza as ferramentas para ter uma melhor eficiência.

Ponto-chave:

Máquinas CNC mais antigas com trocadores de ferramentas podem exigir que o número da ferramenta seja igual ao número da posição no magazine, chamado de local designado. Nessas máquinas, tentamos colocar a ferramenta #1 na posição #1 se for possível.

Dica da área

Rotação do magazine logo que possível Programadores mais espertos escrevem um comando para rotacionar previamente o magazine de ferramentas ou o sistema de transporte para a próxima ferramenta a ser usada. Por exemplo, enquanto se está usando a ferramenta 3, o magazine é rotacionado para a ferramenta 4. Então, quando um comando de troca de ferramenta é executado, a ferramenta está na posição de troca, pronta e esperando para melhorar o tempo entre cavacos.

Apoio de ferramentas no CNC Se a fresadora CNC não tem um trocador de ferramentas automático, então, os suportes cônicos e flanges de uma fresadora comum podem ser usados para segurar as ferramentas. Contudo, para facilitar a troca, as ferramentas devem estar montadas em apoios com três modificações em comparação com os apoios de ferramentas em fresadoras manuais (Fig. 2-11).

Em muitos casos, os apoios de ferramentas podem ser aproveitados entre as máquinas. Contudo, existem algumas diferenças entre os recursos dos seguintes apoios de ferramentas. Apesar de indesejado, algumas oficinas precisam usar uma variedade de apoios de ferramentas baseados nos diferentes braços de troca de ferramenta de diferentes máquinas. Nessas situações, é perigoso misturar os apoios entre as máquinas.

Três diferenças em apoios de ferramentas de fresadoras CNC

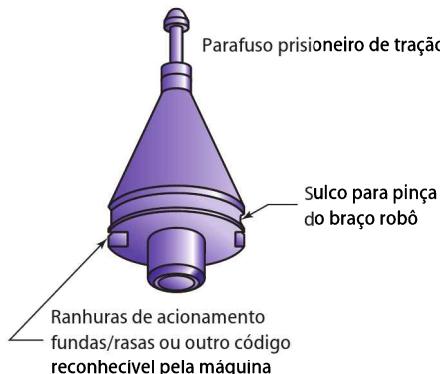


Figura 2-11 O apoio de ferramenta de uma fresadora CNC tem três modificações em comparação com os apoios de fresas manuais.

1. Código de orientação do fuso

A orientação do fuso tem dois objetivos: garantir que ferramentas largas não interfiramumas nas outras no magazine de armazenamento e parar o eixo em uma determinada posição durante a fresagem. Códigos de eixo podem ser um ponto ou um código de barras na flange visto pelo robô. Normalmente, é uma diferença nas ranhuras de acionamentos e seus terminais, um sendo fundo, e o outro, raso (Fig. 2-11). Parar a ferramenta em uma orientação rotacional específica durante o programa pode ser útil. Por exemplo, retirar um alargador de um furo acabado pode arranhar a superfície se for puxado diretamente. Contudo, se o programador comanda a máquina a orientar a ponta de corte respeitando o eixo do furo, ele pode adicionar um pequeno recuo da parede, no eixo X ou Y, e depois retirar o alargador sem deixar marca.

2. Fusos prisioneiros para retirada automática

O ciclo de troca de ferramenta no CNC inclui um aperto automático no cone. O apoio CNC é encaixado com um prisioneiro de retirada, como mostrado na Figura 2-11. A ponta do prisioneiro é pinçada e puxada para manter o

cone no lugar. Muitas máquinas CNC modernas possuem um sensor de bloqueio que não vai permitir que o eixo se movimente até que a ferramenta esteja corretamente acoplada no eixo.

3. Ranhuras para pegada de robô

O aro da flange é modificado com um sulco para acomodar a garra do braço robótico. Existem alguns padrões diferentes para isso, e nem todos os trocadores de ferramentas necessitam dessa modificação.

Ponto-chave:

Existem variações de cada uma dessas três modificações. Tenha certeza de que o apoio de ferramenta que você pretende usar encaixa no trocador de ferramentas específico da fresadora CNC.

Troca de palete de trabalho

Para reduzir o tempo do ciclo de troca de peça, os centros de usinagem possuem duas superfícies de trabalho rotacionáveis idênticas nas quais os paletes estão localizados. Um palete é parecido com uma **lápide** ou uma mesa de fresadora intercambiável. Essa característica pode não estar presente em máquinas de escolas por ser uma opção cara. Contudo, em fresagem de produção, um **trocador de paletes** reduz muito o ciclo entre peças e ainda melhora a segurança do operador. A peça sendo trabalhada é previamente carregada e fica pronta para ser trocada quando a peça em operação estiver pronta. Normalmente, os paletes são trocados em 15 segundos, tempo entre cavacos (Fig. 2-12).

Dispositivos de preparação do palete (lápide)

Adicionalmente, para reduzir o tempo de montagem, oficinas de CNC podem ter vários paletes que podem ser preparados antes de serem necessários. A nova peça pode ser montada em um palete fora da máquina, que é, então, rapidamente trocado quando um novo programa é carregado.

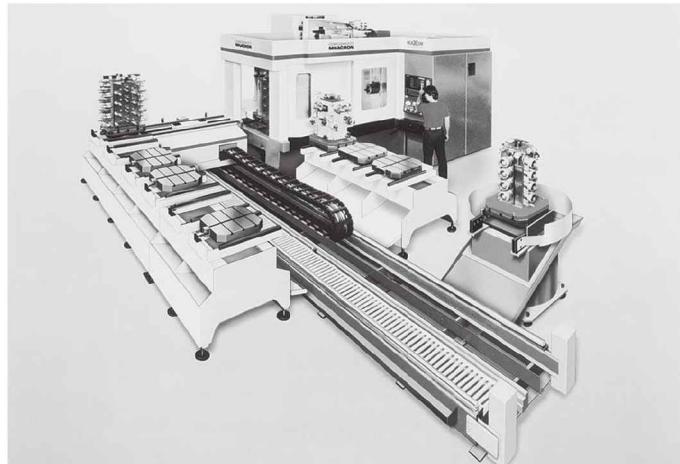


Figura 2-12 Uma fresadora com trocador de paletes diminui o tempo do ciclo entre peças e melhora a segurança.

Fusos precisos de alta velocidade

A maior parte dos centros de usinagem CNC de pequeno ou médio porte possui eixos com capacidade para rotações maiores do que as fresadoras comuns. Os de 10.000 a 15.000 rpm são comuns, mas os eixos de alta velocidade de fresagem (AVF) alcançam revoluções de até 20.000 rpm ou mais. Esses eixos acomodam a demanda por altas rotações em ferramentas pequenas e/ou remoção de um alto volume de materiais como o alumínio.

Controle de temperatura – Óleo do fuso

Para manter uma precisão estável e uma lubrificação de vida longa, muitos centros de usinagem possuem um estabilizador de temperatura do óleo do mancal. Quando as forças de trabalho aquecem o óleo do fuso, ele círcula através de um refrigerador/filtro antes de voltar ao mancal, sempre com a mesma espessura (viscosidade). Isso não só estabiliza a precisão, mas dá uma longa vida útil para mancais de alta qualidade (Fig. 2-13).

Sistemas refrigerantes

A retirada do cavaco e a lubrificação da ferramenta se tornam ainda mais importantes com as taxas de remoção e do eixo usadas na fresagem CNC.

Para vencer esse desafio, os centros de usinagem incluem um sistema de refrigeração de alto volume. Alguns possuem mais de uma saída programável, para que o refrigerante possa ser direcionado a partir de dois ou mais lados de um corte. Os refrigerantes muitas vezes são “lançados em forma de jato” em vez de despejados para inundar a área do corte (Fig. 2-14).



Figura 2-13 O óleo do fuso é limpado, resfriado e, então, recirculado por esta unidade estabilizadora.

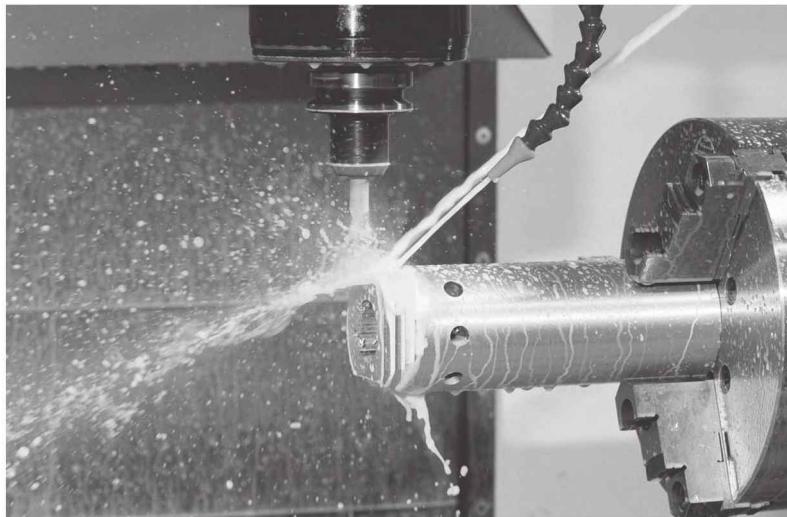


Figura 2-14 Jatos gêmeos de refrigerante inundam este corte de fresadora de topo.

Refrigerante programável

Algumas máquinas CNC industriais possuem bicos que podem girar em dois eixos. Usando um timão (*joystick*) ou dois botões axiais, o operador aponta-os durante a primeira utilização do programa. As posições do refrigerante são associadas ao número da ferramenta na memória e, então, reutilizadas durante as utilizações subsequentes do programa.

Refrigerantes de névoa

Um segundo tipo de refrigerante é a névoa movida a ar. Combinando os jatos de ar e de refrigerante, o refrigerante de névoa não só retira o cavaco, mas normalmente alcança uma boa profundidade em bolões e furos que, quando inundados, o refrigerante não alcança, sendo afastado pelo cavaco (Fig. 2-15).

Na hora certa, o programador pode lançar o refrigerante em névoa ou inundar. Mas essa decisão provavelmente será do operador.

Ponto-chave:

Se a edição do programa é permitida pela ge-rencia, melhorias com o refrigerante podem ser editadas no programa durante a fase de testes.

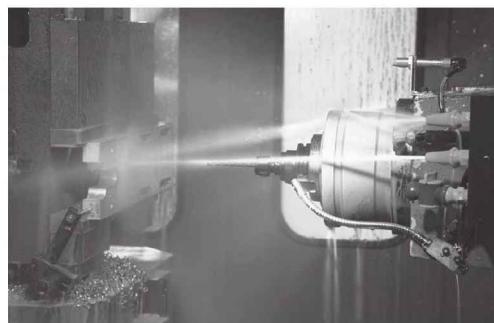


Figura 2-15 Refrigeração por névoa geralmente é mais eficiente do que por inundação.

Refrigerantes de alta pressão

Sendo normalmente um acessório adicionado, muitas tarefas de usinagem podem ser melhoradas se o refrigerante puder ser injetado à força ou dentro do corte. A Figura 2-16 mostra um sistema de refrigeração de alta pressão que injeta um jato forte o suficiente para remover rebarbas do alumínio!

Refrigerantes através da ferramenta

Uma tecnologia emprestada do departamento de perfuração de canhões, o refrigerante de alta pressão pode ser injetado através de ferramentas



Figura 2-16 Refrigerante de alta pressão pode ser forçado em bolsões profundos e furos ou pela ferramenta. Foto de cortesia da ChipBLASTER, Inc.

especiais, que possuem galerias centrais para canalizar o refrigerante exatamente para a área de corte. Elas ajudam a tirar o cavaco de furos profundos e também levam o refrigerante aonde ele é necessário (Fig. 2-17).

Dispositivos de segurança automáticos

Portas automáticas

Uma característica normalmente encontrada tanto em centros de torneamento CNC quanto em centros de usinagem é a porta de segurança com fechamento automático (Fig. 2-18), muitas com sensores para detectar e proteger qualquer coisa em seu caminho. Essas portas são mais comuns em máquinas com trocador de paletes, já que elas necessitam de mais espaço na frente para passar os paletes trocados, mas também podem ser encontradas em centros padrão de usinagem vertical e de torneamento.

Ponto-chave:

Telas de contenção e portas encontradas em centros de torneamento e usinagem não só param cavacos voadores, mas também retêm refrigerantes caros na máquina.

Monitoramento remoto

Usando câmeras de vídeo em vez do olho humano, o operador pode observar a ação de usinagem na sua tela de controle (Fig. 2-19) em vez de colocar seu rosto em um local perigoso. Aqui, vemos uma tela dividida com o programa e as distâncias a serem percorridas, além da própria fresagem. Isso é útil quando protetores de segurança, cavaco e refrigerantes obstruem a visibilidade do lado do operador da máquina.

Transportadores de cavaco automatizados

Alto volume de cavaco, contenção de refrigerante e máquinas de rápida movimentação dificultam a remoção manual do cavaco. Transportadores automáticos são adicionados aos centros de usinagem e torneamento para ajudar com isso. Um transportador de cavaco não só auxilia na manutenção da máquina, mas também melhora a segurança do operador, tornando desnecessário que ele coloque as mãos dentro da máquina para retirar o cavaco. Como mostrado na Figura 2-20, o cavaco é enviado para um carrinho que pode ser levado para uma lixeira reciclável quando conveniente. Sistemas maiores mandam o cavaco diretamente para lixeiras, para então serem manuseados por caminhões empilhadeira como parte do programa de reciclagem da fábrica.

Controle bloqueado para dispositivos periféricos

Os próximos dois avanços não são acessórios para máquinas, e sim máquinas programadas. Elas trabalham em conjunto com uma ou mais máquinas CNC. Elas carregam ou inspecionam as peças em horas apropriadas, usando seus próprios controladores internos e programas. Quando é hora para sua assistência, o controlador CNC interrompe sua atividade e, então, sinaliza para elas prosseguirem, abrindo a porta para o seu funcionamento. Ao completarem sua tarefa, elas sinalizam ao contro-

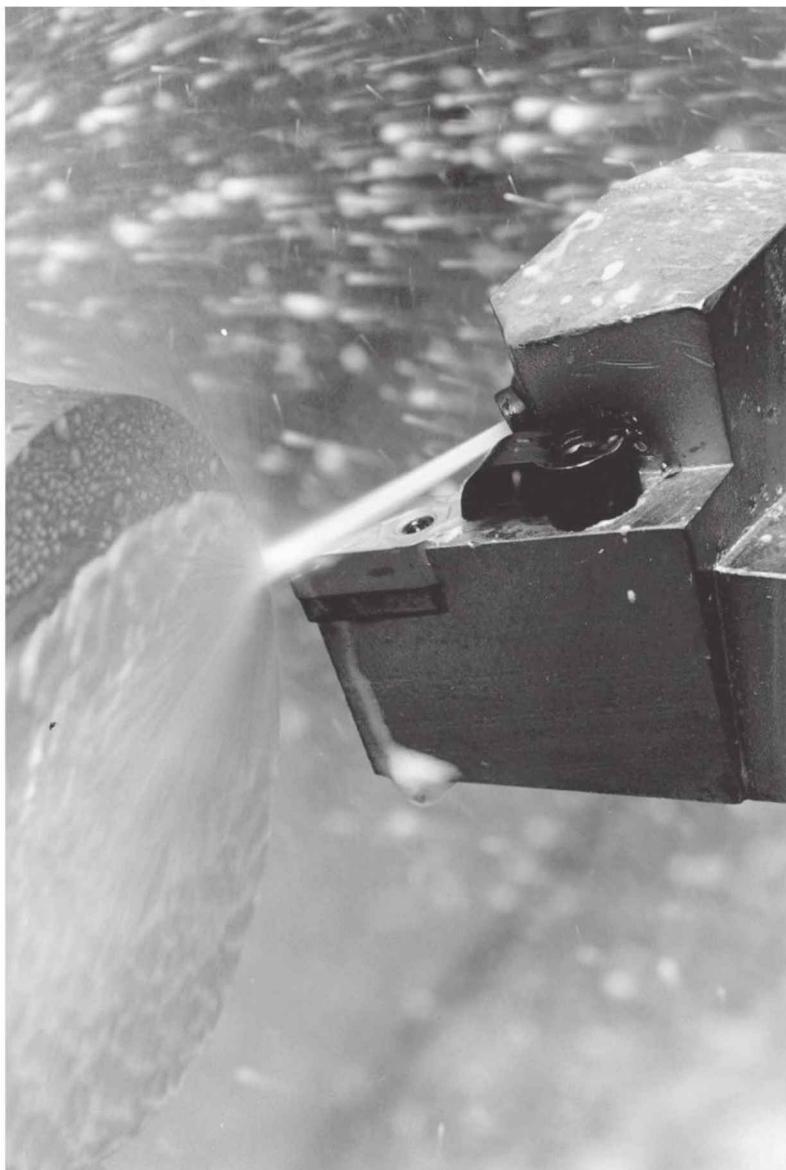


Figura 2-17 Usando ferramentas especiais, refrigerantes de alta pressão podem ser injetados atrás da ferramenta, até o ponto de maior necessidade. Foto de cortesia da ChipBLASTER, Inc.

lador CNC, que fecha a porta para garantir uma atividade coordenada. O controlador CNC é o controle mestre para o bloqueamento.

Descarregamento automático de peças (robótico) Onde o trabalho é pesado ou a demanda de trocas é constante e/ou rápida, robôs para o descar-

regamento de peças podem melhorar o tempo do ciclo e reduzir o desgaste e o tédio do operador, além de melhorar a segurança. Quando colocados em uma montagem de duas ou mais máquinas, como mostrado na Figura 2-21, eles podem manter o grupo de máquinas trabalhando sem a intervenção humana.



Figura 2-18 Portas de segurança automáticas são encontradas em muitos tornos e fresadoras novos.

Inspeção de peças automática Quando a qualidade da peça durante o processo é essencial e a inspeção deve ser feita em momentos especiais dentro do ciclo entre peças, o **robô de controle de processo (PCR)** também melhora muito o ciclo entre peças e a qualidade (Fig. 2-22). Os resultados do PCR são carregados no controlador para permitir ajustes automáticos nos deslocamentos das ferramentas para manter as tolerâncias. Os deslocamentos das ferramentas estão a seguir e serão discutidos em detalhes no Capítulo 6.



Figura 2-19 O operador escolheu dividir a tela entre as informações do programa e o vídeo de monitoramento da usinagem.

Deslocamentos de ferramentas automáticos

Este acessório popular se transformou quase em padrão tanto em centros de usinagem quanto de torneamento. Quando eles são carregados na máquina pela primeira vez, o diâmetro e o comprimento exato da ferramenta deve ser colocado na memória do controlador de ferramentas.



Figura 2-20 Para usinagens com alto volume, cavaco é retirado por sistemas automáticos.

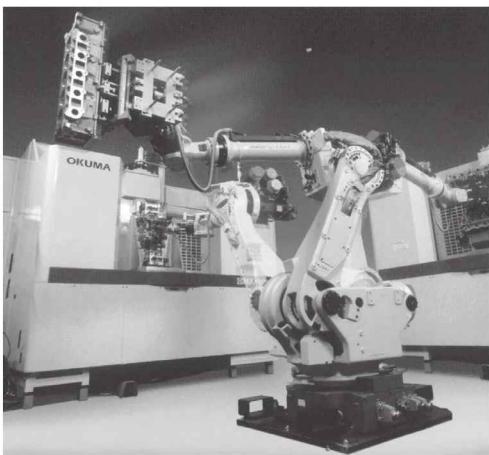


Figura 2-21 Este robô move peças de motor pesadas de forma eficiente e com segurança entre as máquinas CNC.

Apesar de um programa ser escrito com um certo tamanho e comprimento de ferramenta em mente, a ferramenta propriamente dita não precisa necessariamente ser igual, simplesmente próxima da para qual o programa foi escrito. Se o controle de capacidade é informado do tamanho e da forma

reais da ferramenta, ele pode compensar a diferença entre o tamanho programado e o real.

Essas diferenças são chamadas de deslocamento da ferramenta, e carregá-las no controlador é uma responsabilidade do operador. Usar os deslocamentos economiza tempo e dinheiro, já que qualquer ferramenta boa e reafiada pode ser usada. Os deslocamentos devem ser determinados por medições manuais ou determinados automaticamente por sensores ópticos ou sondas.

Sistemas automáticos de afiação da ferramenta

Usando inspeção a laser e/ou troca programada de ferramentas, os controladores CNC são capazes de checar o fio da ferramenta, retificar as ferramentas e, em seguida, recolocá-las no magazine de ferramentas. O laser pode determinar quanto a retificação irá remover da lâmina cega e, então, comunicar isso para a página de armazenamento, para mudar os deslocamentos daquela ferramenta. Com somente um pouco de pré-planejamento e configuração, a máquina não precisará parar a produção! Para fazer isso, algumas vezes é necessário manter



Figura 2-22 Este robô de controle de processo (PCR) inspeciona automaticamente operações importantes durante o ciclo.

duas ferramentas no magazine, dependendo do tempo de ciclo.

Luzes de aviso ao operador – Aviso amarelo e alerta vermelho

Para ajudar o operador que está monitorando, muitos controladores CNC possuem luzes brilhantes que piscam, posicionadas no alto para visibilidade. Se habilitada, a amarela sinaliza a necessidade da intervenção do operador, como para a troca de uma presilha ou o fim do programa. Essa característica permite que o operador supervise mais de uma máquina dentro de uma célula. A luz vermelha indica que alguma coisa está seriamente errada, como um nível baixo de refrigerante, uma falha no programa que não pode ser processada ou um erro do servo.

Sinalizadores do operador (Fig. 2-23) são especialmente úteis quando um operador está monitorando mais de uma máquina em uma célula com várias.



Figura 2-23 Sinalizadores para o operador alertam e informam sobre grandes eventos.

Especificações técnicas para centros de torneamento CNC

Como os tornos já haviam se desenvolvido em versões automáticas muito sofisticadas dos tornos com múltiplos eixos, torres de ferramentas e automáticos muito antes das máquinas programáveis aparecerem em cena, a versão CNC representa um degrau de evolução menor do que para as fresa-doras, comparadas com seus ancestrais operados manualmente. Ainda assim, eles estão mudando rapidamente. Muitos dos tempos de ciclo e melhoramentos de segurança discutidos para centros de usinagem são padrões ou também estão disponíveis em centros de torneamento:

- Transportadores para remoção de cavaco
- Sistemas de alto volume de refrigerante com avisos de nível baixo
- Porta de segurança de fechamento automático com interruptores de trava
- Sistemas de monitoramento por vídeo com controladores de tela dividida
- Deslocamentos de ferramentas automáticos nos quais, ao encostar a ferramenta em uma sonda de sensoriamento (Fig. 2-24) ou passando-a através de um sistema de visão a laser, o controlador armazena o tamanho e a posição relativa da configuração
- Robôs de descarregamento de peças individuais



Figura 2-24 Deslocamentos de ferramentas podem ser determinados por visão a laser ou sondas de toque.

Alimentador de barras automático

Para fresar muitas peças a partir de uma única barra longa de material, o **alimentador de barras** se paga sozinho, normalmente em um mês ou dois de trabalho. Como mostrado na Figura 2-25, o alimentador de barras mantém e contém com segurança uma barra de até 20 pés de comprimento girando rapidamente.

Ao cortar a peça finalizada no receptor de peças (outro acessório automatizado), o alimentador de barras empurra a barra para frente, na dimensão exata para fazer outra peça.

A alimentação de barras é feita de duas formas diferentes. Em alimentadores melhores, a barra é posicionada à frente, a uma distância exata, definida pelo avanço do alimentador. Em versões mais baratas, a barra é empurrada para frente até tocar um batente programado na torre da ferramenta.

Alimentação sem parada

Se são usadas pinças para segurar a peça, usando ambos os tipos de alimentadores de barra, o eixo não precisa ser parado para a peça ser avançada, a não ser que ela se projete para muito longe da pinça, onde o batimento seria um problema.

Por meio do programa, e sem parar o eixo, as pinças abrem e o alimentador avança o material. Essa habilidade permite operações longas e sem supervisão, liberando o operador para fazer outras tarefas, como escrever programas futuros ou alargar peças.



Figura 2-25 Um alimentador de barras (o lado esquerdo da máquina) contém com segurança e avança a barra longa.

Mudando cargas de aceleração

A alimentação de barras é, de longe, o modo mais comum de automatizar operações longas, mas ela tem um problema: se o trabalho requer mudanças de rotação, a barra inteira deve ser acelerada e parada. A resposta é o trocador cortador de barra (Fig. 2-26).

Algumas vezes, quando o trabalho tem uma tolerância pequena, as diferenças de aceleração do eixo de uma barra longa, que ficam continuamente menores a cada peça, podem fazer diferença na forma final, no acabamento e no tamanho. Acelerar e parar barras longas também carrega o eixo motor. Assim, alguns alimentadores de barra oferecem acionamentos de rotação de peças para ajudar o eixo, mas, apesar da barra estar rodando em um banho de óleo, nem todas as vibrações causadas pelas barras longas no alimentador podem ser abafadas. O cortador de barras é a resposta.

Cortadores de barra/carregadores de peças automáticos O **carregador/cortador de barras** é um acessório automático que consiste na combinação de uma serra e um robô de descarregamento. A serra corta a peça em pedaços e, depois, automaticamente as carrega no eixo parado. O controlador abre o mandril ou a pinça e envia um sinal de chaveamento



Figura 2-26 Um carregador cortador de barra retira a tensão do eixo motor ao colocar pequenas peças cortadas no mandril.

para o carregador puxar a peça atual e carregar a nova peça bruta.

Carregador de barras automático Se a produção requer o consumo de muitos comprimentos de barras, tanto no alimentador quanto no cortador de barras, um **carregador de barras** automático é a resposta (Fig. 2-27). Ele segura e insere uma barra de cada vez no sistema de alimentação de barras. Usando essa caracte-

rística, podem passar-se vários turnos antes da máquina precisar de atenção humana.

Torres com ferramentas múltiplas A maioria dos centros de torneamento CNC novos possui torres de ferramentas de múltiplas estações (uma ou duas torres opostas). Muitas ferramentas diferentes podem ser montadas na torre, bem como bicos individuais de refrigerantes (Fig. 2-28).



Figura 2-27 Um braço de descarregamento de peças automatizado.



Figura 2-28 Esta torre de ferramentas padrão pode aceitar de 10 a 18 ferramentas, dependendo do tamanho.

Cabeçote programável Muitos dos centros de torneamento, mas não todos, usam um suporte de centro programável. A adição de um cabeçote depende do tipo de produto que está sendo feito (Fig. 2-29). Se ele for longo, um cabeçote automático é uma boa adição.

Castanhas e suporte entre pontas Quando equipados de forma especial, alguns tornos CNC podem acionar ferramentas de fresagem, brocas e alargadores a partir da torre de ferramentas. Isso é feito usando motores hidráulicos.

licos. A Figura 2-30 mostra um torno fazendo um furo usando as **ferramentas rotativas**.

Alguns tornos novos possuem um terceiro eixo de movimento (Y) para a torre. Isso permite fresagem de forma fora do centro da peça de trabalho. Essas máquinas podem completar um conjunto incrível de formas de peças (Fig. 2-31).

Mandris hidráulicos

Centros de torneamento CNC incluem pinças e mandris automáticos que reduzem o tempo de



Figura 2-29 Um cabeçote móvel programável (lado direito) é necessário quando o trabalho é longo.

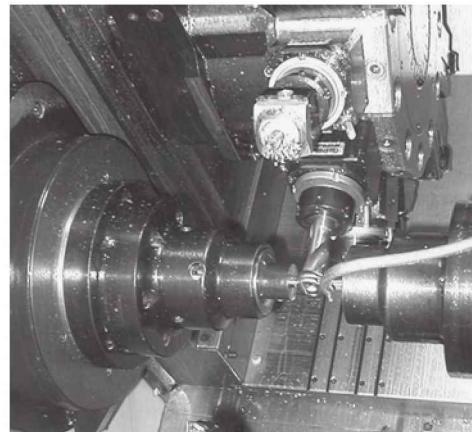


Figura 2-30 Os acessórios das ferramentas rotativas permitem operações de fresagem usando um torno.

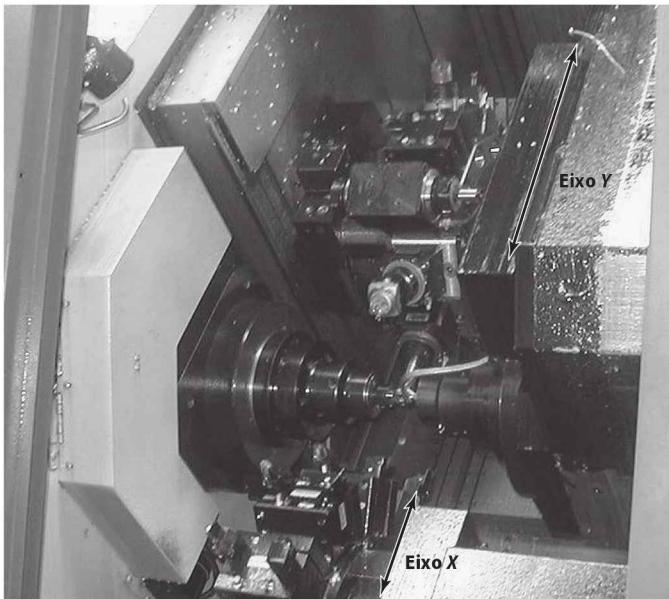


Figura 2-31 Este centro de torneamento CNC possui um eixo Y para permitir operações de fresagem em curva.

troca entre peças. Mandris hidráulicos garantem apertos consistentes e rápidos de uma peça para a outra se comparados com mandris apertados manualmente. A tensão de aperto é ajustável.

Dica da área

A Dica da área sobre fechar, abrir e fechar o mandril balançando, que aprendemos no treinamento para tornos manuais, também vai ser útil aqui. Quando somente estiver colocando a peça no mandril de três pontas e fechando-o, a peça pode ser prensada perigosamente fora de centro, entre apenas duas pontas. Para evitar esse problema, depois de prensar a peça, o mandril é aberto um pouco e, depois, fechado enquanto se balança a peça. Normalmente, ela vai encontrar o centro certo.

garante-se que o mandril não seja aberto acidentalmente na hora errada (Fig. 2-32). Características de segurança também são inseridas no programa e no controlador para garantir que o mandril não possa ser aberto durante a operação.

Ferramental qualificado

Para alcançar o objetivo de conseguir mais TEA, o torno CNC leva a troca de ferramentas rápida a novos níveis de eficiência e precisão com **ferramental qualificado**. Melhorias nas máquinas e na escolha de ferramentas levam a tempos mais rápidos de configuração e de ciclos.

A torre é feita de forma que apoios de ferramentas firmes possam ser montados rapidamente e qualquer apoio substituto dentro do mesmo sistema seja posicionado exatamente na mesma posição relativa à peça e à torre. Além disso, as próprias ferramentas possuem pastilhas substituíveis com uma tolerância pequena. Essas características permitem uma troca rápida de apoios de ferramentas e pastilhas de ponta de corte, sem grandes interrupções na produção. Os pinos de alinhamento dessa torre são mostrados na Figura 2-33.

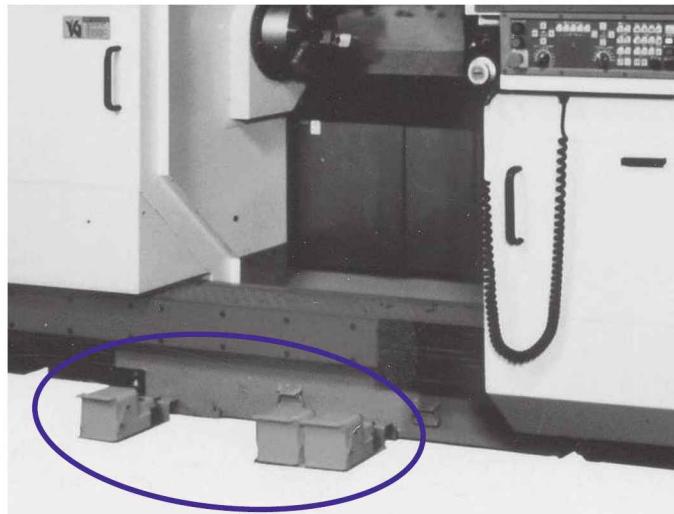


Figura 2-32 Botões de segurança no pé são conectados por meio do chaveamento do controlador e acionamento duplo do pé para prevenir aberturas acidentais na hora errada.

Interferência da ferramenta e capacidade da torre

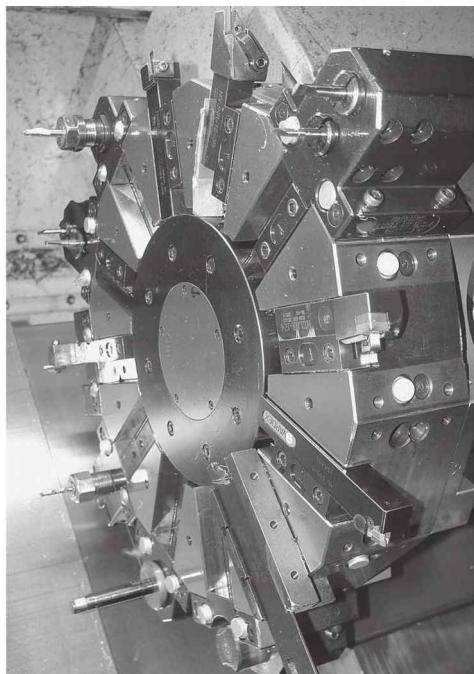


Figura 2-33 Pinos qualificados na torre garantem que a ferramenta possa ser trocada com uma variação mínima.

Como os tornos devem manter na torre todas as ferramentas necessárias para se terminar um trabalho, surgem duas questões que afetam tanto o planejamento quanto o teste do programa. Primeiro, colocar ferramentas longas, como brocas e alargadores, próximas uma das outras (p. ex., broca = T001 e alargador = T002) pode criar uma situação em que, durante a furação, o alargador também encoste na peça, próximo da sua borda, caso o diâmetro da peça seja largo. É parte do trabalho do operador testar essas situações durante o teste do programa. Tenha certeza de que a torre recua o suficiente para rotacionar com segurança para a próxima posição e, depois de indexar a próxima ferramenta, desacelere a aproximação rápida de volta à peça para garantir que as ferramentas adjacentes não encostem nela.

A segunda questão surge quando o plano do programa requer mais ferramentas do que as que podem ser carregadas na torre. Muitas ferramentas podem ser carregadas em grandes centros de torneamento (16 a 24, dependendo do tamanho da torre e do tamanho das ferramentas), já que os

CNCs possuem torres grandes. Contudo, em centros de torneamento menores, em que a capacidade é limitada, os programadores podem usar ferramentas multifuncionais, como mostrado na Figura 2-34. Elas podem facear, tornear e cortar a peça, como mostrado, ao se fazer essa haste de controle com ponta esférica.

Ferramentas multifuncionais também reduzem a rotação da torre e o tempo de ciclo total, mas não são tão boas para cortes pesados se comparadas com as ferramentas padrão. A decisão de usar ferramentas multifuncionais é dos planejadores do programa e deve ser inserida no mesmo designando-se números de ferramentas.

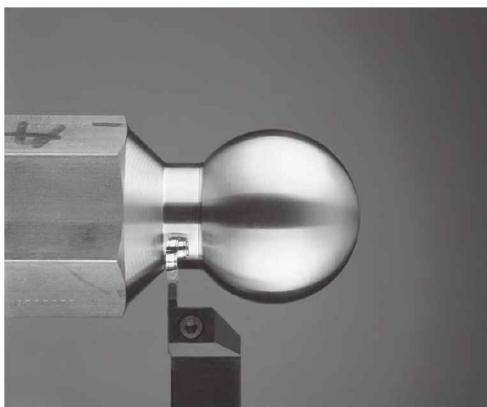


Figura 2-34 Ferramentas multifuncionais podem fazer várias operações sem indexar a torre. Elas reduzem o estoque de ferramentas e os tempos de ciclo.

Revisão da Unidade 2-2

Revise os termos-chave

Alimentador de barras

Complemento de centros de torneamento que contém uma barra longa girando e que a avança quando um novo comprimento é necessário.

Armazenamento aleatório de ferramentas

Habilidade de armazenar uma ferramenta que está sendo retirada em qualquer posição de

ferramenta, sendo o número da ferramenta e a posição monitoradas pelo controlador. Isso melhora o tempo CEC.

Carregador de barras

Acessório de centros de torneamento que coloca novas barras de um estoque no alimentador de barras ou no cortador de barras.

Cortador/carregador de barra

Acessório de centros de torneamento que serra barras no tamanho certo para carregá-las na máquina.

Ferramenta rotativa

Ferramenta que rotacionam para tornos, tornando possíveis operações de fresagem e furação em trabalhos em centros de torneamento.

Ferramental qualificado

Suporte de ferramentas que podem ser trocadas com uma variação muito pequena de uma para a outra.

Lápide

Fixação vertical e esquadrejada para fixar a peça, usada normalmente na troca de paletes de centros de usinagem. A lápide permite acesso a três lados da peça em uma única montagem.

Robô de controle de processo (PCR)

Robô de inspeção do processo que pode medir tamanhos durante o programa. Também pode realimentar informações para o controlador para ajuste em caso de variação.

Tempo cíclico entre cavacos (CEC)

Tempo entre o corte com uma ferramenta e, depois, com uma segunda ferramenta.

Tempo cíclico peça a peça

Período de tempo entre as peças acabadas em uma linha de multipeças.

Tempo morto

Tempo não produtivo, quando trabalho algum está sendo feito.

Trocador de paletes

Centro de usinagem com duas estações de trabalho, cada uma capaz de rotacionar no espaço de trabalho enquanto a outra está do lado de

fora sendo carregada com novas peças a serem usinadas.

Reveja os pontos-chave

- A evolução NC começou porque operadores habilidosos, usando máquinas manuais, não podiam mais fornecer os projetos aeroespaciais em desenvolvimento.
- A evolução de máquinas CNC em direção a produções mais precisas e mais rápidas continua atualmente.
- A evolução do programa CAM carrega atualmente a tocha de programas para criar novas formas impossíveis de se fazer de outra forma.
- Quando se estão carregando ferramentas em um centro de fresagem, existem dois números que devem ser indicados: o *número da ferramenta* no programa e o *número de posição da ferramenta* na máquina.
- Acidentes também contabilizam como tempo morto, assim como trabalhadores machucados e máquinas desativadas. Máquinas CNC possuem várias melhorias para evitá-los.

Responda

1. Quando a primeira máquina verdadeiramente programada foi inventada? Quem eram os três parceiros no consórcio?
2. Liste quantas melhorias você lembra, sem olhar no livro, que evoluíram as fressadoras em centros de usinagem CNC. Identifique quais precisam de acionamento computacional.
3. Nomeie as três maiores diferenças entre um centro de torneamento CNC e um torno manual.
4. Em um centro de torneamento, nomeie o acessório que contém barras longas e as empurra para frente quando um comprimento de material é requerido.
5. Qual foi a principal razão original para que máquinas programadas fossem in-

ventadas? O que impulsiona a evolução das máquinas atualmente?

Questão de pensamento crítico

6. Estendendo a linha do tempo para frente, quais avanços podemos ver no futuro de centros de torneamento e usinagem CNC?

» Unidade 2-3

» Criação de programas e gerenciamento de dados

Esta unidade fornece uma visão geral de como a informação do programa é criada e administrada. Isso vai ajudar a esclarecer alguns dos termos específicos de administração de informação para trabalhos CNC. Não se trata de escrita de programas.

Termos-chave:

Alimentação em gotas

Versão de DNC em que pequenos pacotes de informação são enviados do PC para o controlador e a informação é suficiente apenas para o comando atual e o próximo.

Caminho da ferramenta

Programa genérico usado pelo computador CAM no qual um programa pós-processado legível pela máquina é construído.

Carregar

Mandar um programa de um PC desconectado para um controlador CNC.

Descarregamento em massa

Versão de DNC em que grandes pacotes de códigos de programa são enviados para o controlador e, quando eles já estão quase consumidos, outro pacote é enviado.

Descarregamento manual

Trazer um programa completo para o controlador CNC via disquete.

DNC (controle numérico direto)

O computador central assume a função de RAM, mandando informações do programa para o controlador quando necessário. Usado na maioria das vezes quando o programa CAM excede a RAM do controlador CNC.

Geometria da peça

Imagen da peça a ser usinada. Pode ser desenhada diretamente ou importada de um sistema CAD.

Imagen importada

Trazer o arquivo da geometria de uma peça de um sistema CAD para um sistema CAM ou qualquer arquivo de computador de um programa para outro.

Pós-processamento

Converter um programa genérico do caminho da ferramenta em uma versão que possa ser lida pela máquina.

Formas de programas e origens

Os programas são originados em uma destas três possibilidades.

1. Códigos escritos à mão em um teclado

Quando nenhuma interface gráfica ou CAM está disponível. Útil para configurações, testes e rotinas de troca de ferramenta.

2. Programa CAM – Acionamento gráfico

O programa é criado usando um arquivo CAD.

3. Interface gráfica embutida no controlador da máquina

A forma da peça está desenhada na unidade de controle.

Conversa de chão de fábrica

Padronização imperfeita Apesar de a linguagem EIA ser um padrão, existem diferenças nas aplicações de código de controlador para controlador. A partir da linha do tempo, vimos que os códigos foram inventados para a era NC, antes da CNC. Típico de uma explosão tecnológica, os inventores não viram quantas palavras seriam necessárias, então, eles definiram 100 palavras de usinagem genéricas (G0 até G99) e 100 utilidades variadas, como refrigerante ligado/desligado, ou palavras para troca de ferramentas (M0 até M99).

Porém, dessas 100 palavras originais em cada categoria, 50 foram deixadas sem a definição do seu significado específico. Essas foram deixadas para os fabricantes do controlador usarem com funções padrão. Atualmente, contudo, ao usar um CNC, o controlador pode ler um número ilimitado de palavras código. Além disso, existem pequenas diferenças das palavras em EIA para as palavras ISO. A boa notícia é que não é tão confuso assim. Muitas das palavras não definidas foram padronizadas por meio do uso constante em um controlador muito popular, o Fanuc. Uma vez que o vocabulário básico for dominado, você não vai ter problemas para se adaptar aos vários dialetos dos controladores.

Códigos “G” Você pode escutar operadores se referirem a um programa EIA como um programa em “código G”. Isso acontece porque a combinação letra-número mais comum nessa linguagem é, normalmente, o prefixo G seguido de um número específico. Palavras código consistem em uma única letra e um ou dois dígitos. Por exemplo, G00 causa um movimento rápido, enquanto G01 gera uma interpolação linear. A maioria dos programas consiste em quase dois terços de palavras com o prefixo G, por isso o nome.

A programação em interfaces gráficas (GI) (Fig. 2-35) põe a responsabilidade da criação do programa nas mãos do operador. Isso normalmente é feito em um controlador capaz de fazer várias tarefas ao mesmo tempo, para que o programa novo possa ser criado enquanto outro está rodando. Caso contrário, a máquina deve ficar parada enquanto é programada. O uso de programação GI depende da filosofia da administração.

Códigos EIA/ISO

Existem duas formas de compilar os dados do programa para servir a um controlador específico. De longe, o mais comum são as palavras código EIA/ISO, que discutimos anteriormente. O vocabulário completo é apresentado no Apêndice VI. Existem exceções.

Linguagem conversacional Alguns controladores usam uma linguagem conversacional específica para a unidade. Linguagens conversacionais



Figura 2-35 A programação por meio de uma interface gráfica (GI) no controlador CNC permite ao operador criar um programa enquanto a máquina está cortando outra peça.

são eficazes e fáceis de aprender, mas elas são dedicadas a uma família específica de controladores. Uma vez que a linguagem é dominada, os conceitos são transferidos para outros controladores conversacionais, mas não as palavras. Assim, EIA/ISO, ou a linguagem código G, é o método mais comum de programação. (Veja a Conversa de chão de fábrica.)

Ponto-chave:

Dentre as 100 primeiras instruções tipo G e M, muitas serão específicas para a máquina. As instruções número 100 e acima também são específicas para a máquina.

Por que aprender os códigos?

Você pode se perguntar qual é o propósito de aprender os códigos, uma vez que a maioria dos programas é criada por CAM. A resposta é que eles são necessários por três razões importantes.

1. *Para ter a habilidade de ler e controlar um programa gerado pelo CAM.* Por exemplo, se a ferramenta quebra durante um programa lon-

go, em uma máquina que não tem como fazer uma parada no meio do ciclo, você deve parar e trocar a ferramenta. Então, você precisa reiniciar o programa no mesmo lugar em que ele foi parado ou voltar para o começo e rodá-lo desde a linha 1. Com a habilidade de ler programas CAM, você pode recomeçar a partir do meio do programa.

2. *A habilidade de escrever miniprogramas para troca de ferramentas e configurar funções ou quando um sistema CAM não está disponível.*
3. *A habilidade de editar programas gerados graficamente para se ter eficiência máxima ou para corrigir erros.*

Três tipos de geometria de peça

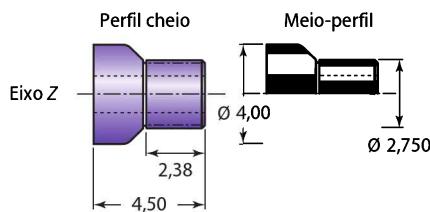
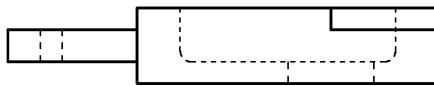
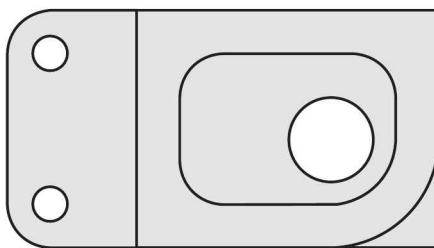
Sistemas de programação em CAM e GI criam as palavras de código (ou conversacionais) baseados em desenhos precisos do trabalho desejado, chamados de **geometria da peça**. O programa CAM segue as linhas do desenho ou superfícies para criar os códigos de programa.

A geometria de peças se encaixa em três categorias, dependendo se a peça será colocada em um torno ou em uma fresadora e de quão complexa a forma fresada pode ser.

Desenhos com padrão plano

Para peças simples, um padrão plano funciona em trabalhos tanto no torno como na fresadora. Similar a um desenho a lápis, essa geometria é um perfil, um desenho de duas dimensões composto de linhas retas e arcos. Os padrões planos são o único tipo necessário para um trabalho em torno nos eixos XZ (Fig. 2-36). Os meios-perfis e os perfis cheios são normalmente usados. Desde que as peças do torno apresentem simetria no eixo Z, todas as dimensões necessárias são representadas em um lado da linha de centro, e o desenho de meio-perfil é normalmente usado.

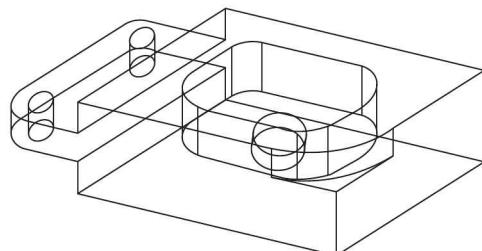
Para se usar um padrão plano para um programa de fresadora XYZ, na hora da criação do programa, o usuário deve definir a profundidade de vários cortes no eixo Z (Fig. 2-37). Na representação de

Desenhos típicos de padrões planos para torno**Figura 2-36** Geometrias de peças para o torno podem ser bidimensionais.**Figura 2-37** A vista superior, se desenhada corretamente (ver Fig. 2-41 em seguida), pode ser usada como um padrão plano de geometria.

duas vistas, a vista superior seria usada para produzir o programa, mas cada elemento precisaria ter uma profundidade do eixo Z definida quando os elementos forem colocados juntos. Se o processo ficar muito longo, então, a melhor geometria será a moldura de arame.

Geometria em moldura de arame

Usada para trabalhos em fresas, a moldura de arame ainda é um conjunto de linhas, mas elas têm uma profundidade, como mostrado na vista isométrica da Figura 2-38. Se a geometria está na forma de moldura de arame, então, o sistema CAM pode definir as profundidades de corte do eixo Z automaticamente. Molduras de arame também ajudam a mostrar ca-

Geometria em moldura de arame**Figura 2-38** Uma moldura de arames consiste em linhas e arcos em dimensões X, Y e Z.

racterísticas da peça que não são facilmente visualizadas em um desenho de padrão plano. Contudo, as molduras de arame não indicam superfícies, somente linhas. O usuário ainda deve dizer ao sistema CAM em qual lado da linha a ferramenta deve ir. Quando as formas são complexas, isso se torna difícil. Então, a melhor geometria em termos de utilidade para a programação em CAM é o modelo sólido.

Modelo sólido

Em um modelo sólido, a peça parece ter sido feita com um pedaço de argila. Ele é composto de superfícies geradas por computador em vez de linhas. Para criar uma geometria de peça sólida, você deve começar com um retângulo grande (ou outra forma de tarugo), e, então, os pedaços não desejados são removidos, como se ele estivesse sendo usado na matéria-prima. Pedaços sombreados também podem ser adicionados na geometria quando ela começa a tomar forma (Figs. 2-39 e 2-40). A geometria de peças em modelos sólidos oferece várias vantagens:

Visualização isométrica fácil de todas as características da peça. Note que as características não são de fácil visualização na forma de moldura de arames.

Capacidade de programação quase automática em formas complexas com curvas compostas (depende do programa).

Controle completo de todos os lados do objeto.

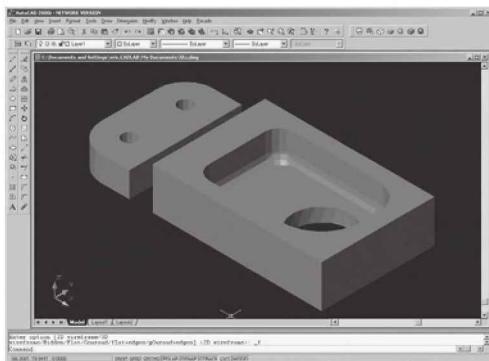


Figura 2-39 Um modelo sólido começa como um produto usinado começaria, com um tarugo de material bruto.

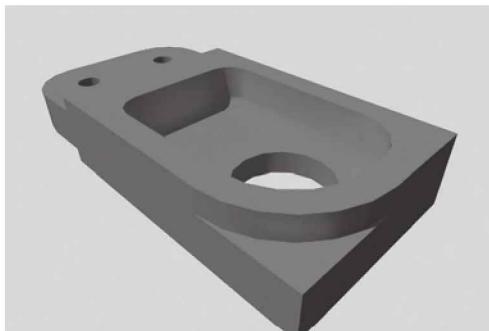


Figura 2-40 Como ele representa a peça acabada, o modelo sólido pode ser visto de qualquer lado.

Criação do programa

Importando a geometria

Uma vez que a geometria esteja desenhada no CAD, ela estará pronta para ser **importada** (trazer a imagem para o programa CAM como um arquivo que pode ser lido).

Pode ser necessário retirar as dimensões e outros detalhes que poluem o desenho. Se a imagem foi desenhada corretamente para o CNC, esses detalhes vão estar em camadas que podem ser removidas ou tornadas transparentes (mascaradas) enquanto o programa está sendo criado.

Em seguida, o usuário começa o processo de tornar a geometria em códigos de programa. Esse procedimento pode ser agrupado em dois tipos gerais.

Ponto-chave:

Vamos fazer muitos treinos na escrita de programas CNC depois, manualmente e pelo CAM. Este material é uma visão global de como os programas são produzidos.

Seleção do elemento da moldura de arame ou do padrão plano

Começando com o padrão plano ou a moldura de arames, os elementos individuais são selecionados pelo usuário, usando o *mouse*, na sequência e na direção em que eles devem ser usinados. O programa de programação não sabe que eles definem uma superfície, ele só vê os elementos como linhas e arcos, de modo que o usuário deve indicar em qual lado da linha a ferramenta deve prosseguir.

Então, antes ou depois do sequenciamento dos elementos, o usuário define os dados de usinagem, como o tamanho e o formato da ferramenta e o número de passadas para retirada de material e para acabamento da sequência. Assim, com os elementos agrupados em uma sequência, o programa usa os dados de usinagem para criar o **caminho da ferramenta** completo (ou a *corrente de elementos*, como algumas vezes é chamado).

Diferenças no programa

Adicionando dados de usinagem antes ou depois da seleção do caminho Dependendo do programa, os dados de usinagem, como o tamanho da ferramenta e o número de passadas para retirada de material, são adicionados antes do caminho ser selecionado ou é necessário que alguns dados sejam digitados depois da corrente estar completa.

Pré ou pós-otimização para um determinado controlador Todos os programas devem ser tra-

duzidos para um padrão específico para as convenções da máquina. De controlador para controlador, existem diferenças na formatação e na utilização das palavras códigos não definidas. O programa CAM tem bibliotecas dessas especificações do controlador. Os vários padrões para cada controlador são chamados de *pós-processadores* (padrões **pós-processamento**) ou, algumas vezes, *filtros*.

Quando um sistema CAM tem a habilidade de criar programas otimizados para um determinado controlador, diz-se que ele *suporta* tal controlador (escreve códigos específicos para um controlador específico).

Ponto-chave:

Alguns programas CAM precisam que o padrão específico seja selecionado antes de se fazer a corrente de elementos, enquanto alguns processam o caminho da ferramenta para a máquina depois que ele é selecionado.

Programas de associação de geometrias Quando o projeto muda, o programa também tem que mudar. A maioria dos programas CAM é capaz de atualizar automaticamente o programa se qualquer elemento na geometria é mudado. Alguns programas menos sofisticados precisam que o usuário volte e refaça a corrente e processe o programa caso alguma peça da geometria seja mudada.

Desenho preciso da geometria Para ser útil para um programa CNC, a pessoa fazendo o desenho deve garantir uma precisão absoluta dos elementos (Fig. 2-41). As linhas devem ser desenhadas com o comprimento exato desejado para a peça, e as linhas de intersecção devem ser aparadas de forma exata. Modelos sólidos não podem simplesmente parecer com a peça, eles devem ser uma réplica exata da peça real, em forma e tamanho. Se essas regras não forem seguidas, os desenhos CAD podem parecer certos ao olho, mas não vão gerar a peça certa no CNC. Essas figura precisa pode ser o desenho CAD original ou pode ser feita com um sistema CAM.

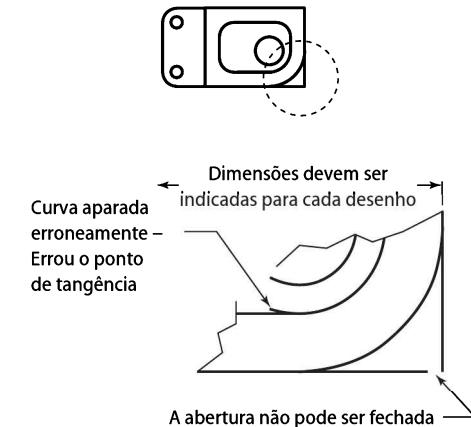


Figura 2-41 Por motivos de programação, desenhos CAD devem ser medidos com precisão e ter cada interseção ou tangente aparada perfeitamente.

Enviando programas para o controlador

Transferência de dados

Uma vez que o programa que pode ser lido pela máquina está pronto, ele é enviado para o controlador. Essa ação é conhecida como **carregar** (Fig. 2-42).

Memória ativa ou permanente

O controlador CNC guarda o programa em uma das duas localizações: na memória ativa, pronta para usinar, ou no armazenamento permanente, para usar depois. O armazenamento permanente é onde o programa vai inicialmente depois do descarregamento. A capacidade total do controlador de guardar programas em ambas as localizações é um problema.

Tipos de transferência – Manual, gotas e em massa

O programa pode ser transferido para a memória CNC por uma das três maneiras:

1. Disco padrão – Descarregamento manual

O programa é copiado para um disquete padrão de computador e carregado manual-

Fazendo o descarregamento de dados CNC

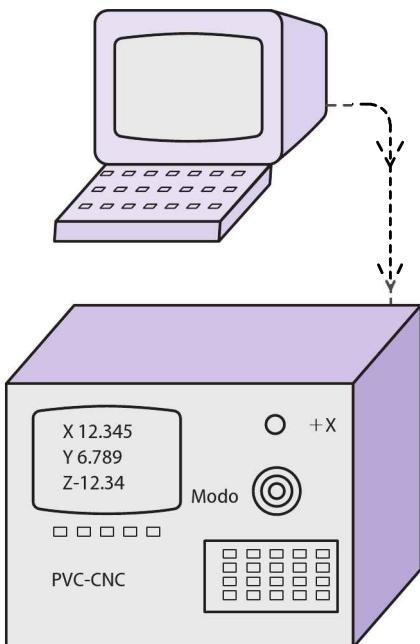


Figura 2-42 Os descarregamentos mandam programas inteiros para a memória permanente do controlador.

mente até o controlador. Isso é chamado de *rede de tênis* (*usar seus sapatos para transferir os dados, ou uma rotina de mexer os pés*).

2. Descarregamento direto

Através de um cabo de comunicação, o PC onde o programa está armazenado envia o programa inteiro para o controlador. A palavra “descarregamento” dá a entender que o programa está vindo de uma fonte mestre ou mais elevada. O *carregamento* ocorre na direção contrária; os dados do programa são enviados para o PC a partir do controlador.

Ponto-chave:

Um descarregamento ocorre quando o programa CNC é transferido do computador mestre para um controlador CNC designado.

3. Controle numérico direto (DNC)

O terceiro método de descarregamento é usado quando os dados do programa excedem a capacidade de memória do controlador. Programas gerados pelo CAM usam muitas linhas

Controle numérico direto

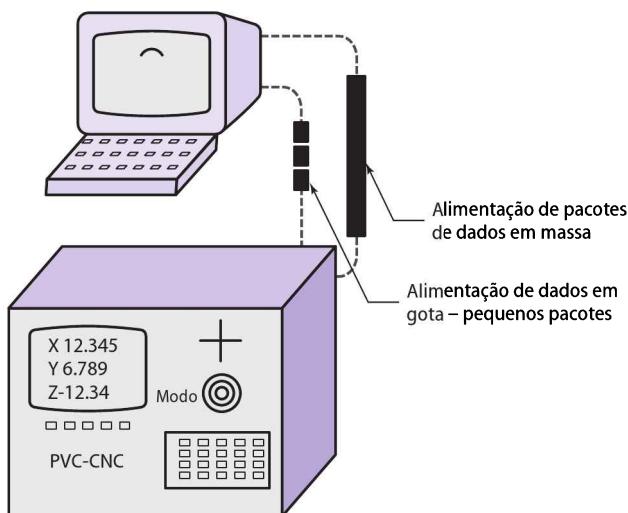


Figura 2-43 O controle numérico direto (DNC) envia pacotes para a RAM ativa do controlador na hora de ser executada.

pequenas para aproximar a superfície, por isso, programas para formas complexas ficam excepcionalmente grandes. A solução é enviá-lo em pacotes na hora de ser usado. Existem duas formas pelas quais essa transferência numérica direta pode acontecer (Fig. 2-43).

Alimentação em gotas da transferência. Os dados são mandados em pequenas unidades na hora em que o controlador traduz os códigos e faz os movimentos de usinagem.

Descarregamento em massa da transferência. Os dados são mandados em pacotes grandes que quase enchem a RAM do controlador. Enquanto os dados são consumidos, o computador envia o próximo pacote de dados quando necessário.

Ponto-chave:

A maioria das vezes em que o DNC é usado é quando a RAM do controlador CNC é inadequada para guardar um programa gerado por CAM inteiro. Trabalhando em conjunto, o computador fornece os dados, e o controlador continua acionando a máquina.

Revisão da Unidade 2-3

Revise os termos-chave

Alimentação em gotas

Versão de DNC em que pequenos pacotes de informação são enviados do PC para o controlador e a informação é suficiente apenas para o comando atual e o próximo.

Caminho da ferramenta

Programa genérico usado pelo computador CAM no qual um programa pós-processado legível pela máquina é construído.

Carregar

Mandar um programa de um PC desconectado para um controlador CNC.

Descarregamento em massa

Versão de DNC em que grandes pacotes de códigos de programa são enviados para o controlador e, quando eles já estão quase consumidos, outro pacote é enviado.

Descarregamento manual

Trazer um programa completo para o controlador CNC via disquete.

DNC (controle numérico direto)

O computador central assume a função de RAM, mandando informações do programa para o controlador quando necessário. Usado na maioria das vezes quando o programa CAM excede a RAM do controlador CNC.

Geometria da peça

Imagem da peça a ser usinada. Pode ser desenhada diretamente ou importada de um sistema CAD.

Imagem importada

Trazer o arquivo da geometria de uma peça de um sistema CAD para um sistema CAM ou qualquer arquivo de computador de um programa para outro.

Pós-processamento

Converter um programa genérico do caminho da ferramenta em uma versão que possa ser lida pela máquina.

Reveja os pontos-chave

- Dentre as 100 primeiras instruções tipo G e M, muitas serão específicas para a máquina. As instruções número 100 e acima também são específicas para a máquina.
- Para um desenho CAD ser usado para o sistema CAM, ele deve ser desenhado com perfeita precisão e aparado, com interseções perfeitas entre os elementos.
- O descarregamento ocorre quando um programa CNC é transferido de um computador mestre para um controlador CNC designado.
- Um DNC ocorre quando um computador servidor transfere um programa em pequenos ou grandes pacotes para o controlador utilizá-los quando necessitar.

Responda

1. Teste o uso de seu vocabulário de dados. Quantos termos de dados CNC você pode definir com suas próprias palavras?

Carregamento em massa	Descarregamento	DNC (controle numérico)
Alimentação em gotas	Carregamento manual	Carregamento direto
Desconectado	Percorso da ferramenta	Imagen importada
Taxonomia		Pós-processamento

2. Com suas palavras, descreva os dois modos como um programa CAM cria um programa usando a geometria da peça.
3. Defina a geometria do modelo sólido da peça.
4. Estendendo os termos que você aprendeu até agora, você pode descrever um *carregamento CNC*?
5. Dada a linha do tempo, quem poderá ser responsável por programas no futuro?

REVISÃO DO CAPÍTULO

Unidade 2-1

Continuamos a falar de fusos de esferas. Outros mecanismos de acionamento foram testados para o trabalho de eixos CNC. O acionamento linear é uma tentativa que manteve alguma esperança. Um acionamento linear é bem parecido com um motor de passo desenrolado em uma linha reta. Dado um pulso de energia, o componente deslizante se move

para frente de uma seção magnética ao longo do acionador estacionário. Eles são rápidos e precisos. Contudo, o problema é que não existe ampliação de força e momento, como com os acionamentos por meio do fuso. Para que seja desenvolvido o movimento necessário, os ímãs lineares devem ser enormes, consumindo muita energia!

Unidade 2-2

Além de cortar metal, como fazemos em tornos e fresas CNC, logo veremos máquinas retificando junto com o corte de metal. Os desafios técnicos para a integração desses processos em maquinários clássicos não são tão grandes.

Muitas outras operações são acionadas por CNC e também podem ser adicionadas à maioria das

máquinas. Por exemplo, corte a laser, corte a jato de água, eletroerosão e por deposição do metal usando lasers focados e metais carregados (Capítulo 12*). Esses e vários outros processos de corte e conformação de metais também são acionados por CNC. Procure-os logo para adicioná-los ao centros de usinagem.

Unidade 2-3

Enquanto a guerra dos programas continua para ver qual é o melhor sistema CAD e CAM, nós, os operadores, só nos beneficiamos. À medida que os progra-

mas ficam mais automáticos na sua habilidade de programação mestre, a responsabilidade pode voltar para o operador.

Questões e problemas

1. Qual componente em um eixo de acionamento CNC envia sinais de baixa tensão para fazer os servomotores se moverem?
2. Verdadeiro ou falso? O codificador do eixo torna possível para um controlador CNC acionar vários tipos diferentes de motores de acionamento. Se essa afirmação for falsa, qual seria a verdadeira?
3. Que tipo de eixo de acionamento motor é mais popular para as máquinas CNC de elevada capacidade de carga?
4. Qual condição pode ocorrer dentro de um sistema de realimentação de circuito fechado quando a demanda do programa excede a capacidade de acionamento do eixo? Com qual resultado?
5. Quais fatores e controles o operador possui para prevenir erros do servo?

Questões de pensamento crítico

6. Por que uma máquina com motores de passo sem retorno não pode entrar em um erro do servo?
7. Verdadeiro ou falso? Máquinas CNC sem codificadores devem ser zeradas quando inicializadas. Se essa afirmação for falsa, qual seria a verdadeira?
8. Verdadeiro ou falso? Máquinas CNC com escalações de leitura direta não precisam ser zeradas quando são ligadas pela primeira vez. Se a afirmativa for verdadeira, justifique.
9. Por qual razão os fabricantes usam motores de passo em eixo acionadores CNC?
10. Por que as máquinas CNC estão evoluindo atualmente?
11. Por que as máquinas NC foram inventadas originalmente?
12. Nomeie os três ramos de evolução que se entrelaçam para melhorar a produção CNC.
13. Identifique o dispositivo que acelera a troca automática de ferramentas ao não necessitar que uma certa ferramenta seja colocada em uma posição específica do magazine.
14. Quando se está configurando uma fresadora CNC, quais são os dois números de ferramenta que o controlador deve saber inicialmente?
15. Identifique os tipos de geometria de peça e descreva cada um.
16. Para que um desenho CAD seja de alguma utilidade em um trabalho CNC, o que deve ser feito?
17. Descreva a transferência de dados DNC. Por que ela é necessária?
18. Em uma folha de papel, esboce os cinco componentes CNC em um acionamento de eixo de circuito fechado. Descreva brevemente cada um.
19. Qual componente na Questão 18 é responsável por reportar posições de volta para o controlador?
20. Qual é uma das principais razões para a capacidade DNC?

RESPOSTAS DO CAPÍTULO

Respostas 2-1

1. Pela Figura 2-1, seu desenho tem uma unidade de controle, relé, servomotor, fuso de esferas e um dispositivo de realimentação (direta e indireta).
2.
 - a. Realimentação direta – Sinais de posição fornecidos por escala parecidas com posicionadores digitais manuais.
 - b. Acionamento de circuito aberto – Comando cego, sem retorno do eixo de movimento.
 - c. Servomotor – Motores altamente controláveis, fornecendo rotações e acelerações consistentes.
- d. Relé de acionamento – Um dispositivo de conversão que amplifica o sinal do controlador e configura a tensão enviada para o motor.
3. Fusos de esferas minimizam o recuo quando os fusos são revertidos ao se empurrar em ambas as direções as esferas de rolamento na porca dividida.
4. Essa afirmação pode ser verdadeira para algumas máquinas CNC que possuem eixos de ação potentes. Geralmente, os controladores CNC aguardam até o atraso alinhar-se com o comando.
5. Realimentação.

Respostas 2-2

1. 1952; Laboratório de Servos do MIT, a corporação Parsons e a Força Aérea Americana.
2. As respostas sublinhadas precisam de direcionamento computacional.
Troca automática de ferramentas com armazenamento aleatório
Sistemas de refrigeração de alto volume
Fusos de alta velocidade
Equipamentos automáticos de segurança
Sistema de remoção de cavaco
Avisos de baixo nível de produtos vitais (óleo/ar/refrigerante)
Opções de carregamento de peças
Paletes
Lápides
Carregadores de peça robóticos
Deslocamentos automáticos de ferramentas
Refrigerantes programáveis
Retificação automática de ferramentas
Troca de ferramentas programada
Monitoramento remoto da usinagem
3. Qualquer combinação do que se segue: mandril hidráulico, portas de segurança automáticas, sistemas de refrigeração de alto volume, recebimento de peças automático – peças cortadas, cabeçotes programáveis, qualificação de ferramentas, monitoramento remoto do progresso, alimentadores de barras e carregadores coordenados ao programa, deslocamentos automáticos de ferramentas.
4. Um alimentador de barras.
5. Original: Deveria existir uma forma melhor. Fazer peças muito difíceis para métodos manuais. Atualmente: Ciclos de troca de peças e máquinas mais eficientes.
6. As máquinas vão continuar se tornando mais eficientes, elas serão capazes de executar mais operações em uma configuração, com menos tempo no custo de produção.

Respostas 2-3

1. Veja os termos-chave no começo da Unidade 2-3.
2. *Seleção de elementos:* começando com um desenho de linhas da geometria, os elementos são selecionados, e os dados de usinagem, fornecidos; *seleção de superfície:* começando com um modelo sólido da geometria da peça, a sequência de superfícies é indicada. O sistema CAM determina as sequências de corte automaticamente, dadas as condições desejadas.
3. Modelo sólido da geometria da peça – gerado por computador, define todos os lados de um objeto.
4. Fazer o carregamento é enviar os dados do controlador CNC para o computador com o programa CAM.
5. Para eliminar os custos de mão de obra, o desenho do modelo sólido da engenharia pode ser enviado para a máquina com um programa multitarefas CAM. O operador pode guiar o programa para escrever o programa.

Respostas para as questões de revisão

1. O controlador (UCM).
2. Falso. O relé de acionamento do eixo faz essa tarefa.
3. Servomotores de corrente contínua.
4. Erro de servo. O controlador não consegue traçar a posição real da ferramenta para a posição comandada dentro de um limite de tempo. A máquina para e avisa o operador.
5. Ferramentas afiadas, bom fornecimento de refrigerante, monitoramento e substituição de velocidades e avanços de corte.
6. Circuitos abertos não possuem sensor cinético; ele nunca sabe quando está fora de sincronismo.
7. Falso. Máquinas com codificadores devem ser zeradas quando inicializadas.
8. Verdadeiro. Elas acendem sabendo onde elas estão posicionadas.
9. Preço projetado.
10. Mais eficiência, mais TEA.
11. Para fazer produtos que operadores habilidosos não conseguiam com máquinas manuais.
12. As máquinas, os PCs e o programa CAD/CAM.
13. Armazenamento de ferramentas aleatório.
14. Número da ferramenta do programa e localização da ferramenta no magazine.
15. Padrão plano, linhas e arcos em um único plano; molduras de arame, linhas e arcos em X, Y e Z; modelos sólidos, superfícies contínuas.
16. Os elementos devem ser do tamanho exato e devem ter interseções aparadas perfeitamente.
17. Para enviar dados do programa para o controlador CNC quando for necessário. Porque o programa é maior do que a memória RAM do controlador.
18. *Controlador:* envia sinais de acionamento do eixo de baixa tensão; *relé de eixo:* traduz o sinal do controlador em comandos para o motor; *motor de acionamento:* aciona o eixo ou o fuso de esferas; *servomotor CC:* tensão alta e contínua; *motor de passo:* pulsos menos potentes causam um arco finito de rotação; *fuso de esferas para acionamento de eixo;* dispositivo de realimentação: envia sinal de posição de volta ao controlador, leitura direta, escalas, indireta, codificadores.
19. Dispositivo codificador de realimentação ou uma escala.
20. Porque um programa gerado por um CAM é muito grande para caber na memória do controlador.



» capítulo 3

Comandos CNC

Antes de estudar este capítulo, você pode optar por ir para o Capítulo 4 e, depois, retornar. A escolha depende do plano do curso e da sua carreira.

SEQUÊNCIA PARA O OPERADOR CNC

Muitas vezes, na indústria, uma carreira profissional começa com o cargo de operador de CNC, realizando o trabalho de produção guiada. Então, ganhando alguma experiência, você será instruído em preparações, ajustes e edições – aumentando sua responsabilidade.

Se você se encontra nessa situação, então, a melhor opção poderia ser permanecer aqui, no Capítulo 3, seguindo depois para o Capítulo 4 e dando continuidade à sequência apresentada.

SEQUÊNCIA DE TREINAMENTO PROGRAMÁTICA

Na maioria das escolas técnicas, sem a pressão de produzir peças, a sequência de aprendizagem é invertida. Começamos com programação nível básico e simulação de usinagem. Essas primeiras experiências seguras aumentam a eficácia e a segurança de nossas salas de aula. Mais tarde, você será guiado através do primeiro carregamento e da experimentação de um de seus programas. Se isso se adapta mais às suas necessidades, vá para o Capítulo 4 e volte aqui depois.

Objetivos deste capítulo

- » Descrever e usar o ciclo básico da máquina.
- » Listar os procedimentos genéricos de partida.
- » Identificar o seletor de *modo* em um controle CNC e listar os propósitos dos vários modos de operação.
- » Ser capaz de usar teclas de *hardware* e *software* em um painel de controle
- » Definir e realizar um *ciclo de referenciamento*.
- » Identificar e realizar *movimentos manuais* seguros de máquinas CNC.
- » Fazer paradas seguras em programas usando um dos quatro métodos possíveis.

» Unidade 3-1

» Ligando uma máquina CNC

Dependendo da sofisticação do comando e da complexidade da máquina, a partida a frio pode ser simples. Você precisa verificar suprimentos vitais, como pressão de ar, lubrificantes e refrigerantes e, em seguida, certificar-se de que as barreiras de segurança e os botões de emergência estejam em posição de operação. Por último, com o disjuntor principal ligado, aperte o botão verde. O resto do procedimento é automático.

Essas máquinas de alto nível industrial “acordam” sabendo a localização dos seus eixos, qual número de ferramenta está na posição ativa e onde as outras estão: no magazine porta-ferramenta ou na torre. Elas carregam o seu *software* de sistema operacional automaticamente. Em pouco tempo, luzes verdes e uma mensagem de vídeo indicam que a máquina está pronta para movimentar seus eixos e rolamentos do fuso antes de ser colocada para trabalhar.

Por outro lado, as máquinas de nível inferior irão requerer *inicialização* (um procedimento de partida formal). Pode ser complexo, exigindo várias etapas, em uma ordem definida, ou pode ser semiautomático. A exatidão e a segurança vão depender da execução de todas as etapas corretamente. Muitos comandos que exigem um procedimento de partida não vão permitir um uso total ou a execução do programa até a inicialização ser realizada de forma correta.

Ponto-chave:

Embora as máquinas CNC mais antigas sejam menos sofisticadas em seus sistemas operacionais, elas são removedoras de metal exatas e eficientes. Elas estão bem distribuídas no mundo real, e as chances de que uma delas seja a sua primeira máquina são boas!

Termos-chave:

Botão de emergência

Botão grande e vermelho que para todas as funções da máquina. Pode-se necessitar de várias ações para reiniciar depois de se pressionar esse botão.

Chave de bloqueio

Interruptor de vários níveis que, com a chave removida, permite ou não certas funções de controle e autoridades.

Comando CIR (conjunto de instruções reduzido)

Conjunto de instruções reduzidas usando ícones e botões de funções duplas para criar um bloco de controle supercompacto.

Iniciar (inicialização)

Processo por meio do qual algumas máquinas CNC são trazidas para a prontidão operacional plena. Pode ser semiautomático ou pode precisar de intervenção.

Limits de software

Interruptor que interrompe ou desacelera o movimento do eixo rápido, antes de chegar a interruptores de limite de *hardware*, para evitar ultrapassagem acidental plena dos limites mecânicos de eixos.

Ostensiva (ação)

Movimento deliberado e muitas vezes difícil para garantir que algo não seja feito por acidente.

Parada de meio de ciclo (parada automática)

Um meio de parar rapidamente um programa em execução sem perder a posição física ou o dado de programa.

Qual comando CNC?

Quando um autor escreve um texto geral sobre CNC, tal como este, há um conflito de qual painel de controle deve-se usar nos exemplos. Deve ser o comando melhor/mais moderno? (Quase impossível de escolher, e isso ainda muda rapidamente.) O mais distribuído na indústria pode ser a melhor escolha. (Isso é fácil, é um controle Fanuc®, mas há vários modelos e níveis, e ainda nem todas as escolas o tem.) Por fim, o equipamento mais acessível para treino CNC pode ser o melhor exemplo, já que é provável

que se encontre em muitas escolas técnicas. Você vê o problema? Para resolvê-lo, nós inventamos o nosso próprio controlador genérico (Fig. 3-1); apresentamos a Unidade de Comando Padrão (UCP)!

Os controles encontrados na UCP são universais. Eles podem ter um nome diferente ou ser acionados de forma diferente em uma determinada unidade, mas estarão lá de alguma forma, porque são básicos na preparação e na operação da máquina. Ao longo dos capítulos de CNC deste livro, vamos nos referir a esse controle base.

Tipos de unidade de comando

Painéis de comando CNC variam muito. Aqui estão os três exemplos mais comuns.

Tela de visualização padrão, volantes, teclas e chaves A Figura 3-2 mostra um grupo de controladores CNC típicos. Eles se apresentam como uma tela sensível ao toque, volantes de controle, inter-

ruptores, botões e luzes indicadoras para mostrar as condições e os modos. Representando a maior parte dos tipos de comando, essas unidades são feitas especificamente para máquinas industriais.

Comandos CIR

A Figura 3-3 mostra um dispositivo de comando gráfico **CIR** (*conjunto de instruções reduzido*), às vezes chamado de um pendente de operação. Ao mesmo tempo em que é necessário um pouco de treinamento para saber o que todos os símbolos significam, uma vez aprendidos, esses painéis de controle altamente comprimidos trabalham de uma maneira incrivelmente simples. O painel pode ser manipulado em qualquer ponto em torno da máquina. Alguns são até mesmo sem fio!

Unidades CIR são utilizadas apenas para configuração e modos de operação. Para manter o painel do tamanho da mão, elas não têm teclado. Tarefas

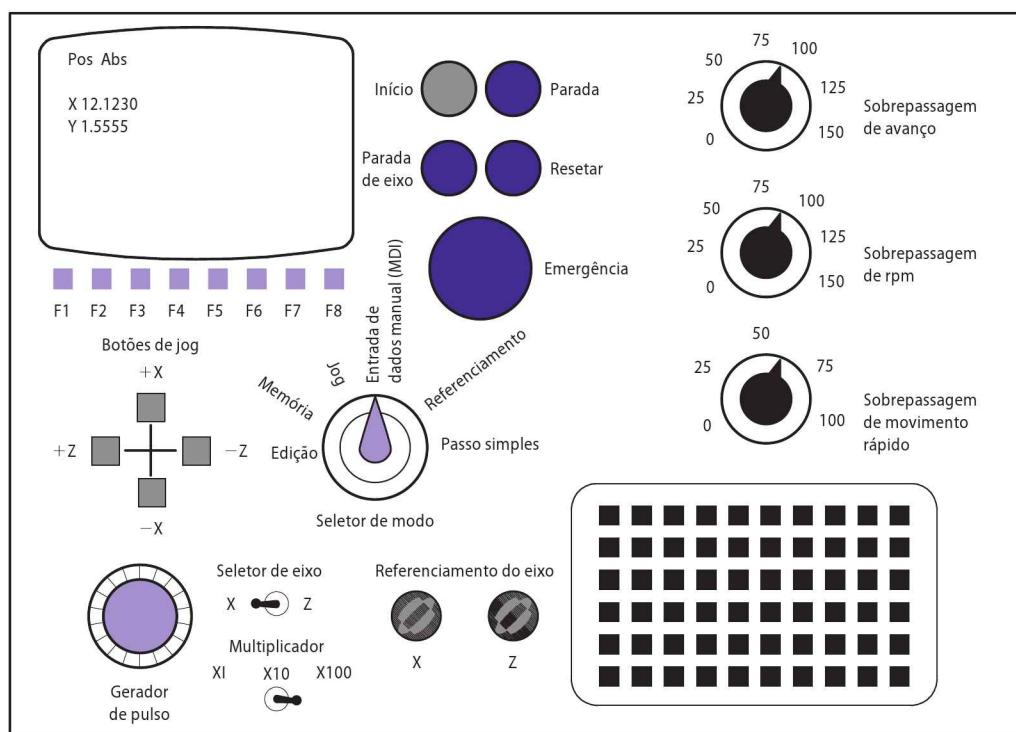


Figura 3-1 Um painel de comando CNC genérico.

de escrita e edição de programa são executadas em um PC de interface localizado nas proximidades. Alguns painéis CIR têm como característica um conjunto muito limitado de teclas, semelhante ao de uma calculadora científica.

Ponto-chave:

Em muitos comandos industriais, um pendente portátil acessível com apenas as funções de preparação manual é um acessório adicionado à unidade de comando principal. Isso permite fácil visualização de indicadores de marcação de teste e outros itens de alinhamento que não são facilmente vistos de fora do envelope de trabalho. Esses pendentes não são comandos CIR, eles não podem manipular as configurações ou acessar dados. Pendentes são apenas para configurações de movimentos (Figs. 3-4 e 3-5).



Figura 3-3 Um CIR (conjunto de instruções reduzido) desempenha todas as funções de operação, mas não a edição de programação.

Comandos baseados em PC

Por fim (Fig. 3-6), há um comando baseado unicamente em um PC padrão. Após a discussão da unidade eixo no Capítulo 2, você entende que

qualquer processador rápido e disco rígido podem armazenar e ler um programa e, em seguida, enviar um sinal para os relés de acionamento do eixo. Muitos fabricantes de máquina oferecem sistemas baseados em PC como uma opção.



Figura 3-2a, b e c Painéis de comando Bridgeport, Fanuc e Hass.

Sistemas operacionais familiares Usando sistemas do dia a dia, como o Windows® ou Unix®, comandos CNC baseados em PC oferecem

Grande capacidade de disco rígido para guardar programas longos.

Disco rígido e partes de computador padrão que trazem permutabilidade e fácil reparação quando necessário.

Tarefas CAD/CAM que podem ser executadas na máquina CNC se o software é carregado.

Inventário de peça usando scanner de código de barras.

Meios de comunicação gerais de oficina, tais como e-mail, ordens de serviço ou downloads de desenho de engenharia.

A capacidade de executar gráficos de controle estatístico de processo e todos os tipos de outras tarefas direto da máquina CNC.

A maioria dos comandos baseados em PC inclui um pendente de operação para ajudar com a preparação e funções de execução de programas.



Figura 3-4 Um pendente de operação é frequentemente adicionado a comandos industriais de ponta.



Figura 3-5 Um pendente providencia movimento manual axial de qualquer perspectiva.

Chaves de bloqueio

Para proteger máquinas, preparações, programas e pessoas, muitos comandos CNC possuem uma

chave de bloqueio que é semelhante à fixação de um limite de acesso dos usuários em um PC. Com o conjunto de interruptores e com a chave removida, vários níveis de responsabilidade são permitidos, enquanto outros não podem ser acessados. A Figura 3-7 mostra um interruptor de **chave de bloqueio**.

1. Operação (menor nível de responsabilidade)

Permite suspender, iniciar, parar e funções de avanço e rotação e desativa as mudanças de informação de edição e preparação.

2. Preparação (nível médio)

Permite funções de operação mais as mudanças do processo, como diâmetro da ferramenta, comprimento ou localização ZPZ e desabilita a edição de programas e capacidade de carga.

3. Edição (controle de responsabilidade total)

Permite acesso a todas as funções, incluindo mudar as informações de preparação, escrever novos programas e trocar programas existentes na memória.



Figura 3-6 Uma máquina CNC com comando via PC.



Figura 3-7 Uma chave de proteção operada por chave protege vários níveis de responsabilidade do operador.

Conversa de chão de fábrica

No nível completo de edição, dado os comandos de entrada para abrir a porta, o sistema operacional do comando pode ser editado ou apagado! Aqui, você pode alterar itens como a configuração da porta de segurança, de modo que a máquina funcione com a porta aberta, mover os **limites de software** para um local um pouco diferente ou, ainda, alterar como os trocadores de ferramentas rotacionam ou escolhem as ferramentas. *Nunca tente essas coisas sem orientação e permissão, já que a segurança do operador pode ser comprometida ou uma limpeza total do comando é possível!*

Ligando um comando e uma máquina CNC

Pré-verificação

Muitas máquinas irão retornar parcialmente quando paradas se as ações corretas ou os suprimentos necessários estão baixos ou ausentes. Há três ou quatro verificações “por debaixo dos panos” a serem realizadas antes de ligar qualquer máquina.

1. Pressão do ar comprimido

Muitas máquinas, mas não todas, precisam de ar comprimido limpo. Se a máquina necessitar, deve ser fornecido com a pressão requerida, a 50 PSI ou mais. Ele é encontrado em máquinas para limpar porta-ferramentas da presença de cavacos durante a troca de ferramentas ou em sistemas de lubrificação automáticos ou para ativar grampos e outras funções auxiliares.

2. Fluido lubrificante

É exigido por *todas* as máquinas, mas isso nem sempre é uma função automática. Lembre-se, haverá mais de um produto: o óleo lubrificante de eixo e o de guia. Em geral, as máquinas mais recentes não funcionarão se os reservatórios de lubrificação estiverem baixos. Muitas máquinas retrofitadas (máquinas manuais transformadas em CNC) ou modelos mais antigos de CNC podem funcionar sem óleo lubrificante, danificando a máquina.

3. Fluido hidráulico

Nem todas as máquinas o exigem, mas, geralmente, tornos com placas hidráulicas necessitam dele. Verifique o nível do óleo antes da inicialização e, depois que a máquina estiver funcionando em uma agenda, verifique se a pressão correta está definida para a placa. Haverá uma relógio ajustável na parte traseira ou lateral do centro de torneamento com um verificador. Verifique o documento de operação ou pergunte ao supervisor qual é a pressão correta para o trabalho específico. Muita pressão na placa estraga ou até mesmo esmaga o trabalho e pode vergar as ferramentas; pouca pressão, porém, fixa o trabalho de forma fraca e perigosa.

4. Nível baixo de refrigeração

Quase todas as máquinas necessitam de refrigeração, mas isso pode ou não provocar um alarme se estiver em um nível baixo. Pode ser um verdadeiro desastre se a refrigeração acabar durante um corte pesado. Muitos coman-

dos detectam quando a refrigeração está na marca mínima, mas não param a máquina até que o ciclo atual seja concluído.

Comandos principais de partida

Quando estiver perto de trazer o comando a uma condição de operação, verifique os botões de parada de emergência e coloque-os na posição de funcionamento (Fig. 3-8).

Verificação de inicialização

Leia os detalhes no manual de operação antes de **inicializar** a máquina. Você pode precisar

Indexar as torres porta-ferramentas ou os trocadores de ferramenta para a posição 1.

Fechar placas ou portas de segurança.

Ligar a hidráulica em um determinado tempo – antes de ligar o comando.

Referenciar o acionamento dos eixos e resetar os registradores de posição.

Coordenar o magazine de ferramentas de corte.

Interruptor de segurança – O grande botão vermelho

Como se vê na Figura 3-8, esses botões são universalmente usados como parada de emergência segura, o **botão de emergência**. Quando pressionado durante o funcionamento normal de desligamento ou

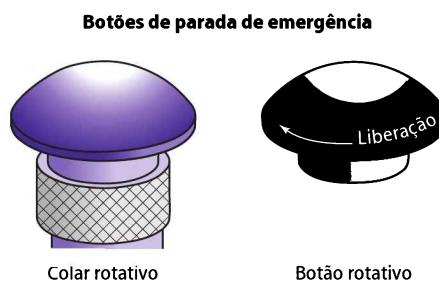


Figura 3-8 O maior botão é para o desligamento final e emergências.

em uma emergência real, o botão permanece bloqueado até que o colar de base ou o próprio botão seja girado para desbloqueá-lo. Essa **ação** (intencional) **ostensiva** cria um lembrete para solucionar o problema, se existir, antes de executar a máquina. Pressionar **Ctrl-Alt-Del** em seu PC é um exemplo de uma ação ostensiva.

Ponto-chave:

Dependendo da realimentação do eixo e da sofisticação de comando, pressionar o botão de emergência durante a execução do programa pode ter um efeito sobre as peças, a preparação e a operação do programa. Diferentemente do desligamento normal, ele somente é usado quando, no seu melhor julgamento, uma parada de emergência é a única ação correta a ser feita.

Nunca use o botão de emergência no meio do ciclo, a menos que todas as outras ações de parada sejam muito lentas para serem seguras. Além de interromper todos os movimentos de eixo, esse botão para o fuso, a refrigeração e qualquer outra função auxiliar que estiver sendo usada. Em máquinas CNC mais antigas com **encoders** (sensores de posicionamento), a localização PZP é perdida, porque essa ação remove energia para o sistema de realimentação, resultando em uma perda de contagem de registro. Mais tarde, aprenderemos várias técnicas de **parada de meio de ciclo**, uma das quais será a melhor escolha para situações que poderiam vir a ser emergências, mas ainda não são.

Ponto-chave:

O botão de emergência é somente para emergências. Ele pode desativar todos os freios de segurança, permitindo que o eixo-árvore se desloque até um batente.

Localizações múltiplas de botões de emergência

Para o acesso rápido em máquinas maiores, pode haver mais de um botão de parada de emergência. Centros de usinagem podem ter um no painel frontal e um na torre de ferramentas. Os operadores do torno podem encontrar um no alimentador de barras e um no sistema de refrigeração/cavaco, bem como um sobre o painel de controle principal. Uma parada de emergência é muitas vezes parte do pendente também. Se qualquer um desses interruptores estiver pressionado, a máquina não irá começar.

Ponto-chave:

Segurança

Como operador, é uma boa ideia revisar ocasionalmente a localização dos botões de parada para que você possa reagir rapidamente em uma emergência.

Se, durante o uso da máquina, o botão de parada de emergência for acionado, é necessário reiniciar a máquina, reenergizar o acionamento dos eixos e, em seguida, mover manualmente (ver os Termos-chave na Unidade 3-2) a ferramenta para longe do trabalho ou área de risco e iniciar o programa.

Dica da área

Aqui está seu chamado para despertar! Em situações de precisão extra, você descobrirá que o tamanho da máquina, de vez em quando, muda conforme a máquina esquenta, especialmente depois de ser desligada por um longo tempo. A expansão do metal em seu quadro e suas formas e a viscosidade do óleo podem ser uma questão tão importante, que algumas oficinas preferem deixar a máquina em modo de espera para a marcha lenta durante a noite em vez de desligá-la.

Ao iniciar uma máquina fria, é uma boa ideia exercitar os eixos e o fuso, especialmente após

longos períodos desligada. Isso implica mover a máquina para os limites de software para cada eixo – em ambas as direções, girando e parando o eixo várias vezes e deixando-o inativo por 3 minutos ou em um rpm moderado. Essa ação garante que todos os movimentos ou superfícies em deslizamento e rotativas recebam uma camada igual de lubrificante, e os rolamentos são levemente aquecidos.

Enquanto o aquecimento pode ser feito manualmente, tente esta dica para poupar algum tempo. Escreva um ou mais “programas de aquecimento” ou “wake up” que automaticamente coloque(m) a máquina nesse processo de “flexão muscular”. Rotinas diferentes podem levar em conta diferentes preparações (aquele que não usa movimento do eixo Z, por exemplo, e um que usa). Então, o comando pode se aquecer sozinho enquanto você lê um livro, coloca seu avental ou pega suas ferramentas. Salve esses miniprogramas na memória e use-os quando necessário. No Capítulo 7, vamos aprender a usar uma técnica lógica programada chamada de laços de repetição para acelerar esses programas. Não perca!

Revisão da Unidade 3-1

Revise os termos-chave

Botão de emergência

Botão grande e vermelho que para todas as funções da máquina. Pode-se necessitar de várias ações para reiniciar depois de se pressionar esse botão.

Chave de bloqueio

Interruptor de vários níveis que, com a chave removida, permite ou não certas funções de controle e autoridades.

Comando CIR (conjunto de instruções reduzido)

Conjunto de instruções reduzidas usando ícones e botões de funções duplas para criar um bloco de controle supercompacto.

Iniciar (inicialização)

Processo por meio do qual algumas máquinas CNC são trazidas para a prontidão operacional plena. Pode ser semiautomático ou pode precisar de intervenção.

Limits de software

Interruptor que interrompe ou desacelera o movimento do eixo rápido, antes de chegar a interruptores de limite de *hardware*, para evitar ultrapassagem acidental plena dos limites mecânicos de eixos.

Ostensiva (ação)

Movimento deliberado e muitas vezes difícil para garantir que algo não seja feito por acidente.

Parada de meio de ciclo (parada automática)

Um meio de parar rapidamente um programa em execução sem perder a posição física ou o dado de programa.

Reveja os pontos-chave

- Saiba e reveja com frequência onde estão localizados os botões de emergência.
- Apertar o botão de emergência durante uma produção quase sempre tem um efeito significativo sobre a preparação e a operação de programa.
- Para iniciar certas torres indexadoras de ferramentas para a posição 1, feche placas e portas de segurança, inicie a hidráulica em um determinado tempo – antes de inicializar o comando, référencia o acionamento dos eixos para inicializar os registros de posição e coordenar o magazine das ferramentas de corte.

Responda

1. Descreva por que algumas máquinas CNC devem ser referenciadas antes de serem utilizadas para cortar material.
2. Qual é o processo, em uma máquina, que pode ser totalmente automático, requerendo um único aperto de botão, ou pode requerer várias etapas em uma certa ordem?

3. Por que o botão de emergência continua pressionado quanto é tocado?

4. Você precisa trocar o diâmetro da ferramenta em uma preparação de fresagem vertical. Em qual dos modos você *não* pode fazer isso?

5. De que forma um pendente de operação é diferente de um comando CIR?

>> Unidade 3-2**>> Comandos para preparação e operação**

OK, a máquina está pronta para uso. A Unidade 3-2 explica os cinco comandos básicos que todos os operadores precisam saber para carregar um programa, configurar a máquina e fazer tudo funcionar. Mais uma vez, esses comandos podem ser ligeiramente diferentes de máquina para máquina, mas cada um tem de estar presente de alguma forma.

Por exemplo, em um determinado comando, os três controles de sobrepassagem individuais (rpm do eixo, avanço, movimento rápido) discutidos aqui são encontrados em um único mostrador, com o operador escolhendo qual ação deve ser controlada.

Termos-chave:**Chave multiplicadora (controle de taxa)**

Interruptor de três ou quatro posições que define o avanço de jog por salto ou pulso.

Gerador de pulso manual (GPM)

Indicador rotativo que tem muitas posições finitas (cliques) representando um salto do eixo selecionado.

Jog

Movimento manual do eixo CNC instruído pelo operador.

Limite de hardware

Extremidade de emergência do curso do eixo.

Limite de software

Interruptor que para o alcance normal da deslocação do eixo. Não há consequência em atingir esse interruptor além de parar o eixo.

Parada de eixo

Pequeno botão vermelho que para todos os movimentos do eixo sem consequência para as outras funções ou para o programa.

Sobrepassagem

Volante de controle usado para fazer um ajuste fino do avanço, movimento rápido e rpm do eixo.

Teclas de hardware

Teclas de entrada designadas no painel de controle.

Teclas de software

Chaves de controle posicionadas logo abaixo da tela que assumem diferente funções, dependendo do modo e da página selecionada.

Tela de distância a percorrer

Tela que mostra a quantidade de deslocamento que falta para completar o comando atual.

Seleção de modo

Modos de operação são usados para simplificar e tornar as tarefas mais eficientes e seguras, colocando as funções necessárias na vanguarda. Cada modo permite algumas funções e proíbe outras. Normalmente, esse controle principal é um seletor rotativo, como na Figura 3-9, mas pode também ser uma tela de seleção. Selecionar o modo de operação (quais tarefas devem ser feitas) é, geralmente, a primeira ação a ser realizada.

Dependendo da interface do comando, essas tarefas universais podem estar dispostas um pouco diferente do mostrado na ilustração.

Modos possíveis

Referenciamento. O referenciamento (*home*) fornece acesso ao ciclo automático básico de referenciamento ou de atuação manual. O referenciamento pode ou não estar presente nas máquinas mais novas com capacidade de posicionamento constante.

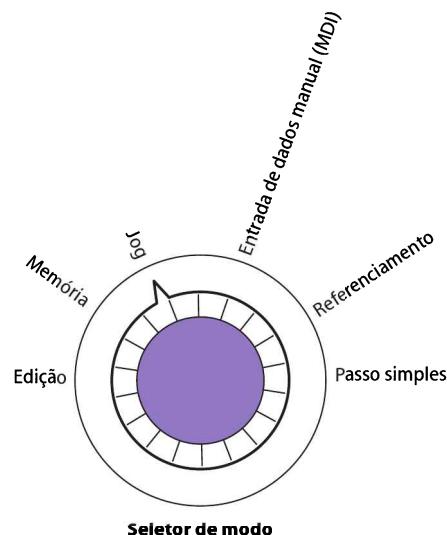


Figura 3-9 A chave de seleção de modo rotativo é comum em um comando CNC.

Jog O **jog** permite ao operador acessar as funções de movimento manual discutidas a seguir. Por segurança, este modo desabilita as funções programadas automaticamente, visto que o operador geralmente está observando os indicadores, tocando em morsas e, em geral, dentro do envelope de trabalho da máquina.

CNC Esta é a seleção de execução de programa. Também pode ser chamada de *auto*. Quando estiver executando um programa completo, o modo será ajustado aqui.

Passo simples (bloco simples) Isto opera uma linha de comando por vez e, então, espera por outro toque no botão de início de ciclo (verde). O bloco simples geralmente é usado no teste do programa (Capítulo 4).

Entrada de dados manual (MDI) A MDI permite que uma ou mais linhas de comando sejam escritas no teclado. Elas podem ser executadas, se desejado, usando o botão de início do ciclo.

Edição Este modo permite acesso a toda a memória e todo o armazenamento do programa, ex-

ceto para o programa ativo atualmente no *buffer* (o que está sendo usado no momento).

Dica da área

Para contornar a edição de um programa ativo, é feita uma cópia que é, então, renomeada. Ao editar qualquer programa, lembre-se de acrescentar uma nota sobre o nível de revisão, a fim de não confundi-lo.

Ponto-chave:

Em alguns comandos, o modo de edição é usado na criação de um novo programa a partir do teclado de controle. Em outros, a entrada de programas é feita em modo MDI.

Memória Este modo é para gerenciamento de arquivos, chamando um programa de um armazenamento permanente ou realizando carga ou salvamento a partir de um PC servidor. A memória também é usada por alguns comandos quando se está escrevendo um programa no teclado.

Tecla de hardware versus tecla de software

Há dois tipos de teclas de entradas em um painel de comando (Fig. 3-10).

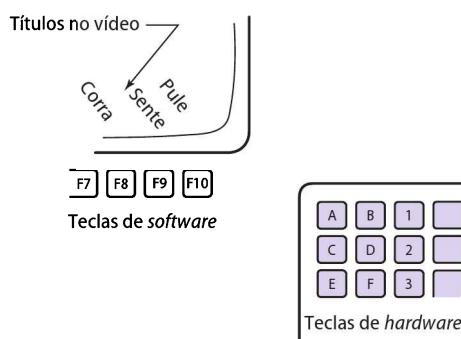


Figura 3-10 Teclas de *hardware* têm um único ou, possivelmente, um duplo propósito; teclas de *software* têm múltiplos fins com base no modo e na tela de vídeo selecionados.

Tecla de hardware São teclas normais associadas com computadores. **Teclas de hardware** podem ser de plástico (como no PC) ou podem ser chaves de membrana (como em alguns celulares), sob uma camada selada para protegê-las do refrigerante e dos cavacos. Cada tecla de *hardware* tem um propósito primário e, possivelmente, uma segunda função selecionável, ou mesmo uma terceira, semelhante às aquelas nas calculadoras.

Tecla de software Dependendo do modo, a seleção de **teclas de software** expande as possíveis utilizações das teclas de função na parte superior do teclado. Elas funcionam como as teclas de F1 ao F9 ou F12 do seu PC; adicionando títulos de vídeo acima delas quando um modo ou uma página de tela é selecionado, elas assumem novas funções.

Movimento manual de eixos CNC

Referenciando eixos

Durante a inicialização, as máquinas mais velhas ou sistemas de malha aberta de qualquer idade necessitam de um ciclo de referenciamento a zero base de seu sistema de eixos. No entanto, máquinas CNC novas geralmente não necessitam. Quando inicializadas, essas máquinas ficam *online* automaticamente, reconhecendo as posições dos eixos e ferramentas. No entanto, ainda existem várias razões para referenciar quase todas as máquinas CNC, para fins de preparação e ajuste de ferramentas. Veja como: Após selecionar o modo de referenciamento, o operador aciona todos os eixos para suas posições iniciais, ou manualmente usando os controles, ou com um ciclo automático, mas só depois que a ferramenta foi movimentada em jog para longe dos obstáculos de fixação. Em seguida, o eixo é conduzido lentamente sobre os limites de *hardware*, e os registros de posição são ajustados para zero. Isso requer uma compreensão de chaves de fim de curso.

Chaves de limite

O envelope de trabalho de uma máquina CNC é protegido e contido por chaves de limite que

param as unidades de eixos antes de chegarem ao fim do deslocamento físico. Um dano poderia ocorrer se um eixo fosse levado para o seu limite mecânico – o final do parafuso de esferas. Existem dois tipos de chaves de limite que você deve entender.

Limites de software (fim de operação normal)

A Figura 3-11 mostra uma versão simplificada de um **limite de software**. Ele é um dispositivo óptico que sinaliza ao comando para desacelerar e, depois, parar. Na maioria das máquinas CNC, a chave limite de software pode ser contatada em velocidade de movimento rápido, sem consequência para o programa ou para a posição, devendo à sua função de desaceleração. O eixo vai simplesmente parar de deslocar-se rápido quando o limite de software é atingido.

Ponto-chave:

Uma vez que um eixo esteja no limite de software, um comando na direção inversa não requer um prefixo especial ou ação. Limites de software estão nas fronteiras normais do envelope de trabalho visto na Figura 3-11.

Dica da área

Estacionando em um limite de software Um truque de programação é usado frequentemente ao estacionar a máquina para uma mudança de peça. O programador ou operador comanda o eixo Z a se afastar rapidamente 100 polegadas. Uma figura fácil de escrever, mas a maioria das máquinas não possui esse envelope no eixo Z. O objetivo é simplesmente levar a máquina para os limites de software, onde ela é parada.

Quando se estão usinando cargas extremamente pesadas, em máquinas mais velhas com realimentação indireta, pode ser necessário para atualizar o registro de coordenadas do eixo, devido ao deslizamento mecânico e ao arredondamento matemático no comando durante os cortes em desbaste. Após o desbaste ser feito, adicione um comando de referenciamento no programa e, em seguida, faça os passes de acabamento, com as coordenadas de eixo atualizadas.

Ponto-chave:

Cuidado!

Não tente fazer isso sem determinar se a máquina possui as duas chaves de software/hardware. Bater nos limites de hardware em velocidade rápida é um acidente!

Límites de software

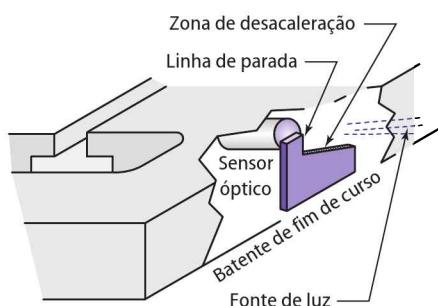


Figura 3-11 Um limite de software simplificado para o movimento do eixo sem consequência para o programa ou para a preparação.

Limite de hardware (parada anticolisão e/ou atualização do eixo)

Um **limite de hardware** é uma chave de contato físico além dos limites de software, mas antes do limite mecânico de deslocamento do eixo. Essa chave é o fim absoluto de deslocamento do eixo. O limite de hardware é uma posição que nunca muda, usada para o registro do zero de eixo. Atingir o limite de hardware durante o avanço ou a movimentação rápida para o movimento do eixo e coloca a máquina em uma condição de alarme.

Ponto-chave:

Atingir um limite de *hardware* durante o funcionamento do programa é considerado um acidente menor.

Afastando dos limites de hardware Uma vez nos limites de *hardware*, o operador deve fazer alguma ação ostensiva, como tocar os botões de jog e de movimento lento ao mesmo tempo, ou o reset e o jog juntos, para permitir que a máquina recue do limite para o envelope de trabalho novamente. A ação será diferente dependendo do comando, mas garante que o eixo seja movido lentamente e de forma correta.

Movimentos manuais do eixo para preparação

Há quatro maneiras para mover os eixos da máquina durante o trabalho de preparação, para referenciá-los e para realizar um corte (sem programa) através do material para usinar uma fixação ou castanha de placa. Um ou dois métodos devem ser parte de todo comando.

Ponto-chave:

Aviso

A força por trás do eixo é grande, e um entendimento muito claro dos seguintes controles é necessário antes de tentar usá-los.

1. Jog contínuo

Trata-se de um movimento de eixo constante enquanto o botão de jog estiver pressionado (Fig. 3-12). O botão de sobrepassagem de movimento rápido irá selecionar a velocidade em que o eixo se move (discutido mais tarde).

2. Jog incremental

A máquina vai percorrer uma determinada quantidade com um simples toque no botão na velocidade selecionada na sobrepassagem. Um botão seletor, chamado de **chave multiplicadora** (Fig. 3-13), é usado para selecionar

Botões de jog

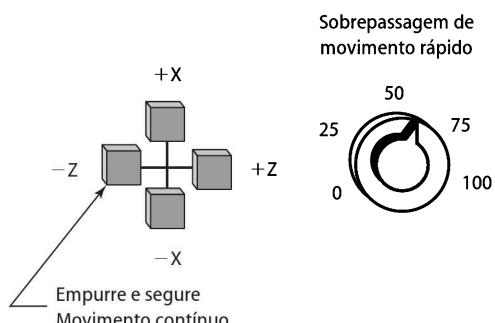


Figura 3-12 O jog contínuo desloca o eixo selecionado enquanto o botão é pressionado. A sobrepassagem de movimento rápido é utilizada para determinar a velocidade a que o eixo se move.

a distância percorrida em um salto. Por exemplo, se a resolução das máquinas é de 0,0001 polegada, selecionando

Múltiplos de resolução

X1 = 0,0001 para cada toque

X10 = 0,001

X100 = 0,01

X1.000 = 0,1

O jog incremental é utilizado durante as configurações para mover a máquina a uma distância exata em múltiplos de resolução da máquina. Se o comando tem esse recurso, os mesmos botões são usados frequentemente tanto para jog contínuo como incremental. Nem todos os comandos CNC possuem jog incremental.

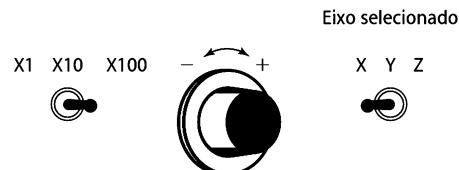


Figura 3-13 O multiplicador de resolução aplica-se tanto ao movimento de jog incremental como à manivela (GMP). Para qualquer movimento, o eixo e o múltiplo de resolução devem estar selecionados.

Gerador manual de pulso

Um método comum de mover um eixo, este controle pode também ser chamado de “volante”. Quando a manivela relativamente grande é girada com a mão, pequenos cliques podem ser sentidos. Cada um representa um deslocamento do eixo selecionado. O **gerador de pulso manual (GPM)** é uma combinação de movimentos incrementais e/ou movimentos contínuos. Se a manivela é girada continuamente, um movimento rápido é obtido, mas um salto também é possível quando girada por um clique. A quantidade de salto é determinada a partir do seletor do multiplicador e do botão de sobrepassagem.

Na ilustração, o eixo X irá mover-se 100 vezes a resolução (normalmente 0,0001 pol) por pulso = 0,010 pol. Girar o seletor no sentido anti-horário produz o movimento X positivo. Em centros de usinagem, para auxiliar nas preparações, o GMP é muitas vezes colocado sobre o pendente para ser levado para dentro e em volta da máquina para melhorar os ângulos de visão.

Dica da área

Movimento do eixo via MDI (entrada de dado manual) Aqui está um quarto método prático para mover um ou mais eixos CNC em uma determinada distância exata. Ele é usado em mini-programas escritos à mão uma única vez no comando. A capacidade de edição completa deve ser desbloqueada a fim de usá-lo!

Depois de selecionar o modo correto, o operador tecla os comandos necessários. Então, com um simples toque no botão de início, a máquina irá obedecer aquele bloco de comando único, apenas uma vez.

Todas as ações de jog descritas até agora causam movimento em eixo único e em linha reta, enquanto este método amplia as possibilidades. Utilizando uma instrução MDI, qualquer movimento dentro da capacidade do comando é possível: multieixos linear e circular.

Comandos de suspensão de movimento da máquina

Fazendo a escolha de suspensão correta

Quando ocorrer uma emergência, a necessidade de uma ação previamente praticada é fundamental. Muitos acidentes pioram devido à falta de ação ou, pior, devido à ação errada. A prática é a melhor recomendação. Certifique-se de saber a sua parada e as opções de suspensão. É importante estar preparado para tomar uma decisão rápida entre os botões vermelhos grande e pequeno. Lembre-se, o botão grande encerra o programa e, possivelmente, perturba a preparação do PZP. No entanto, nunca hesite em bater se a segurança é um problema. Rever as possibilidades de parar ou suspender, de vez em quando, é uma boa ideia.

No Capítulo 4, vamos investigar suas ações de operador quando parar a máquina em situações que vão desde ajustes em processo a uma emergência total. Aqui, no Capítulo 3, vamos discutir vários comandos utilizados para suspender a máquina durante um programa.

Ponto-chave:

Há uma diferença em parar e suspender. Suspender implica que a ação é temporária e normal: para medir uma dimensão fundamental, mover um grampo ou adicionar refrigeração ou limpar cavaços. Após a suspensão, a usinagem será retomada. A suspensão é uma responsabilidade do operador, e o botão de parada de emergência mostrado na Figura 3-8 não é usado nesta capacidade.

Aqui estão os vários métodos de travar as ações do programa.

1. Apertar a parada de eixo

Este controle também pode ser chamado de *parada de avanço* e está presente na maioria dos comandos CNC (Fig. 3-14). O botão vermelho de bloqueio ou parada de eixo é menor do que o botão de parada de emergência. Ele



Figura 3-14 Os três botões principais de controle de operação são codificados por cores: de início (verde), de bloqueio de eixo (vermelho) e de parada de emergência (vermelho).

imediatamente interrompe todo o movimento do eixo sem outra consequência ao programa. O giro do fuso e a refrigeração e qualquer outra função secundária, tal como grampos, luzes e assim por diante, continuarão programados ou ajustados via MDI. Com um segundo toque desse botão ou até no botão de início de ciclo (dependendo do controle), o programa retoma o movimento normal.

Dica da área

Suspendendo Embora não existam consequências nos dados, na preparação e/ou no programa quando ocorre suspensão, pode haver efeitos físicos na usinagem. Com o eixo continuando a girar, a ferramenta de corte pode girar em falso sobre o trabalho. Isso pode levar ao endurecimento em trabalho, ferramentas cegas ou marcas indesejadas no material. A maioria dos comando permite uma parada do fuso durante um bloqueio de eixo.

2. Girar o botão de sobrepassagem de avanço para zero

Aqui, a parada é feita por meio da redução do avanço durante um corte para nenhum. Visito que o fuso ou a fresa irá continuar a rodar com a ferramenta, possivelmente em contato com o peça, este método não é recomendado. Porém, pequenos ajustes, como mirar o fluxo de refrigerante, podem ser feitos rapidamen-

te neste modo. Veja a sobrepassagem rápida como outro método de parada de máquina para pequenos ajustes.

3. Trocar o modo de operação para bloco simples ou parada de ciclo

A máquina irá terminar o comando atual e, então, parar. O início do ciclo deve estar pressionado para retomar a atividade. Deixando o modo de operação em bloco simples, é possível permitir um comando de cada vez usando o botão de início, até que a ferramenta saia do trabalho, em seguida, consertando o problema.

Dica da área

Interrupção de programa Muitos comandos possuem a capacidade útil de suspender a usinagem e, em seguida, tomar as ações dos eixos, tais como mover uma ferramenta cega do trabalho ou parar o fuso e, então, substituí-lo. Usar a interrupção de programa permite todas as ações de movimento em jog e manual, além de outras funções normalmente não permitidas durante o bloqueio de eixo.

Depois, com o problema resolvido, com um toque no botão verde, o controle irá resetar toda a usinagem e as condições lógicas dentro do programa e, em seguida, lentamente mover o cortador de volta para a posição exata onde a interrupção ocorreu. Assim, ela irá continuar normalmente.

Seleção de vídeo

Dependendo do modo de escolhas e das tarefas, a tela de vídeo pode ser configurada para apresentar uma ampla gama de informações. A maioria permite a seleção do operador de telas divididas, com mais de uma seleção (mostrado na Fig. 3-19). Aqui estão as quatro telas básicas frequentemente escondidas para a configuração e a operação.

Gráficos de trajeto da ferramenta

Esta seleção (Fig. 3-15) pode ser usada de três modos bem diferentes e geralmente é selecionada em uma metade de uma tela dividida:

1. Monitoramento de programa

Este processo controla a posição de uma ferramenta de corte com uma figura do progresso. Quando a refrigeração, os cavacos e as portas de segurança obscurecem a usinagem, esta é uma forma de acompanhar os progressos.

2. Execução de programa a seco (*dry run*)

O primeiro teste de um programa pode ser feito na tela de vídeo com todos os eixos travados – utilizando a parada de eixo ou chaves de bloqueio do eixo. Os gráficos fornecerão uma imagem aproximada da trajetória do programa sem material sendo usinado.

3. Programação gráfica

Uma opção em comandos mais avançados, o programa é desenvolvido desenhando elementos na tela, semelhante ao desenho em CAD. Esta opção será aprendida em treinamento avançado.

Telas de coordenadas de posição

Há três tipos de telas de posicionamento.

Ponto-chave:

Verifique uma clara compreensão das telas de monitoramento da posição. Esse conhecimento é absolutamente necessário para eficiência, preparação e operação seguras.



Figura 3-15 Quando você não pode ver a ferramenta de corte, monitore o progresso com gráficos na tela.

1. Tela de coordenadas de máquina (coordenadas da máquina)

Esta tela mostra a posição do eixo-árvore ou ferramenta com relação ao zero máquina, independentemente de qualquer posição de referência do programa que tenha sido estabelecida. Coordenadas da máquina são usadas principalmente para funções de preparação, localizando o PZP e alinhando dispositivos de fixação. As coordenadas de máquina estão disponíveis mesmo em máquinas que não requerem uma operação de referenciamento. Coordenadas da máquina são usadas para verificar os principais itens, como a folga ao cabeçote móvel em tornos ou quando está se aproximando do deslocamento total do curso de um eixo. É improvável que você use coordenadas da máquina para monitorar um programa em andamento, pois as distâncias referem-se à posição da máquina em vez da posição da peça de trabalho.

2. Tela de posição de coordenadas de trabalho (coordenadas de trabalho)

Esta é a tela mais provável de ser exibida durante a execução do programa. A posição atual da ferramenta é mostrada em relação ao PZP selecionado. Esta e a **tela de distância a percorrer** (DAP) são as telas mais comuns.

3. Tela de distância a percorrer

É a quantidade de deslocamento que falta para completar a linha de comando atual. Esta tela é extremamente útil ao testar um novo programa. Usada em conjunto com o modo de bloco simples e o controle de sobrepassagem de avanço e movimento rápido, um bloco de comandos pode ser lido e começado e, então, interrompido em uma posição desejada. Em seguida, com a distância restante a percorrer sendo exibida, o operador pode medir fisicamente a distância entre a ferramenta e a placa, por exemplo.

Telas divididas e combinadas

Várias combinações destas telas podem ser selecionadas pelo operador. Por exemplo, durante a

execução de um programa pronto, os operadores irão muitas vezes exibir a máquina, a DAP e as coordenadas do trabalho junto com o progresso gráfico.

Por exemplo, um programa está sendo experimentado pela primeira vez. No lado esquerdo da tela, a ferramenta foi comandada para 2,000 polegadas para frente no eixo Z na direção da placa. Para verificar a segurança do comando, o operador para o movimento da ferramenta e seleciona a distância a percorrer no lado direito da tela.

Suspendendo o movimento do eixo, a tela mostra que falta 1,575 pol. para completar o bloco. Em seguida, usando uma escala, o operador mede a diferença entre a ferramenta e a placa para determinar que mais de 1,575 pol. realmente existe antes de reiniciar a rotação e o acionamento dos eixos, permitindo a conclusão do comando.

Controles de sobrepassagem (override)

Há três funções em um painel de controle CNC que permitem ajuste fino para rpm do fuso e ta-

xas de movimento do eixo. Já falamos sobre a **sobrepassagem** rápida que ajusta as taxas de jog e também a taxa de movimento rápido durante um programa.

Ponto-chave:

Cuidado

Na Figura 3-16, pare o eixo-árvore antes de tentar medir a distância física que falta para percorrer.

Note que a sobrepassagem de movimento rápido pode ser ajustada até zero (um método para parar uma máquina CNC quando encontra o próximo comando de movimento rápido no programa). Colocando o botão de sobrepassagem zero, a máquina irá completar os comandos com avanço programado atual até encontrar um comando de movimento rápido, em cujo ponto a máquina para de se mover até que a sobrepassagem seja ligada novamente (Fig. 3-17).

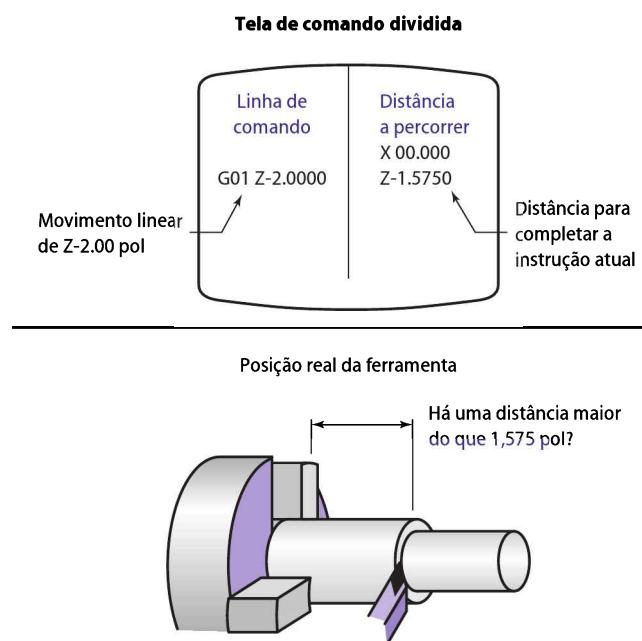


Figura 3-16 Este torno CNC foi comandado para mover 2,0 pol. negativo ao longo do eixo Z – parte esquerda da tela dividida. A tela da direita mostra que falta 1,575 pol. para concluir o comando.



Figura 3-17 O controle de sobrepassagem de movimento rápido é usado para reduzir o movimento rápido e os comandos manuais de jog.



Figura 3-18 A sobrepassagem da rotação do fuso pode reduzir a rpm a partir de um mínimo de 5% a 10% da taxa programada ou aumentá-la até 150%.

Ponto-chave:

Sobrepassagem de movimento rápido Apesar do movimento mais rápido possível ser desejado para reduzir os tempos de ciclo, a velocidade rápida é diminuída durante o primeiro teste de um programa.

Sobrepassagem da rotação do fuso

Este controle funciona durante o uso manual do eixo-árvores e durante os programas (Fig. 3-18). Note que ele não só diminui a rpm abaixo da taxa programada, mas pode aumentá-la de 150% a 200% acima do que foi inserido.

Sobrepassagem do avanço

Este botão funciona de forma semelhante ao controle de rpm do eixo. É possível ajustar de zero até

150% do que foi programado (a menos que a máquina já esteja no seu limite de avanço).

Revisão da Unidade 3-2

Revise os termos-chave

Chave multiplicadora (controle de taxa)

Interruptor de três ou quatro posições que define o avanço de jog por salto ou pulso.

Gerador de pulso manual (GPM)

Indicador rotativo que tem muitas posições finitas (cliques) representando um salto do eixo selecionado.

Jog

Movimento manual do eixo CNC instruído pelo operador.

Limite de hardware

Extremidade de emergência do curso do eixo.

Limite de software

Interruptor que para o alcance normal da deslocação do eixo. Não há consequência em atingir esse interruptor além de parar o eixo.

Parada de eixo

Pequeno botão vermelho que para todos os movimentos do eixo sem consequência para as outras funções ou para o programa.

Sobrepassagem

Volante de controle usado para fazer um ajuste fino do avanço, movimento rápido e rpm do eixo.

Teclas de hardware

Teclas de entrada designadas no painel de controle.

Teclas de software

Chaves de controle posicionadas logo abaixo da tela que assumem diferentes funções, dependendo do modo e da página selecionada.

Tela de distância a percorrer

Tela que mostra a quantidade de deslocamento que falta para completar o comando atual.

Reveja os pontos-chave

- Em alguns comandos, o modo de edição é usado na criação de um novo programa a partir do teclado do comando. Em outros, a entrada do programa é feita em modo MDI.
- Uma vez que um eixo esteja no limite de software, um comando na direção inversa não requer um prefixo especial ou ação.
- Limites de software são as fronteiras normais do envelope de trabalho visto na Figura 3-11.
- **Cuidado!** Não tente mover um eixo até seu limite sem determinar se a máquina possui os dois limites de software e hardware. Bater nos limites de hardware sem a desaceleração dos limites de software em alta velocidade é um acidente!

- A força por trás do eixo é grande, e um entendimento muito claro dos comandos é necessário antes de tentar usá-los.

• Há uma diferença entre parar e suspender. Suspender implica que a ação é temporária e normal. Por exemplo, medir uma dimensão fundamental, para mover um grampo ou para adicionar refrigerante.

• Saber a diferença entre os três conjuntos de coordenadas em um comando CNC – máquina, trabalho e distância a percorrer – é absolutamente vital para a preparação e a operação.

• Sempre pare o eixo-árvore antes de tentar medir fisicamente a distância a percorrer.

• Apesar do movimento mais rápido possível ser desejado para reduzir os tempos de ciclo, a velocidade rápida é reduzida durante o primeiro teste de um programa.

Responda

1. Descreva a diferença entre os botões vermelhos e grande pequeno.
2. O que uma manivela GMP faz?

Questões de pensamento crítico

3. Além de executar um programa armazenado, qual é o único método de movimento do eixo que pode fazer curvas ou mover dois ou mais eixos simultaneamente?
4. Identifique o controle mestre que habilita certas funções enquanto proíbe outras.
5. Dos três controles de sobrepassagem, qual não pode ir além de 100%? Por quê?
6. Porque algumas máquinas não requerem inicialização?
7. Um programa está sendo experimentado pela primeira vez em um centro de usinagem vertical. Durante um movimento rápido, a parada de eixo é tocada, e os eixos são lidos na tela da DAP: X1.5065 Y0.0055 Z1.0030. Com o fuso parado, a ferramenta está a 1,030 pol. acima da superfície de

trabalho. É seguro permitir que esse comando continue?

8. O que a *tela de coordenadas de máquina* significa para o operador?
9. Sua máquina se recusa a ligar. Não há ação ao tocar no botão de início. Qual pode ser o problema?
10. Executar um jog de um eixo manualmente pode ser feito de três modos. Cite-os.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Unidade 3-1

Apesar de tentarmos descrever os vários comandos de uma maneira geral, cada máquina é diferente. Mesmo duas do mesmo fabricante podem ter diferenças relevantes em seus sistemas operacionais. Por mais improvável que isso possa parecer, eu estive em tal situação. Indo de uma máquina para outra, eu tinha que lembrar qual das duas eu estava operando.

Uma necessitava ligar a hidráulica em separado, o que tinha de acontecer após a inicialização do comando. A outra inicializava a hidráulica automaticamente. A primeira não tinha aviso de pouca lubrificação, enquanto a segunda tinha. Havia outras diferenças também, apesar de serem máquinas externamente idênticas.

Unidade 3-2

No problema 15, na sequência, vamos pedir para você identificar os controles básicos de um comando em seu laboratório ou oficina. Isso é mais do que um exercício acadêmico. Você fará a mesma orientação rápida por novos equipamentos por toda a sua carreira.

Apesar de esses comandos universais com certeza virem a se tornar ainda mais compacto do que a unidade CIR mostrada anteriormente, eles selecionam cuidadosamente as funções que devem estar

presentes em qualquer máquina em um futuro previsível. Aprenda a encontrá-los primeiro; eles são os controles de que você precisará para ter segurança e eficácia o mais cedo possível.

A melhor política é primeiro ler as instruções de partida e controle do manual de operação. Ou, se você não tiver certeza pergunte ao seu supervisor ou outro mecânico que esteja familiarizado com a máquina.

Questões e problemas

1. Em uma folha de papel, identifique os comandos CNC, de A a H, na Figura 3-19 e descreva as funções de cada um.
2. Descreva os limites de *hardware* e os limites de *software* com 10 palavras ou menos.

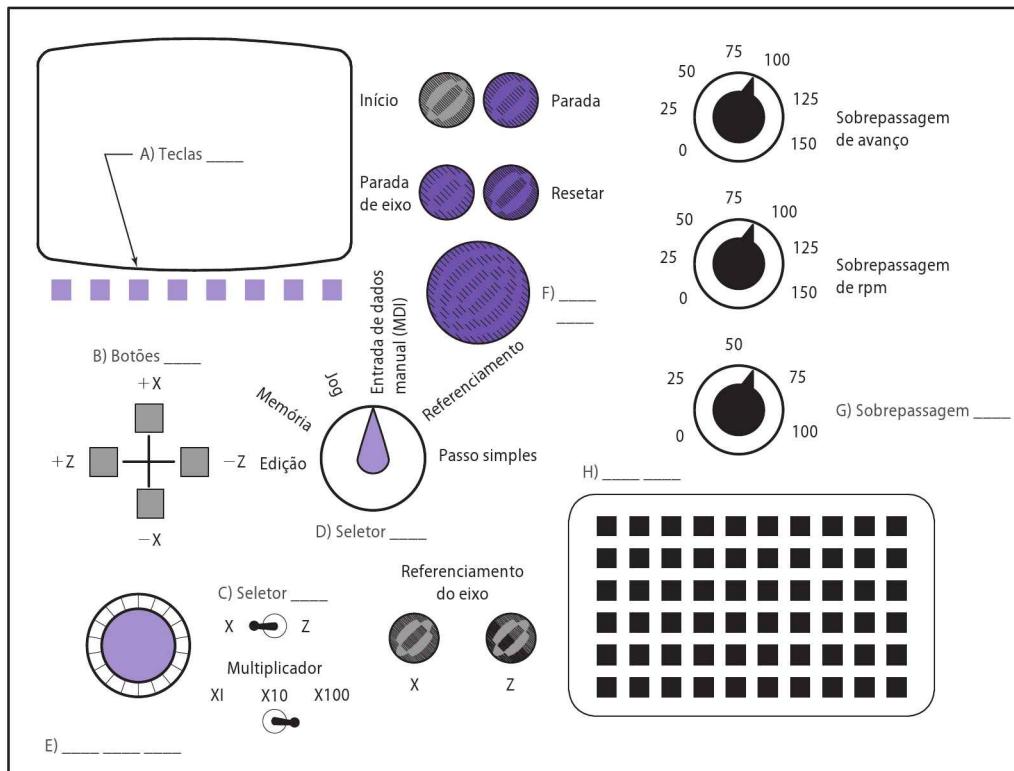


Figura 3-19 Identifique os controles indicados e suas características.

Questões de pensamento crítico

3. Verdadeiro ou falso? Uma fresadora CNC deve ser referenciada de forma a ajustar no vídeo as coordenadas de trabalho X , Y , Z para zero. Essa afirmação é verdadeira ou falsa? Caso seja falsa, qual seria a afirmação verdadeira?
4. Antes de ligar uma máquina CNC, cite quatro itens que devem ser checados.
5. Cite duas tarefas que devem ser realizadas para realizar uma *edição* de programa.
6. Sem olhar no livro, cite outros modos de seleção além de *edição*.
7. Cite 5 possíveis métodos para mover uma máquina CNC (não usando programa armazenado).
8. Qual botão para todo movimento do eixo *sem consequência* para o programa? (No en-
- tanto, pode haver uma consequência para o trabalho.)
9. O que aconteceria durante um corte em progresso se você apertasse ou virasse
 - A. Sobrepassagem de movimento rápido para zero?
 - B. Sobrepassagem de avanço para zero?
 - C. Rotação do fuso para 125%?
 - D. Parada de emergência?
 - E. Modo de bloco simples?
10. O que o limite de *hardware* previne?
11. Verdadeiro ou falso? Usando o GMP na máquina com resolução de 0,0001 pol, você deseja aumentar a taxa de 0,001 para 0,010 pol. por clique. Você deve selecionar o multiplicador

- X10 do seletor de modo. Essa afirmação é verdadeira ou falsa? Caso seja falsa, qual seria a afirmação verdadeira?
12. Quais funções CNC podem ser sobrepassadas pelo operador?
 13. Identifique, na Figura 3-20, os três controles CNC que trabalham juntos e explique seu propósito.
 14. Não contemplado diretamente na leitura: Você está prestes a experimentar um novo programa. A partir do que você aprendeu, nomeie os controles do painel e as telas de vídeo que você usará.
 15. Usando proteção apropriada para os olhos, observe uma ou mais máquinas CNC em seu

laboratório e faça uma lista dos controles e funções que você reconheça, em comparação com o comando genérico. Note que pode haver nomes diferentes e outros controles não discutidos aqui.

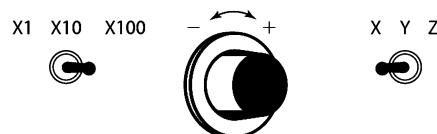


Figura 3-20 Identifique o nome e o propósito destes três controles CNC que trabalham juntos.

RESPOSTAS DO CAPÍTULO

Respostas 3-1

1. Máquinas mais antigas com falta de posicionamento absoluto ou aquelas sem um sistema de realimentação devem atingir um saldo zero para as unidades de eixo e torres de ferramentas antes que elas possam começar a operar.
2. Inicialização (ligar a máquina).
3. Para forçar o operador a limpar a condição pela qual foi originalmente batido, se fosse uma emergência.
4. O nível de *operação* não irá permitir alterações na preparação. CNC ou ciclos automáticos – mas deixará todos os eixos lentos.
5. O pendente é para movimento manual da máquina durante preparação – o CIR é um comando totalmente CNC, mas muito compacto.

Respostas 3-2

1. O botão vermelho grande é uma parada de emergência. Ele retira a energia da máquina permanentemente. O botão vermelho pequeno é para parada do eixo (suspenção de avanço). É uma parada temporária, normal antes de retornar a usinagem.
2. É um método de mover manualmente um eixo, girando o volante.
3. Uma linha de comando MDI escrita em um teclado.
4. O seletor de modo.
5. O controle de movimento rápido, pois isso é tudo que a máquina pode fazer.
6. Elas têm consciência de posicionamento o tempo todo (posicionamento absoluto), portanto, elas “acordam” sabendo onde seus eixos e ferramentas estão localizados.
7. Não. A ferramenta não atingirá a superfície de trabalho (neste momento), uma vez que irá parar o movimento rápido com 0,027 polegada faltando antes de atingir o trabalho. No entanto, isso é muito perto para um programa seguro. Alguma edição pode estar em ordem.

8. Distância do eixo/rotação do zero da máquina.
9. Botão de emergência ainda desligado (mais provável); disjuntores principais desligados.
10. Contínuo, incremental (saltos) e volante (gerador manual de pulso – GMP).

Respostas para as questões de revisão

1. a. Teclas de *software* – funções de teclado com entradas variadas.
b. Botões de jog – movimento manual contínuo ou incremental do eixo.
c. Seletor de eixo – seleciona o eixo a ser movido.
d. Seletor de modo – seleciona a atividade de operação.
e. Gerador manual de pulso (GMP) – controle do eixo selecionado na taxa selecionada pela chave multiplicadora.
f. Botão de emergência.
g. Sobrepassagem de movimento rápido – abaixa a velocidade de movimento rápido de 100% para 0%.
h. Teclas de *hardware* – teclas de entrada designadas.
2. *Limits de hardware* – o final do curso do eixo; *limits de software* – o final do envelope de trabalho normal.
3. Essa afirmação é *falsa* por duas razões! Algumas máquinas não necessitam de ciclo de referenciamento, uma vez que sempre sabem as posições de coordenada da máquina. Além disso, o referenciamento não tem nada a ver com ajustar as coordenadas de trabalho para zero. Elas são coordenadas ao PZP atual dentro do envelope.
4. Verificação antes de ligar: ar, refrigeração, fluidos e chaves de parada de emergência que devem ser liberadas.
5. Selecione editar no seletor de modo. Carrege o programa a ser editado no *buffer* de edição.
6. Vários modos de controle: referenciamento, jog, automático/programa/CNC, passo simples, entrada manual de dados, edição, memória.
7. Do GMP, jog contínuo, jog incremental, avanço contínuo de uma entrada MDI.
8. Parada de eixo ou sobrepassagem de avanço.
9. a. Sobrepassagem de movimento rápido para zero: A máquina iria continuar a usinagem até que um movimento rápido fosse encontrado no programa; então, ela iria parar.
10. Limites de *hardware* previnem a máquina de atingir o limite físico de deslocamento em um eixo linear.
11. É falsa por duas razões: O multiplicador não está no seletor de modo, e o multiplicador seria de 100, não de 10.
12. A maioria dos comandos de CNC permite que o operador sobreponha a rpm do eixo-árvore, o avanço e a velocidade de movimento rápido.
13. O gerador manual de pulso (GMP) move o eixo selecionado em pequenos incrementos ou o avança continuamente girando o indicador. O seletor de eixo. O multiplicador seleciona a taxa de múltiplos que cada pulso irá saltar.
14. Primeiro, um teste *a seco*, usando a tela gráfica com os eixos bloqueados ou com bloqueio de eixo. Então, com uma ferramenta na máquina, selecione a tela que mostra o quanto falta para indicar o quão longe cada eixo vai se deslocar para completar o comando atual; a seleção de modo de bloco simples; o botão de início para começar cada novo bloco; e os botões de sobrepassagem de avanço e de movimento rápido para se aproximar lentamente do trabalho e da fixação.



» capítulo 4

Operando uma máquina CNC

Assumir o comando de uma máquina de produção é uma grande responsabilidade. Isso significa produzir um trabalho de qualidade a uma taxa que gere lucro. Mas não é só isso, você deve ter segurança, guardar registros de produção e fazer a manutenção da máquina e da área de trabalho. Este capítulo e o próximo fornecem as informações e habilidades necessárias. Contudo, eles também são organizados para ensinar mais do que um operador precisa para executar a produção; eles visam ao treinamento para a carreira.

Objetivos deste capítulo

- » Identificar as intruções de localização PZP.
- » Determinar a fixação do ferramental baseado em pontos de referência e PZP.
- » Selecionar o ferramental de corte dentro dos parâmetros de trabalho.
- » Definir dois tipos de programas de compensação.
- » Ler os requisitos especiais de trabalho.
- » A partir do manual do operador, classificar alarmes.
- » Executar ações corretivas.
- » Fazer um plano de 3 estágios para falha – praticar paradas de emergência.
- » Procurar meios para melhorar o tempo de troca de peça a peça.
- » Listar os meios de monitoriar o funcionamento CNC.
- » Desenvolver operação proativa permanecendo alerta.
- » Selecionar e usar o melhor método de monitoramento para a máquina e o tipo de controlador.
- » Usar páginas de histórico da ferramenta, entrar com ajustamentos corretos.

Normalmente, na indústria, é dado aos novatos o trabalho de colocar as peças em uma configuração já feita por um supervisor. Você irá pressionar o botão verde e esperar até que o programa termine para substituir a peça por outra. Essa é conhecida como a fase de *apertador de botão* da sua carreira. Embora esse não seja o maior desafio, não subestime o potencial de aprendizado; há uma abundância de valiosos conhecimentos e experiências a serem adquiridos.

Não importa qual seja o objetivo da sua carreira em produção ou engenharia, o tempo gasto operando uma máquina CNC vale a pena. Programadores, ferramenteiros, pessoal de instalação e supervisores têm uma bagagem mais completa e podem fazer seus trabalhos de forma mais eficaz se sabem como colocar as máquinas em funcionamento e mantê-las trabalhando. As unidades deste capítulo fazem as duas coisas: elas te ensinam como operar corretamente a máquina e como aprofundar o seu conhecimento para a progressão na carreira.

» Unidade 4-1

» Planejamento CNC

Em uma pequena oficina ou um laboratório técnico, você irá planejar e executar seu próprio programa. Isso significa que você saberá todos os fatos sobre a configuração e a trajetória da ferramenta quando tentar fazê-lo pela primeira vez. Desde o início, você saberá quais ferramentas de corte serão usadas e quais são seus números, onde o PZP está localizado e a sequência de eventos. Antes de escrever o programa, você planejou tudo. O ponto é que não há fatos para descobrir.

Na indústria, porém, antes do trabalho chegar à oficina, várias pessoas trabalharam nele. O planejador, o programador e o pessoal de configuração e ferramental, todos fazem escolhas que afetam o trabalho; toda a comunicação deve ser claramente entendida, ou o desastre é certo.

Na maioria das oficinas, os fatos de instalação e operação são registrados em um documento semelhante a uma ordem de serviço. Em algumas oficinas, o documento CNC pode ser parte da ordem de serviço, mas é normalmente separado, porque ele muda com uma frequência maior do que uma ordem de serviço normal.

Termos-chave:

Compensação

Ajustar um programa para acomodar um certo raio de corte.

Compensação negativa

Deslocamento negativo aplicado a um programa de linha de centro do cortador para trazer o dispositivo de corte mais perto da geometria da peça.

Deslocamento

Número variável inserido no controlador da memória de ferramenta pelo operador. O programa identifica o deslocamento pelo número de ferramenta ou por uma palavra código do programa.

Deslocamento do raio

Distância de tangência da geometria da peça para os cortadores de torno ou a fresa.

Geração

Trajetória de corte circular que cria na peça um raio maior do que o raio do cortador. O movimento preferido para conformar.

Interferência de flanco

Compensação desafiadora em tornos em que o controlador tem que evitar o contato dos lados da ferramenta com a peça.

Linha de centro do cortador (trajetória de corte)

Programa compensado pouco comum em que um certo raio de corte tenha sido executado na trajetória, mas pode ser compensado com um deslocamento. Veja Compensação negativa.

Observações

Notas incorporadas ao programa.

Orientação da ferramenta

Direção para onde a ferramenta do torno está apontando.

Parada opcional (parada opc)

Dado o código de parada correto ao programa, o operador pode optar por parar em determinados locais ou desligar e executá-lo por meio da parada.

Programa com compensação

Programa preparado para procurar por deslocamentos.

Programa de contorno da peça

Programa com base em deslocamento de compensação positivo afastado do contorno da peça. O tipo de programa mais comum.

Reentrância

Detalhe interno que define o limite superior para o raio de corte.

Ver à frente

Habilidade do controlador de prever problemas de interferência na geometria da peça com a entrada do cortador no alojamento.

Vetor de inclinação da ferramenta/de abordagem

Define a orientação da ferramenta do torno na configuração, como a forma de se aproximar e de se afastar da peça durante a compensação.

A informação vital que você deve ter

Um documento CNC transmite dois tipos de informação:

Fatos de configuração da máquina

Essas instruções essenciais são encontradas em dois possíveis locais:

- Documento em cópia impressa
- Observações embutidas dentro do programa

Instruções de execução do programa

corte irão ocorrer, e haverá um corte específico que irá realizá-los. Por exemplo,

T01 = 60 pol. fresa frontal de pastilha de metal duro,

Operação #N015 até N240,

Faceamento na superfície superior

Além da informação habitual da ordem de serviço encontrada cabeçalho do documento impresso – número da peça e revisão, tipo de material e a condição de tratamento térmico, tamanho de grão e tipo de material (fundidos, forjados, barras, etc) e quantidade de peças –, o documento CNC lista:

- *Código de identificação do programa com nível de revisão* (veja a Dica da área)
- *Localização do programa* – computador central, disco, fita e outros
- *Máquina específica para a qual é processado*
- *Gabaritos/dispositivos* com números de identificação para este trabalho
- *Tamanho da matéria-prima, liga e condição de tratamento térmico*
- *Ferramental padrão requerido* junto com seus números de ferramenta no programa
- *Ferramental personalizado requerido* e seu número de ferramenta
- *A localização PZP na configuração*
- *Localização específica e tipo de mandril/fixadores/gramos de ferramentas* – este é um fator importante, porque o programa os espera em um certo lugar e altura, acima da peça
- *Sequência de eventos*
- *Qualquer instrução especial específica para o trabalho*

Por exemplo,

- *Trocar o grampo* em uma parada no meio do ciclo
- *Alerta sobre grandes cavacos* que voarão para fora da peça em um certo ponto do programa
- *A peça deve ser rotacionada ou reposicionada* no mandril em um certo ponto de parada

Diferenças de uma ordem de serviço padrão

Primeiro, você perceberá que as sequências de operação passo a passo se foram. Esses fatos permanecem dentro da estrutura do programa. Em seu lugar, você encontrará detalhes sobre a sequência geral em que conjuntos de operações de

- Uma dimensão-chave que deve ser medida em um certo ponto de parada

Ponto-chave:

A documentação CNC prevê possíveis problemas, elimina a adivinhação e faz o trabalho funcionar bem com o mínimo de perigo e experimentação.

Quando um programa é editado, o nível de revisão deve ser incluído no cabeçalho do programa e também no documento de configuração. O nível de revisão de um programa pode ser rastreado por data e hora ou por um número/letra de revisão, assim como no desenho, ou um número serial.

Observações de operação dentro do programa

A maioria dos controladores dedicados e todos os controladores baseados em PC permitem **observações** a serem incorporadas no programa, as quais podem ser enfatizadas por caracteres em negrito ou piscantes (se comandadas a fazê-lo) na tela no momento certo. Além de fazê-las aparecer no melhor momento para serem notadas, as observações embutidas podem ser facilmente atualizadas pela oficina conforme melhores ideias vão sendo encontradas. (Verifique a política para editá-las.)

Dica da área

Revisão de programa Editar e acompanhar atualizações do programa são enormes problemas no trabalho CNC. Nós frequentemente melhoramos um programa várias vezes ao executá-lo pela primeira vez. Deverá haver uma política muito bem definida sobre quem irá editá-los e quando eles serão alterados e, especialmente, como os dados serão gerenciados. Pequenas edições, como alterações na velocidade de avanço, podem ser permitidas ao operador ou supervisor. Porém, essas mudanças devem ser comunicadas ao departamento de programação, e o nível de revisão do programa deve ser atualizado se elas forem incorporadas. *Grandes mudanças geralmente são feitas apenas pelo programador, e elas devem ser formalmente documentadas.* Devido ao potencial de embaralhamento de dados, algumas empresas não permitem aos operadores editar.

Ponto-chave:

- a. Ao igualar o nível de revisão no cabeçalho do programa com a documentação CNC, o cruzamento de dados pode ser evitado.
- b. Quando um trabalho e um programa estão completos, deverá haver também uma política sobre o que fazer com o antigo programa armazenado permanentemente na memória da máquina. Deixá-lo lá é arriscado! Requer-se com maior frequência que seja apagado ou retornado para o departamento de programação.
- c. Revisões de programas devem ser rastreadas no cabeçalho do programa para ter certeza de que o dado está na versão requerida.

Cada controlador tem sua própria maneira de colocar essas mensagens de lado sem tentar lê-las como comando do programa, aqui estão os dois métodos mais comuns:

1. REM: *Isto é uma observação especial*

Final da REM:

O controlador mostra, mas ignora as palavras entre REM e Final da REM. O controlador reconhece a REM como um suporte.

2. (*Isto é uma observação especial*)

O controlador mostra, mas ignora todas as palavras dentro dos parênteses.

As observações são colocadas no programa como advertências ou avisos de eventos especiais ou podem descrever a melhor ou mais segura forma de executar o programa (Fig. 4-1). Para um tra-

```
(PROGRAMA 256-56b - PROGRAMA 2)
(REFISÃO 12 JAN - 2006)
(PZP @ CIE - CANTO INFERIOR ESQUERDO, TOPO DA PEÇA)
G80 G90 G40 G20
S2000 F20.0
N005 T01 M6 (FRESA DE TOPO DE DIA 0.5, DUAS ARESTAS)
N010 M3 M7
N015 G0 X1.00 Y2.500 (PARA O TOPO DO RAIO)
N020 Z.25
N025 G01 Z-.250
```

Figura 4-1 As instruções CNC podem ser incorporadas e destacadas no programa.

Ihô simples, um documento completo CNC pode ser nada mais do que algumas linhas de comentários no programa, talvez acompanhadas por um esboço semelhante ao da Figura 4-2. Contudo, a documentação também pode ser composta de várias páginas de informações importantes. Vamos examinar agora cada categoria.

A localização do PZP

No topo da lista, em imagens e/ou em palavras, a localização do PZP será anotada. Além disso, o método de localização de múltiplas peças em um lote, de tal modo que cada uma esteja na configuração com a sua referência e o PZP em uma posição de repetição constante.

A configuração específica que cria o PZP pode ser parte da instrução ou pode ser deixada para o operador. A Figura 4-2 mostra dois pinos de um lado da peça e um terceiro no outro lado, juntamente com um local de fixação. Se você esquecer esses detalhes, um dos dois problemas pode acontecer:

1. Cuidado!

Um acidente pode acontecer se o cortador atingir uma posição errada na peça ou mesmo tentar cortar os dispositivos de fixação. Esse é um erro incomum, porque o perigo é óbvio.

Usinagem Hill - Documentação CNC						
Desenho # 106-54-309	Revisão A	Programa # 106-54	Revisão do programa 22			
Quantidade de peças 50	Material Alu	Programador Fitz	Data 2-2004			
Dispositivos de fixação		Notas				
T01 Frese de topo de dia 0.5 com duas arestas	T02 Broca helicoidal 5/16 pol.	T03 Alargador 3/8 pol.	T04			
T05	T06	T07	T08			
T09	T10	T11	T12			
T13	T14	T15	T16			
Instruções especiais	Peças são pré-usinadas com arestas de referência acabadas, o programa executa o perfil					
Esboço de preparação do PZP						

Figura 4-2 Configuração típica CNC e documento de execução.

2. Variação introduzida

Este é um problema muito mais sutil e comum para novatos, em que tolerância desnecessária é aplicada. Para entender esse potencial, responda às questões críticas.

Questões de variação introduzida

O trabalho é broquear com CNC três furos em um lote de peças, como mostrado na Figura 4-3. No desenho, note que os três furos devem ser posicionados em relação a dois pontos de referência e que sua interseção deve ser configurada como a posição PZP para este trabalho. Para este exercício, a peça foi pré-fresada no esquadro, e o raio já está usinado no canto esquerdo.

As posições 15,0 mm e 20,25 mm são básicas para a posição do furo. O comprimento total de 75,0 mm tem uma tolerância frouxa de 1 mm.

A configuração na Figura 4-3 irá cumprir a meta. O mordente fixo da morsa proporciona a referência A, enquanto o batente estabelece a referência B. No entanto, pela configuração incorreta do batente no lado errado da peça, como é mostrado na Figura 4-4, o operador inverteu o posicionador B em relação ao PZP. O posicionador do referencial A está correto, mas o posicionador do referencial B está agora na extremidade errada.

Questão Quais são as consequências desse erro? Nenhum acidente irá ocorrer, porque a peça é quase simétrica. Contudo, nessa configuração, em quanto a distância final de 15 mm seria perdida com relação ao referencial B?

Resposta A distância final do referencial B pode ser deslocada no valor da tolerância para o comprimento total da barra, de mais ou menos 1,0 mm. Isso é maior do que a tolerância do espaçamento do furo à extremidade. O resultado é que o padrão de furos se deslocará para a esquerda ou para a direita com a variação do comprimento total das peças.

Ponto-chave:

Com o locator de face B posicionado incorretamente, os furos serão agora referenciados a partir da extremidade direita, e não da extremidade crítica esquerda, o elemento de referência B.

Esse tipo de erro é óbvio, mas este próximo não é. Na tentativa de continuar utilizando a configuração errada, o comprimento de todas as peças brutas foi pré-usinado no comprimento de 75,0 mm dentro de uma tolerância extremamente apertada de 0,01 mm antes da operação de perfuração CNC.

A configuração correta

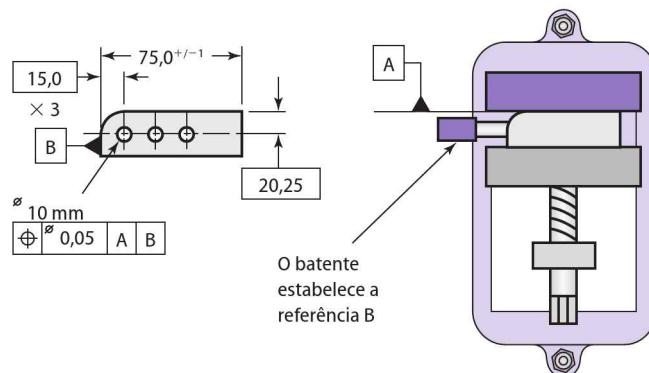


Figura 4-3 O posicionador do referencial da peça está colocado corretamente. Todas as peças reproduzirão a posição PZP.

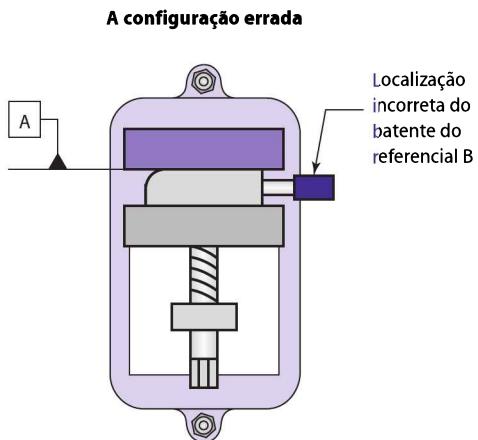


Figura 4-4 Qual variação isto causa?

Questão As peças brutas estão agora muito próximas de 75 mm. Então, agora, aquela configuração de locator de fim não pode ser usada? Pense nisso e você ganhará um conceito CNC importante.

Resposta Não importa o quanto perto da dimensão de 75 mm as peças brutas foram usinadas, a variação do comprimento ainda existe. Em função disso, cada peça posicionada inicia com uma variação introduzida na extremidade esquerda, por meio do que, se o PZP foi corretamente localizado no lado esquerdo, a única variação para as posições dos furos seria devida somente à perfuração.

Na tentativa de fazer funcionar o trabalho de configuração planejado erroneamente, o custo por peça foi desnecessariamente aumentado por operações extras, enquanto a qualidade foi reduzida! Algumas peças serão sucata em potencial devido ao efeito combinado da variação final do furo e a induzida. Normalmente, essas questões PZP terão sido resolvidas pelo programador e pelo fabricante da ferramenta antes que um operador receba a tarefa.

Ponto-chave:

A localização PZP e o método de fixação são os fatos mais básicos.

Conversa de chão de fábrica

Economia das ferramentas CNC sobre as

NC Máquinas CNC têm a fantástica capacidade de adaptar o programa para o conjunto de ferramentas de corte disponíveis na oficina e, ainda, produzir o tamanho e formato exatos da peça.

Por exemplo, quando fresas são reafiadas, os seus diâmetros são ligeiramente reduzidos. Mas, com programas corretamente preparados, os controladores modernos podem **compensar** (ajustar) os movimentos do programa para acomodar as diferenças do cortador (treinamento a seguir).

Essa capacidade economiza muito dinheiro em custos de ferramentas em comparação com a necessidade pré-computador de usar apenas cortadores com o diâmetro exato.

Tipos e tamanhos das ferramentas de corte

Na maioria dos casos, utilizando um controlador CNC moderno, o conjunto de ferramentas de corte descrito no documento CNC é uma diretriz para tamanho e forma. A ferramenta real selecionada pode variar dentro de limites pequenos. Depois de um pouco de Conversa de chão de fábrica sobre a economia obtida com essa habilidade, vamos explorar o papel do operador na seleção do cortador com base no documento CNC.

Seleção do cortador baseada no tipo de programa

Programas compensados Quando um programa é escrito, o programador tem um certo cortador em mente para torneamento ou fresagem. Porém, na maioria dos casos, o que está configurado na máquina não precisa estar no diâmetro, raio ou comprimento exatos originalmente escolhidos.

Para poder utilizar essa capacidade adaptativa, o programa deve ser corretamente preparado como um **programa com compensação da ferramenta**. Por enquanto, nós estamos preocupados com a

leitura do documento CNC e com a seleção de cortadores que irão funcionar corretamente dentre aqueles disponíveis. No Capítulo 5, vamos nos concentrar em encontrar os fatores de compensação e inseri-los no controlador. Vamos olhar primeiro exemplos de fresadora e, depois, de tornos.

Dois tipos de compensação de ferramenta Um programa é escrito em uma das duas possibilidades: linha de centro do cortador ou contorno da peça.

Ponto-chave:

É essencial que você saiba qual é o programa de contorno usado, já que o valor de corte que você deve introduzir na memória de ferramenta será bastante diferente, dependendo do tipo.

Ponto-chave:

Um programa de linha de centro do cortador desloca a ferramenta em um contorno afastado de um raio da ferramenta do contorno da peça.

Compensado ou

não compensado Se o programa de linha de centro do cortador é escrito com comandos de compensação, qualquer cortador pode ser usado, desde que esteja perto do tamanho para o qual foi escrito (e desde que ele possa se encaixar em todas as reentrâncias no contorno da peça).

Conversa de chão de fábrica

Em linguagem de oficina, muitas vezes encurtamos o termo "compensação do raio do cortador" para "compensação do cortador" ou apenas "compensação".

Programa tipo I – Linha de centro do cortador – Compensação embutida

Um tamanho específico de cortador é incorporado ao programa pelo sistema de CAM ou calculando e escrevendo manualmente os códigos de programação. O programa de **linha de centro do cortador** gera a linha tracejada mostrada na Figura 4-5. Esse contorno é calculado no momento em que é escrito.

Se a trajetória do cortador não está configurada com compensação, então, ele irá produzir a forma e o tamanho corretos somente se o cortador exato para o qual foi escrito for utilizado. Não compensado, se qualquer outro raio de corte é utilizado, a peça resultante será maior ou menor do que o esperado – o cortador roxo está menor e faz uma peça muito grande pela diferença de raio nos dois cortadores.

Além disso, utilizando o dispositivo de corte correto, à medida que se desgasta, o programa não compensado subsequentemente faz as superfícies da peça se tornarem progressivamente maiores devido ao desgaste. Há duas correções: mudar para um novo cortador de tamanho correto ou editar o programa para incluir a compensação.

Escrevendo programas para linhas de centro

– Mudanças pontuais Escrever um programa compensado manualmente, tal como na Figura 4-5, é um bom exercício para iniciantes. Para isso, cada ponto coordenado no contorno da peça deve ser deslocado para fora, para o centro do raio da ferramenta de corte (Fig. 4-6). Para escrever a trajetória de corte com uma fresa de topo de 1,00 pol., o ponto A, no contorno da peça, teve de ser deslo-

Linha de centro do cortador – Sem compensação

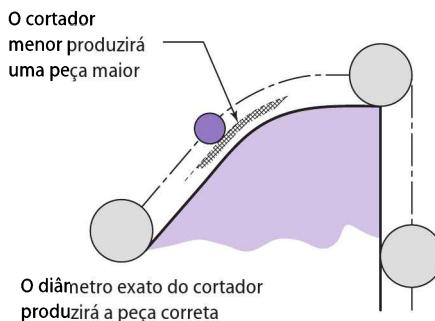


Figura 4-5 Um programa não compensado de linha de centro do cortador produzirá a peça correta apenas se o tamanho do cortador for exato.

Computando a trajetória da linha de centro da ferramenta

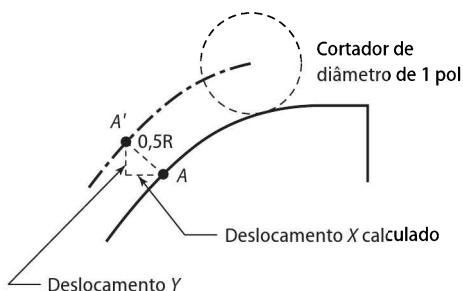


Figura 4-6 O ponto A na geometria da peça torna-se o ponto A' sobre a linha de centro da fresa. Ele é deslocado uma pequena quantidade tanto em X como em Y.

cado para o ponto A' (A principal) para compensar a distância de raio 0,50 fora da geometria da peça.

Ponto-chave:

Todas as compensações do programa, sejam elas para fresadora ou torno, baseiam-se em manter o raio de corte tangente ao contorno da peça.

Compensão negativa para programas de linha de centro O programa de linha de centro é ajustado inserindo a diferença do raio de corte destinando-o ao que foi escrito e o raio do cortador real colocado na máquina. Como tal, é muitas vezes chamada de **compensação negativa** ou *programa de compensação negativa*, já que o cortador real é quase sempre menor do que o dispositivo de corte de diâmetro exato escolhido pelo programador.

Se é utilizado o cortador no tamanho exato para o qual o programa foi escrito, não há necessidade de qualquer ajuste. Mas, por exemplo, na Figura 4-7, se uma fresa de topo com 0,725 pol. de diâmetro é utilizada para um programa escrito para um cortador de 0,750 pol. de diâmetro, a compensação, com base no raio, é inserida no controlador como *menos 0,0125 pol.* (a mudança radial requerida para aproximar-se da linha de contorno de 0,0125 pol.).

Linha de centro do cortador (compensação computacional)

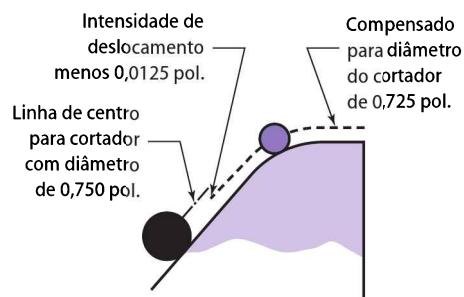


Figura 4-7 Um programa de linha de centro do cortador de 0,75 pol. de diâmetro usando um cortador de 0,725 pol. de diâmetro é compensado 0,0125 pol. para a geometria da peça.

Questão Para um programa de linha de centro do cortador compensado, qual ajuste deve ser inserido no controlador para um cortador de 1,060 pol. de diâmetro se o programa foi originalmente escrito para um cortador de 1,00 pol. de diâmetro?

Resposta O cortador real é maior do que o cortador programado, condição não usual. Portanto, tem de ser ajustado *com mais 0,030 pol.*, baseado no raio. O novo cortador deve se afastar a fim de permitir o maior diâmetro.

Ponto-chave:

Um programa de linha de centro do cortador não compensado pode ser editado para criar uma versão compensada.

Programa tipo II – Contorno da peça (coordenadas geométricas da peça)

Este segundo tipo de programa é, de longe, a versão mais comum na indústria – a trajetória do programa é o contorno da peça. Como mostrado na Figura 4-8, as coordenadas da peça são programadas diretamente a partir do desenho, sem qualquer afastamento do contorno pelo raio do cortador.

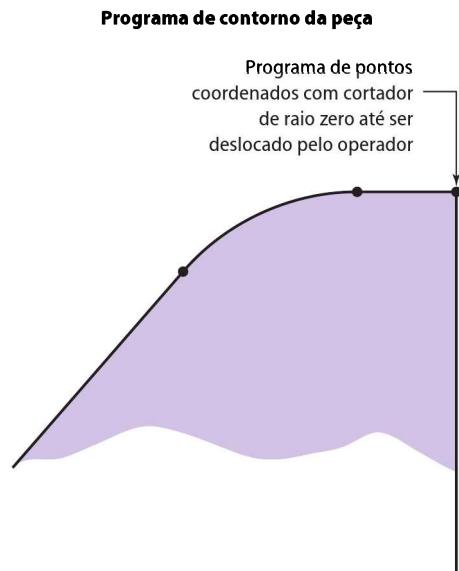


Figura 4-8 Um programa de *contorno da peça* cria uma trajetória de corte de deslocamento zero – diâmetro zero até ser descrito de maneira diferente com um deslocamento de compensação de raio.

Compensação positiva Para utilizar o programa de contorno da peça, o operador introduz o raio de corte real (ou, algumas vezes, o diâmetro, dependendo do tipo de controlador) na memória de ferramenta do controlador – como compensação positiva para a linha de programa.

Ponto-chave:

Utilizando programas baseados em contorno da peça, o controlador cria o contorno do corte, afastando-se do contorno uma distância igual ao **deslocamento do raio** da fresa encontrada na memória do controlador da ferramenta. O operador introduz esse deslocamento.

De fato, programas de linha de centro compensada e de contorno da peça são o mesmo, exceto pelo fato de que um programa de contorno da peça é escrito para um cortador de raio zero. Ele é posteriormente compensado para algum outro raio real quando usado no chão de fábrica.

Ponto-chave:

Um **programa de contorno da peça** é constituído por pontos coordenados mostrados no desenho. Embora possa ter um tamanho diferente, existe um tamanho do cortador indicado no documento CNC. É a escolha certa para produzir melhores resultados.

Programas de contorno da peça são comuns

Se o programa não é um programa de contorno da peça, esse fato deve ser anotado no documento CNC. Caso contrário, deve-se assumir um deslocamento positivo afastado do contorno da peça.

Por razões de segurança, a maioria das oficinas usa um ou outro, muito provavelmente o programa de contorno da peça, uma vez que eles necessitam menos matemática. Oficinas normalmente não misturam os dois tipos de programas, no entanto, algumas oficinas aceitam peças que vêm com o programa.

Conversa de chão de fábrica

Deslocamentos **Deslocamento** é um termo CNC usado para a variável que ajusta um programa para as condições reais que são impossíveis para o programador saber. Deslocamentos são usados para contabilizar a variação em diâmetros e comprimentos de fresas de topo e para o raio da ponta e a forma da ferramenta de torneamento.

Deslocamentos são inseridos na memória do controlador pelo operador. Deslocamentos não estão no programa, eles existem na memória do controlador da ferramenta. O programa preparado corretamente chama essas variáveis guardadas para compensar.

O deslocamento em análise é para compensação de raio. Você verá os outros também – por exemplo, deslocamentos de comprimento (Fig. 4-9). Por enquanto, lembre-se de que um deslocamento é uma variável armazenada no controlador que ajusta um programa para uma condição específica. O uso de deslocamento acrescenta grande flexibilidade para o trabalho CNC.

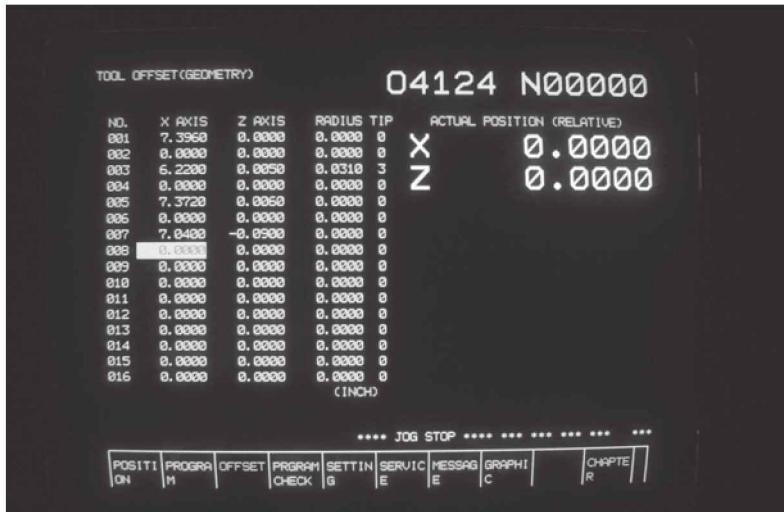


Figura 4-9 O comprimento da ferramenta e o deslocamento de raio são escritos dentro dos números de identificação das ferramentas.

Ponto-chave:

Para configurar uma máquina CNC, você deve saber que tipo de programa é usado – linha de centro do cortador ou contorno da peça.

Límites inferiores na variação do cortador

1. Torneamento mínimo

O raio da ponta da ferramenta está relacionado com a *boa qualidade de corte* até, e incluindo, o raio zero. Aqui é outra área em que a prática manual de torno é valiosa. Até agora, você deve ter experimentado diferentes raios de ponta para obter resultados com acabamentos diferentes e os antirruídos.

2. Fresagem mínima baseada na força de corte

O limite inferior para o diâmetro da fresa de topo é a força. O cortador deve sustentar as exigências, mas, por outro lado, um cortador menor produzirá sempre a forma correta se ele estiver corretamente compensado e for suficientemente longo.

Límites superiores para o raio do cortador

Para entender os limites superiores do raio do cortador, nós precisamos definir dois novos termos.

Geração versus conformação de uma curva Quando o cortador se move seguindo um arco, produzindo uma superfície curva, é denominado **geração** de forma. Compare com conformação, na Figura 4-10, em que o dispositivo de corte simplesmente deixa atrás de si a sua própria forma.

Reentrância Emprestado da carpintaria, o termo **reentrância** significa qualquer detalhe interno que devia ser produzido por fresagem ou torneamento de perfil. A ranhura é um bom exemplo da forma interna, como se vê na Figura 4-11. O cortador escolhido deve ser suficientemente pe-

Curvas de geração e de conformação

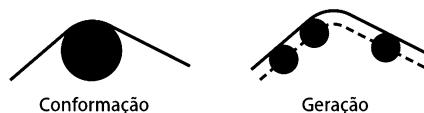


Figura 4-10 Geração versus conformação.

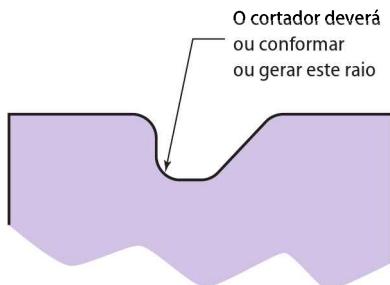


Figura 4-11 Uma reentrância interna é um conjunto de detalhes que requer ao cortador entrar e sair sem tocar nas paredes opostas.

queno para entrar e sair da reentrância sem tocar no lado oposto.

Ponto-chave:

Na maioria dos casos, geração é o processo de usinagem superior em termos de acabamento, além de evitar os cantos rebaixados, mas requer uma fresa com um raio menor do que a geometria da peça.

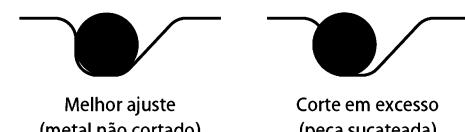
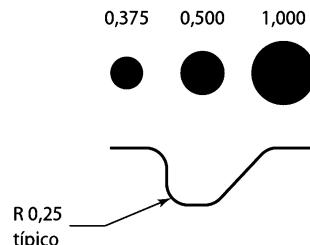


Figura 4-12 Apenas um cortador pode gerar o raio de canto; outro irá conformá-lo. O terceiro irá cortar um melhor ajuste, deixando metal não cortado, ou o controlador vai alertar e parar com um erro de geometria (dependendo do controlador).

Usando um controlador de nível muito baixo, quando o cortador de 1,0 pol. seguir a linha inclinada para baixo, ele irá invadir a superfície vertical próxima e cortar a mais. Um cortador que é muito grande para caber na reentrância fará uma peça incorreta.

Atualmente, a maioria dos controladores CNC pode prever o próximo evento de interferência ao examinar o contorno da peça e o raio do cortador. Dependendo do nível do programa em seu controlador, haverá:

Ocorrência de erro – alguns irão causar um código de erro e parar a usinagem.

Melhor adequação – alguns tomarão o maior cortador possível na reentrância e, então, sairão sem cortar a mais o lado oposto da reentrância. A peça não será da forma certa, mas não será sucata também.

Sucateamento – controladores de nível mais baixo não verão o problema. Eles produzirão sucata atrás de sucata se o cortador C (Fig. 4-12) for usado.

Regra de diâmetro/raio do cortador (fresadora/torno)

Quando se seleciona um tamanho ou uma forma do cortador, o seu raio não pode ser maior do que o menor raio interior (côncavo), ou reentrância, no contorno da peça. Dos três cortadores mostrados na Figura 4-12, apenas dois serão capazes de usar a geometria correta. Um irá formar, enquanto outro irá gerar a forma. O terceiro não irá funcionar! Mas o resultado (sucata ou parte não cortada) dependerá da capacidade do controlador de ver o problema.

Controladores com vários níveis de “ver à frente”

Vários controladores reagem de forma diferente quando tentamos usar um raio do cortador muito grande para a reentrância. Por exemplo, usando o cortador de 1,000 pol. de diâmetro na Figura 4-12.

Dica da área

Evite a conformação se possível Quando selecionar cortadores maiores do que o tamanho programado, é uma prática ruim mudar para um tamanho que seja igual ao raio da reentrância da peça. Se o raio da reentrância é o mesmo que o do dispositivo de corte, então, a curva gerada existe, mas tem um raio igual a zero. O cortador conforma o raio da reentrância. O controlador será capaz de lidar com a alteração. Isso produzirá uma curva de trajetória da ferramenta com o raio “zero”, conforme mostrado na Figura 4-13, mas, conformando, há a tendência de puxar o cortador para os cantos, deixando rebaixos e também produzindo ruído na ferramenta.

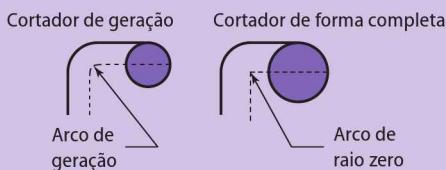


Figura 4-13 O software de compensação calcula uma trajetória curva para o corte na direita, mas a trajetória tem raio zero.

Vamos resumir isso:

- O limite inferior é a fraqueza dos cortadores para fresadoras e o produto acabado para tornos.
- Se não houver reentrância na forma da peça, qualquer cortador, maior ou menor, funcionará (Fig. 4-14), desde que o programa seja de compensação do cortador.
- A melhor escolha está perto do tamanho original para o qual o programa foi escrito.
- Se o programa não é escrito para compensação, o cortador deve ter o tamanho exato para o qual o programa foi escrito, mas o programa pode ser editado para compensação.

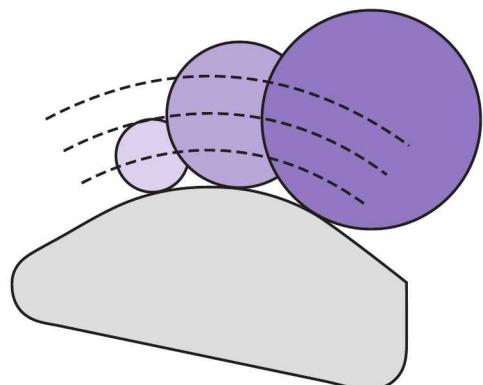


Figura 4-14 Para formato externo, sem reentrâncias, qualquer diâmetro de corte é capaz de produzir bons resultados se o programa for compensado.

Seleção de cortador para o torno

Quando selecionar ferramentas de torneamento a partir do documento CNC e, então, carregar informações da ferramenta no controlador, um problema adicional que se coloca é a **interferência de flanco** da ferramenta.

Interferência de flanco da ferramenta Trajetórias do cortador compensadas para trabalho em torno devem manter o cortador tangente ao contorno da peça, como na compensação de fresa. Porém, os controladores de torno devem também considerar os lados das ferramentas de corte. O controlador deve saber para qual direção a ferramenta está apontando e qual é sua largura, a fim de criar uma trajetória útil da ferramenta acompanhando o contorno da peça.

Na Figura 4-15, o cortador rômbico de 30° está configurado na posição reta. Ele poderia fazer a saída de rosca, enquanto o inserto de 45° no suporte de 45° iria roçar ao cortar o encosto da reentrância. Termos CNC utilizados para essa **orientação da ferramenta** são **vetor de inclinação da ferramenta** ou **de abordagem**. Há duas maneiras pelas quais essa informação de tendência da ferramenta pode ser inserida na memória do controlador da ferramenta:

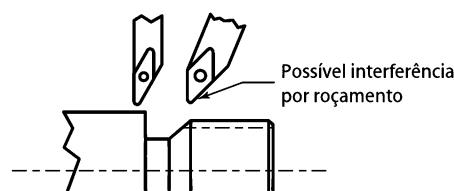


Figura 4-15 O tamanho da haste da ferramenta do torno, a orientação e a forma do cortador têm que ser conhecidos para que o controlador evite problemas de interferência de aproximação na trajetória compensada.

Biblioteca de ferramenta Muitos controladores modernos de torno CNC contêm uma biblioteca padrão das ferramentas comuns. Durante a configuração, quando um número da ferramenta é carregado na memória de ferramenta, relacionado a uma imagem selecionada no monitor, ele mostra a forma correta da ferramenta e a direção em que está apon- tando na configuração. Por exemplo, depois de selecionar ferramentas de torneamento de um menu, a imagem mostrada na Figura 4-16 pode aparecer. O operador seleciona a forma da ferramenta e a orientação que aten- dam à configuração. Em seguida, o tamanho de haste e o deslocamento de raio de ponta serão anexados a essa seleção. A maioria das bibliotecas de ferramentas desse tipo é perso-

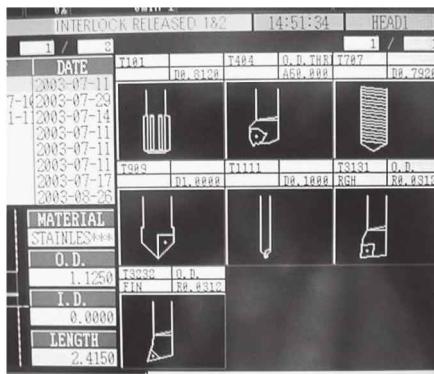


Figura 4-16 Uma biblioteca padrão de seleção de ferramenta.

nalizável. Novos instrumentos são fornecidos pelos fabricantes em mídia (CD) ou podem ser personalizados com desenhos utilizando as definições do controlador.

Seleção do vetor da ferramenta Sem a função de biblioteca de ferramentas, controladores anexam um vetor de abordagem a uma ferramenta de seleção. Os números do vetor são determinados a partir de um gráfico, como mostrado na Figura 4-17. Por exemplo, após a seleção de *ferramentas de ranhura*, uma entrada de 1 a 8 será solicitada. O número de vetor representa a direção na qual a ferramenta de ranhura está orientada. Durante a compensação da trajetória da ferramenta, ele informa ao controlador como se aproximar e se afastar da superfície da peça.

Ponto-chave:

Uma vez que os controladores de vetor conhe- cem apenas a direção dos pontos da ferramen- ta, não a forma completa, podem surgir poten- ciais problemas de haste da ferramenta e de roçamento.

É seu trabalho evitar esses problemas durante a se- leção de ferramenta para a configuração e a expe- rimentação. Relembre sua experiência na seleção de ferramenta para torno manual para evitar esse problema. Seleções de vetor de ferramentas não garantem que problemas de interferência sejam resolvidos. Experimente cuidadosamente novos programas.

Números do vetor de ferramenta

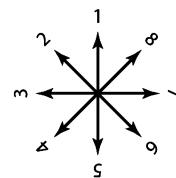


Figura 4-17 Este controlador possui oito possíveis números de vetor de aproximação.

Ferramenta fantasma

Um problema enigmático ocorre quando se usa um programa compensado de raio da ponta para torneamento, mas o raio errado é armazenado na memória da ferramenta. De forma semelhante a um programa de fresagem com o diâmetro errado do cortador na memória, será produzida uma peça deformada. Com tornos, porém, ocorre uma estranha reviravolta. Mesmo com a entrada de raio errada, ou com nenhuma entrada, como no exemplo (Fig. 4-18), superfícies cilíndricas e distâncias das faces são usinadas corretamente, embora curvadas, e as superfícies angulares são usinadas de forma errada!

Pense nisto – é quase um quebra-cabeça. Programas compensados de torno seguem a mesma lógica de uma fresa, em que o controlador mantém um cortador circular tangente à forma programada (Fig. 4-18). Se não é inserido raio de ponta, o controlador assume um raio zero e, assim, mantém uma ferramenta pontiaguda tangente à geometria. Isso funciona bem se a ferramenta realmente é apontada.

Neste exemplo, o controlador tem um raio de ponta igual a zero na memória. No entanto, a ferramenta radial foi coordenada tanto para o diâmetro X como para a distância da face Z em relação ao PZP. Seu raio de ponta está tocando a peça nos pontos de tangência X e Z. Desde que a ferramenta corte apenas superfícies cilíndricas e faces perpendiculares, ela fará dimensões corretas, formando

o raio de ponta da ferramenta nas interseções de canto internas.

No entanto, quando está cortando superfícies curvas, como mostrado à direita da figura, o controlador percebe que é uma ferramenta pontiaguda, conhecida como ferramenta de ponto fantasma, e, assim, ele se afasta para manter o ponto fantasma na geometria. Isso produz uma forma distorcida, ocorrendo apenas quando o operador se esquece de associar um raio de ponta com a memória do cortador. Dado o raio de ponta errado ou nenhum raio, a distorção ocorre também em superfícies angulares.

Ponto-chave:

Ao montar uma ferramenta de torno, tanto o raio da ferramenta como a forma da haste da ferramenta devem ser inseridos dentro da memória de deslocamento da ferramenta no controlador.

Entendendo o número da ferramenta de corte

O número da ferramenta no documento CNC deve ser corretamente identificado no controlador (Fig. 4-19). Se a máquina é um torno, a tarefa é simples, a ferramenta 01 irá na posição de torre número 1. A ferramenta 02 irá na posição 2, e assim por diante. Algumas fresadoras requerem o mesmo carregamento de ferramenta que os tornos; T01 irá no furo

Distorção da peça devido ao raio de ponta da ferramenta errado

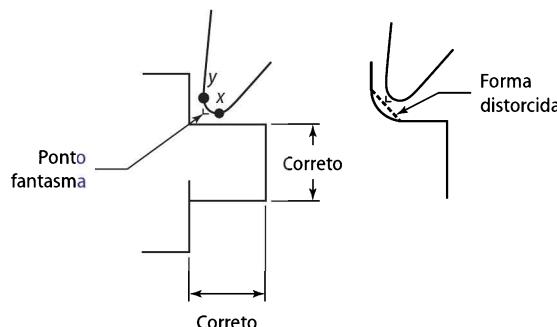


Figura 4-18 Sem o deslocamento de raio da ponta no controlador, uma superfície curva é alterada.

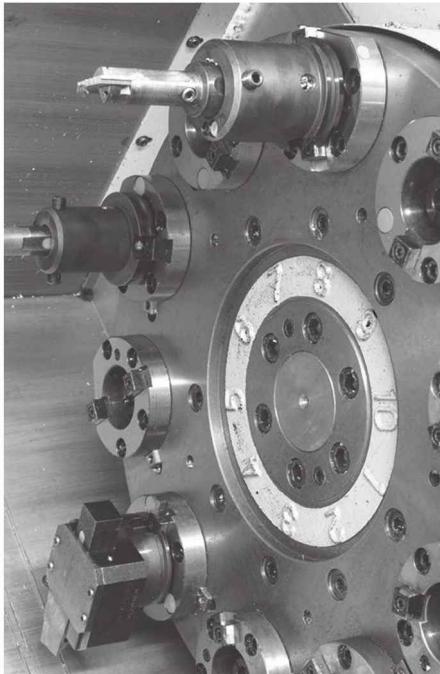


Figura 4-19 Em algumas máquinas antigas, o posicionamento de ferramenta deve coincidir com a posição da torre.

1 do tambor de armazenamento, T02, no furo 2, e assim por diante.

Essas são, geralmente, fresadoras mais velhas em que falta a capacidade de armazenamento aleatório de ferramenta. Fresadoras CNC mais modernas permitem o armazenamento de qualquer ferramenta em qualquer furo do tambor, denominado de armazenamento aleatório de ferramentas. Porém, devido ao armazenamento aleatório de ferramentas, a tarefa de carregamento da ferramenta é um pouco mais complexa. Por exemplo, o operador da fresadora está armazenando T01 na posição 8 do tambor livre na Figura 4-20. Sua próxima ação será, imediatamente, ir para o controlador e inserir a ferramenta 1 na posição 8 na página de acompanhamento da ferramenta.

Os números de ferramenta estão organizados em conjuntos de campos de dados com dois dígitos



Figura 4-20 Depois de guardar ferramentas aleatórias, escreva o número da ferramenta (T01) na posição da torre (furo 8) na página de armazenamento de ferramentas.

em uma, duas ou três colunas. Vários controladores usam conjuntos de números de ferramentas diferentes. Alguns tomam as informações de deslocamento do cortador ao ler o número da ferramenta, enquanto outros exigem um código separado para obter e utilizar deslocamentos.

Exemplo de código separado

T01 H43 D1

Usar ferramenta #1 e aplicar deslocamento no comprimento (H43) = ao número armazenado em D1 (diâmetro 1)

Coluna única

T01

Número de ferramenta (dispensando o zero, também pode ser T1)

Dica da área

Verifique duas vezes os números de ferramenta da fresadora Em controladores mais antigos, na falta de armazenamento aleatório de ferramenta, a ferramenta 1 deve ser colocada na posição de armazenamento 1, semelhante a números de ferramentas de torno, e ela nunca muda durante o funcionamento do programa. No entanto, não importando qual seja o tipo de sistema de armazenamento de ferramenta usado, aleatório ou não, para ter certeza de que as ferramentas estão corretamente carregadas antes de executar o programa, escreva à mão e execute um comando MDI para cada ferramenta ser colocada no fuso, uma de cada vez. Em seguida, verifique cada uma na lista de ferramentas no documento CNC.

Para fresadoras, o comando é T01 M6. Aqui, M6 é o comando de fresa para mudar ferramentas. A essa altura, a ferramenta listada como ferramenta #1 deve estar na posição ativa. Se não estiver, há algo errado com sua configuração.

Anexo de raio da ferramenta – Formato de duas colunas

T0101

Número da ferramenta/Número de deslocamento

Usando este formato, o raio de deslocamento é a segunda coluna. No exemplo, o valor do raio de deslocamento 1 é aplicado à ferramenta 1. Por coerência, o deslocamento 1 é geralmente ligado à ferramenta 1, mas há momentos em que um segundo deslocamento pode ser colocado na ferramenta 1 chamando-o de T0102.

Por exemplo, um programa de desbaste utiliza T0102, que tem um deslocamento deliberadamente falso maior do que o raio da ferramenta, com a qual desbasta a peça, deixando um pouco de metal de revestimento. Em seguida, o deslocamento é trocado para a verdadeira compensação, e o programa é executado novamente com T0101 para

acabamento do contorno – o mesmo cortador, mas com deslocamentos diferentes.

Raio de ferramenta e número de comprimento – Coluna 3

Em alguns controladores, o número da ferramenta inclui um terceiro campo de dados para contemplar deslocamentos terciários. O mais comum é o deslocamento de comprimento usado em centros de usinagem:

T010203 = Número da ferramenta/deslocamento de raio/deslocamento de comprimento

Entendendo as diferenças de comprimentos nas ferramentas de fresa

O deslocamento de comprimento da ferramenta torna tanto o trabalho do programador como o do operador muito mais fácil. Vamos estudar como determiná-lo e inseri-lo na configuração da máquina no Capítulo 5. Por enquanto, você precisa saber que ele se aplica a instrumentos reais de tamanhos variados.

Ponto-chave:

Durante a configuração da fresadora, o operador deve determinar e introduzir as diferenças de comprimentos de deslocamento da ferramenta, conforme determinado por medição das ferramentas com calibre.

Quando o programa está sendo escrito, o programador assume que todas as ferramentas na configuração são do mesmo comprimento (não importa qual seja tamanho, apenas que todas são a mesma coisa). Ele não precisa ajustar o movimento do eixo Z para levar em conta diferentes comprimentos de ferramenta.

Durante a configuração ou a substituição de ferramenta, o operador determina as diferenças de

comprimento nas ferramentas reais tocando uma superfície de referência com cada uma e, em seguida, lendo a posição Z na tela. A seguir, a diferença de cada uma é armazenada como o deslocamento de comprimento da ferramenta Z (Fig. 4-21).

Assim, usando o exemplo da Figura 4-21, sob o número de ferramenta T03, o deslocamento de comprimento é mais 2,450 pol. para a fresa de topo em comparação com a ferramenta 1, a broca. A qualquer momento, sob o deslocamento de comprimento 03, o programa chama a fresa de topo a uma posição do eixo Z, que combina o movimento do eixo com o deslocamento de distância. O eixo Z deve mover-se um adicional de 2,450 pol. até zero Z usando a fresa de topo quando comparada à broca.

A Figura 4-22 mostra um operador utilizando um calibrador de folgas para testar a broca. Existem várias versões dessa tarefa, que serão vistas no Capítulo 5.

Memorizando comprimento de ferramentas Muitas oficinas de alta produção definem comprimentos de ferramenta de modo que cada ferramenta número 1, a broca na Figura 4-21, tenha o mesmo comprimento antes de ser dada ao operador da fresadora. Dessa forma, uma ferramenta sem fio pode ser rapidamente substituída sem testes de

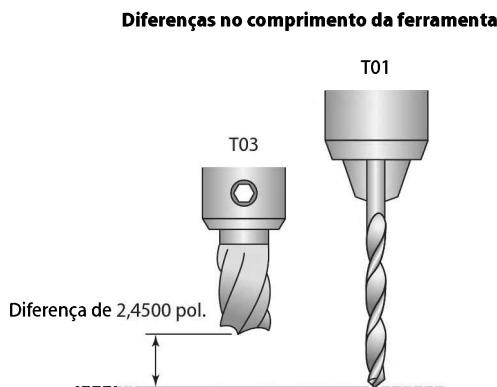


Figura 4-21 Se a broca é configurada para tocar a superfície da peça no $Z = 0,00$, então, a fresa de topo requer um deslocamento de *comprimento* de + 2,450 pol. a fim de ir também a $Z = 0,00$.

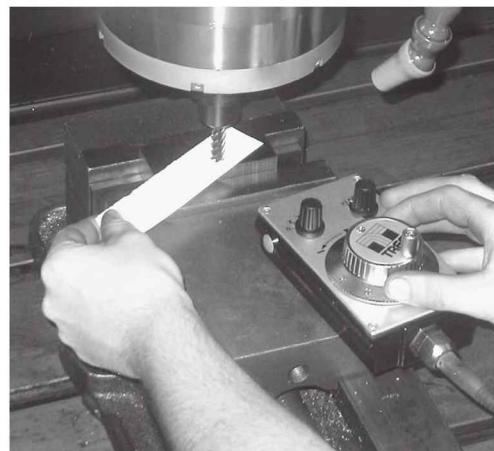


Figura 4-22 Tocar a ferramenta na superfície da peça é um jeito comum de coordenar o eixo Z de referência.

comprimento pelo operador. Outra solução é a sonda automática mostrada nas Figuras 4-23 e 4-24.

Embora existam métodos manuais de determinar deslocamento de comprimento, tanto com a máquina quanto com o banco predefinido, como se vê na Figura 4-22, a sonda automática tem algumas vantagens em que ela detecta e automaticamente carrega o deslocamento para o operador.



Figura 4-23 A posição do eixo Z das ferramentas de corte pode ser coordenada usando uma sonda automática que comunica o contato ao controlador.



Figura 4-24 Este torno CNC apresenta uma sonda automática para determinar a posição e o deslocamento da ferramenta.

Ponto-chave:

Utilizando um dos vários métodos, antes que um programa multiferramenta possa ser executado em uma fresadora, os deslocamentos de comprimento devem ser determinados e armazenados para cada ferramenta de corte.

Sequência de corte e instruções especiais

Sequência de operações Quando estiver experimentando um programa novo, o operador com certeza tem que saber os fatos a seguir do documento CNC:

Qual cortador será usado e em qual sequência. Quais operações de usinagem ocorrerão e em qual ordem.

Qualquer intervenção especial requerida (lista vindo).

A informação de sequência pode estar listada no documento ou embutida no programa como comentários, geralmente ambos. Por exemplo,

T02 [Ferramenta 2 – EM 3/4 pol. irá desbastar três bolsões e o referencial C]

T03 [Ferramenta 3 – Broca 1/4 pol. – fluxo de refrigeração em toda a profundidade da broca]

Se nós sabemos essa informação, ajustes como avanço e deslocamento rápido de troca podem ser usados conforme a necessidade.

Instrução especial Eventos que, de outra forma, seriam uma “grande surpresa” para o operador devem ficar claros na documentação de antemão. Aqui está uma lista dos eventos incomuns que podem acontecer.

Eventos surpresas no torno

1. Operações de corte

A peça ou o excesso de material se destaca e pode se tornar um projétil em potencial. Instruções para a prevenção podem ser incluídas.

2. Usinagem extrema

O fluxo de refrigeração é muito importante, tal como em ciclos de desbastes pesados ou perfuração profunda.

3. Desafios de ferramentas

A experiência mostra que o cortador pode falhar em um certo ponto do programa, assim, atenção extra deve ser dada para poder parar a operação instantaneamente.

4. A peça no mandril modifica

5. Paradas opcionais

Estes são locais importantes em que o programador tem que providenciar uma parada se for necessário. Por exemplo, a cada 10 peças, deve ser medida uma dimensão crítica. Entre os tempos de parada, um interruptor, tal como o que é mostrado na Figura 4-25, está programado para ignorar as **paradas opcionais** ou **paradas opc**. Pode haver mais do que um interruptor de parada opc, de tal forma que vários lugares de intervenção podem ser ligados ou desligados, a critério do operador.

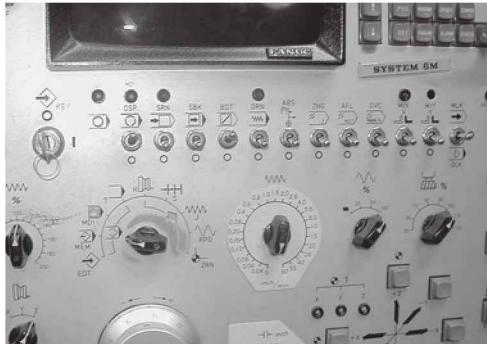


Figura 4-25 Interruptores de parada opcional reconhecem ou ignoram pontos de parada no programa por opção do operador.

Eventos surpresas típicos de fresadora

- 1. Uma operação excepcionalmente profunda**
Refrigeração e monitoramento de perto são necessários aqui.
- 2. Vibração e ruído podem ocorrer**
O operador pode necessitar de substituição de velocidade e controladores de alimentação enquanto a máquina corta a área crítica.
- 3. Trocas de fixação no meio de programa ou adições**
Algumas vezes, enquanto a usinagem progride, a peça se torna cada vez mais fraca e necessita de suporte extra. Ou para usinar uma área que foi sombreada por uma fixação, que, em um certo ponto deve ser trocada.

Revisão da Unidade 4-1

Revise os termos-chave

Compensação

Ajustar um programa para acomodar um certo raio de corte.

Compensação negativa

Deslocamento negativo aplicado a um programa de linha de centro do cortador para trazer o dispositivo de corte mais perto da geometria da peça.

Deslocamento

Número variável inserido no controlador da memória de ferramenta pelo operador. O programa identifica o deslocamento pelo número de ferramenta ou por uma palavra código do programa.

Deslocamento do raio

Distância de tangência da geometria da peça para os cortadores de torno ou a fresadora.

Geração

Trajetória de corte circular que cria na peça um raio maior do que o raio do cortador. O movimento preferido para conformar.

Interferência de flanco

Compensação desafiadora em tornos em que o controlador tem que evitar o contato dos lados da ferramenta com a peça.

Linha de centro do cortador (trajetória de corte)

Programa compensado pouco comum em que um certo raio de corte tenha sido executado na trajetória, mas pode ser compensado com um deslocamento. Veja Compensação negativa.

Observações

Notas incorporadas ao programa.

Orientação da ferramenta

Direção para onde a ferramenta do torno está apontando.

Parada opcional (parada opc)

Dado o código de parada correto ao programa, o operador pode optar por parar em determinados locais ou desligar e executá-lo por meio da parada.

Programa com compensação

Programa preparado para procurar por deslocamentos.

Programa de contorno da peça

Programa com base em deslocamento de compensação positivo afastado do contorno da peça. O tipo de programa mais comum.

Reentrância

Detalhe interno que define o limite superior para o raio de corte.

Ver à frente

Habilidade do controlador de prever problemas de interferência na geometria da peça com a entrada do cortador no alojamento.

Vetor de inclinação da ferramenta/de abordagem

Define a orientação da ferramenta do torno na configuração, como a forma de se aproximar e de se afastar da peça durante a compensação.

Reveja os pontos-chave

- A documentação CNC prevê possíveis problemas, elimina a adivinhação e faz o trabalho funcionar bem, com o mínimo de perigo e experimentação.
- Ao igualar o nível de revisão no cabeçalho do programa com a documentação CNC, o cruzamento de dados pode ser evitado. Também haverá uma política sobre abandono de programas velhos na memória permanente.
- Quando um localizador é posicionado erroneamente, variações desnecessárias são introduzidas dentro da execução do programa.
- A localização PZP e o método de fixação estão entre as mais básicas decisões.
- Programas compensados (fresadora ou torno) são baseados em manter o raio do cortador tangente ao contorno da peça.
- Um programa de linha de centro do cortador não compensado pode ser editado para criar versões compensadas.
- Quando estiver usando programas baseados em trajetórias da peça, o controlador cria a trajetória do cortador, afastando-se do contorno da peça uma distância igual ao deslocamento do raio da fresa encontrado na memória de ferramenta do controlador. O operador introduz esse deslocamento.
- Um programa de contorno da peça é composto de pontos coordenados mostrados no desenho.

- Você deve saber qual tipo de programa é usado – linha de centro do cortador ou contorno da peça.

- Na maioria dos casos, a geração de um arco é o processo superior em comparação à formação, em termos de acabamento, evitando os cantos rebaixados, mas a geração requer um raio de fresa menor que o contorno da peça.
- Seleções de vetor de orientação de ferramentas não garantem que os problemas de interferência sejam resolvidos. Tenha cuidado ao tentar novos programas.
- Quando estiver instalando uma ferramenta de torno, o raio da ferramenta, a forma do flanco da ferramenta e o tamanho devem ser inseridos na memória de ferramenta do controlador.
- Durante a configuração de fresadora, o operador deve introduzir as diferenças de comprimento de deslocamento no eixo Z da ferramenta, tal como determinado por dispositivo e comparando cada ferramenta com uma referência.
- Usando um dos vários métodos, antes de um programa de ferramenta múltipla poder ser executado em uma máquina fresadora, o deslocamento de tamanho deve ser determinado e armazenado para cada ferramenta de corte.

Responda

1. Liste os três tipos de programas compensados e dê uma descrição rápida de cada um. Qual é o mais comum e por quê?
2. À medida que as peças são usinadas em um torno, seus diâmetros externos se tornam progressivamente maiores e seus comprimentos aumentam. O que o operador pode fazer?
3. Com base na Figura 4-26, usando uma fresagem de perfil na peça, selecione o melhor diâmetro do cortador entre estes: 0,25, 0,375, 0,500, 0,625, 0,750 e 1,00 pol.

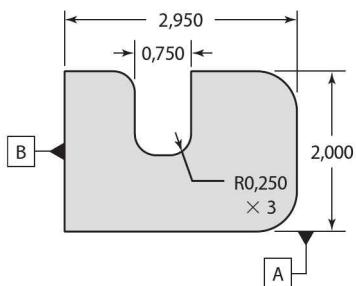


Figura 4-26 Selecione o melhor cortador da lista da Questão 3.

Questões de pensamento crítico

4. Você está prestes a configurar a fresagem em CNC de uma cavidade interna, duas perfurações e dois furos rosados (Fig. 4-27). Esboce o ferramental da configuração se a peça foi pré-fresada em um esquadro com acabamento e a ranhura de 0,750 pol. também foi usinada no bloco.

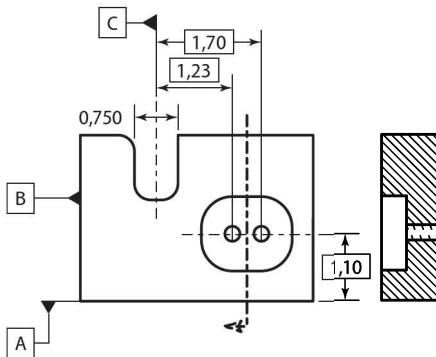


Figura 4-27 Descreva a configuração das ferramentas de fixação e alinhamento para a peça da Questão 4.

5. Não olhe no livro. Liste o maior número de itens importantes que você consiga lembrar que podem ser listados em um documento CNC. O livro identifica 14.

» Unidade 4-2

» Alarmes do controlador

Muitos problemas potenciais são detectados por um operador em alerta. Porém, outros são anunciados pelo próprio controlador, em códigos ou palavras, chamados de condição de alarme. Quando o controlador encontra um problema, executa determinadas ações. Ele pode prosseguir o corte, mas uma mensagem de erro pode piscar na tela, ou uma luz de aviso amarela (ou ambas). Também pode simplesmente parar. Algo precisa ser corrigido. Dependendo do tipo de controlador, a mensagem de erro pode ser fácil de ler ou, algumas vezes, é criptografada e requer um pouco de trabalho de detetive para resolver.

Essas mensagens nunca são bem-vindas, pois elas não só anunciam algo que exige uma intervenção do operador (ou programador), como muitas vezes param a máquina até o problema ser resolvido. Vamos cobrir alguns dos alarmes mais comuns. No trabalho, você vai precisar de um manual do operador que liste todos eles.

Termos-chave:

Erro de ramificação

A sequência lógica de programa está errada. Ela deriva e não pode voltar para o endereço original de onde se ramificou.

Erro de servo

A máquina tornou-se descoordenada entre a posição física e a posição gravada.

Erro de sintaxe

Qualquer entrada que não apareça na ordem ou na forma certa para o controlador entender.

Ver à frente

Habilidade do controlador de analisar e compensar comandos do programa à frente da linha ativa. Esta habilidade pode causar alguma frustração quando se olha para a causa de um alarme.

Classes de alarme

Alguns controladores fornecem alarmes em palavras legíveis, mas muitos piscam códigos de erros alfanuméricos (Fig. 4-28). O operador, então, fica com a tarefa de decodificar o que deu errado. Com um pouco de experiência, normalmente é fácil de encontrar e corrigir, mas, algumas vezes, um alarme pode ser uma verdadeira dor de cabeça para resolver.

Reserve um momento para verificar os exemplos de alarmes a seguir para sentir as várias formas como um controlador pode parar. O objetivo principal é entender os tipos de alarmes dentro de um grupo. Assim, você vai saber por onde começar a procurar o problema, dentro dos dados do programa, na configuração da máquina ou na própria máquina.

Ponto-chave:

Alarmes se encaixam em grupos gerais. Reconhecer qual é o grupo ajuda a acelerar a solução.

Erros físicos e de hardware

Estes erros podem ocorrer quando estiver executando qualquer programa, novo ou velho. Aqui, o problema está fora do programa!

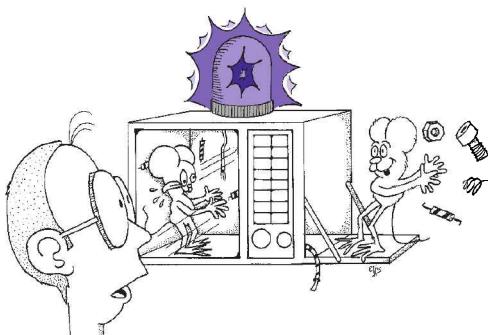


Figura 4-28 Alarmes do controlador podem ser simples ou um verdadeiro desafio para resolver, mas eles nunca são bem-vindos!

- Os suprimentos da máquina estão baixos

Pressão de ar, hidráulica, refrigeração e óleo lubrificante.

Cada um pode ter o seu próprio código ou todos podem estar em uma única condição de alarme. Por exemplo, alarme 01 = fluidos baixos.

- Limite rígido ultrapassado
- Violando um interruptor de segurança

Porta aberta, sensor do mandril, alimentador de barras, carregador de peça, e por aí vai.

• Erros de servo

Devido a uma ação excepcional, uma usina-gem pesada ou um acidente, a máquina perdeu sua marcação de posição no sistema de realimentação.

Erros de sintaxe e de programas

Estes problemas estão dentro do programa – mas apenas dentro de programas novos. Eles são corrigidos ao se resolverem erros de matemática ou erros de ordem lógica e, em seguida, editá-los para fora. Veja a Dica da área em controladores que olham à frente.

- **Erros de sintaxe** – mudar uma letra “o” por um 0 (número zero), frase incorreta de declaração, pedidos incorretos de um conjunto rígido de variáveis
- Faltando dado – sem taxa de avanço ou rotação (muito comum para iniciantes)
- Erros de matemática – curva ou outros dados computados não fazem sentido
- Dados extra – duas ações mutuamente exclusivas são solicitadas no mesmo comando. Por exemplo, tanto os comandos de deslocamento rápido como os de taxa de avanço são dados na mesma linha. A máquina pode alertar ou pode aceitar apenas o último comando lido na linha.
- Potência limitada – dois comandos de comunicação foram dados na mesma linha, mas, devido à fuga de potência, apenas um é per-

mitido em qualquer linha. Por exemplo, ligar a refrigeração, acender a luz de trabalho e o pulverizador de uma só vez pode ser anulado em controladores mais antigos.

- Comandos radicais – o programador pediu uma taxa além da capacidade da máquina. Por exemplo, 200.000 rpm, quando a intenção era 2.000.

Dica da área

Controladores que veem à frente Em controladores modernos com capacidade de **ver à frente**, não se pode supor que o problema seja na linha em que o controlador está parado. Dependendo do nível de inteligência, a maioria dos controladores olha à frente a partir de um mínimo de três linhas de comando até todo o programa enquanto tenta realizar a compensação de ferramenta. Eles leem e compensam várias linhas à frente da linha de comando ativa. Do contrário, pode ocorrer interferência de ferramenta, tal como representado na Figura 4-29.

O controlador está usando a linha AB, mas previu um problema à frente enquanto ele arredonda o canto; ele vai bater no ponto E, e o cortador não se encaixará na reentrância. O controlador *detectou o problema cinco linhas de comando à frente do programa*. Ele erra e para. Neste exemplo, depois de descobrir onde o problema pode estar, a correção é instalar uma ferramenta de diâmetro menor.

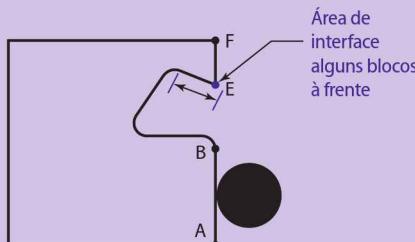


Figura 4-29 Vendo à frente, o controlador pode ver o problema de interferência, dependendo da quantidade de blocos que ele analisa à frente do comando de A para B.

- Lógica de ramificação – um laço, uma ponte ou uma sub-rotina é usado (truques de programa para economizar escrita adicional), mas não é dirigido de tal forma que, após a conclusão, o controlador possa voltar para o programa principal e continuar. O controlador torna-se confuso com tal **erro de ramificação**.

Erros de operador/controlador

Revisão de ações anteriores ou entradas.

- Compensação impossível – também comum para iniciantes. Aqui, um cortador foi carregado de tal modo que o controlador não pode usá-lo para compensar o contorno da peça. Veja a Figura 4-29.
- Deslocamento errôneo – deslocamentos absurdamente grandes ou pequenos, geralmente um erro do ponto decimal.
- Máquina não inicializada corretamente – a sequência de retorno às posições iniciais não foi realizada.

Ponto-chave:

O alarme pode ser um problema para várias linhas depois do local em que o controlador parou.

Revisão da Unidade 4-2

Revise os termos-chave

Erro de ramificação

A sequência lógica de programa está errada. Ela deriva e não pode voltar para o endereço original de onde se ramificou.

Erro de servo

A máquina tornou-se descoordenada entre a posição física e a posição gravada.

Erro de sintaxe

Qualquer entrada que não apareça na ordem ou na forma certa para o controlador entender.

Ver à frente

Habilidade do controlador de analisar e compensar comandos do programa à frente da linha ativa. Esta habilidade pode causar alguma frustração quando se olha para a causa de um alarme.

Reveja os pontos-chave

- Alarmes se encaixam em grupos. Reconhecê-los ajuda a achar e resolver os problemas.
- Devido à capacidade de ver à frente, o problema pode estar várias linhas à frente da linha em que o controlador parou.
- Um alarme pode expor palavras que são facilmente entendidas ou pode ser um código que deve ser decodificado de uma lista no manual do operador.

Responda

A atividade para códigos de alarme é reservar um momento para verificar o manual da máquina que você está prestes a operar. Ou, ainda, o seu instrutor pode ter um folheto preparado sobre o mesmo assunto. Observe os tipos de erros e a forma como eles são comunicados em seu controlador específico. Esteja ciente de que as explicações são muitas vezes traduzidas de outra língua e, assim, podem ser difíceis de entender.

alguma coisa dá errado subitamente. A solução é estar pronto, mas, admito, algumas vezes não é fácil fazê-lo quando a operação é muito longa e funcionou perfeitamente por algum tempo.

Praticando planos de emergência

Até agora, você deve ter visto ou ouvido sobre um acidente em uma máquina manual. E você também sabe que choques ocorrem a velocidades fantásticas em CNC, especialmente em máquinas rotativas.

Ponto-chave:

A melhor ação do operador durante emergências sempre resulta de planejamento e prática. Reveja e pratique os movimentos emergenciais no início do seu dia de trabalho.

Quando estiver iniciando uma máquina, faça uma rápida revisão mental da seguinte lista de ocorrência de três níveis. A habilidade objetiva real é analisar rapidamente em qual nível o problema está e executar a ação correta na hora certa. Alguns problemas podem esperar até uma parada natural na ação de corte, enquanto outros devem ser interrompidos imediatamente! O desafio é que, algumas vezes, não há muito tempo para escolher. Outro desafio é que máquinas diferentes apresentam formas variadas de controles de interrupção.

Saiba que, à medida que o nível de emergência aumenta, as opções de ação diminuem e, ainda, elas devem ser realizadas cada vez mais rápido!

Nível 1 – Alguma coisa não está certa

O evento Embora isto seja uma não emergência, pode tornar-se pior. Exemplos incluem um som que não estava presente ou um acabamento que parece estar deteriorando.

O plano de ação Memorize os métodos que interrompem a usinagem em um momento conveniente, sem consequências. Algumas dessas ações não são imediatas, a máquina continuará a tra-

» Unidade 4-3

» Ações de operador (durante a produção)

Tudo está configurado e testado. A produção está pronta para iniciar. Esta breve unidade descreve as atividades que um líder executa para ter tudo sob controle. Isso foi colocado em uma unidade porque o cuidado constante é uma questão vital para segurança.

É fácil sentar-se e não fazer nada ou quase nada durante uma operação quando tudo *parece* ir bem, mas é justamente quando você está distraído que

lhar por algum tempo e, então, interromperá na hora certa, quando o cortador não estiver tocando a peça (veja o Capítulo 3).

- **Modo de alternância para bloco simples** Irá parar após completar o comando em execução.
- **Gire de troca rápida para ponto de parada** Irá parar quando o próximo código de deslocamento rápido for lido.
- **Gire de troca rápida para ponto de parada após o início do movimento rápido** Isto irá interromper a ação sem que o cortador toque a peça.
- **Gire segurar interrupção/deslizamento na troca de ferramenta** Irá parar com a ferramenta fora da peça.
- **Interrupção no meio do ciclo** Irá parar imediatamente, mas o cortador permanecerá na peça. O fuso deve ser parado.

Nível 2 – Um problema é óbvio e irá degradar – Ação imediata

O evento Uma emergência de baixo nível, como crescimento do cavaco, existe. Deve ser resolvida eficientemente antes que algo muito pior ocorra.

O plano de ação Memorize os controles disponíveis para parar a usinagem rapidamente.

- Segurar deslizamento
- Taxa de avanço zerada
- Interrupção no meio do ciclo

Nível 3 – Um choque completo – Totalmente perigoso para a máquina e o operador

O evento Partes da configuração e do cortador estão voando, eixos estão mergulhando e travando nas mesas da máquina e em mandris; é o grande estrondo! Pare tudo imediatamente!

O plano de ação Acima de tudo, tenha certeza de que você está fora do perigo! Acione a parada

de emergência com iluminação intermitente somente se for seguro fazê-lo.

Ponto-chave:

Urgente!

Situações de nível 3 ocorrem muito rápido para que você pense no que fazer. Você deve ter uma ação planejada e deve tê-la praticado suficientemente, de modo a ser instantânea. Conheça a localização de todos os botões de emergência. Se a máquina tiver mais de um botão de emergência, pratique o acionamento deles longe do perigo!

Problemas e emergências causados pelos operadores

Aqui estão as quatro principais ações operacionais que causam problemas. Elas estão organizadas em sua sequência aproximada (opinião do autor) dentro de uma longa operação de produção.

1. Carregamento incorreto da peça.
Desalinhamento, perda de pressão no grampo ou peça de cabeça para baixo ou no sentido contrário.
Peças deslocadas, cortador quebrado. Ou peças voando da fixação.
2. Remoção incorreta do cavaco durante o corte.
Mantém o líquido refrigerante fora do cortador – entupimento e ruptura.
Trabalho duro e acabamento pobre.
Causa entupimento de cavacos na fresa.
Pode travar e destruir o acabamento da peça em tornos.
3. Não manter o fluxo de refrigeração direcionado em cortes importantes (somente em fresadoras).
4. Usar cortadores muito longos.
Evitar a troca por cortadores muito longos.
Resulta em vibração e acabamento pobre com tamanho maior da peça.

Tédio – O inimigo da eficiência (e da promoção) Se você permitir, o trabalho longo ou repetitivo em CNC pode torná-lo menos atento. Aqui estão algumas sugestões de como evitar isso:

Monitore o progresso.

Melhore o tempo de troca de peça (mais informações a seguir).

Remova rebarbas das peças acabadas.

Registre os resultados medidos em um banco de dados no computador.

Empilhe-as nos paletes ou recipientes de transporte.

Pegue a próxima peça da pilha antes do tempo de uso.

Sopre a peça nova.

Lime e remova as rebarbas da peça nova.

Posicione a peça pronta para o próximo carregamento.

Tempo de troca Até receber a responsabilidade de editar o programa, você não pode fazer muito sobre os movimentos ineficientes no programa. Contudo, você pode analisar suas próprias ações. Muitos operadores iniciantes parecem trabalhar intensamente por um período curto e, então, não fazer praticamente nada durante o tempo restante do ciclo. Procure por tarefas que possam ser realizadas enquanto a máquina estiver em funcionamento.

Pode parecer insignificante no início, mas reduzir 10 segundos no tempo de ciclo pode fazer uma grande diferença em prazos de entrega e custeio de trabalho. Lembre-se de que uma das vantagens principais do CNC é o tempo de ciclo rápido.

Ponto-chave:

Seu trabalho é refinar os tempos de ciclo sem comprometer a qualidade ou a segurança. Não se apresse, trabalhe eficientemente.

Conversa de chão de fábrica

A depuração uma vez foi real Localizar e corrigir erros é conhecido como depurar o programa. Nós assumimos que os problemas são chamados de erros – certo? A história prova o contrário.

Em vez de placas de silício e transistores, os primeiros computadores monstruosos controlavam os pulsos eletrônicos usando válvulas aproximadamente três vezes maiores do que o seu polegar. O mecanismo de controle entre elas era um par de lâminas de metal. O aquecimento de uma mudava a condutividade da outra, mas o calor necessário também fazia uma das placas brilhar com uma pequena luz laranja.

Literalmente centenas dessas válvulas eram necessárias para operar o computador, mas o seu brilho intenso atraía insetos. Frequentemente, os técnicos tinham que abri-las e, usando uma escova ou um aspirador, de fato livrar o sistema desses convidados suicidas!

Revisão da Unidade 4-3

Reveja os pontos-chave

- Conheça a localização de todos os botões de emergência. Se a máquina tiver mais de um botão de parada de emergência, pratique o acionamento deles longe do perigo.
- A melhor ação do operador durante emergências sempre é resultado de planejamento e prática. Pratique frequentemente.
- Seu trabalho é refinar os tempos dos ciclos sem comprometer a segurança. Não se apresse, trabalhe eficientemente.

Responda

1. Descreva a natureza de um problema de nível 1 e dê um exemplo utilizando uma fresa.
2. Identifique vários modos de parar a usinagem para investigar uma situação de nível 1.

3. Descreva uma situação de nível 2 e dê um exemplo que possa exigir uma ação.
4. O que deve ser feito em uma situação de nível 2?
5. Descreva um exemplo de situação de nível 3 e o que você deve fazer.

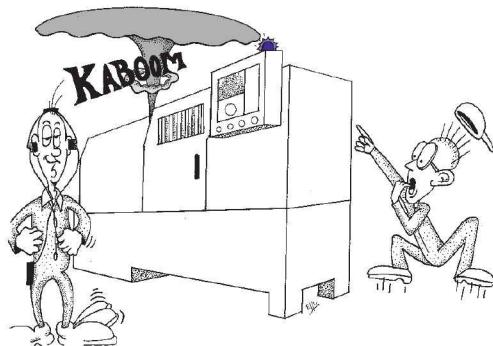


Figura 4-30 Ouvir é o melhor método para detectar problemas de ruído. Usar fones de ouvido é uma péssima ideia.

» Unidade 4-4

» Monitoramento e ajuste

Esta unidade explica muitos modos de estar no controle da segurança e da eficiência. Após explorarmos o monitoramento da máquina, focaremos a compensação e a troca de ferramentas.

Termos-chave:

Dimensão crítica (dimensão-chave)

Uma ou mais dimensões escolhidas pela função que representem todas as dimensões fabricadas por uma única ferramenta.

Gráfico de controle

Método estatístico de detecção de tendências requerendo ajustes de deslocamento.

Página de posição (tela)

Página de monitoramento de controle que mostra a posição dos eixos e a informação da distância a percorrer.

Monitoramento da produção

Com certeza, o método número um para saber como o corte está progredindo é o ruído que ele produz. Por isso, fones de ouvidos são quase sempre proibidos nas oficinas, mas algumas permitem rádios em bancadas, se não estiverem com volume muito alto (Fig. 4-30).

Em seguida, observaremos o progresso do corte, o acabamento produzido, a retirada do cavaco e os refrigerantes. Contudo, devido às portas de segurança e ao voo de cavacos e refrigerante, o moni-

toramento visual nem sempre é possível, então, mudaremos para soluções técnicas.

Métodos alternativos de monitoramento

Há três opções para rastrear o que está acontecendo dentro da sua máquina quando você não pode ver a ação diretamente:

Câmera

Página de posição do controlador

Página de gráfico de monitoramento

Câmera de vídeo Um acessório adicional, nem todas as máquinas possuem câmera de vídeo. Contudo, elas trabalham bem onde a usinagem é obscurecida atrás de telas cobertas com refrigerante e cavacos.

Página de posição do controlador É, provavelmente, a escolha mais frequentemente selecionada durante o monitoramento normal do programa e, indiscutivelmente, a melhor tela para o teste inicial do programa. A **página de posição** pode ser preparada em muitos controles para mostrar uma das três exibições:

1. A posição da coordenada atual e o tipo de movimento sendo feito.
2. As coordenadas de destino.
3. Distância a percorrer para completar o comando atual.

Página de gráfico do controlador Controladores CNC modernos oferecem níveis variados de sofisticação de gráficos. O último mostra cortadores diferenciados por cores, matéria-prima e cortes acabados em animação em tempo real. Telas gráficas mais antigas traçam a trajetória da ferramenta de modo similar a uma geometria aramada.

Monitoramento por medição

Um modo essencial de monitorar a produção é medir certas **dimensões críticas** cuidadosamente selecionadas, chamadas de **dimensões-chave** e acabamento superficial. Elas indicam a condição das ferramentas de corte. Se essas informações forem alimentadas em um programa de computador capaz de criar um gráfico chamado **gráfico de controle**, como mostrado na Figura 4-31, o operador pode obter uma boa imagem do desgaste da ferramenta e de outros fatores, tais como aumento do calor na configuração. Para mais informações sobre essa habilidade, leia o *capítulo online: Controle estatístico de processo, CEP* (disponível em www.bookman.com.br/tekne).

A partir do gráfico de exemplo, é fácil observar que, se o operador não agir, logo as peças ultrapassarão o limite de tolerância. Usando esse tipo de dado, um operador pode também predizer quantas peças poderão ser fabricadas antes da hora de trocar as ferramentas de corte.

Localizando as dimensões-chave Frequentemente, nos trabalhos em CNC, quando uma ferra-

menta única usina muitos detalhes em uma peça de trabalho, o operador não necessita medir todas as dimensões produzidas. Na Figura 4-32, por exemplo, um diâmetro e um comprimento representativos podem ser escolhidos de modo que, se eles permanecerem controlados, todos os demais normalmente os seguirão se usinados pela mesma ferramenta.

Se um objeto possuir variação de tolerâncias baseada em sua função, então, as dimensões-chave devem ser escolhidas entre as mais apertadas.

Ponto-chave:

Algumas vezes, o desenho de engenharia irá assinalar quais dimensões devem ser usadas para esse propósito de acompanhamento, e pode existir um símbolo para aquelas dimensões que são fundamentais para a função.

Mantendo o tamanho e a forma

Configurações Como mostrado no gráfico de controle (Fig. 4-32), se uma tendência se apresentar nas dimensões-chave produzidas por uma única ferramenta de corte, a causa mais provável é o desgaste da ferramenta. Você terá duas opções.

- Ajustar o deslocamento da ferramenta (para mais ou para menos, dependendo do tipo de programa)

Usinagem com ferramenta única – Todos os detalhes

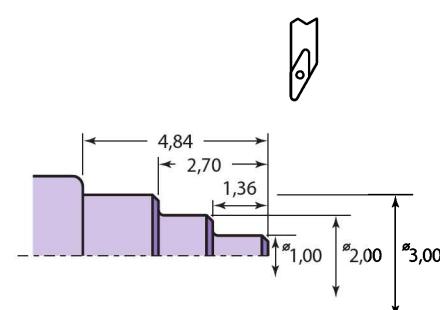


Figura 4-32 As dimensões-chave representam muitos elementos, como está mostrado aqui, ou podem ser os elementos mais importantes da peça.

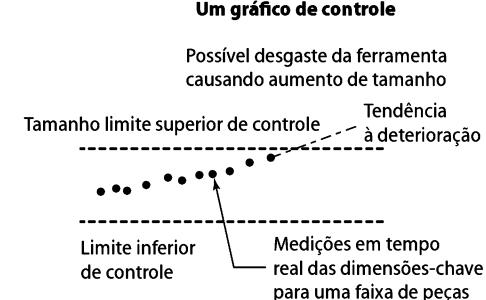


Figura 4-31 Gráficos de controle acompanham o progresso e destacam tendências que necessitam da intervenção do operador.

Para corrigir uma tendência como a da Figura 4-31, nós normalmente modificamos a configuração. Isso causa maior pressão da ferramenta contra a peça. Então, como a fixação tem limites, ultrapassando-os, a tendência degradará mais rapidamente. Pela troca de configuração, você está levando a ferramenta mais próximo da peça para retornar as dimensões de volta para o alvo. Com isso, haverá maior atrito e controle de temperatura da peça, e a falha na ferramenta começa a acelerar. A experiência e o CEP dirão a você quantos ajustes podem ser introduzidos antes de trocar a ferramenta (normalmente, não mais do que dois). Contudo, isso é uma prática padrão.

- Trocar a ferramenta para um cortador afiado

Dica da área

Assentando – Amaciamento inicial da ferramenta

Operadores veteranos sabem que há um período inicial quando a ferramenta de corte desgasta a borda novinha em folha e, então, para de se deteriorar por um longo período (Fig. 4-33). Isso é especialmente verdade para ferramentas novas de carboneto. Quando a mudança para, a operação é dita “amaciada”. Então, em um determinado momento, a variação da dimensão vai começar de novo, conforme a ferramenta perde o fio de corte em um determinado ponto. O verdadeiro truque da área é a habilidade de prever por quantos ciclos a ferramenta vai durar antes de ocorrerem eventos indesejados.

Usando insertos comerciais, uma operação de preparar e afiar uma aresta já foi realizada durante a manufatura. Mas, na afiação de ferramentas de carbono na oficina, você pode estabilizar o período de amaciamento pelo uso habilidoso de um amolador de diamante. Chanfre a aresta de corte de 0,003 a 0,010 pol. Por mais estranho que pareça, essa perda de fio de corte melhora a estabilidade da ferramenta, pois, usando velocidades certas, a aresta de corte da ferramenta está sendo despressurizada pela aresta de ataque levantando o cavaco para longe do metal de base. A aresta extremamente afiada tende a lascar, enquanto a aresta levemente arredondada resiste bem à ação.

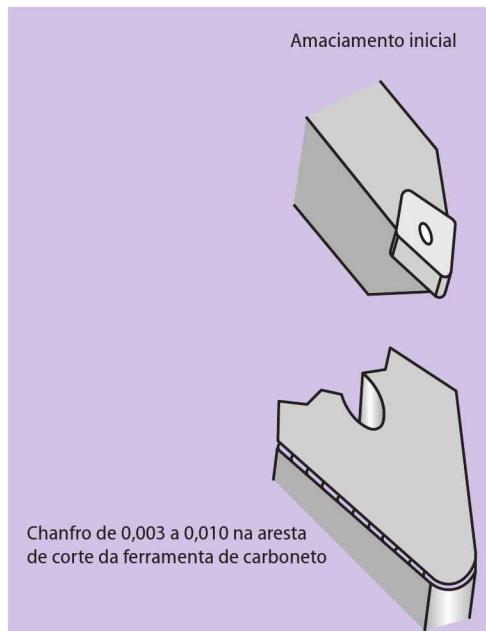


Figura 4-33 A dimensão inicial varia conforme a ferramenta de corte de carboneto se amacia. Então, ela estabiliza por um extenso período, desgastando-se lentamente.

Resolvendo o erro dimensional Ao monitorar o progresso em uma operação estabelecida que estava produzindo peças boas, frequentemente descobrimos dimensões que começaram a fugir da nominal. Apesar de a mudança dos deslocamentos da ferramenta de corte trazer normalmente a dimensão de volta para a aceitável, você pode estar atrás do sintoma de um problema, e não atacando a causa. Antes de resolver a raiz do problema, você precisa descobrir o que causou a variação da dimensão. Aqui estão sete causas gerais. Há outras baseadas mais em situações específicas.

- Ferramenta sem fio
- Deflexão da ferramenta – ferramenta fraca envergando
- Flexão da peça ou fixação
- PZP mal localizado
- Desalinhamento do porta-ferramenta ou desalinhamento no porta-ferramenta

- Informação incorreta na memória da ferramenta (raio, deslocamento ou comprimento errados)
- Programa incorreto

A análise final pode mostrar uma combinação de causas. As atividades que virão apresentam uma oportunidade para testar seu trabalho de detetive nessa área. Use essa lista para resolver situações em que peças não estejam saindo corretamente.

Calculando intensidades de mudança de deslocamento

Antes de ajustar o raio da ponta da ferramenta, o que vem a seguir deve ser claramente entendido.

Para tornos

1. Reduzindo os valores do raio da ponta

Usar ajustes menores do raio da ponta da ferramenta move a ferramenta de corte para mais perto do contorno da peça, para remover mais material da peça. Isso produz diâmetros externos menores e diâmetros internos maiores.

2. Aumentando os valores do raio da ponta

Ajustar o valor do raio da ponta para cima move a ferramenta de corte para longe da peça, para criar dimensões de diâmetros externos maiores e de diâmetros internos menores.

Contudo, você só pode usar deslocamento do raio da ponta para resolver erros dimensionais quando todos os diâmetros produzidos pela mesma ferramenta de corte estão, de forma geral, necessitando de ajuste.

Ponto-chave:

Ajustar o raio da ponta não pode corrigir problemas da distância do eixo Z (problema de pensamento crítico a seguir).

Mas, quando você troca o raio da ponta, é semelhante a trocar o eixo X da régua do micrômetro no torno manual – a quantidade de mudança necessária é determinada dividindo-se pela metade a diferença da dimensão nominal e o resultado medido.

Por exemplo, ao digitar um raio da ponta 0,003 pol. menor, a ferramenta se aproxima 0,003 pol. da peça, mas produz uma redução no diâmetro de 0,006 pol.

Valor da mudança do raio da ponta =

$$\frac{(\text{dimensão real} - \text{dimensão alvo})}{2}$$

Mudança positiva ou negativa do raio da ponta A fórmula apresentada produz um valor positivo quando a peça está muito grande comparado ao objetivo nominal – portanto, o valor armazenado do raio da ponta deve ser reduzido pelo resultado para aproximar a ferramenta da peça. Se a fórmula produzir um valor negativo, a dimensão real é menor do que a dimensão alvo, e o valor do raio da ponta deve, então, ser feito maior no controle pela quantidade calculada.

Mudança do deslocamento na fresadora – Questão crucial

Para fresas de perfil, é necessário um pouco de trabalho de detetive para pensar qual correção é necessária, se é a positiva (afastando da linha geométrica) ou negativa (aproximando da linha geométrica). A Figura 4-34 mostra três características cruciais em três peças diferentes, uma saliência, uma ranhura e um degrau. Cada elemento está 0,017 pol. largo demais. Qual é a correção do deslocamento do raio necessário para cada um? Compare sua conclusão à resposta encontrada no começo das respostas para esta unidade.

Note que, enquanto a mudança no deslocamento é realmente uma mudança no raio, muitos controles funcionam a partir do diâmetro da fresa. Em um controle assim, a variação do deslocamento deve

Calcule o valor do deslocamento

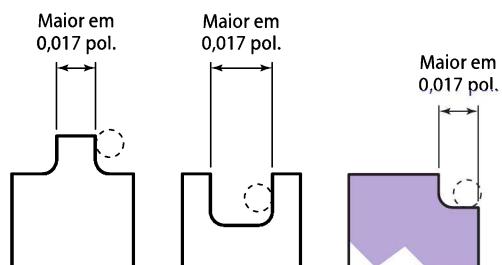


Figura 4-34 Calcule o deslocamento.

ser dobrada para igualar a variação de diâmetro do novo deslocamento do diâmetro da ferramenta de corte inserido diretamente.

Revisão da Unidade 4-4

Revise os termos-chave

Dimensão crítica (dimensão-chave)

Uma ou mais dimensões escolhidas pela função que representem todas as dimensões fabricadas por uma única ferramenta.

Gráfico de controle

Método estatístico de detecção de tendências requerendo ajustes de deslocamento.

Página de posição (tela)

Página de monitoramento de controle que mostra a posição dos eixos e a informação da distância a percorrer.

Reveja os pontos-chave

- Fones de ouvido são uma má ideia ao utilizar uma máquina CNC.
- Variações no deslocamento devem ser calculadas medindo-se a dimensão-chave e comparando-a ao alvo nominal.

Resposta para a questão crítica

A ponta requer uma correção negativa de 0,0085 pol. – aproximando-se da linha –, metade do valor maior da dimensão usinada. A ranhura requer 0,0085 pol. de afastamento – deslocamento positivo. *Nenhum deslocamento pode corrigir o problema da terceira peça.* Pense bem, o problema só pode ser um erro de programa. Mudar o deslocamento poderia mover o degrau para a direita ou para a esquerda, dependendo do fato de ser uma correção positiva ou negativa, mas não deveria variar a dimensão de parede para parede.

Responda

1. Você está operando um centro de torneamento CNC usando sua primeira peça. Após medir quatro dimensões, você vê a

necessidade de deslocar duas ferramentas. Na Figura 4-35, os resultados reais medidos são mostrados entre parênteses. T01 corta os diâmetros de 1,00 e 2,000 pol. e faceia entre eles, mas não faceia as extremidades da peça. T02 corta a face maior fora dos limites dimensionais do material. Usando a Figura 4-36 como um guia, digite seus deslocamentos calculados, uma página simulada de memória de ferramenta. Note, na Figura 4-36, que, como essa é a primeira peça com ferramenta nova, não há deslocamentos iniciais – apenas o raio da ponta para compensação.

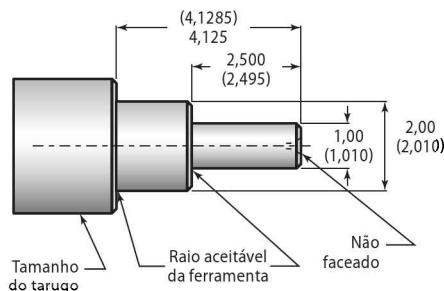


Figura 4-35 Questão 1.

Memória da ferramenta do torno

Ferr.	Nome	Raio da ferr.	Desl. do raio
T01	Corrida-1	0,06	
T02	Corrida-1	0,06	
T03	Peça		
T04			
T05			
T06			
T07			
T08			

Observe: o –1 seguindo-se ao nome da ferramenta de tornear indica que as ferramentas são ferramentas de tornear retas tipo 1 com complemento do ângulo de posição de 15°. O número do ID vem da biblioteca de ferramentas.

Figura 4-36 Página típica de memória de ferramenta.

Questões de pensamento crítico

2. Ao monitorar uma longa operação em uma fresadora vertical CNC, você encontra a condição para uma ranhura com largura nominal de 0,750 pol., como mostrado na Figura 4-37. Ela está sendo fresaada em perfil com uma fresa de topo de 0,5000 pol., T0101. Essa é uma configuração madura e já foi deslocada, como mostrado na Figura 4-38. Calcule e reescreva o deslocamento necessário para trazer a dimensão para a nominal novamente. Explique suas respostas calculadas.

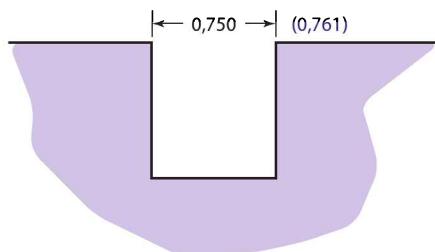


Figura 4-37 Questão 2.

3. Explique por que uma ferramenta pode usar dois deslocamentos diferentes em um único programa; por exemplo, T0101 e T0102.
4. O que faz a tela DTG falar com o operário?
5. Como a tela DTG é usada para testar o programa?

Página 1 da memória de ferramenta de fresadora

Ferr.	Nome	Diâm. da ferr.	Loc. do tambor
T01	EM	0,500	13
T02			
T03			
T04			

Note que este número varia conforme o controlador rastreia um gerenciamento randômico de armazenamento da ferramenta

Página 2 da memória de ferramenta da fresadora

Desloc.	Quant.	Desloc.	Quant.	Desloc.	Quant.
01	-0,007	09		18	
02		10		19	
03		11		20	
04		12		21	

Figura 4-38 Note o deslocamento inicial de 0,007 pol. nesta página de memória de ferramenta.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Unidade 4-1

Eu trabalhei em uma fábrica que produz longarinas de asas de avião. A barra de alumínio tem várias polegadas de espessura e 150 pés de comprimento. Cada barra vale mais de 5 mil dólares antes do trabalho começar. Ela pesa mais de duas toneladas quando está deitada na grande cama da fresadora de pórtico. Em primeiro lugar, devido ao grande peso, ela não precisa de grampos para manter-se no lugar durante a corrida dos programas iniciais. A matéria-

-prima vai para a máquina por uma ponte rolante com dispositivos de elevação especiais, mas ela sai com três pessoas segurando-a nas extremidades e no meio. A peça acabada pesa menos de 200 libras. Para chegar a esse estágio, são exigidos vários programas e configurações. O ponto é que um trabalho como esse deve ter boas documentação e comunicação. Um erro causado por uma direção mal-entendida pode custar milhares de dólares.

Unidade 4-2

A solução de um problema é simplificada se você se familiarizar com as classes de alarmes. Então, dê um passo para trás e observe os fatos. O programa CAM foi gerado ou os comandos foram digitados em um teclado? A geometria da peça é complexa ou simples? Em seguida, aplique a lógica PEP (ponto de erro previsível). Por exemplo, se o programa foi digitado, sempre suspeite de uma letra “o”, que pode

ter sido acidentalmente substituída pelo número 0. Se a geometria é complexa e o programa é gerado pelo CAM, suspeite de uma interferência na forma do cortador. No entanto, se for manuscrito, suspeite de um erro de cálculo, e assim por diante. Antes de varrer as linhas do programa para encontrar o problema, tente um pouco de lógica nos tipos de erros que um programa específico pode ter.

Unidade 4-3

Se você se lembrar de apenas uma dica de segurança do Capítulo 4, não se esqueça de praticar o que fazer nos eventos de níveis 2 e 3. Muitas vezes, os operadores tornarem um nível 2 em um nível 3 por suas ações incorretas ou pela paralisia (nenhuma ação). Não é suficiente conhecer os mostradores e os botões do

controle. Quando um problema se desenvolve de repente, você deve mover-se quase automaticamente. Para estar pronto, devem-se praticar os movimentos no início de uma alteração ou durante um trabalho longo. Analise como você vai interromper e como você vai parar a máquina.

Unidade 4-4

É provável que, como um operador de nível iniciante, você não vá mudar deslocamentos por enquanto. No entanto, enquanto o operador líder faz isso, tire

dúvidas e pergunte se você pode fazê-lo enquanto ele assiste.

Questões e problemas

1. Questão de segurança: Por que é tão vital que a localização PZP seja claramente documentada pelo programador e compreendida pelo operador?
2. Por que é importante verificar os níveis de revisão do programa usando o documento de configuração e a ordem de serviço? Onde os níveis são encontrados, no documento ou no cabeçalho do programa?
3. Quais são os três modos de documentar os níveis de revisão do programa?
4. Identifique os dois tipos de informação que um documento CNC traz. Qual informação pode ser encontrada em dois locais diferentes? Onde?
5. Descreva um programa de compensação da ferramenta.
6. Identifique os dois tipos de programas que podem ser compensados.
7. Descreva a natureza de um incidente de nível 2 e as ações que você deve executar.
8. Quais ações do operador são necessárias no caso de um incidente de nível 2 em uma máquina CNC?
9. Verdadeiro ou falso? As ações do operador em um incidente de nível 2 também podem ser usadas em um nível 3, exceto pelo fato de que elas devem ser executadas imediatamente em vez de esperar até um local de parada natural. Essa afirmação é verdadeira ou falsa? Caso seja falsa, qual seria a afirmação verdadeira?

Questões de pensamento crítico

Para solucionar os problemas a seguir em uma operação de peça CNC, use esta lista de fatores que podem ser a causa do problema.

Lista de pista (parcial – pode haver outras causas também)

Ferramenta sem fio de corte
Deflexão da ferramenta
Flexão da peça ou fixação
PZP mal posicionado
Ferramenta de fixação desalinhada ou desalinhamento na ferramenta de fixação.
Informações incorretas na memória da ferramenta (raio, deslocamento ou comprimento errados)
Programa incorreto

- 10.** Usamos o programa de contorno da peça compensado e uma ferramenta de inserto rômbico de 60° com raio da ponta 0,060 pol, com haste configurada no vetor posição 4, como mostrado na Figura 4-39. Depois da coordenação da configuração e do torneamento de uma peça, as seguintes dimensões foram medidas:

Desenho	Real
1,5000	1,4995
2,7500	2,7505
0,500 R	0,565
Chanfro 45° X 0,125	45° por 0,190 por perna
2,3125	2,3123

Existe um problema? Se existir, o que poderia ser?

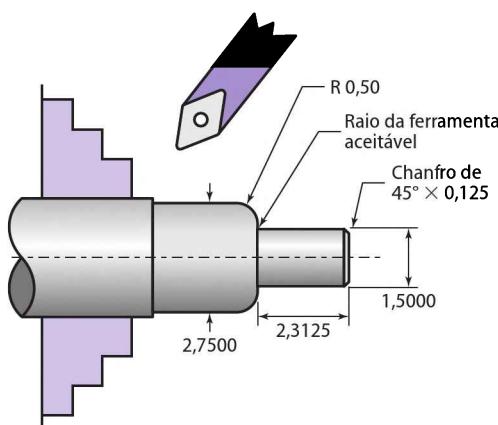


Figura 4-39 Questões 10 a 12.

- 11.** Usando a Figura 4-39, a peça é usinada, e a dimensão 1,5000 pol. é medida em 1,507, e a de 2,7500 sai como 2,7568 pol. O raio, o chanfro e a dimensão de 2,3125 pol. são medidos estando bem no alvo. Qual(is) correção(es) é(são) necessária(s)?
- 12.** Na Figura 4-39, a primeira execução do programa mostra as dimensões torneadas a seguir. Qual é o problema e como ele pode ser corrigido? A tolerância para diâmetros e comprimentos é de 0,003 pol.

Tamanho do desenho Real

1,5000	1,5003
2,7500	2,7503
0,500 R	0,501
Chanfro de 45° X 0,125	45° por 0,123 por perna
2,3125	2,2135

- 13.** Na Figura 4-40, a peça mostra as medições no desenho do cilindro de diâmetro 1,500 pol. depois de feitas 74 peças. Liste os possíveis problemas em ordem de probabilidade. (Dicas: Testando uma a cada cinco, 40 peças foram feitas de acordo com a especificação. Então, a configuração foi assumida como estabilizada e assim, não foi feita medida adicional até a peça 75. Todas as outras medições foram aceitas em conformidade com a peça.)

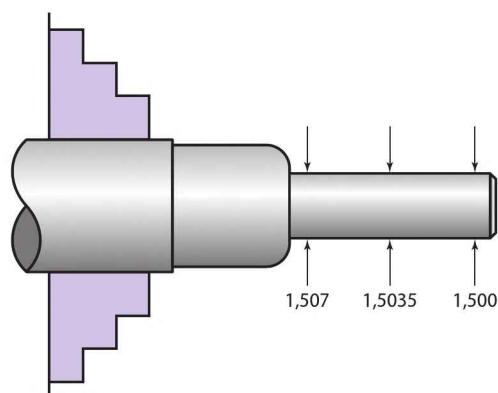


Figura 4-40 Qual é a causa mais provável?

14. Veja a Figura 4-41, um encaixe tipo Ferradura 204-56B. A configuração é feita de acordo com o esboço do documento (Fig. 4-42) do tarugo do encaixe.

Instruções

Foi previamente cortado com $3,625 \times 1,25 \times 5,25$ (excesso para usinagem do lado direito)
O programa é de contorno da peça compensado
Usando T01

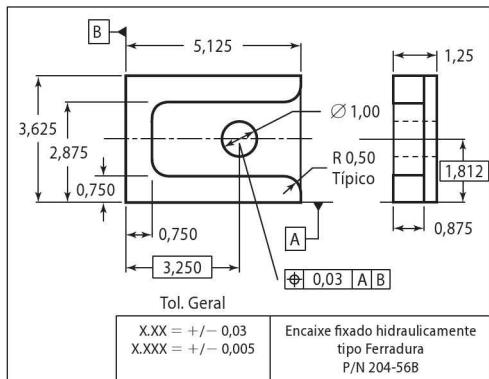


Figura 4-41 Questões 14 a 17.

Esboço da configuração 204-56B (encaixe hidráulico)

T01 = fresa de dois canais 0,875 pol.
T02 = broca de diâmetro 1,000 pol.

Use barras paralelas abaixando a peça liberando a broca.

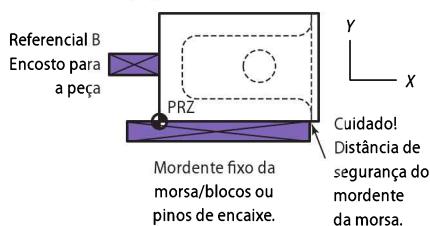


Figura 4-42 Esboço da configuração CNC da peça número 204-56B.

Usine com fresa de topo a cavidade de 0,875 de profundidade incluindo o raio de 0,50
Usine com fresa de topo o perfil para a dimensão de 5,125

T02

Broqueie o furo.

Na primeira peça, a condição mostrada na Figura 4-43 é considerada correta. O que é necessário para trazer as quatro dimensões-chave exatamente no alvo?

15. Usando as ferramentas conforme descrito no documento de configuração (Fig. 4-42), o programa para a peça Encaixe Hidráulico 204-56B vai formar ou gerar o raio de 0,50 no lado esquerdo da cavidade? Qual é o raio seguido pela trajetória do cortador?
16. Na usinagem da peça 204-56B, você configurou uma fresa de topo de 1,50 pol. de diâmetro no lugar de 0,875 e reinseriu o deslocamento do diâmetro por isso. Qual será o problema, caso haja algum?

Dimensões-chave na primeira peça Encaixe hidráulico 204-56B

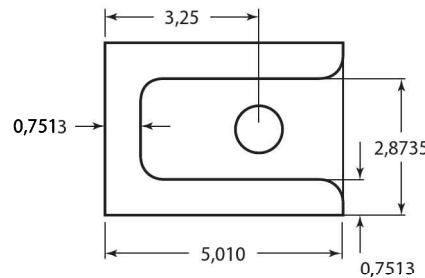


Figura 4-43 Há mais de uma razão por trás desses erros de medição?

17. No teste do programa para o encaixe 204-56B, a condição mostrada na Figura 4-44 é encontrada. Quais são o problema e a correção?

18. Na segunda-feira de manhã, você toca o botão verde para iniciar sua máquina. O que está errado em cada situação?
 - a. A máquina não inicia.
 - b. Ela inicia até certo ponto, uma luz vermelha pisca e inicializações posteriores são impossíveis.
 - c. Ela liga e é uma máquina que não requer inicialização. Mas, agora, ela não se move nos modos automático ou ativado.
19. Por que o alarme do controlador soaria (parando a usinagem) se você tocasse o botão de início de ciclo para fazer a 20ª peça após as coisas terem ido bem?
20. O que é *ver à frente* em uma trajetória de ferramenta? Descreva como ela pode complicar a identificação da condição de alarme.

**Dimensões-chave na primeira peça
Encaixe hidráulico 204-56B**

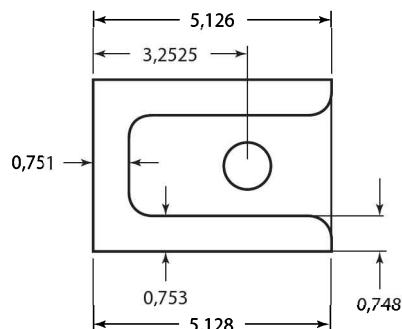


Figura 4-44 Por que esta peça pode ser cônica na aresta?

RESPOSTAS DO CAPÍTULO

Respostas 4-1

1. *Manualmente compensado*, gera uma linha de centro do cortador para um raio de cortador específico; *linha de centro do cortador*, gera uma linha de centro do cortador com um tamanho do raio do cortador desejado, mas pode ser ajustado para mais ou menos, dependendo do cortador real utilizado; *trajetória da peça – o contorno da peça*, gera uma linha de centro do cortador de raio zero, até um valor positivo de deslocamento ser introduzido na memória de ferramenta do controle. O tipo de programa mais comum, devido à entrada da informação do desenho no programa.
2. Após a verificação de ferramenta solta, introduza um ajuste negativo no deslocamento do raio para levar em conta o desgaste da ferramenta. Ou mude para uma ferramenta afiada e reinsira o deslocamento do raio.
3. O cortador de 0,375 polegadas de diâmetro produz um *raio* de 0,1875 pol, que é o máximo tamanho inferior formando o *raio interno* de 0,25 pol. no interior da ranhura.
4. O verdadeiro problema é que foi mal planejado! Deveria ter sido sequenciado segurando o tarugo e, então, cortando a ranhura Referencial C, juntamente com os detalhes referenciados a ela *ao mesmo tempo*. No entanto, para localizar o centro da ranhura Referencial C, nessas peças, eu coloquei no referencial um pino rômbico rotativo (ver Fig. 4-45). Quando ele é girado, centraliza a ranhura sobre o centro do pino. Então, fixei a peça no bloco de posicionamento Referencial A para fazer a usinagem.
5. Aqui estão 15 itens de interesse para o operador encontrados no documento CNC: números de desenho, peça e revisão; tipo de material e condições de tratamento térmico; grão e con-

dição do material (peças fundidas, forjadas, barras, etc.); quantidade de peças; a identificação do programa; a localização do programa (computador central, disco, fita e assim por diante), a máquina específica para a qual é pós-processado; números de identificação do gabarito e do dispositivo para este trabalho; qualquer ferramenta personalizada necessária; o local de instalação do PZP; os números das ferramentas com os tipos e tamanhos; o tipo e a localização de todos os grampos/mandris ou ferramentas de fixação; a sequência de eventos; qualquer instrução específica própria do trabalho; sugestões e dicas aprendidas de execuções anteriores.

Respostas 4-3

1. Uma mudança que pode ou não estar transformando-se em um problema, mas exige investigação. Um cortador pode estar ficando sem fio de corte.
2. Deixe a máquina completar o corte em execução e, então, pare durante um movimento rápido de retorno ou em uma troca de ferramenta.
3. Um problema que, se não for corrigido, irá se tornar mais grave. O cortador está carregado com fragmentos/lascas.
4. Interromper a usinagem agora, mas não com o botão de parada de emergência.
5. Toda parada de emergência é uma obrigação. Proteja-se primeiro e só pare a máquina se for seguro. Toque no botão vermelho grande ao se afastar da máquina.

Respostas 4-4

1. A ferramenta T01 requer um deslocamento de menos 0,005 pol. Ambos os diâmetros eram 0,010 pol. maiores, enquanto o comprimento era 0,005 pol. menor. Movendo-se 0,005 pol. mais próximo do contorno, esse deslocamento irá resolver os dois erros. A T02 requer um deslocamento de mais 0,0035 pol. para diminuir o problema de comprimento.

# Ferramenta	Deslocamento do raio de ponta
T01 0,06	- 0,005
T02 0,06	0,0035

2. A fresa está fazendo a ranhura 0,011 pol. muito grande. O cortador foi posicionado *muito perto*

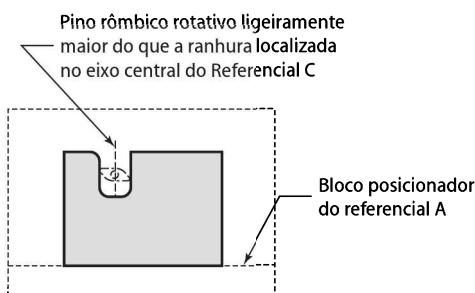


Figura 4-45 Uma solução possível – mas o melhor teria sido uma sequência mais bem planejada de trabalho!

da linha de contorno. O atual deslocamento de - 0,007 pol. era muito. Ele precisa *afastar-se* da linha de contorno de 0,0055 pol. para corrigir o erro de 0,011 pol. (Calculado novo deslocamento - 0,007 + 0,0055 = 0,0015.)

# Ferramenta	Diâmetro da ferramenta	Número	Deslocamento
T0101	0,500	01	0,0015

3. Um para desbaste e, então, outro para um passo de acabamento?
4. A distância a percorrer para completar o comando atual?

5. Parar e verificar se há espaço para completar a distância a percorrer antes de deixar a máquina completar o movimento.

Respostas para as questões de revisão

1. Porque todos os movimentos coordenados da máquina se referem ao PZP. Deslocá-lo na configuração significaria um acidente certo, no qual as ferramentas de corte entrariam em contato com o tarugo ou as ferramentas de fixação no local errado.
2. Para evitar a execução da peça errada rodando a versão errada do programa, mesmo que os números de peça correspondam. O nível de revisão do programa só pode ser encontrado no cabeçalho do programa.
3. Pela Letra da Revisão, pelo Número de série ou pela Data.
4. Fatos de configuração; fatos da execução do programa. A documentação é encontrada em cópia impressa e incorporada como comentários no próprio programa (opção do programador, mas os operadores podem editá-los).
5. Um que possa acomodar tamanhos variados de ferramentas e formas usando deslocamentos.
6. Linha de centro do cortador (trajetória do cortador) e trajetória da peça (contorno da peça); comprimento do deslocamento; compensação do diâmetro, se necessário.
7. Uma clara, mas moderada, emergência que vai piorar se não forem realizadas algumas medidas. Toque no fixador deslizante ou no interruptor de ciclo, ou mude o avanço ou a troca rápida para zero, ou ative o modo de bloqueio único.
8. Alguma forma de parar – mude o deslocamento rápido para zero, selecione o bloqueio único ou mesmo deslize o fixador.
9. Falso. Um nível 3 significa acionar a parada de emergência imediatamente.
10. As dimensões dos eixos X e Y estão somente nos elementos angulados e curvos, em controle fechado. Muito provavelmente o controlador tem o raio de ponta errado armazenado para compensação. Se as superfícies anguladas e curvas estão cerca de 0,060 maiores, o operador deve ter se esquecido de introduzir o raio de ponta. Se não é esse o problema, então, o programa está escrito com as dimensões erradas para o raio de 0,50 e o chanfro de 45°.
11. Neste caso, é muito provável que seja um problema de coordenação de configuração. A posição do eixo X da ferramenta de torneamento tem que ser deslocada para dentro 0,0035 pol. (metade da alteração do diâmetro necessário).
12. Uma mudança pequena de deslocamento na ponta ($-0,0001$ pol.) pode ser usada para tirar 0,0003 pol. de diâmetro a mais, no entanto, já que é a primeira peça, e apenas três décimos a mais não violam a tolerância, eu não iria lidar com isso ainda. Contudo, o erro de comprimento é claramente um problema de programa. A dimensão 2,3125 foi digitada 2,2135 pol. e deve ser editada. Não há mudança de configuração ou deslocamento de raio que possa corrigir isso.
13. Algo está degradando. A parte cônica só poderia ser de:
 - Deflexão da peça devido ao cortador cego.
 - Troque a ponta do inserto. Adicione a mudança de inserto mais vezes na rotina do operador.
 - Note que adicionar o contraponto vai ajudar a reduzir a conicidade, assim como as ferramentas de cortes irão tornar-se menos desgastadas. Isso irá prolongar o período de tempo entre substituições da ferramenta, mas exigirá um ciclo de centro da broca e aumentará o tempo de ciclo.
14. Há dois itens errados aqui. *Programa errado:* mesmo que a parede de 0,750 à esquerda esteja deslocada apenas um pouco, a dimensão 5,125 está muito errada. O problema deve ser nos dados do programa. *Precisa de ajuste na compensação do diâmetro da ferramenta de cor-*

- te: O deslocamento deve ser reduzido 0,0013 pol. Todas as três dimensões de 0,75, 0,75 e 2,875 mostram que a ferramenta de corte está 0,0013 pol. afastada do contorno da peça.
15. Irá gerar com o raio da trajetória do cortador de 0,0625 pol. (raio da peça de 0,500 – raio da ferramenta de corte de 0,4375 = 0,0625 pol. no raio da trajetória do cortador).
16. Um alarme de controle para a interferência geométrica. O cortador maior não pode gerar ou conformar o raio côncavo de 0,50 dentro da cavidade.
17. A peça está rotacionada no sentido anti-horário. Há duas possíveis causas: a morsa não é verdadeiramente indicada para o eixo X ou a peça está posicionada sobre um cavaco ou rebarba, causando sua rotação.
18. a. Disjuntor principal desligado ou botão de emergência pressionado.
b. Baixo fornecimento de ar ou óleo, ou pode estar em um fim de curso.
c. Botão de acionamento de avanço e deslocamento rápido rotacionados para zero da última vez em que foram desligados.
19. No 19º ciclo da peça, alguns suprimentos vitais se tornaram escassos. A máquina completou o ciclo, mas não deixou você fazer a próxima peça sem reabastecer.
20. O controlador analisa a trajetória da ferramenta vários blocos adiante do comando atual para ver se há problemas no comando lógico, na sintaxe do comando ou de interferência do cortador. O controlador irá parar na linha de comando que está vários blocos adiante.



» capítulo 5

Planejamento de programação

Para mim, escrever e executar um programa CNC com sucesso é como o melhor jogo de computador! Eu ainda me lembro do primeiro que escrevi. Nós, instrutores, entendemos que os alunos estão mais do que ansiosos para fazer o mesmo, criar seus próprios programas e testá-los no metal. Contudo, a experiência prova sempre que, embora seja divertido fazer isso, começar assim é um erro gigante!

Sem diretriz, os iniciantes frequentemente compilam o programa e, então, tentam resolver os detalhes da sua execução depois. Aqui, no Capítulo 5, aprendemos que um investimento modesto em planejar antes de escrever retorna grandes dividendos em produtividade, qualidade e segurança. Além de habilidades organizacionais, o Capítulo 5 também trata de comunicar instruções para outros. Para fazer ambos, você vai utilizar muito sua experiência com máquinas manuais. Há somente duas unidades necessárias para planejar o trabalho CNC.

Objetivos deste capítulo

- » A partir das prioridades funcionais da peça, escolher a localização correta para o PZP de fresadoras e tornos.
- » Para trabalhos em fresadoras, escolher a orientação do eixo e o quadrante.
- » Selecionar a fixação de ferramenta para o centro de usinagem CNC.
- » Selecionar a fixação de ferramenta para centro de torneamento.
- » Organizar as sequências de operação.
- » Planejar cortes intermediários que levam ao corte final.

O DESAFIO FINAL

Na revisão, vamos propor alguns trabalhos, planejando-os do início ao fim. O último problema tem duas respostas: uma dada por mim mesmo e uma segunda, dada pelos alunos e professores do curso de Tecnologia de Usinagem na Bates Technical College, em Tacoma, Washington. Quando escrevi meu plano de trabalho, eu não tinha ideia se nossos planos iriam coincidir ou não, mas minha expectativa era de que eles divergissesem. Ambos os planos vão fazer boas peças. O ponto é que, apesar de ser uma ciência geométrica, isto é muito mais um empreendimento criativo.

» Unidade 5-1

» Seleção da origem, do quadrante e dos eixos

Selecionar a orientação do eixo, a localização do PZP (ponto zero peça), os métodos de fixação e as sequências de operação são decisões inseparáveis. Cada escolha afeta a outra, e todas devem ser feitas ao mesmo tempo. Vamos olhar para cada uma delas individualmente somente pela organização do livro. A ordem em que essas escolhas são feitas está interligadas, e não existe uma ordem correta para fazê-las.

Em alguns casos mais simples, a escolha da fixação da ferramenta pode ser feita depois, na hora da montagem (placas padrão, morsas e grampos). Mas, muitas vezes, em um trabalho CNC real, ela deve ser selecionada previamente e esboçada. Por quê? Para evitar situações em que seu programa, acidentalmente, use os mordentes da morsa, quando grampos teriam sido a escolha correta, ou para evitar a passagem de peças através da placa de torno errada. É óbvio que tudo deve ser bem pensado antes de escrever o programa, e essas escolhas devem ser documentadas.

Termos-chave:

Batente de trabalho/batente de eixo

Parada ajustável para localizar a matéria-prima no mesmo lugar em cada peça.

Método do toque

Método físico para configurar um PZP no eixo Z na máquina ao tocar a ferramenta levemente na superfície de trabalho.

Mudança de coordenada

Técnica de programação usada tanto em tornos quanto em fresadoras para, temporariamente, mudar o PZP por segurança ou conveniência.

Referência da ferramenta – ponto de localização

Método alternativo de estabelecer o PZP usando um bloco anexo à fixação.

Seleção do PZP

A escolha do PZP, em geral, é uma decisão relativamente fácil, mesmo sendo muito importante.

Ponto-chave:

O PZP deve ser baseado em prioridade funcionais e referências geométricas que estejam dentro do desenho. Se você não está usando um projeto com tolerâncias geométricas, as superfícies mais confiáveis e facilmente localizadas devem ser usadas.

Em alguns casos, a seleção do PZP é baseada em superfícies temporárias, visando à usinagem de funções e características de maior prioridade o quanto antes. Algumas das escolhas do PZP envolvem trabalho e/ou orientação do eixo. Nós vamos começar com o trabalho em torno, o assunto mais simples, já que é uma máquina de dois eixos, e, então, vamos olhar as fresadoras. Aqui estão duas orientações para a seleção do PZP em qualquer uma das máquinas.

Escolhendo a localização do PZP – Torno ou fresadora

Primeiro, o PZP deve refletir a referência/o dimensionamento básicos do desenho.

Depois, escolha alguma localização física que seja fácil de achar durante a preparação, uma superfície grande, um furo bem feito, etc.

Localização do PZP para torneamento

Eixo X na linha de centro Para controlar os diâmetros, o ponto zero peça sempre fica no centro da peça para o eixo X. Diâmetros são sempre referenciados a partir da linha de centro para trabalhos em torno.

PZP do eixo Z Enquanto a localização do eixo Z normalmente é na extremidade mais à direita, como mostrado na Figura 5-1, longe do cabeçote, ocasionalmente, a funcionalidade vai ditar a localização Z que não seja a extremidade, como mostrado na Figura 5-2, onde é óbvia a localização necessária do PZP.

Nesse caso, é fácil para o operador localizá-lo – 2,00 pol. para dentro da extremidade externa, mas algum material em excesso para usinagem, digamos 2,050 pol. (0,050 pol. extra para o faceamento).

Ponto-chave:

Para a Figura 5-2, o PZP deslocado é um fato crucial (o PZP não está no lugar usual) e deve estar absolutamente claro no documento CNC.

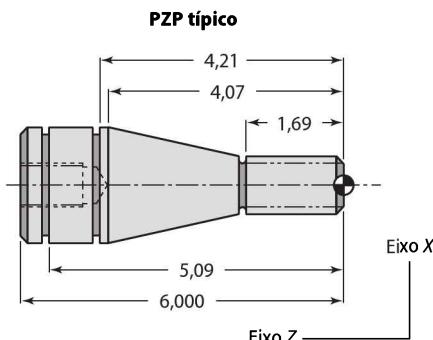


Figura 5-1 A localização típica do PZP para torneamento.

Uma função diferente coloca o PZP em outro lugar

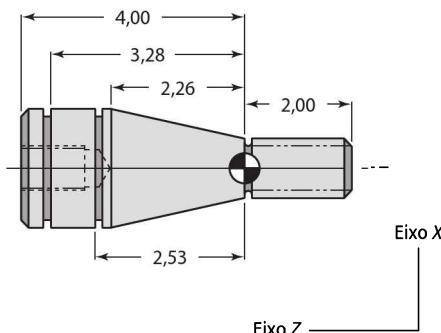


Figura 5-2 A função ocasionalmente coloca o PZP em algum outro lugar que não seja a ponta.

No caso mostrado na Figura 5-2, durante a preparação, o operador vai tocar a ferramenta à direita, na extremidade externa da peça, e, então, colocar o controlador de registro de posição em Z2.050 – uma distância Z positiva do PZP. Isso significa que a distância Z-PZP é 2,050 pol. para dentro da peça. Se esse detalhe de preparação não é visto, a execução do programa pode ser um desastre total.

Inversão de trabalho

Normalmente, a usinagem deve ser feita em ambas as extremidades, como mostrado na Figura 5-3. A alimentação de barra só pode fazer os detalhes externos e as características internas em uma extremidade. Por exemplo, será necessária uma segunda fixação para usinar a rosca. Existem duas formas de resolver isso.

Requer usinagem em ambas as extremidades

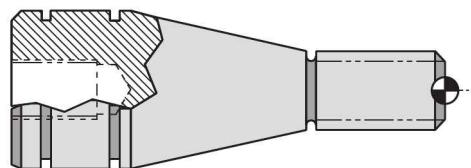


Figura 5-3 Este trabalho requer usinagem em ambas as extremidades.

1. Referência temporária usinada

Usine as características de uma extremidade para uma posição do eixo Z selecionada. Então, remova, inverta a peça e alinhe contra sua referência temporária, depois complete as características finais.

2. Batente do eixo de trabalho

Se o trabalho está sendo usinado do tarugo sem sobremetal, uma solução para controlar a posição invertida do eixo Z é usar um **batente de eixo, ou de trabalho**, como mostrado na Figura 5-4. Depois de usinar as características em todas as peças, cada uma delas é invertida e recolocada na placa. O batente ajustável configura a posição em Z da peça a partir da extremidade final.

Quando usamos um batente de trabalho, o PZP mantém a mesma localização física na peça, mas agora é dentro do eixo da máquina. O operador deve colocar os registradores de posição em Z para representar um PZP que a ferramenta não consiga alcançar!

Ponto-chave:

Mais uma vez, isso deve estar completamente claro no documento. Em geral, um esboço é a melhor solução.

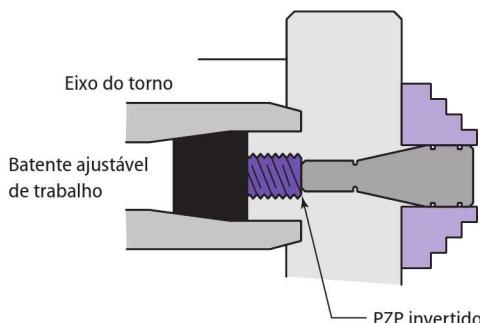


Figura 5-4 Um batente de trabalho do eixo permite uma localização do eixo Z.

Dica da área

Faces de castanha de placa Um batente de trabalho simples pode ser, muitas vezes, uma face de uma castanha de placa. Normalmente, quando usando castanhas personalizadas, um degrau pode ser faceado na castanha para funcionar como um batente de trabalho.

Para coordenar essa preparação, com o PZP dentro do cabeçote do torno, o operador deve escrever onde o PZP em Z está localizado, relativamente à ferramenta de corte, apesar de a ferramenta não poder ir até lá.

Cuidado! É uma prática comum de programação deslocar a ferramenta em movimento rápido de volta para o Z0,0 ou próximo dele antes de fazer a próxima passada, seja para acabamento ou para retirada de material. Esquecer que o PZP está dentro do cabeçote resultaria em uma colisão entre a ferramenta e a placa – um desastre! Existe um planejamento conveniente para corrigir essas situações usando uma ferramenta de programação chamada **mudança de coordenada**. (Veja a Dica da área a seguir.)

Dica da área

Mudando coordenadas Existem momentos em que a localização física do PZP na peça o coloca em um local inacessível. Ele cai dentro de uma placa ou fora do espaço de trabalho em peças grandes, por exemplo. Nesses casos, podemos usar um comando de mudança de coordenada. Esse comando de programa define um local como referência temporária, baseado na localização do PZP mestre. Por exemplo, na Figura 5-5, posicionando a ferramenta a 6,5 pol. do PZP mestre, o programador deslocou a ferramenta 0,5 pol. para fora do comprimento da peça – 6,5 pol. do batente de trabalho mestre. Todos os movimentos do eixo Z programados ainda são relativos ao PZP original, então, não será introduzida variação. Agora, eles incluem as 6,5 pol. O programador pode escrever o programa usando di-

mensões impressas e, depois, mudar o ponto de referência para um local que seja útil e seguro.

Mudando coordenadas

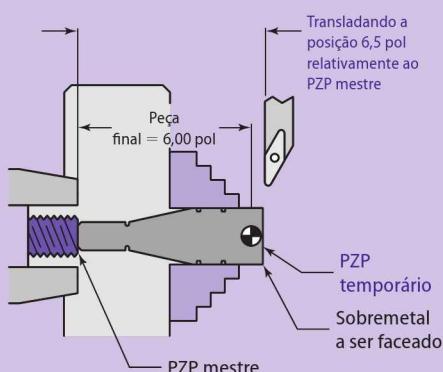


Figura 5-5 Mudança de coordenadas pode gerar uma economia de tempo.

A partir desse comando, todas as posições se relacionam com a referência temporária (PZPT), embora essa referência represente completamente a original, 6,0 pol. para dentro do eixo. Isso economiza muita matemática de programação extra e previne acidentes em potencial. Você verá muitas possíveis aplicações dessa ferramenta para a economia de tempo tanto no trabalho em torno quanto em fresadora.

Programa de fresadora – Zero de referência

Com fresadoras, nós adicionamos mais uma orientação para a seleção do PZP além das referências básicas e do posicionamento simples de preparação na peca;

Se possível, tente usar o primeiro quadrante. Essa é uma questão secundária de rotacionar a peça de forma que ela fique no primeiro quadrante XY com as melhores vantagens de eixo (Figura 5-6).

Superfície superior – Canto inferior esquerdo A seleção mais comum para o PZP em fresagem é o canto inferior esquerdo da superfície supe-

**Localização típica do PZP
Superfície superior canto inferior esquerdo**

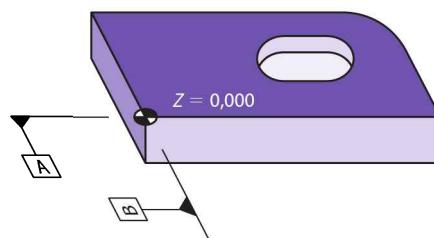


Figura 5-6 O canto inferior esquerdo é uma localização comum do PZP.

rior da peça, mostrada na Figura 5-6. Nós tentamos posicionar a peça de forma que o lado mais longo fique paralelo ao eixo X , mas somente por conveniência. Dessa forma, todos os valores absolutos das coordenadas na geometria vão ser positivos (não é grande coisa, mas elimina os sinais negativos).

Porém, essa não é a única escolha, como mostrado na Figura 5-7. Em cada orientação, a referência básica do desenho é preservada na peça. A única diferença é a orientação do eixo e que, quando as coordenadas absolutas são usadas, resultam-se em valores positivos e negativos.

Às vezes, rotacionar a peça para algum outro quadrante é um caminho escolhido para acomodar as ferramentas de fixação, ou o envelope de trabalho disponível, como mostrado na Figura 5-8, em que a morsa é virada de lado para que caiba completamente dentro da proteção de cavaco, com a porta fechada. O eixo longo da peça está paralelo ao eixo Y na fresadora vertical.

Ponto-chave:

A orientação do eixo e o PZP são decisões tomadas antes da programação. Uma vez que o programa está escrito, a preparação deve ser feita como mostra o documento.

Questão Na Figura 5-8, em qual quadrante a peça é colocada com a morsa rotacionada da forma mostrada? (Veja a legenda da figura para a resposta.)

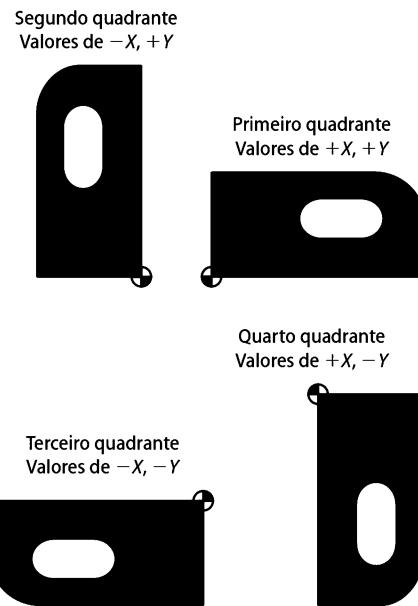


Figura 5-7 A mesma peça com o mesmo PZP, mas cada um localizado em um quadrante.

Método do toque para ajustar a referência de ferramenta Selecionar a superfície superior da peça como a referência para o eixo Z é um método comum. Isso simplifica a tarefa de coordenar a posição do eixo Z da ferramenta e para determinar seus deslocamentos de comprimento, sendo feito simplesmente tocando a parte superior da peça com a ponta da ferramenta – delicadamente, sem contato pesado. Melhor ainda, a referência Z pode



Figura 5-8 Esta orientação da peça foi escolhida para manter a morsa dentro do escudo de segurança. Isso coloca a peça no quarto quadrante.

ser definida ao se posicionar a dada distância da peça e, então, ajustar o registrador, para representar aquela altura de deslocamento.

Isso é conhecido como **método do toque**. É usado em máquinas sem sensores de ferramenta ou visão por câmera. Nós também tocamos a ferramenta na peça em preparações de tornos. Tocar a ferramenta de corte na peça em movimento de jog (manual) não está livre de riscos. Para fazê-lo, você deve mover a ferramenta na direção da peça usando os controles da máquina, que não têm qualquer sensibilidade. Servomotores produzem centenas de libras de pressão sem senso de contato exagerado, o que marca a peça e quebra a ferramenta! Não perca a Dica da área!

Dica da área

Sensores para toque de ferramenta Aqui estão dois métodos que melhoram o toque.

Use um sensor de papel (Figura 5-9). Deslizando-o para frente e para trás enquanto a ferramenta (não rodando) é aproximada manualmente da peça, o contato será óbvio quando o papel for arrastado. A espessura do papel é, então, levada em conta para o ajuste da posição da ferramenta; normalmente 0,003 pol. deve ser adicionado ao registrador de posição do eixo Z.



Figura 5-9 Um sensor de papel é uma boa prática quando se estão tocando ferramentas na peça para o método de toque para o eixo Z.

Um detector de contato ainda melhor é um sensor de contato de precisão (Figura 5-10). Eles normalmente são feitos de um material mole, como plástico ou alumínio, para proteger a ferramenta e a peça. Faça o seu próprio para alguns tamanhos fáceis, como 10 mm ou 1 pol.



Figura 5-10 Um bloco de precisão para sentir o toque, feito em casa, de alumínio ou plástico, vai proteger as ferramentas de corte e as superfícies da peça.

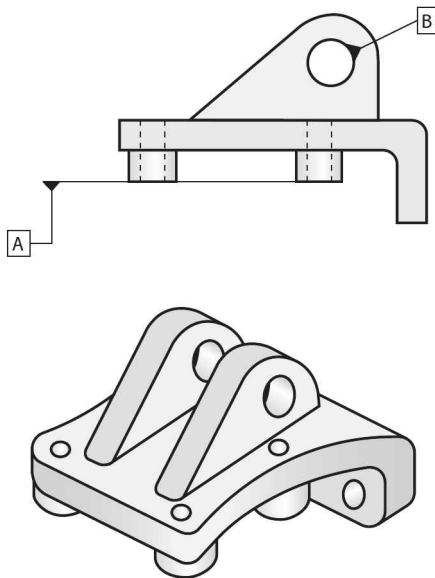


Figura 5-11 O desenho tem uma referência básica, mas, até que o fundido bruto seja usinado, não existe um lugar confiável para indicar o PZP. Esta peça, idealmente, é posicionada em um gabarito de fresadora.

Referências de ferramenta – PZP fora da peça

Gabaritos são dispositivos feitos sob medida para

- Segurar formas diferentes que não podem ser seguradas com segurança ou confiança usando métodos padrões.
- Prover tempo rápido de troca entre peças.
- Reduzir variação na produção devido ao carregamento e à fixação confiáveis.

Por enquanto, estamos preocupados com um tipo especial de referência fornecida pelo gabarito. A Figura 5-11 é um exemplo de uma peça com forma diferente que requer um gabarito. Nesses casos, a matéria-prima bruta é fundida, forjada ou soldada sem usinagem prévia. Nessa condição inicial, as superfícies não são uma localização confiável onde o PZP físico pode ser localizado.

No exemplo (Figura 5-12), para usinar as sapatas do fundo para criar a referência A, e o furo mandrilado B, essa peça deve ser segura em um gabarito. Então, a referência do PZP é planejada e localizada no gabarito. Essas referências planejadas são chamadas de **pontos de localização** ou *pontos de referência do gabarito*.

Ponto-chave:

O PZP não é um ponto de localização. O PZP é uma distância conhecida a partir de um ponto de localização nas referências A e B. Na Figura 5-12, quando o eixo-árvore está posicionado diretamente sobre o furo de localização, ele estará em Y2.000 relativo ao PZP.

Usando um relógio comparador para posicionar o fuso sobre o furo no bloco, o operador vai colocar os registradores de eixo para representar a posição do ponto de localização relativo à peça. Essas in-

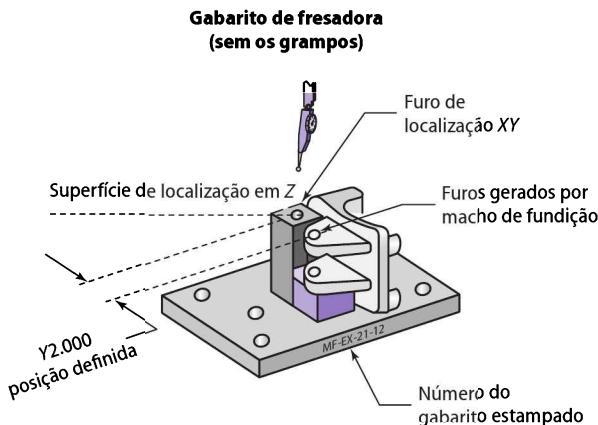


Figura 5-12 Um gabarito de fresa resolve os problemas de fixação e de localização do ponto de referência. Note que o ponto de localização neste gabarito é relativo ao PZP – ele não é o PZP.

formações devem estar desenhadas claramente no documento.

O ponto de localização normalmente é um furo de precisão feito em um bloco de ferramenta aparafusado ao gabarito. O eixo do furo é a localização para o ponto de localização XY, e o topo do bloco é usado para a referência Z.

Dica da área

Placas com castanhas moles e morsas Castanhas moles usinadas customizadas são dispositivos de fixação muito úteis. Para a Figura 5-11, você pode ver uma forma para segurar a peça em castanhas moles usinadas customizadas? Elas podem ser produzidas para se encaixar na peça. Se o formato da peça é simples, o programa para o ferramental é feito pelo operador ou pelo ferramenteiro. Mas tem uma outra Dica da área vindo na Unidade 5-2. Um programa da peça pode ser editado e usado para cortar as castanhas moles ao se trocar a compensação da ferramenta para o outro lado da linha de geometria. Um programa pode ser modificado para fazer tanto a peça como o formato do gabarito que segura a peça!

Revisão da Unidade 5-1

Revise os termos-chave

Batente de trabalho/batente de eixo

Parada ajustável para localizar a matéria-prima no mesmo lugar em cada peça.

Método do toque

Método físico para configurar um PZP no eixo Z na máquina ao tocar a ferramenta levemente na superfície de trabalho.

Mudança de coordenada

Técnica de programação usada tanto em tornos quanto em fresadoras para, temporariamente, mudar o PZP por segurança ou conveniência.

Referência da ferramenta – ponto de localização

Método alternativo de estabelecer o PZP usando um bloco anexo à fixação.

Reveja os pontos-chave:

- Quando for escolher a localização do PZP
 - ◆ Primeiramente, ela deve refletir a referência/o dimensionamento básicos do desenho.
 - ◆ Se possível, ela deve ser um local físico que seja fácil de reproduzir na preparação – uma superfície larga, um furo

confiável e afins. Mas, algumas vezes, isso não é possível, então, a referência de ferramenta se torna necessária.

- ◆ Quando um PZP está localizado em um lugar fora do esperado, ele deve ser especificado no documento de preparação.
- ◆ Mantenha em mente que a orientação do eixo e do PZP são decisões pré-programação. Uma vez que o programa está escrito, a peça deve ser colocada como mostrado no documento.
- ◆ Com um ponto de localização, o PZP normalmente ainda é na peça, não no gabarito. O ponto de localização representa a distância conhecida até o PZP.

Responda

1. Qual é a recomendação principal para escolher o local do PZP?
2. Qual é a recomendação secundária para escolher o local do PZP?
3. Por que você escolheria planejar um ponto de localização para estabelecer o PZP?

Questões de pensamento crítico

4. O que pode acontecer se o PZP não for coordenado corretamente na máquina, relativo à posição do seu programa? (Dois problemas potenciais)
5. Explique por que o PZP, se possível, é escolhido de forma que toda a peça a ser fresada fique no primeiro quadrante.

máquinas manuais. Mas, com o trabalho CNC, o método escolhido deve ser muito firme para suportar o esforço e o calor.

O rosqueamento de ponta única é um exemplo perfeito. Em tornos manuais, o rosqueamento ocorre a uma taxa artificialmente pequena devido ao acionamento da alavanca meia porca. Isso resulta em cortes leves, porque a velocidade é muito pequena.

Porém, em tornos CNC, o computador começa e para a ferramenta de corte em perfeita coordenação com o eixo-árvore. O fuso do CNC pode rotacionar perto das velocidades de corte normais, logo, a ferramenta de corte se move a taxas incríveis!

A pegada da placa e a rigidez da peça devem ser capazes de suportar essa força.

Termos-chave:

Placa de sacrifício

Placa de metal aparafusada acima da mesa de fresadora para protegê-la e fornecer uma superfície em que possam ser feitos furos brocados e rosqueados para fixação de grampos e ranhuras para blocos paralelos e pinos.

Subplaca

O mesmo que as placas de sacrifício.

Fixando ferramentas em centros de usinagem

Começamos investigando as diferenças de fixações CNC em fresadoras. Vamos limitar nossa investigação a fresadoras verticais CNC, nas quais existem três seleções comuns para a fixação para o seu planejamento:

- Morsas ou morsas de precisão – com mordenetes moles ou pesados
- Aparafusamento direto – por cima de uma placa de sacrifício ou montado em blocos paralelos
- Gabarito – feito na oficina ou profissionalmente

» Unidade 5-2

» Seleção dos métodos de fixação e das sequências de operação

A Unidade 5-2 é desenvolvida com base em habilidades obtidas em tarefas de laboratório usando

Morsas de precisão

Não precisamos dizer nada sobre as morsas de mordentes duros neste ponto do seu treinamento. Contudo, com o trabalho CNC, morsas de mordentes moles são mais usadas, porque precisamos segurar peças de formatos diferentes e também fornecer um localizador para um PZP.

Os mordentes de morsa são usinados de forma personalizada para a peça usando o comando CNC. Normalmente, ao conjunto final do mordente mole (Figura 5-13), é dado um número de ferramental, salvo para aplicações futuras do programa. Esse fato deve ser, então, adicionado ao documento CNC como um comentário – dizendo que o ferramental já existe e não precisa ser feito toda vez que o programa é executado.

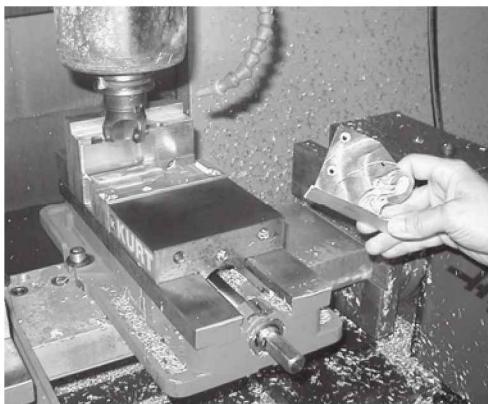


Figura 5-13 Uma morsa com mordentes moles usinada na oficina serve para fixar peças com formatos estranhos, difíceis de se segurar de qualquer outro jeito.

Dica da área

Cortando ambos os lados de uma linha Cortar um conjunto de castanhas ou mordentes moles, tanto no torno quanto na fresa, é simplificado se você conhece este truque. Ao modificar os comandos de compensação de raios no programa escrito para a peça, o operador esperto pode criar uma imagem reversa do programa. Veja como.

Durante a usinagem das câmaras da caixa mostradas no topo da Figura 5-14, para a segunda sequência de operações, surge a necessidade de segurar os perímetros para usinar o bolsão e fazer o furo no fundo. Para cortar os mordentes da morsa, o programa do perfil externo pode ser modificado ao se trocar a ferramenta para o lado oposto da linha geométrica (mostrada no fim da ilustração).

A ferramenta está indo ao longo do lado esquerdo da geometria para cortar a peça. Mas, se trocada, na edição do programa, para o lado direito, será usinada a imagem inversa do mordente da morsa. Usando os dados do programa já existentes, economiza-se tempo!



Ferramenta passando
pela esquerda da
geometria faz a peça



Ferramenta à direita da
linha geométrica faz os
mordentes da morsa



Figura 5-14 Usando primeiro a compensação para a esquerda e depois para a direita, ambos a peça e o mordente da morsa podem ser usinados usando o mesmo programa.

Ponto-chave:

Cuidado!

Esse é um desafio avançado de edição que requer mais treinamento para ser feito. Existem várias modificações a serem feitas no programa para eliminar movimentos indesejados de ferramentas, mudanças de ferramentas e assim por diante.

Aparafusamento direto – Placa de sacrifício

Aparafusar diretamente na mesa da máquina é menos comum em trabalhos CNC, principalmente porque a troca de peças produzidas é lenta, mas também para manter as ferramentas em movimento rápido longe da mesa da máquina. Usamos aparafusamento direto quando a peça não vai caber em um morsa ou para ganhar um pouco mais de espaço para o eixo Z em uma peça mais alta.

Para proteção, durante uma fixação por aparafusamento direto e por outras razões de utilidade de preparação, uma placa lisa de proteção, chamada de **placa de sacrifício** ou, algumas vezes, de **sub-placa** é, normalmente, aparafusada à mesa da fresa CNC. Essas placas grossas de alumínio (ver Fig. 5-15) servem para dois propósitos no trabalho CNC. Elas

- Protegem a mesa da máquina.
- Fornecem uma superfície mole para criar preparações.

Plástico reforçado e de alta densidade também é usado ocasionalmente como placa de sacrifício.

Essas placas, algumas vezes, possuem ranhuras de precisão pré-usinadas para o encaixe de morsas ou blocos de encaixe, poupando tempo de alinhamento. Algumas vezes, furos redondos para pinos de precisão são mandrilados para alinhar a peça diretamente. Elas também possuem uma matriz

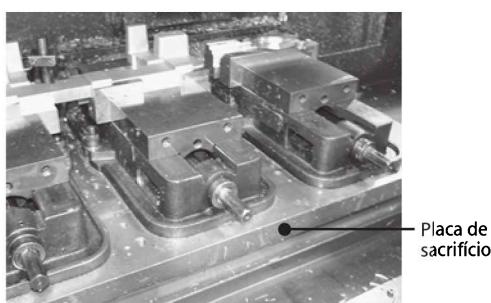


Figura 5-15 Esta placa de sacrifício no centro da máquina protege a mesa e também adiciona características de preparação úteis.

de furos rosqueados, normalmente do tamanho de parafusos comuns, $\frac{1}{2}$ -13 UNC. Eles são espaçados regularmente em direções X e Y.

A subplaca padrão para usinagem Uma fixação rápida pode ser feita em cima da placa, como mostrado na Figura 5-16.

Ponto-chave:

Nem todas as oficinas permitem usinagem da subplaca para criar uma preparação especial. Pergunte antes!

Embora sejam consideradas consumíveis, essas placas de utilidade são custosas para se trocar. Faça todo o esforço para usar características já usinadas nelas. Quando cortes são feitos na placa, ela vira uma plataforma instável, então, depois de um tempo, é necessário faceá-la com uma bailarina ou trocá-la quando ela fica muito fina.

Gabarito de máquina

Como discutimos antes, gabaritos são normalmente usados como dispositivos fixadores de peça na indústria (Figs. 5-12 e 5-17). Esses ferramentais para fixação personalizada variam desde gabaritos baratos feitos na oficina até aqueles projetados profissionalmente. Custando de algumas centenas a milhares de dólares, gabaritos são uma boa solução para alguns planos CNC, mas não para outros.

Uma gábarito para troca rápida

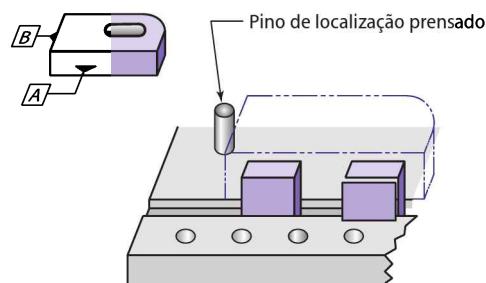


Figura 5-16 Um típico gábarito de troca rápida feito na oficina possui uma ranhura com encaixe para um par de blocos paralelos, um furo mandrilado de alinhamento e um conjunto de furos rosados para grampos.

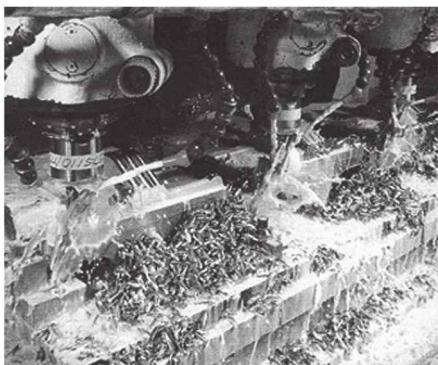


Figura 5-17 Um acessório feito em oficina para trabalho pesado em uso neste centro de usinagem Cincinnati CNC vertical com eixos duplos.

Ponto-chave:

Quando estiver usando um gabarito projetado no seu plano de trabalho, tenha certeza de que não tem outro jeito mais barato de fixar a peça – e fornecer a repetibilidade necessária. O custo de gabaritos personalizados normalmente não é justificado, a menos que ele seja usado mais de uma vez ou que não exista outro meio de fixar a peça com segurança e eficiência.

Conversa de chão de fábrica

Soluções criativas Observe soluções na sua oficina. Colete ideias criativas e pense em outras. Mandris, mesas rotacionáveis e placas rotacionáveis são todos usados – use os conhecimentos ganhos em usinagem manual. Eu já fui forçado a usar fita dupla face para fixar uma peça em uma mesa de fresadora!

Placas a vácuo Uma ferramenta de fixação para trabalhos em fresadoras é a placa a vácuo, como mostrado na Figura 5-18. A placa de sacrifício da fresadora, já mencionada, pode, em geral, ser usada para fazer uma placa a vácuo ao se plugar os furos de parafuso e, então, usinar os detalhes de vedação na placa. Uma bomba de vácuo com esse propósito é usada para fixar a peça firmemente aos corte de o-ring feitos na placa. Para trabalhos em madeira com roteadora CNC, a fixação com vácuo é a escolha universal (Fig. 5-19).

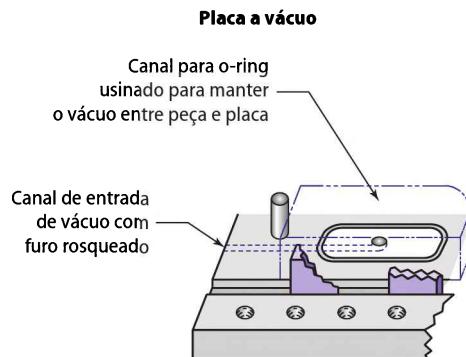


Figura 5-18 Uma placa a vácuo é feita ao se usinhar uma ranhura para o-ring em uma placa com um canal de vácuo para distribuir a força de fixação. Uma bomba de vácuo fornece a energia que vai segurar a peça na placa.



Figura 5-19 Esta fresadora pôrtico gigante está produzindo três longarinas de asas de uma só vez, todas sendo seguradas com placas a vácuo. Note o grande volume de cavaco.

Ferramentas para fixação de um centro de torneamento

Semelhante ao trabalho em um torno manual, existem as seleções familiares de uma placa de quatro castanhas, mandris e placas lisas, mas eles são usados normalmente para trabalhos em uma peça ou quando uma placa de pinça ou de três castanhas não pode ser usada. A placa de pinça e a de três castanhas são usadas para produção. Com ambas, existem diferenças no uso em tornos manuais.

Em todos os casos, um trabalho de comprimento longo é suportado por um cabeçote móvel manual ou o cabeçote programável mais rápido.

- Comum

Placa de três castanhas – hidráulica com castanhas duras ou moles

Pinças – hidráulica

- Menos usadas

Placa de face/gabarito de torneamento – aparafusada a uma placa lisa ou em placa de castanhas. Com essas, qualquer condição desbalanceada é muito perigosa, portanto, a velocidade deve ser mantida baixa.

Placas de quatro castanhas podem ser montadas em máquinas CNC equipadas com *cam lock*. Eles servem apenas em pequenas utilizações ou para peças únicas.

Mandris

Placas hidráulicas de três castanhas

Existem cinco diferenças nas placas de três castanhas feitas para centros de torneamento CNC quando comparadas aos tornos mecânicos. Primeiro, a placa é feita para trabalho extremo, incluindo rpm muito mais alto. Segundo, a placa com mecanismo de rosca é substituída por uma junta de tração hidráulica dentro da caixa do eixo-árvore. Placas CNC não são apertadas com uma chave de placas, porque fazer isso seria um processo muito lento e o aperto iria variar dependendo do operador. Nós olhamos previamente o pedal de segurança que aciona a placa – a terceira diferença. Ele está interligado de forma que, uma vez fixada a placa e iniciado o programa, a placa não possa ser aberta acidentalmente.

Ponto-chave:

Lembrete

A força criada por um placa hidráulica pode esmagar as partes ocas e deve ser ajustada para cima ou para baixo pelo operador. A experiência vai mostrar qual pressão é suficiente para fixar, mas não destruir ou marcar a peça.

A quarta diferença é a variação do tamanho da castanha entre quando ela está aberta e quando está fechada. Limitada pela ação hidráulica em placas CNC, a variação de abertura e fechamento de aproximadamente 5 mm é ajustada para conter o diâmetro da peça. Isso é feito ao se aparafusar a castanha no lugar ao longo de um suporte serrilhado (Fig. 5-20). Normalmente, cada serrilhado representa 1 mm de mudança de raio para a castanha.

Ponto-chave:

Posicione as castanhas de forma que elas fixem o trabalho na metade do seu alcance de movimento para permitir as variações de peças brutas.

Sensor de fechamento A quinta diferença da placa CNC é que, na maioria dos centros de torneamento industriais, um sensor de fechamento para apertos internos ou externos deve ser pré-selecionado pelo operador. Para fechamentos externos, eles se fecham para dentro e se interligam ao atingir a pressão definida pelo operador. Só então, com o indicador de aperto ligado (verde), o eixo vai começar (Fig. 5-21).

Nota de segurança! Para montar uma placa de três castanhas hidráulica, o operador deve colocar todas as castanhas em raios iguais, de forma que

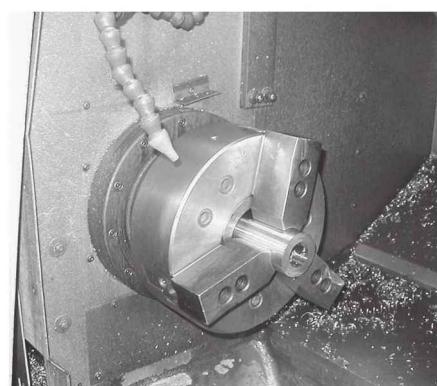


Figura 5-20 O raio de aperto da placa acionada hidraulicamente é ajustado por meio de serilhados precisos na parte traseira da castanha.



Figura 5-21 Um sensor de aperto diz para a máquina qual orientação é a posição de fechamento segura. Se não ocorrer realimentação de fechamento, a máquina soará um alarme e não ligará.

elas fechem na peça mais ou menos na *metade do seu curso*. Se não, quando existir uma peça de diâmetro muito pequeno dentro de um lote, ela pode não ficar firme quando a placa atingir o fim de curso.

Mordentes moles ou duros Mordentes moles de alumínio são muito comuns, mas nós também usamos castanhas de aço para produção CNC. Se aparafusadas corretamente, essas castanhas podem servir à função de uma batente de trabalho enquanto seguram a peça de forma diferente. Outra vantagem surge quando uma concentricidade justa é um problema. Ao aparafusar as castanhas na configuração em que elas serão usadas, os centros da peça no eixo do torno terão uma variação quase nula.

Quando castanhas personalizadas são desaparafusadas e reutilizadas depois, elas são mandriladas levemente, devido à impossibilidade de recolocá-las na posição exata em que foram usadas pela primeira vez.

Ponto-chave:

Considere castanhas ou mordentes moles

Por muitas razões, eles são uma solução criativa para fixação de peças em CNC.

Pinças hidráulicas Em nossas discussões de usinagem manual, consideramos pinças um suporte de aperto mediano. Embora pinças CNC não fixem com tanta segurança quanto uma placa, elas fixam com força suficiente, devido ao fechamento hidráulico, para a retirada de material moderadamente rápida, de até 1,5 pol. de diâmetro.

Pinças flexíveis CNC são mais pesadas do que suas contrapartes manuais e mais fortes, mas elas podem ser quebradas. Tenha certeza de que a barra está segura dentro do alcance da pinça. Peças que são muito pequenas vão dobrar ou quebrar a pinça quando flexionadas fora de seu alcance de trabalho. Tenha certeza de que ajustou a pressão hidráulica baseado no tamanho e na resistência da peça. Assim como placas, pinças podem esmagar tubos. Pinças CNC são fornecidas (ou personalizadas) para encaixar em peças de formas diferentes.

Ponto-chave:

A maioria dos tornos requer a troca de aperto para externo quando se estão usando pinças.

Gabaritos de torneamento Devido a razões de segurança e custo, gabaritos de torno são considerados uma última escolha. Você poderia escolher um gabarito quando a peça não pudesse ser fixada de uma outra forma e o trabalho justificasse a despesa.

Devido à combinação das forças centrífugas e das forças de corte, gabaritos para tornos CNC devem incluir grampos à prova de falha e balanceamento extrabom. O uso e a fabricação de gabaritos estão além do escopo desta unidade. Contudo, o seu cuidado é algo que devemos discutir.

Cuidado com gabaritos Ferramenteiros trabalham muitos dias em gabaritos – eles são precisos e custosos. As tolerâncias usadas são abaixo de um terço das dimensões críticas da peça desejada. *Eles são caros e devem ser tratados com muito respeito*. Aqui estão os sete mandamentos dos gabaritos:

1. Nunca modifique-os sem permissão. Se for feita uma grande modificação, é necessário uma nota no documento CNC.
2. Mantenha todos os grampos, pinos e outros anexos junto com o gabarito quando você acabar de usá-lo.
3. Passe óleo em todos os componentes de aço antes de guardá-los por um longo período.
4. Sempre limpe os gabaritos antes de montá-los em uma máquina CNC e depois de usá-los.
5. Quando estiver carregando peças, não use martelos, ferramentas manuais e afins. Acessórios são resistentes, mas podem ser danificados.
6. Conheça o gabarito antes de usá-lo! Se a peça pode ser inserida de forma errada, determine o jeito certo. Também estude o uso dos grampos. É possível distorcer a peça com excesso de força no grampo.
7. Leia e cheque todas as instruções dadas e tenha certeza de que a peça e o gabarito possuem os números que combinam com a ordem de serviço!

Como começar a escrever seu plano

Para começar, confira os desenhos técnicos para estes cinco grandes fatores:

- 1. Dimensões e características críticas**
Observe as tolerâncias e as referências.
- 2. Observe a forma geral da peça e suas características especiais**
Estes detalhes criam cortes especiais ou considerações para fixação?
Eles podem requerer ferramentas de corte ou de fixação especiais.
- 3. Conheça o tipo de material, o tamanho de corte do tarugo em bruto e considere o sobremetal.**
Lembre-se de que o excesso de material pode economizar dinheiro a longo prazo.

4. Número de peças

Fazer isso pode justificar algumas decisões sobre ferramental.

Será que futuras fabricações desta peça justificam custos em ferramentas melhores?

5. Custo do material bruto e da peça final

Pode justificar decisões sobre ferramentas de corte e de fixação.

Enquanto você resolve os problemas que vão surgindo, você deve considerar esses cinco fatores. É raro que uma resposta perfeita apareça, e é inteiramente possível que seu plano vá ter melhorias comparado ao meu. Com cada um, haverá um documento CNC em branco para se copiar e depois preencher.

Não esqueça a usinagem manual

Devido à organização do livro, nós apresentamos usinagem como sendo tanto manual quanto CNC, enquanto na indústria a usinagem é simplesmente usinagem. Em outras palavras, um trabalho pode eficientemente começar em máquinas manuais, fazendo esquadrejamento ou torneamentos em desbaste, por exemplo. Então, ele pode ser movido para a área CNC para a usinagem principal e, depois, de volta para operações de finalização. Por exemplo, o tarugo do primeiro problema foi usinado previamente ao se facear uma extremidade e fazer furos de centro em ambas as pontas. Essas operações poderiam ser feitas em um torno manual se o CNC estivesse lotado de trabalho.

Se elas puderem entregar o trabalho na velocidade necessária, usar máquinas manuais normalmente melhora o preço do produto final. As máquinas manuais são bem menos custosas de se ter e manter. Use-as para permitir que o equipamento CNC faça o trabalho que somente ele pode fazer.

Revisão da Unidade 5-2

Revise os termos-chave

Placa de sacrifício

Placa de metal aparafusada acima da mesa de fresadora para protegê-la e fornecer uma superfície em que possam ser feitos furos brocados e rosqueados para fixação de grampos e ranhuras para blocos paralelos e pinos.

Subplaca

O mesmo que as placas de sacrifício.

Reveja os pontos-chave

- Nem todas as oficinas permitem usinagem nas subplacas para criar uma preparação especial.
- Use um gabarito designado no seu plano de trabalho se você tiver certeza de que não existe um meio mais barato para fixar a peça.
- A força desenvolvida pelas placas hidráulicas pode esmagar partes ocas e deve ser ajustada para cima ou para baixo pelo operador.

- Sempre considere mordentes ou castanhas moles para os trabalhos CNC.
- Dependendo da necessidade, assegure-se de selecionar o bloqueio interno ou o aper- to externo.

Responda

1. Quando um operador escolheria um ga- barito para um plano CNC?
2. Com base na Unidade 5-1, que referência de programa é mais usual quando se es- tão usando gabaritos?
3. Qual é a diferença entre a placa de três castanhas no torno CNC e a manual? (Existem dois fatos.)
4. Verdadeiro ou falso? Quando se está montando uma placa de três castanhas CNC, deve-se montar as castanhas para que elas fechem no meio do seu curso de aper- to.
5. Além do deslocamento de meio curso, que outra consideração é necessária para montar uma placa de três castanhas CNC?

REVISÃO DO CAPÍTULO

Unidade 5-1

Nos ônibus espaciais, existem turbinas propulsoras de oxigênio líquido que custam um excedente de U\$15.000 cada, e você poderia segurá-las em suas mãos! O programa que as fez tem que estar certo! Contudo, não importa se é uma peça de alto valor como essa ou se é uma tarefa de treinamento, todos os programas precisam ser executados de forma correta. Ainda assim, para qualquer geometria de peça, provavelmente existem mais de cem planos diferentes que levam à peça finalizada. Como você sabe que o seu está entre os melhores? Existem três medidores, nesta ordem:

Segurança do operador e da máquina

Qualidade da peça – a variação é minimizada

Custo da manufatura

Tempo de ciclo geral

Aumento de tempo agregado e não agre- gado (sem cavaco) no ciclo

Quanto manuseio – mais de uma fixação?

Ele causa processamento fora da máquina e retirada de rebarba?

A vida e o custo da ferramenta de corte

Excesso de material bruto consumido

Unidade 5-2

A experiência real é a única professora desta habilidade. Observar os outros vai ajudar, mas fazer um plano que funcione é o verdadeiro teste. Para conseguir fazê-lo, depois de algumas perguntas, existem dois problemas desafiadores nesta revisão, um para torneamento e um para fresagem. Nenhum deles é fácil. Aborde-os como se fossem um trabalho real!

No local de trabalho, eu sempre consulto os outros em um plano difícil. Faça o mesmo aqui – conte suas ideias para um colega. Como os CNCs podem fazer muito mais operações em uma fixação em comparação com a usinagem manual, todo plano de trabalho para uma peça com formato novo é radicalmente diferente. As possibilidades são quase ilimitadas.

Questões e problemas

1. Antes de planejar um trabalho, existem cinco fatores que deveriam ser considerados. Nomeie-os.
2. Quando uma mudança de coordenadas seria usada? Por quê?

Questões de pensamento crítico

3. Uma peça fresada é muito grande. Sua extremidade deve sobressair além da área onde o eixo-árvore será posicionado, acima de onde o PZP físico pode ser coordenado. Uma mudança de coordenadas ou uma referência de gabinete poderiam resolver o problema?
4. Verdadeiro ou falso? Ao preparar uma peça, você descobre que a morsa está excedendo a porta de segurança. Ela não vai fechar. Contudo, você pode virar o mandril 90° (com a peça), e ela fecha. Você pode editar uma mudança de coordenadas no programa agora para fazer tudo funcionar. Se essa afirmação é falsa, qual seria a afirmação verdadeira?
5. Nomeie pelo menos três detalhes importantes que são diferentes ao se montar uma placa hidráulica de três castanhas CNC em comparação com uma de três castanhas padrão.
6. Cite uma melhora para ajudar no método de toque de coordenar as ferramentas de corte.
7. É desejável colocar peças fresadas dentro do primeiro quadrante? Por quê? Qual é a vantagem?
8. Quais são os maiores fatores na seleção do PZP antes de se escrever um programa?

Perguntas de CNC

9. Mandril para eixo-árvore usinado

A partir das instruções de trabalho a seguir e dos desenhos da peça, Figura 5-22, planeje os métodos de fixação, sequências de corte, localização do PZP e as instruções especiais, como inversão da peça ou nova pegada. Lembre-se de esboçar qualquer detalhe que você acha que o operador vai precisar. Um documento CNC em branco está incluído na Figura 5-23 para ser copiado e, então, usado para esta e para a próxima tarefas.

Ordem de serviço – Mandril de eixo-árvore

Fazer 50 peças – Número de peça FA-2122-1 Rev B folha 1/1

Tarugo de aço 4340 – Cortar no comprimento mais 3,0 pol. de pegada na placa

Facear uma extremidade e furar com broca de centro ambas as extremidades

Alívio de tensões e tratamento térmico para R_c – 24/48

Lote 1 de 50*

* Mais peças a serem feitas por vários meses.

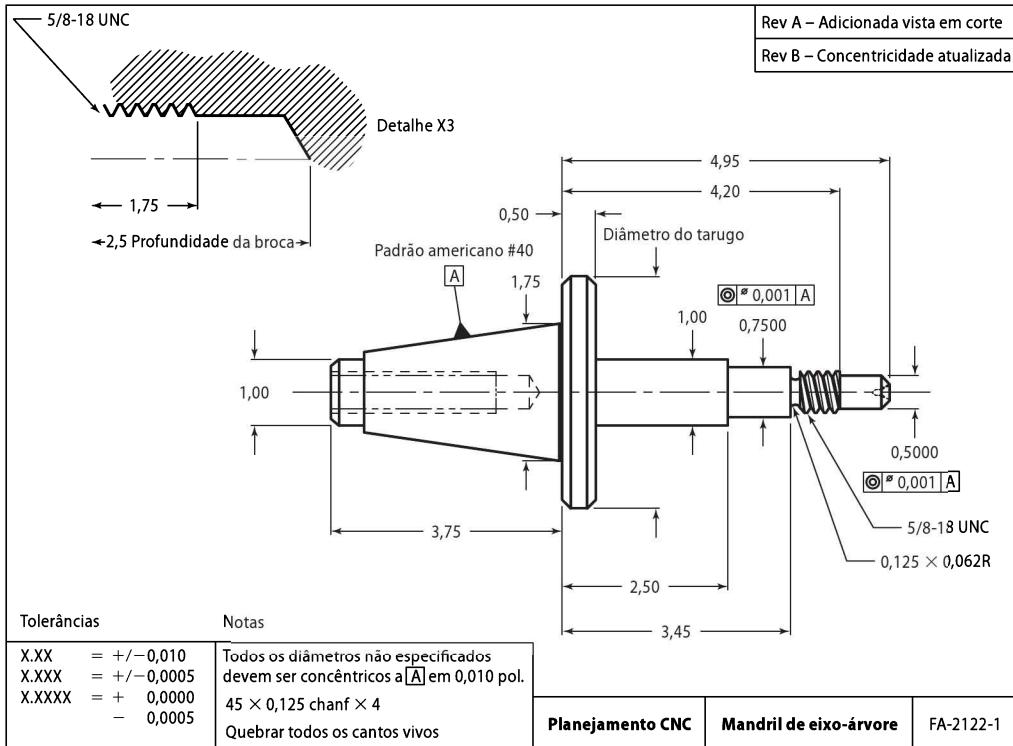


Figura 5-22 Questão 9.

Passo um – Organizando os fatores importantes

A partir do desenho, faça notas sobre as cinco características do trabalho:

- Tolerâncias críticas e funções
- Condição e formato geral
- Disponibilidade de material
- Número de peças
- Valor e complexidade

Passo dois

Agora, selecione os tipos de ferramentas de torneamento necessários para o trabalho e designe a eles números no documento (Fig. 5-23).

Passo três

Agora, com uma boa ideia do programa, planeje o PZP, o ferramental de fixação e as sequências de corte no documento. Se, na sua opinião, outro operador pode não entender as instruções escritas, desenhe esboços. Assuma que isso possa ser uma instrução de longo prazo, usada repetidas vezes por outros na oficina.

10. Corpo de uma válvula

Esse produto é típico de peças pequenas encontradas em equipamentos eletromecânicos de alta tecnologia. Use a Fig. 5-24 e a ordem de serviço.

Dica: A fresa de topo que vai servir para os bolsões, paredes e a coluna de $\frac{3}{4}$ pol. é 0,3125 ($\frac{5}{16}$). Veja a Conversa de chão de fábrica a seguir para algumas informações vitais. Note que a ferramenta também deve ter um raio de canto de 0,125 pol. para formar o raio interno entre as paredes e o fundo do bolsão.

Respostas divergentes

Para ilustrar as diferentes formas como os produtos podem ser feitos, oferecerei a minha solução e, para comparação, outro instrutor fará o mesmo (Sr. Bob Storror). Nenhuma é superior à outra. Compare as nossas com a sua. Peça que seu instrutor ou outro mecânico sênior revise seu trabalho.

Usinagem – Documentação CNC			
Número do desenho: FA-2221	Número da peça – 1	Nível de revisão – B	Folha 1 de 1
Data:	Contagem de peças: 50 de 500	Material: Aço 4340 – tratado termicamente	
Ferramental de fixação/gabaritos:	Nome: Mandril para eixo-árvore		
T01 T03 T05 T07	Ferramentas de corte T02 T04 T06 T08		
Seqüência de eventos e instruções especiais			
Esboço da preparação do PZP			

Figura 5-23 Fotocopie e use esta página em branco como sua folha de planejamento.

Ordem de serviço – Corpo da válvula

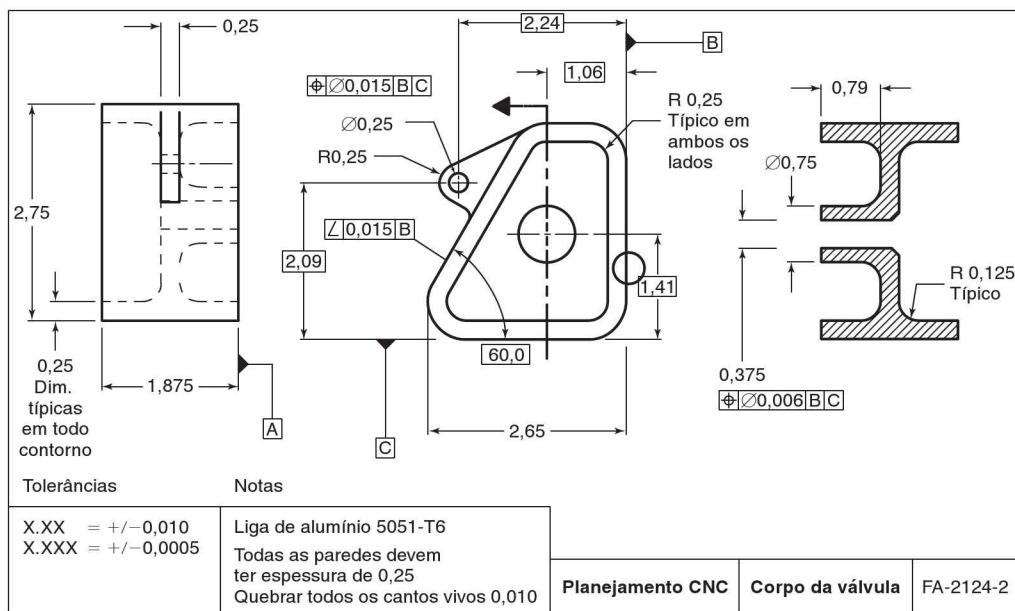
Fazer 20 peças – Número de peça FA-2124-2 Rev NOVA
 Folha 1/1
 Bloco de alumínio – Direção do grão não crítica
 Cortar e usinar plano e esquadrejado com $3,0 \times 3,0 \times 2,0$ pol
 Uma peça única – não será repetida

Conversa de chão de fábrica

Ilhas No corpo da válvula, existe um bolsão com uma protuberância de $\frac{3}{4}$ pol. partindo de seu fundo. Um termo da área para essa protuberância a ser usinada é *ilha*. Quando investigarmos a programação CAM, veremos que o número de ilhas que um *software* pode evitar, isto é, que ele detecta e usina ao redor, é considerado uma característica do *software*. O Mastercam, o *software* que selecionamos para a seção CAM, pode evitar um número ilimitado de ilhas na geometria da peça.

Existe um ponto estreito entre a ilha e a parede angulada do lado esquerdo. Ele limita o diâmetro do cabeçote de fresa que pode ser usado, porque a ferramenta deve caber entre a ilha e a parede. Eu determinei essa abertura usando um banco de dados de CAD para que ela seja maior que 0,312 pol., mas menor que 0,375 pol, portanto, a única ferramenta que caberia entre a ilha e a parede é a ferramenta de $\frac{5}{16}$ pol. de diâmetro.

Usando a ferramenta de $\frac{5}{16}$ pol. para retirar todo o fundo do bolsão e da ilha, não vai demorar muito, pois só é necessário fazer 20 peças, e elas são pequenas. Contudo, há momentos em que você pode escolher retirar a maior parte do material do bolsão com uma ferramenta maior, apesar de ela não caber nos pontos mais apertados. Essa técnica de programação economiza muito tempo, evitando os muitos cortes necessários usando a ferramenta menor. Então, com a maior parte do material removido do bolsão e da ilha, volte e frese as características no tamanho final com a ferramenta menor que alcança todos os pontos apertados.

**Figura 5-24** Questão 10.

RESPOSTAS DO CAPÍTULO

Respostas 5-1

1. Referências básicas no desenho ou baseadas em funções principais do objeto.
2. Local confiável e facilmente reproduzido no objeto.
3. Não existe maneira de localizá-lo na peça, que é muito grosseira ou com um formato diferente. A referência é colocada no gabarito, que pode ser o PZP, mas, provavelmente, representa uma determinada distância dele.
4. Qualidade ruim ou peças refugadas; uma batida onde a ferramenta atinge objetos que não eram planejados para serem usinados.
5. É para conveniência – ao se colocar a peça dentro do primeiro quadrante, todas as coordenadas XY são positivas.

Respostas 5-2

1. Onde não existe outra forma prática de fixar a peça.
2. Um ponto de localização relativo ao PZP na peça de formato diferente.
3. a. Placas CNC têm um curso limitado e devem ser ajustadas para se encaixar na peça.
b. Elas *normalmente* são hidráulicas.
4. Falso. As castanhas são montadas de forma que apertem a peça no meio do seu curso de aperto para permitir a variação de peças brutas.
5. O raio da castanha é definido ao movê-la para dentro ou para fora em incrementos de 1 mm. Tenha certeza de que todas as três estão no mesmo raio.

Respostas para as questões de revisão

1. Características críticas e dimensões com tolerâncias justas
Forma geral da peça e características especiais
Considerações sobre a fixação
Ferramentas especiais ou ferramental de fixação
Tipo de material, tamanho do tarugo bruto e sobremetal considerado
Material em excesso pode economizar dinheiro a longo prazo
Número de peças
Quantas serão feitas desta vez?
Execuções futuras da mesma peça justificam custos de ferramental melhores?
Material bruto e valor da peça acabada podem justificar decisões de ferramentas de corte e de fixação
2. Quando a localização física está fora do alcance da coordenada (dentro da placa ou fora do espaço de trabalho). A mudança de coordenada permite que o programa se refira ao local ori-
- ginal usando dimensões desenhadas apesar de elas estarem fora de alcance.
3. Qualquer uma funcionaria. Contudo, o gabarito precisaria ser construído.
4. Completely falso! Rotacionar a peça em 90° mudaria os eixos da peça relativos aos eixos do programa.
5. a. A pressão deve ser regulada
b. As castanhas devem ser posicionadas
c. O sensor de fechamento deve ser montado para interno ou externo
d. Pedal para fechamento – nenhuma chave de placa
6. Sensores de plástico ou alumínio ou de papel.
7. Não, só é conveniente pelo fato de que as coordenadas da peça são sempre positivas no primeiro quadrante.
8. *Primária* – deve refletir as referências/dimensões básicas do desenho; *secundária* – uma característica confiável e crítica que é fácil de se reproduzir na preparação – superfícies largas, furos usinados e outros.

Respostas para as questões de planejamento

9. Mandril para eixo-árvore

Esta solução é um bom exemplo da necessidade de se fazerem instruções especiais claras para o operador. Leia atentamente, pois existe um problema em potencial no carregamento do material.

Os diâmetros de 0,75 pol. e 0,50 pol. e as suas concentricidades em relação à referência A, o cone, são características críticas para este programa. A melhor garantia de concentricidade é usinar esses detalhes de uma vez. Isso requer um programa e um placa sem um ferramental especial necessário. Ao se facear a traseira no comprimento, o chanfro e o furo rosqueado podem ser feitos eficientemente em um torno manual prendendo-se a peça pelo ressalto de 1,00 pol. de diâmetro em uma placa.

Lista de ferramentas

- T01 = Ferramenta de tornear – desbaste – mão direita
- T02 = Ferramenta de tornear – acabamento – mão esquerda
- T03 = Torneamento – mão direita – desbaste
- T04 = Ferramenta de torneamento – mão direita – acabamento
- T05 = Bedame com raio de ponta e aresta de comprimento 0,125
- T06 = Ferramenta de rosqueamento – 18 FPP
- T07 = Bedame para canal e torneamento (para abrir o espaço necessário para a ferramenta de torneamento – mão direita – entrar e tornear o cone, Fig. 5-25)
- T08 = Batente de trabalho – na torre

PZP

Maior extremidade do cone – 4,95 do batente do material – extremidade direita. Utilize o batente de trabalho na torre com primeira sequência de programa para estabelecer a posição da peça.

Método de fixação

Placa com três castanhas – castanhas moles não são necessárias, todos os diâmetros são torneados juntos. Utilize cabeçote móvel como suporte.

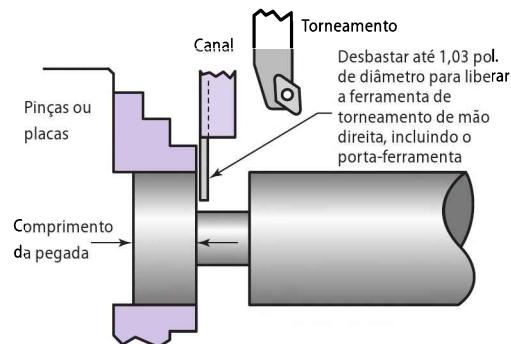


Figura 5-25 Espaço dedicado para o início do movimento para a direita da ferramenta de torneamento.

Seqüências de eventos

OBS: Fixe o tarugo para dentro da placa, com valor maior que a posição final.

Início de ciclo (Cycle Start)

T08 – Indexar o batente de trabalho (Fig. 5-26)

Avançar a torre até o PZP

Parada de programa (luz amarela)

OBS: Abrir a placa

OBS: Empurrar o tarugo para a direita até tocar o batente – o PZP é estabelecido

Fechar placa

Fechar porta de proteção

Início de ciclo (Cycle Start)

Recolher batente

Avançar cabeçote móvel

Batente montado na torre

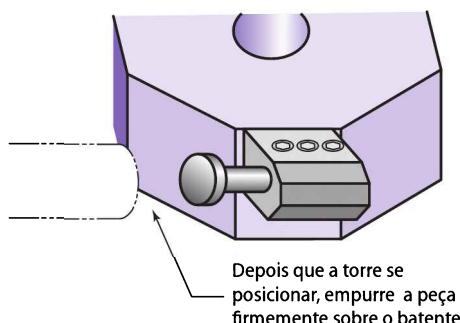


Figura 5-26 A parada de trabalho montada na torre para localizar o material.

T01 – Desbastar os diâmetros de rosca e do eixo – sobremetal de 0,030

T07 – Sangrar saída de rosca e saída lateral para o cone. (Se um bedame para usinagem lateral não estiver disponível, use múltiplos canais lado a lado. Use a extremidade esquerda para obter folga no cabo da ferramenta e corte em torno manual.)

T03 – Desbastar o piloto e o cone – 0,030 de sobremetal para acabamento

T04 – Acabar o piloto e o cone – não chanfrar
T02 – Acabar os diâmetros do eixo e chanfros

T05 – Gerar o alívio para rosca

T06 – Roscar $\frac{5}{8}$ -18 UNC – rosca externa

Questão de pensamento crítico Existe um potencial real para uma batida nessa sequência. Ele existe nos primeiros eventos, ao se estabelecer a posição do material na placa. Qual é o problema e qual é a solução? Releia a sequência de operações para determinar uma melhora. Responda diretamente, mas pense primeiro.

Resposta crítica

O problema – O material pode ser carregado indevidamente.

Se o operador não colocar o material suficientemente à esquerda no início, o batente do trabalho poderia acertar a barra que se sobressai enquanto ela é avançada para sua posição.

A solução – Reescreva a sequência de carregamento:

Antes de começar o ciclo, coloque o material no mandril, mas sem apertar.

Inicie o ciclo

Indexe o batente na torre e, depois, mova para frente.

Essa ação empurra o material solto na placa.

Pare

Agora, empurre o material contra o batente.

10. Corpo da válvula

(Fitzpatrick – Solução. Compare com a solução da Bates a seguir.)

Visualizando o desenho, as funções críticas são A relação do furo central e do furo menor na flange, com as referências B e C

A superfície angular das referências B e C

A espessura

Todas essas características podem ser usinadas de uma vez ao se fixar o material por baixo da flange (veja Fig. 5-27). Eu escolhi fazer a peça em duas montagens. Primeiro, com a ilha virada para cima, localizando em bordas pré-acabadas. Essa preparação vai produzir as referências A, B e C nessa peça.

Programa 1 – Ilha parte superior

Lista de ferramentas

T01 = Fresa faceadora de 4 pol. – usina a referência A

T02 = Fresa de topo de $\frac{5}{16}$ pol. com raio de ponta de 0,125

T03 = Broca de centro

T04 = Broca de $\frac{11}{32}$ pol. (tamanho do alargador para o furo central)

T05 = Broca de 0,25 (brocar diretamente a tolerância de posição de 0,015)

T06 = Alargador de 0,375 (acabar o furo central)

T07 = Escareador de 0,25 de diâmetro – para quebrar as bordas com 0,010

PZP

A interseção das referências B e C na superfície superior da peça. Note que a superfície superior vai sofrer um corte de limpeza mínimo neste programa, o que estabelece a referência A. Essa preparação coloca a peça no terceiro quadrante.

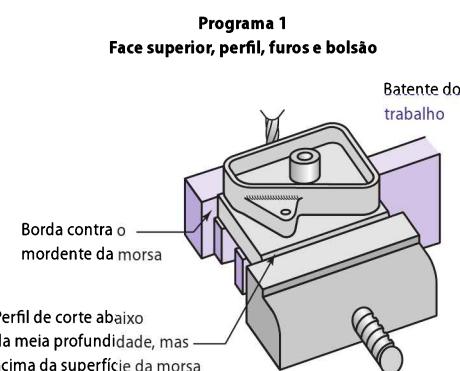


Figura 5-27 Usinando o lado com a ilha da peça primeiro, localizando material contra as referências B e C.

Método de fixação

Padrão, morsa com mordentes duros.
Referência B paralela ao eixo X. Localizador na borda direita.

Sequência de eventos

- Refrigerante ligado
- T01 Facear metade do sobremetal da superfície de topo com 1,875
- T03 Furação de centro para ambas as localizações de furo
- T04 Furar o furo maior passante no bloco – furação com quebra-cavaco
- T05 Furar o furo menor
- T06 Alargar 0,375 OBS: Certifique-se de que o refrigerante está sobre o alargador
- T02 Desbastar e acabar o bolsão e o perímetro externo 0,05 pol. abaixo da flange
- T07 Chanfrar 0,010 pol. todas as superfícies superiores

Dica da área

Chanfrando bordas Na sequência, uma ferramenta de chanfro termina todas as bordas usinadas com um pequeno chanfro. Apesar disso adicionar alguns segundos ao tempo de execução do programa, economiza horas de trabalho manual para acabar as bordas afiadas. Além disso, cria uma borda uniforme. A profundidade do chanfro e a largura são controladas usando ferramentas com compensação de raio e comprimento.

Programa 10 – Ilha – parte inferior**Lista de ferramentas**

- T01 = Fresa frontal diâm. 4,00 – acabar o topo
- T09 = Fresa de topo diâm. 0,50 – desbastar o bolsão
- T10 = Fresa de topo diâm. 0,375 – acabar o bolsão
- T06 = Ferramente de chaframento diâm. 0,25

PZP

A interseção de B e C com a referência A – para baixo
O PZP para o eixo Z está 1,875 acima da base da morsa – requer esboço para o operador
A peça está na posição do quarto quadrante

Método de fixação

Morsa com mordente móvel usinada para aceitar canto arredondado e flange (Fig. 5-28).

Sequência de eventos

- T01 Acabar a superfície superior a 1,875 pol. da referência A
- T09 Desbastar bolsão – desbastar e acabar o perímetro
- T10 Acabar o bolsão
- T06 Acabar as arestas e aumentar o chanfro do furo de 0,375 pol

10. Solução 2 (Solução da Bates College)**Novos termos usados**

Gabarito com rabo-de-andorinha (Fig. 5-30)

Um método para fixação da peça onde um rabo-de-andorinha é previamente cortado no bloco e, então, fixado nos mordentes do rabo-de-andorinha.

Deslocamentos do gabarito

Pontos de referência guardados que, quando chamados pelo programa, corrigem o PZP em referência ao zero da máquina.

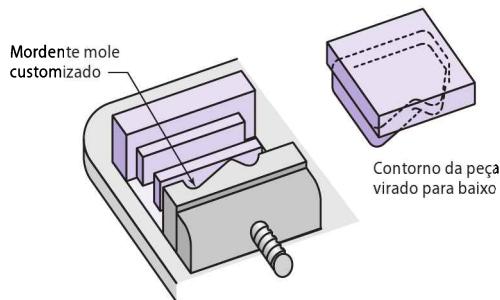
Programa 2

Figura 5-28 O segundo programa é fixado em uma morsa com mordentes moles, com a porção quadrada da peça para cima.

Como previsto, o instrutor e os alunos da Bates College pensaram em um plano muito diferente do meu. Eles escolheram mover as peças através de três preparações progressivas em morsas, e eu usei uma produção em lote.

Deslocamentos do gabarito Para fazer essa preparação facilmente, as três morsas são indicadas paralelas ao eixo X e, então, apafusadas à mesa da fresadora em qualquer posição conveniente (Fig. 5-29). A posição do PZP de cada morsa é encontrada usando um relógio comparador. Então, é colocado um deslocamento do gabarito como G54, G55 e G56 na página de deslocamentos do comando. O programa se refere a esses pontos de referência quando está usinando a peça naquela estação. Usando esse método, as morsas podem ser aparafusadas e indicadas no eixo X, em qualquer lugar na máquina – então, quando o programa chamar cada uma, usando G54, por exemplo, ele funciona a partir referência daquela morsa até se mover para a morsa 2, usando G55, e, então, a morsa 3 no G56.

Antes de ler os comentários, compare cuidadosamente os dois planos para ver as diferenças. Discuta isso com a sua turma e decida qual você usaria e por quê. Fazer isso vai gerar uma boa visão sobre planejamento de trabalhos.

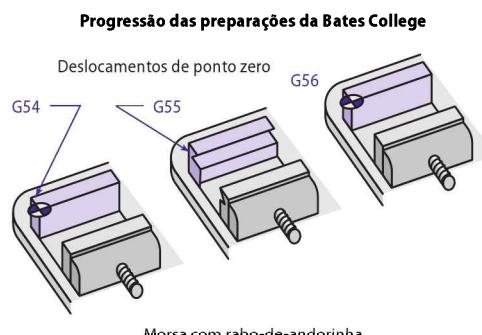


Figura 5-29 Questão 10, solução 2. Este esboço da preparação mostra três estágios em uma progressão.

Problema 10 – Plano de trabalho

Duas estações com morsas 1 & 3

Estação com gabarito utilizando rabo-de-andorinha – esboços Figs. 5-29 e 5-30

Material:

Barra quadrada com 3 pol
Preparação > 2,22 no comprimento (1,875 para a peça e 0,25 para o rabo-de-andorinha + 0,1 folga)

Ferramentas:

Fresa tipo rabo-de-andorinha	T01
Fresa faceadora 3 pol	T02
Fresa de topo 2 arestas $\frac{1}{2}$ pol. de diâmetro – 2,5 pol de comprimento	T03
Fresa de topo <i>bullnose</i> $\frac{3}{8}$ pol	T04
Broca de centro #2	T05
Broca $\frac{1}{4}$ pol	T06
Broca/alargador 0,375	T07
Chanfrão $\frac{1}{4}$ pol	T08

Sequência de eventos

Rabo-de-andorinha	Estação 1 G54
Faceamento	Estação 2, então, Est. 3
Perfil + orelha topo	Estação 2 orelha fundo Est. 3
Furação de centro/furação	Estação 2
Alargamento 0,375	Estação 2
Bolsão	Estação 2, então, Est. 3
Chanframento	Estação 2, então, Est. 3

Três lições adquiridas na solução deles:

Progressões versus produção em lote Eles usaram uma progressão com base em três estações que produz uma peça boa por ciclo do programa. Depois de cada ciclo do programa, as peças são movidas para a próxima estação. A Figura 5-29 é um esboço típico dessa montagem. Por sua vez, meu plano complementaria todas as peças no lote, em um lado, e depois faria a próxima configuração em mordentes moles para terminar o lote. (A minha poderia ser facilmente convertida em uma progressão de duas estações.)

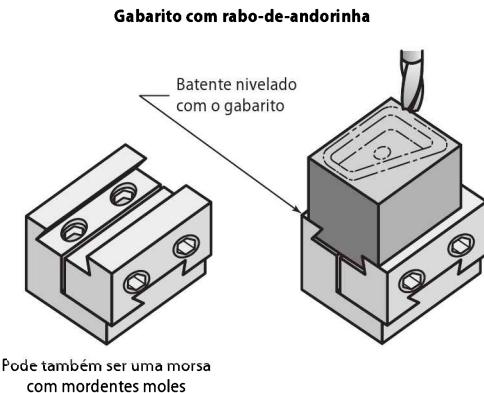


Figura 5-30 Questão 10, solução 2. Um gabarito com rabo-de-andorinha pode ser muito útil quando detalhes devem ser usinados no perfil inteiro.

Uma progressão é mais indicada para produções avançadas, uma vez que a primeira peça que sair da máquina pode ir diretamente para a próxima estação de trabalho, assim, suavizando o fluxo de trabalho. Contudo, quando alguma coisa dá errado em uma progressão de várias estações, todas as estações em seguida devem diminuir seu ritmo ou parar, a menos que algumas peças sobressalentes sejam adicionadas entre as estações para suavizar eventos inesperados. Progressões são estruturas eficientes de uma oficina, mas requerem mais planejamento de fluxo de trabalho. Elas não podem ser misturadas facilmente com produções de lotes. Normalmente, é uma ou a outra, e ambas têm vantagens.

Ponto-chave:

Cada plano tem suas vantagens e desvantagens, mas ambos conduziriam a produtos de qualidade.

Questões críticas – Aperto excessivo do rabo-de-andorinha As estações 1 e 3 são morsas padrão, enquanto a central é um gabarito com rabo-de-andorinha (Fig. 5-30). Rabos-de-andorinha são uma versão útil do excesso de aperto que usam castanhas especialmente desenhadas ou um gabarito dedicado, como mostrado. Na estação 1, um rabo-de-andorinha é feito na peça. (Note que isso adiciona tempo não agregado ao custo da peça – vale a pena?) Isso permite que um corte de perfil completo seja feito na estação 2. O plano da Bates requer 0,25 pol. extra de material bruto para criar os rabos-de-andorinha. Novamente, essa é, em geral, uma decisão econômica. É este o caso?

Deslocamentos dos gabaritos A terceira lição é o uso de deslocamentos de ponto zero nos gabaritos G54, G55 e G56. Isso permite que eles preparem e indiquem cada morsa (estação 1 e estações 2 e 3) onde elas podem estar de forma prática na máquina. Elas não precisam ser alinhadas como no desenho! Depois de aparafusá-las alinhadas com o eixo X, o operador, então, digita a posição da máquina para cada uma. Isso contorna a tarefa quase impossível de colocar as três estações em uma relação pré-planejada exata com as outras.

Um comentário final: o plano deles faz um corte de perfil completo ao redor do perímetro na estação 2, além da sombra sob a pequena orelha. Essa porção é terminada quando o rabo-de-andorinha é cortado na estação 3. Em contraste, meu plano necessita de um corte de perfil em ambos os lados – juntando na metade da parede externa. A minha seria carregada mais rapidamente a cada ciclo, já que só existiriam duas estações, mas apresenta uma chance de incompatibilidade entre os dois perfis. Neste caso, não é um grande problema, mas poderia ser em outras peças que podem necessitar de retiradas extras de rebarba para alisar a linha em que os dois perfis se encontrariam.



» capítulo 6

Programação de nível 1

Neste livro, vamos abordar a programação em três estágios. Primeiro, escrevendo os códigos à mão e, em seguida, trabalhando até a programação CAM no Capítulo 9. Aqui, no Capítulo 6, vamos estudar os arranjos de palavras de código em instruções completas, as quais preparam ou resultam em uma ação da máquina, chamadas de comandos ou blocos de comandos. Geralmente, essas instruções são abreviadas por blocos. Então, agruparemos os blocos para escrever dois tipos de programas:

Compensação manual Criar uma trajetória do cortador pela linha de centro da ferramenta sem a assistência de um programa CAM ou de controles de interface gráfica.

Compensação do raio da ferramenta Escrever um programa da trajetória da peça com comandos que informam ao controlador para realizar a compensação de uma determinada forma e um determinado tamanho do cortador.

Objetivos deste capítulo

- » Nomear seis prefixos de palavras.
- » Explicar os agrupamentos de códigos.
- » Começar a formar um vocabulário de palavras alfanuméricas.
- » Definir uma linha de comando em relação a uma palavra-código.
- » Iniciar programas definindo os modos de segurança essenciais.
- » Cancelar modos indesejados.
- » Finalizar programas com movimentos seguros da ferramenta.
- » Organizar os dados.
- » Calcular as coordenadas para o trajeto da ferramenta.
- » Escrever um programa de compensação manual para uma fresadora.
- » Escrever comando de arcos utilizando o método do raio.
- » Escrever comando de arcos utilizando o método de centro ou “IJK”.
- » Usar o código de compensação G41/42 em uma programação.
- » Escrever rampas de aproximação para ferramentas de corte.
- » Escrever comandos de rampa de recuo.

Para completar as designações sobre a forma da peça, você aprenderá a escrever comandos de arcos.

Após o Capítulo 6, você será capaz de escrever programas para a maioria das tarefas escolares básicas, com exceção de instruções de ramificação de lógica e rotinas especiais (Capítulo 7, sobre o nível dois de programação) e superfícies complexas que exigem a assistência de um programa CAM (Capítulo 9).

POR QUE COMPIRAR MANUALMENTE CÓDIGOS DE UM PROGRAMA?

Hoje, na indústria, quase todos os programas de produção são gerados utilizando um programa CAM. É uma questão de melhor aproveitamento de seu tempo e também de permanecer junto com a concorrência. A programação CAM não só transforma horas de cálculos e escrita de códigos em minutos, como também programa formas de peças que não seriam possíveis de outra maneira.

A questão, portanto, é válida. Se a programação consome tempo e a aritmética é intensa, por que não pular a escrita manual dos códigos e utilizar diretamente o CAM? A resposta é quádrupla.

O primeiro fator é que, para ter controle completo de uma máquina-ferramenta, é preciso ser capaz de ler o programa! Ser capaz de ler o código implica você saber o que a máquina está prestes a fazer antes de ela fazê-lo! Também é necessário saber ler o código para solucionar o que estiver errado quando uma mensagem de erro aparece na tela. Escrever códigos é a maneira mais rápida de se adquirir essas habilidades.

Segundo, o programa CAM (ou qualquer outro programa) raramente é perfeito. Há locais em que podem ser editados visando à segurança e à eficiência. Com conhecimento prévio sobre o código e a estrutura do programa, uma outra pessoa não precisa ser designada para realizar tais mudanças. Você irá adquirir tais habilidades.

Terceiro, durante a configuração da máquina, frequentemente surge a necessidade de uma programação rápida a fim de se obterem mordentes ma-

cios, uma fixação ou alguma outra disposição para fixar a peça. Você pode realizar tais tarefas em seu teclado caso saiba escrever os códigos.

A última razão é que a escrita de código é uma habilidade de apoio. Quando um sistema de programação não está disponível ou quando o PC quebra, o mecânico competente ainda consegue fazer a máquina funcionar.

Aqui estão as unidades de aprendizagem que fornecem os fundamentos da UAC (usinagem assistida pelo cérebro).

>> Unidade 6-1

>> Palavras-código e convenção de programa

Para começar, vamos dar uma olhada em um vocabulário de palavras-código. Não é o conjunto completo, porém, estas palavras formam um bom começo. Em seguida, vamos investigar as convenções de dados: como fazer entradas que o controle aceite. Vamos, então, aprender a unir palavras-código em blocos de comandos completos.

O objetivo principal não é memorizar os códigos, embora fazê-lo acelere o domínio sobre o assunto. Aqui, vamos nos concentrar nas possibilidades de palavras. Se você sabe que uma função existe, você pode procurá-la quando precisar dela.

Após a conclusão do Capítulo 6, você será capaz de escrever e ler a maioria dos programas destinados ao torneamento e à fresagem, com as exceções descritas anteriormente.

Termos-chave:

Código alfanumérico

Combinação de uma letra de prefixo com números à sua direita.

Códigos estanques

Palavras que afetam apenas a linha na qual estão, mas não têm qualquer efeito posterior.

Códigos preparatórios (códigos G)

Códigos que resultam em/ou preparam uma ação da máquina.

Coloquial

Linguagem CNC baseada na oralidade.

Comando (linha de comando)

Instrução completa que resulta em uma ação da máquina.

Comando modal

Palavra que permanece em ação até ser cancelada ou substituída por qualquer outra palavra de seu grupo.

Grupos de código

Palavras semelhantes que são mutuamente exclu-
dentes dentro de qualquer linha de comando.

Linguagem de máquina

Comandos operacionais subjacentes que seu pro-
grama causa. Essa linguagem funciona por detrás e é
causada pela programação CNC.

Padrão

Condição de retorno ou preestabelecida integrada
ao controle.

Palavra de comando (palavra)

A parte de uma instrução que ocasiona uma ação ou
prepara uma ação ou alguma função de utilidade. Os
blocos básicos de construção de um programa.

RS274-D (EIA Recomendação Padrão 274-D)

Normalização das palavras-código para programação
CNC.

Linguagem de programação

Três maneiras para compilar programas

Quando o controlador lê os comandos de seu pro-
grama, invisivelmente, sem que você saiba, ele tra-
duz cada palavra em um conjunto ainda mais bási-
co, chamado de **linguagem de máquina** (LDM). A
LDM atua no nível ligado/desligado para processar
e enviar sinais para acionar unidades e iniciar ou
terminar várias funções da máquina. Embora a LDM
seja uma linguagem de trabalho universal dentro
de todas as máquinas, escrever os programas nela
seria muito lento e confuso para o uso diário.

Para acelerar e simplificar a tarefa, linguagens
amigáveis foram inventadas. Semelhante às lin-
guagens de programação de computador, cada
palavra em um vocabulário é, na verdade, a própria
rotina. A LDM reconhece e quebra cada código em
sinais legíveis para a máquina.

Atualmente, há três diferentes métodos para com-
pilar códigos legíveis para a máquina.

1. Interface gráfica

Este método gera comandos de programa a
partir de imagens de tela. Como mencionado
anteriormente, vários fabricantes de controle
oferecem este recurso. Enquanto a programação
gráfica é de fácil aprendizagem, ela é, de
fato, projetada com essa facilidade em mente;
cada sistema é projetado para um determinado
controle. A transferência de informação é
simples, porém, não há uma universalidade
entre sistemas e, por isso, não vamos estudá-la
nesta seção. Atualmente, a maioria dos
controles gráficos também converte seus pro-
gramas em códigos EIA para facilitar a edição
e a troca de dados para outros sistemas de
máquinas.

2. Coloquial

Estes controles são baseados na linguagem fala-
da do país no qual estão sendo utilizados. Caso
se trate da língua portuguesa, por exemplo, as
palavras de comando serão *siga para, contorne*
e fuso ligado e arco. Semelhante à programação
gráfica, a entrada coloquial também é fácil de
aprender. Porém, ela também depende do con-
trolador. O conhecimento que você possui so-
bre um controle pode ser transferido para outro
produto de outro fabricante, mas não palavra
por palavra. Ainda que seja na mesma língua,
eles não falam o mesmo “dialeto”! É incomum
para um controle coloquial converter os pro-
gramas em códigos EIA, uma vez que a edição é
mais fácil na forma original (Fig. 6-1).

3. Códigos EIA (ISO)

Isto é o mais próximo que chegamos de um
sistema de linguagem universal. O vocabu-
lário básico é padronizado pela Associação

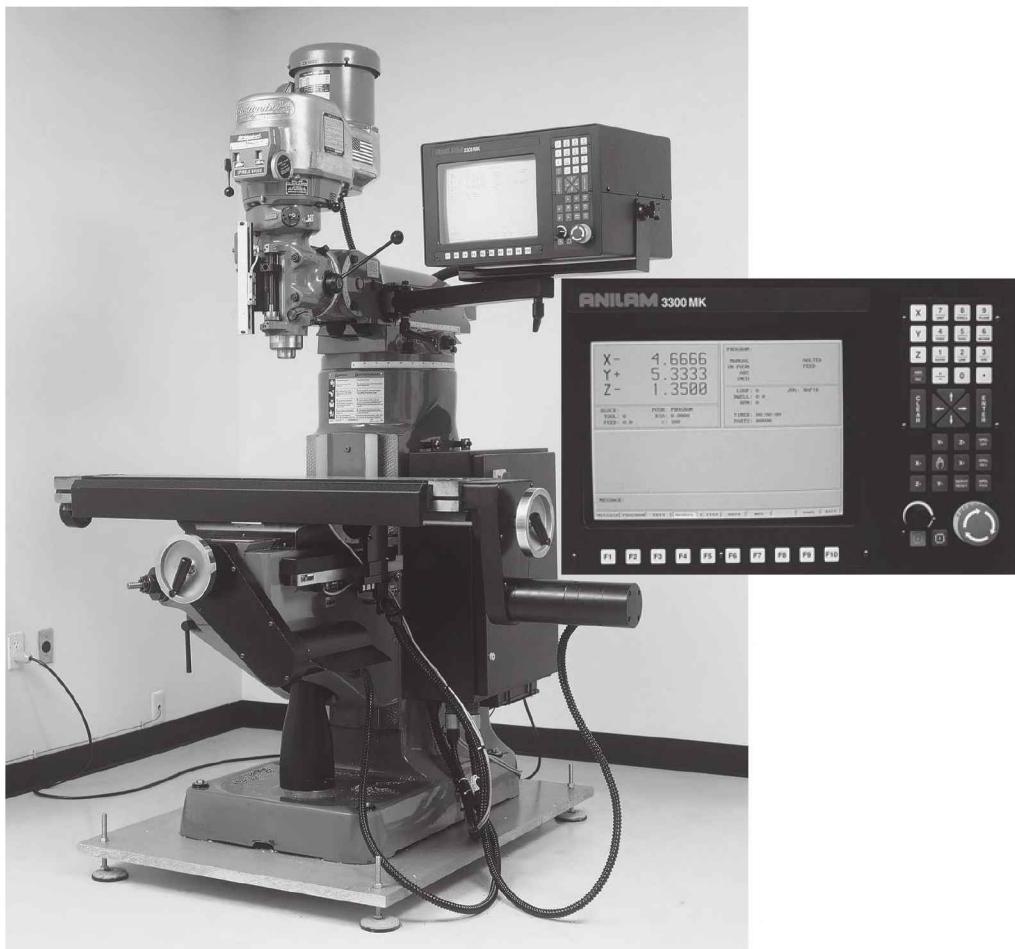


Figura 6-1 Um típico controle coloquial é programado utilizando a linguagem do operador.

das Indústrias Eletrônicas, **EIA – Norma de Recomendação RS274-D**, nos Estados Unidos. Mundialmente, ele é supervisionado pela Organização Internacional de Normalização (ISO). Os códigos ISO e EIA, no nível iniciante, são quase os mesmos, e há apenas algumas diferenças nos outros níveis.

Embora seja quase universal, você encontrará diferenças entre os códigos de controle para controle. Há mais de 30 anos, a linguagem de código foi escrita, originalmente, para máquinas-ferramentas de nível inferior às de hoje. Os criadores, entretanto, previram

a necessidade de uma expansão futura. Eles intercalaram palavras definidas com palavras em branco, as quais não possuem significado algum, a serem definidas pelo fabricante do controle. Assim, a linguagem teria espaço para se ampliar.

Atualmente, cada fabricante usa o conjunto originalmente recomendado de 50 comandos de movimento e 50 comandos diversos de um total de 100 dentro de cada conjunto (um conjunto para torneamento e outro para fresagem). Superamos, porém, um total de 200 palavras no vocabulário há algum tempo.

A indústria criou novas palavras a partir das 50 palavras não atribuídas dentro do conjunto básico. Então, com o avanço dos computadores em poder e velocidade, muitas mais, além do nível 100 original, foram adicionadas.

Muitas das primeiras 50 novas palavras foram universalmente aceitas em tarefas CNC, simplesmente porque tornaram-se populares nos controles CNC Fanuc®, líder mundial em distribuição de controle. Tais palavras também poderiam ser estabelecidas como palavras fundamentais.

Assim, o conjunto fundamental continua a ser quase uma constante em toda a indústria, com algumas diferenças que são facilmente compreendidas. A melhor notícia é que os comandos fundamentais compreendem quase todos os programas, exceto as mais complexas das formas e estruturas dos programas.

Ponto-chave:

Embora não seja perfeitamente universal, a linguagem do código AIE se aproxima mais dentre todas as linguagens. Ela é padrão dentro das tarefas CNC.

Convenções de entrada

A flexibilidade dos microprocessadores atuais e editores de textos torna mais fácil a redação de programas. Muitas das rígidas regras e convenções do passado foram amenizadas.

Por exemplo, embora seja uma boa política inserir números nos programas junto com os pontos decimais corretamente posicionados, não é preciso se preocupar com os zeros à esquerda e à direita das entradas:

10. ou 10.0 são ambas entradas aceitáveis, assim como 010.0000 (práticas passadas).

Sem as possibilidades das CPUs atuais, anteriormente, era preciso escrever:

0010060 [espaço] 005000 [espaço] 0200090
[fim da instrução]

Enquanto, atualmente, você pode escrever:

X1.006 Y5.0 Z20.009

Ou você também poderia escrever:

X1.0060 Y5.0000 Z20.0090

Se todos os códigos necessários e componentes matemáticos estiverem presentes e o ponto decimal estiver corretamente posicionado, o comando será entendido pelo controle. Dito isso, entradas flexíveis e convenções de edição podem ou não estar presentes na máquina que você utiliza. Isso dependerá da idade e do nível de tecnologia de sua máquina. Descubra lendo o manual de programação.

Organização do programa

Às vezes, é útil organizar os dados de uma forma que torne a leitura mais fácil. Analise os dois exemplos dos programas lado a lado que transmitem os mesmos dados. Não se preocupe com o que esses programas fazem, assuma que ambos fazem o mesmo. Observe a organização dos dados a seguir.

Repare, no formulário de tópicos, que todos os movimentos que utilizam o T01 são dispostos de uma maneira que fica fácil dizer quantos movimentos de eixo e códigos pertencem a esta ferramenta. Além disso, a ferramenta é descrita entre parênteses. É fácil ver quantas linhas o T01 cobre: de N020 até N055, onde o programa muda para T02. Observe também que o mesmo se aplica para cada avanço ou para cada modo de posicionamento rápido. O N030 é um posicionamento rápido, como também é o N035. Em seguida, na linha N040, o modo G01 cobre as linhas 40, 45 e 50. Na linha 45, é fácil esperar nenhum movimento da ferramenta na direção Y.

Ponto-chave:

O formulário de tópico é apenas uma sugestão. O programa linha por linha funciona igualmente bem.

Linha por linha	Tópicos
N005 G80 G40	N005 G80 G40
N010 G94 F20. G70	N010 G94 F20. G70
N015 G17 G90 S1000	N015 G17 G90 S1000
N020 T0101 M6	N020 T0101 M6 (0.5 Fresa de topo)
N025 M3	N025 M3
N030 G0 X.5 Y0.0 Z.5	N030 G0 X.5 Y0.0 Z.5
N035 X.1 Y-0.1 Z0.0	N035 X.1 Y-0.1 Z0.0
N040 G1 X0.0 Y-0.5 Z-0.5	N040 G1 X0.0 Y-0.5 Z-0.5
N045 X3.0 Z-1.5	N045 X3.0 Z-1.5
N050 Z-3.0	N050 Z-3.0
N055 G0 X100. Y10. Z100	N055 G0 X100. Y10. Z100.
N060 T0202 M6	N060 T0202 M6 (#3 Broca de centro)

Quando dado um programa de tópicos, alguns controles irão rearranjar os dados em forma de linha por linha quando o programa é baixado, dependendo da sofisticação do editor de texto do controle. Outros controles aceitam os dados tais como estão e os deixam na forma de formulário de tópicos.

Programas CAM geram programas linha por linha. No entanto, anotações sobre a ferramenta e as operações podem ser inseridas, podendo ser arranjadas no formulário de tópicos por edição.

Valores de CNC positivos e negativos

Lembre-se: em programas CNC, um valor positivo é indicado pelo próprio número sem o sinal +. X10.0 é positivo. No entanto, o sinal de menos deve ser mostrado se o valor for negativo (X-10.0).

O sinal do valor ocorre de forma diferente do que seria em uma notação matemática padrão. Coloque o sinal de menos entre a letra do eixo e os números significativos. Essa ordem indica primeiro o eixo ou o código para qual o valor negativo se aplica, então, seguem os números.

Palavras-código

A palavra-código é um único comando que:

Configura um modo.

Causa uma ação.

Prepara para uma ação (às vezes, chamada de palavras ou **códigos preparatórios**).

Inicia ou termina uma função (refrigerante ou eixos, p. ex.).

Comandos completos

Palavras de comando são agrupadas em conjuntos de **linhas de comando** (abreviadas por **comandos**). Às vezes, elas também são chamadas de **blocos de comandos**. Independentemente de como você os chama, um comando é uma instrução completa contendo palavras e/ou coordenadas para realizar uma ação. Se a ação incluir um movimento de eixo, ela é chamada de *instrução de movimento*. Tal comando pode ser curto, como G00 X1.0, o qual possui uma palavra e uma coordenada, provocando um posicionamento rápido para X1.0. Ou, também, o comando pode conter várias palavras, números e coordenadas, formando uma instrução maior do que uma linha de uma tela.

Diferença de controlador – Final do bloco

Quando a linha de comando estiver completa, a maioria dos controles aceita [Enter] ("Enter", em um

teclado padrão) para indicar o final de um comando. Por exemplo,

G01 X1.5000 Y-0.375

Após a entrada 0.375, eu apertei a mesma tecla “enter”, e o editor de texto moveu-se para a próxima linha. A CPU inseriu um código transparente de final de linha, que implica o término do comando reconhecido pela LDM. No entanto, alguns controles requerem um símbolo de *fim de bloco* introduzido no final do comando. Por exemplo,

G01 X1.5000 Y-0.375:

Ponto-chave:

Os dois-pontos (pode ser um ponto e vírgula) informaram ao controle que o bloco estava completo e que deveria ser colocado em prática. Nesses controles, os dois-pontos devem ser apresentados, ou o controle irá deduzir que a linha seguinte faz parte da linha presente, o que pode provocar um desastre, dependendo do que está escrito nessa linha!

Vocabulário de base

Prefixos de palavras-código

Já vimos algumas palavras, no capítulo anterior, compostas por uma letra prefixada seguida por números (**código alfanumérico**). Seu objetivo agora é se familiarizar com seis letras comuns de palavras prefixadas, além de um conjunto de palavras selecionadas. Você encontrará o vocabulário completo no apêndice deste livro.

Ponto-chave:

Os seis prefixos são G, M, T, S, N e F.

Questão Ao ler as palavras-código, note que elas estão em grupos representados por linhas horizontais. Veja se você consegue descobrir o porquê.

Código G Estas são as palavras de preparação e movimentação. Já que elas começam pela letra G,

também são chamadas de *códigos gerais*. Palavras-código G com coordenadas de eixo formam o coração do programa. Veja o quadro da próxima página.

Dica da área

Palavras curtas Lembre-se de que palavras cujos dígitos começam com zero são, na verdade, de um único dígito. Por exemplo, G00, G01 e M02 podem ser abreviados por G0, G1 ou M2.

Palavras-código M Funções ou ações auxiliares são as segundas palavras mais utilizadas em programas. Elas inserem funções de utilidade, tais como a troca de ferramenta, ligações ou desligamento de eixos e uso de refrigerantes.

Diferenças de controles Em controles antigos, a fim de prevenir surtos de corrente elétrica e sobre-carregamento de dados na CPU, apenas um código M é permitido por linha. Por exemplo, entrando com M3 e M8 na mesma linha de comando, seria acionado um alarme de sintaxe no programa. Os controles atuais não têm problemas com múltiplas funções M. Porém, essa não é a razão pela qual foram criados os agrupamentos – continue pensando.

Observe que quase todos dessa pequena lista, exceto os comandos M14, M15 e M30, podem ser abreviados por uma letra e um único número.

Palavras-código T – Números e tempo de ferramenta Palavras T possuem duas aplicações. De longe, a mais comum é indicar as ferramentas, como discutido anteriormente. Por exemplo, T0101 M6 rotaciona o tambor de armazenamento da fresadora para a ferramenta 1 e, então, troca para aquela ferramenta e atualiza o deslocamento 1 da memória de ferramenta. Palavras T também são utilizadas em funções de tempo em esperas.

Diferenças nos controles quando utilizar o código T para tempo A maioria dos controles aceita G4 T10,5 para indicar uma espera de 10,5 segundos. Neles, quando a letra T segue o comando G4 (ou algum outro comando que exija um intervalo de tempo), o controle aceita a entrada na mesma

Grupo 1	
G00	Movimento de posicionamento rápido – um ou mais eixos
G01	Movimento linear na velocidade de avanço – um ou mais eixos
G02	Movimento circular – sentido horário com velocidade limite de avanço em 2 eixos
G03	Movimento circular – sentido anti-horário com velocidade limite de avanço em 2 eixos
G04	Espera – uma parada durante um tempo específico
Grupo 2	
G17	Usinagem no plano XY – apenas fresagem
G18	Usinagem no plano XZ – fresagem
G19	Usinagem no plano YZ – fresagem
Grupo 3	
G70	Entrada em polegadas (ISO = G20 e, às vezes, nos Estados Unidos)
G71	Entrada métrica (ISO = G21)
Grupo 4	
G40*	Cancela a compensação radial da ferramenta
G41	Compensa o raio do cortador para a esquerda da linha geométrica
G42	Compensa o raio do cortador para a direita da linha geométrica
Grupo 5	
G80*	Cancela rotinas anteriores <i>Veja "Palavras modais e estanques"</i>
G81	Ciclo de furação
G82	Ciclo de furação com quebra-cavaco
G83	Ciclo de furação e abertura de furo
Grupo 6	
G90	Entrada de coordenadas com valores absolutos
G91	Entrada de coordenadas com valores incrementais
Grupo 7	
G94	Avanço em polegadas/milímetros por minuto – geralmente utilizado para fresadoras, mas tornos também compreendem G94
G95	Avanço em polegadas/milímetros por revolução (tornos e furadeiras)

*Em alguns controles, M02 no M30 também cancela a compensação e rotinas.

linha de comando para indicar o tempo. No entanto, outros requerem alguma notação para indicar que a palavra T refere-se ao tempo, e não à ferramenta: M4/T10.5 (p. ex., uma barra é adicionada para denotação de tempo).

Palavra F – Velocidades de avanço

G94 G70 F20.0 Especifica a velocidade de avanço em 20 ppm.

G95 G71 F.5 Especifica a velocidade de avanço em 0,5 mm por revolução.

Diferenças dos controladores para avanços métricos Observe que a maioria dos controles aceita avanços métricos em partes de milímetros, o que mudaria o último exemplo para F0005. Leia o manual do seu controlador para encontrar a forma específica.

Grupo 1	
M00	Parada de programa – parada de utilidade para ações do operador
M01	Parada opcional – selecionado ou ignorado pelo operador
M02	Final de programa – reiniciar para começar Pode-se também utilizar o M30 – parar e roboinar a fita –, do tempo em que se usava fita perfurada como mídia de armazenamento de dados

Grupo 2	
M03	Movimentar o fuso para frente (torno ou fresa)
M04	Movimentar o fuso no sentido inverso
M05	Parada do fuso
M13	Fuso para frente + refrigerante ligado
M14	Fuso no sentido inverso + refrigerante ligado

Grupo 3	
M06	Troca de ferramenta

Grupo 4	
M07	Refrigerante ligado – bico de refrigeração B (frequentemente atribuído à refrigeração por névoa)
M08	Refrigerante ligado – bico de refrigeração A
M09	Refrigerante desligado

Conversa de chão de fábrica

Como vários comandos contêm a palavra-código G em uma programação, você vai ouvir os operadores referirem-se a toda linguagem como “códigos G”. Por exemplo, “Este controle está programado apenas em códigos G ou ele também pode gerar gráficos?”.

casos, ele pode ser omitido, mas a maioria dos programadores utilizam-no.

N20 = Valor numérico ou repetição em uma rotina

Por exemplo, na rotina de fresagem de alojamento, o cortador é destinado a cortar N20 vezes, dividindo a profundidade total de corte em 20 pequenos mergulhos.

Palavras S – Velocidades Resulta em rotação do fuso (torno ou fresa) com a rotação específica de XXXX rpm. Por exemplo, S2000 M03 inicia o eixo-árvore com rotação para frente de 2.000 rpm.

Palavras N – Número da linha de endereço ou número da entrada Palavras-código N são utilizadas de duas maneiras:

N001 = Número da linha de endereço

O número da linha é utilizado para a organização do programa. Na maioria dos

Ponto-chave:

Há momentos em que, utilizando determinadas rotinas e comandos lógicos ramificados, os números de linha de endereço devem estar no programa para definir onde começar e terminar rotinas e para reinserir o programa normal novamente.

Onde a entrada correta sempre é um número inteiro (N20), nenhum ponto decimal é inserido. *Essa é uma convenção rígida que deve ser seguida.*

Dica da área

Inserindo números de linha Você pode optar por colocar números de linha onde eles são necessários e omiti-los do programa quando não são necessários. Você também pode deslocá-los 20 linhas de comando para organização geral do programa.

Por que os códigos são agrupados?

Palavras mutuamente exclusivas – Grupos de códigos É comum, e frequentemente necessário, ter vários **grupos** de palavras-código em uma mesma linha de comando. Cada um deles é necessário em combinação para completar o comando. No entanto, algumas palavras G e M são incompatíveis umas com as outras e não podem estar no mesmo comando. Elas são *mutuamente exclusivas*, significando que uma se sobrepõe, entra em conflito com ou cancela a outra do mesmo grupo, como foi visto.

Ponto-chave:

Convenção padrão

Duas palavras de qualquer grupo não podem ser inseridas na mesma linha de comando.

Por exemplo, não é possível mandar um controle aplicar um posicionamento rápido e um movimento de avanço de um eixo, tudo em uma mesma linha de comando, ou mandar ligar e desligar a refrigeração simultaneamente!

Diferenças dos controladores nos avisos de segurança! Escrever, accidentalmente, dois códigos exclusivos, G ou M, na mesma linha de comando irá causar um de dois eventos possíveis, dependendo do controlador:

Não perigoso – A máquina irá pausar e mostrar um erro de sintaxe para que você possa resolver.

Perigoso! – Alguns controles irão ignorar todos os códigos, exceto pelo último código do grupo na linha. Isso pode ser desastroso se não for a ação desejada!

Palavras-código modais e estanques

Chamados de **códigos estanques**, alguns códigos afetam apenas a linha na qual aparecem. Por exemplo,

N005 M01

N010 G01 Y1.0000

Na linha N005, uma parada opcional não tem qualquer influência na linha 10 seguinte. Elas são chamadas de palavras *estanques* ou de *uma-única-vez*. Veremos outras quando examinarmos o conjunto AIE no apêndice.

Códigos modais ou comandos modais funcionam da seguinte maneira: ao ler algumas palavras de comando, o controle mantém a sua configuração. Elas permanecem em vigor (ligadas) até que sejam canceladas por outra palavra em um comando futuro. A palavra de cancelamento pode ser

Um final de programa

Uma outra palavra do mesmo grupo

Uma palavra específica de cancelamento – As palavras-mestre de cancelamento são G80 (finaliza todos os ciclos fixos) e G40 (finaliza a compensação de raio), e alguns utilizam o G49 para cancelar a compensação de comprimento da ferramenta.

Essas palavras *modais* são semelhantes a uma chave seletora de duas posições: se ela estiver ligada, ela continua ligada até que seja desligada (cancelada). Daí vem seu outro nome comum: comandos *alternados*. Por exemplo:

N005 G00 X20.0000

N010 X30.0000

N015 X45.0000

Após a linha 5, o posicionamento rápido ainda está em vigor. Todos os três movimentos ocorrem com velocidade de posicionamento rápido, mas

N005 G00 X20.0000

N010 G01 X30.0000

N015 X45.0000

seria um pouco diferente. Aqui, o G01 na linha 10 sobrescreve o modo de posicionamento rápido da linha 5. Portanto, qual ação ocorrerá na linha 15? A máquina avançará em linha reta para a posição X45.0. O G01 é o modo.

Condições padrão

A palavra **padrão** possui dois significados semelhantes, porém, ligeiramente diferentes em tarefas CNC:

1. Valor mais adequado

Este é um valor de retorno que o controle escolhe quando a informação é incompleta ou impossível de ser fornecida. Por exemplo, um rosqueamento de uma entrada em um centro de torneamento. Suponha que uma rotação foi fixada em 3.000. A próxima linha de comando iniciará o rosqueamento de um grande eixo com um avanço rápido. A máquina não pode coordenar o início e a parada da ferramenta com uma rotação tão alta, por isso, ela desligará ou usará um valor “padrão” de rotação, no qual ela poderá controlar a ação de rosqueamento.

2. Valor predefinido

Quando inicialmente ligar algumas máquinas, certos valores condicionais ou modos serão assumidos. Eles são os “valores padrão” para aquele controle; um viés preestabelecido para uma ou outra condição. Por exemplo, um determinado controle sempre inicia no modo com valor absoluto até ser ordenado de forma diferente. Cada controle possui sua própria lista de valores padrão.

A maioria dos controles atuais não possui valores padrão. Eles se iniciam com os modos e o conjunto de valores do programa anterior. Portanto, tome como norma definir todas as condições de modos esperados, tais como tipo de avanço, valores métricos/polegadas, coordenadas absolutas/incrementais no começo de todas as programações, não importando se o controle possui ou não valores padrão. Vamos aprender a fazer essa configuração na Unidade 6-2.

Pesquisa de campo

Esta atividade irá expandir a sua lista, mas, novamente, é uma exposição para as possibilidades. Peça para o seu instrutor os folhetos de listagem de códigos das máquinas em seu laboratório, se possível. Senão, peça permissão para utilizar o manual de programação.

Primeiro, compare os códigos das máquinas do seu laboratório com a lista resumida desta unidade. Caso encontre diferenças, observe-as e anote-as no seu vocabulário, o qual você utilizará em seu laboratório. Isso é o que qualquer operador deve fazer quando for utilizar uma máquina diferente, ter certeza do vocabulário de palavras não essenciais.

Agora, vá ao Apêndice VI para ver a lista completa AIE para palavras-código. Por favor, observe que as colunas três e quatro contêm marcas de verificação para saber se o código é uma “Função de retenção” – modular –, ou “Afeta apenas uma linha” – estanque. Compare essa lista com os códigos utilizados em seu laboratório. Ela será usada como referência futura, conforme você vá a utilizando em outros controles.

Revisão da Unidade 6-1

Revise os termos-chave:

Termos-chave:

Código alfanumérico

Combinação de uma letra de prefixo com números à sua direita.

Códigos estanques

Palavras que afetam apenas a linha na qual estão, mas não têm qualquer efeito posterior.

Códigos preparatórios (códigos G)

Códigos que resultam em/ou preparam uma ação da máquina.

Coloquial

Linguagem CNC baseada na oralidade.

Comando (linha de comando)

Instrução completa que resulta em uma ação da máquina.

Comando modal

Palavra que permanece em ação até ser cancelada ou substituída por qualquer outra palavra de seu grupo.

Grupos de código

Palavras semelhantes que são mutuamente excludentes dentro de qualquer linha de comando.

Linguagem de máquina

Comandos operacionais subjacentes que seu programa causa. Essa linguagem funciona por detrás e é causada pela programação CNC.

Padrão

Condição de retorno ou preestabelecida integrada ao controle.

Palavra de comando (palavra)

A parte de uma instrução que ocasiona uma ação ou prepara uma ação ou alguma função de utilidade. Os blocos básicos de construção de um programa.

RS274-D (EIA Recomendação Padrão 274-D)

Normalização das palavras-código para programação CNC.

Responda

1. Liste cinco letras de prefixo de palavras-código e descreva o seu uso.
2. Quais ações ocorrerão nestas três linhas?
 N025 G01 G94 F19 X30.0000
 N030 Y1.0000
 N035 G00 X0.0 Y0.0
3. O que ocorrerá dado este comando?
 N001 G0 X1.000 G01 Y15.0
4. Junto com um colega, sem rever o texto, liste o máximo de palavras-código G que vocês conseguirem lembrar.
5. Agora, liste as palavras M de que você lembra.
6. Por que os códigos CNC são organizados em grupos?
7. Falso ou verdadeiro? Nas linhas de exemplo da Questão 2, a linha N030 não é um comando, é apenas uma palavra. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?

>> Unidade 6-2**>> Estrutura do programa externo**

Esta unidade mostrará como os programas começam e terminam. Há apenas alguns comandos necessários para certificar que ações indesejáveis não ocorram. Na indústria, há, provavelmente, um modelo específico para início e término da estrutura do programa, o qual será colocado em cada programa. Quando estiver programando em CAM, é possível compilar o cabeçalho e o rodapé do programa e, então, salvá-los para serem inseridos no local correto.

Comunicação especial e símbolos de arquivo Antes de qualquer código de segurança ser escrito, alguns controles requerem um conjunto de símbolos especiais, como as primeiras duas linhas ou como uma palavra de comando de iniciação do programa. Onde símbolos de dados de início do programa são necessários, somente eles devem proceder qualquer observação ou palavra-código. Por exemplo, em um controle Fanuc®:

%
O2345

Para o controle Fanuc®, o % (início do programa) depois a letra O seguida por um número de programa (O2345). Para determinar se o seu controle requer um símbolo de arquivo, leia o manual de programação ou acesse e analise qualquer programa armazenado na memória do controle.

M99 (palavra-código de início de programa para outro controle em meu laboratório)
N005

Termos-chave:**Comandos de inicialização (comandos de segurança)**

As primeiras palavras de comando que estabelecem os modos esperados e cancelam ações e valores indesejados.

Corte no ar

(Jargão de oficina) Período ineficiente no qual o cortador está se movendo com velocidade de avanço, porém não está produzindo cavaco.

Ponto de partida

Lugar seguro a partir do qual um programa é iniciado e onde estaciona a ferramenta na conclusão. Além disso, é o local onde alguns ciclos começam e terminam.

Posição de recuo

Distância de segurança afastada da peça em que nenhum movimento de posicionamento rápido da peça deve ocorrer.

Palavras de inicialização de programa

Há duas categorias de informação de **comandos de inicialização** que devem estar nas linhas após o início do programa e do nome do arquivo:

Palavras de cancelamento	Palavras de ajuste de modos

Como dito anteriormente, nem todos os programas precisam de todas essas precondições, mas não há mal algum em incluí-las, a menos que elas não sejam desejadas. Por exemplo, eu geralmente inicio meus programas pelo código G70, para demonstrar que os valores estão em polegadas, ou o código G71, caso os valores sejam métricos. Normalmente, o controle não estaria configurado no modo métrico – exceto por uma vez, quando eu assumi que o modo de controle estivesse em polegadas –, mas o último estava em modo métrico. Para minha surpresa, minha suposição incorreta levou o programa a tentar iniciar com o modo em milímetros! Como você pode ver, existem situações excepcionais, “armadilhas” que podem ser desastrosas se você não informar o código de inicialização correto.

Aqui vai outro exemplo. Suponha que um cortador entupido fez o operador interromper o programa para limpar a saída de cavaco. Em seguida, ele escolhe recomeçar o programa desde o início. Se, em algum lugar da programação original, um modo

for configurado antes da parada, o controle iniciará nesse mesmo modo, a menos que o programa inicie com palavras de cancelamento.

Ponto-chave:

Um programa de inicialização completo, incluindo linhas de cancelamento de segurança e configuração de modos, ajuda a evitar armadilhas excepcionais.

Configuração e cancelamento de modos

Modos necessários podem ser, na verdade, escritos em qualquer lugar do programa, contanto que sejam inseridos antes ou na primeira linha em que são solicitados. Por exemplo,

Amostra 1
N010 G94 G70 F20.
N015 G1 X2.00

Mas

Amostra 2
N015 G94 G70 F20. G1 X2.0

irá funcionar igualmente. O método de avanço G94, valores em polegadas G70 e velocidade de avanço estão disponíveis no momento em que são solicitados, em cada amostra. A amostra 1 tem todos os modos definidos na linha 10, antes da interpolação linear. A amostra 2 irá funcionar igualmente, no entanto, ela está cheia de dados.

Códigos e modos de inicialização sugeridos

Aqui está a lista dos modos e valores que deveriam ser configurados no início de seu programa:

Modos gerais

G94 ou G95	Tipo de avanço (por minuto ou por revolução)
G70 ou G71	Valores em polegada/métrico (pode-se usar G20 ou G21)

G90 ou G91	Valores absolutos/incrementais (normalmente, usam-se absolutos no início)	Segue uma sugestão de modelo genérico de inicialização.
G17, G18 ou G19	Apenas para fresas – trabalhando no plano XY ou XZ ou YZ	N005 G80 G40 (Modos de cancelamento) N010 G70/71 G94 (Avanço inicial) (ou 95) FXXX N015 SXXX G90 (Sist. de coordenadas abs./incr.) (ou 91)

Tanto em comandos para torno como para fresa, a maioria dos programadores separa os comandos em duas ou três linhas e coloca notas entre parênteses para explicação.

Dados específicos para usinagem

FXXX	Velocidade de avanço inicial
SXXX	Rotação do eixo-árvore

A velocidade de avanço e a rotação do eixo-árvore devem ser inseridas antes de qualquer usinagem – porém, elas não precisam estar na seção de inicialização do programa. Novamente, não há mal algum em colocá-las lá.

Cancelamento de modos para segurança

Para se certificar de que o programa comece limpo, sem tentativas de execução de algum modo indesejado de um comando anterior, colocamos códigos de cancelamento na inicialização. Há dois tipos por enquanto. Outros serão exigidos conforme seu programa for se tornando mais complexo.

G80	Cancela todos os ciclos fixos anteriores (Capítulo 7)
G40	Cancela qualquer compensação de raio usada anteriormente

Ponto-chave:

Comandos de cancelamento deveriam ser inseridos no programa anterior, onde o modo terminou. Eles são colocados no começo como uma dupla proteção contra “armadilhas”.

Segue uma sugestão de modelo genérico de inicialização.

N005 G80 G40	(Modos de cancelamento)
N010 G70/71 G94	(Avanço inicial)
(ou 95) FXXX	
N015 SXXX G90	(Sist. de coordenadas abs./incr.)

Então, se for um programa para fresagem,

N020 G17/18/19	(Plano de fresagem)
----------------	---------------------

Comandos de inicialização secundários

Agora que os modos estão corretos, há uma outra consideração de inicialização – fechamento das proteções de segurança e inicialização do fuso e refrigeração e os movimentos iniciais. Se sua máquina possui portas automáticas, haverá uma palavra-código M que fechará a porta. Ela deve ser o próximo comando depois das linhas de ajuste de modo.

Em seguida, há os movimentos físicos da ferramenta. Cada programa possui uma área de espera chamada de **ponto de partida**. É o local onde o programa estaciona a máquina para finalizar os ciclos anteriores e também para iniciar o próximo ciclo. Em uma fressadora, ele é, provavelmente, a posição de troca de ferramenta. Em um torno, ele fica no recuo total dos eixos X e Z, onde também é o zero da máquina.

Uma vez, em nosso laboratório, uma estudante aprendeu da maneira mais difícil como definir um comando de referenciamento como parte de seu programa de inicialização. Ela tinha um parafuso que fixava a sua peça em uma subplaca. Seu programa de fresagem de inicialização partiu do PZP com o cortador a 1pol. acima do zero da coordenada Z. Contudo, ela deslocou o cortador para longe do PZP para apertar o parafuso. Quando inicializou o programa, no posicionamento rápido do dispositivo de corte, ele passou por cima do parafuso no caminho para o primeiro corte! Se houvesse um comando de referenciamento na inicialização, esse desaste não teria acontecido.

Dica da área

Posicionando a máquina para estacioná-la Muitos controles irão apresentar um comando especial que guia a máquina com posicionamento rápido em direção ao zero da máquina ou para posições de troca de ferramenta. Esse comando de referenciamento não é uma palavra essencial, porém, ele estará em sua apostila do controlador. Em vez de inserir os comandos de coordenada em seu programa, uma simples palavra-código fará todo o trabalho para você. Procure no seu manual de programação pelo comando “Zero da máquina”. Ao utilizar esse comando, sempre visualize o trajeto da peça no posicionamento rápido. Talvez seja necessário primeiro mover a máquina para uma posição segura, onde possa ser inicializado o comando de referenciamento. (Veja posicionamento rápido seguro, em seguida.)

Movimento seguro de posicionamento rápido em direção a ou acima da peça – A posição de recuo

O próximo item da sequência seria trocar para a primeira ferramenta (caso a máquina possua um dispositivo de troca de ferramentas), inicializar o fuso e a refrigeração e, em seguida, posicionar rapidamente em direção à peça. O destino do posicionamento rápido é chamado de *altura de recuo* ou *distância de recuo* (Fig. 6-2).

Essa **posição de recuo**, ou **posição R**, é a coordenada da distância segura da ferramenta de corte em relação à peça, abaixo da qual o posicionamento rápido não é seguro. É também a distância segura para a ferramenta recuar e se mover para um novo local da peça – por isso esse nome. Na distância R, você irá mudar para a velocidade de avanço para completar o contato da ferramenta com a peça.

Um ciclo de perfuração em uma fresadora é um bom exemplo. Um dos campos de dados da rotina de perfuração G81 é a coordenada R. Ela é a altura de recuo da broca entre furos. A distância de segu-

rança acima da peça para um movimento de posicionamento rápido para uma nova posição. A letra R é usada em muitos ciclos para indicar a distância de segurança em relação à peça (Fig. 6-2).

Dica da área

Inicialização de refrigeração É um bom hábito ligar a refrigeração no final (ou durante) o movimento de posicionamento rápido para a posição R. Isso garante um fluxo total antes do contato da ferramenta com a peça de trabalho. Ligar a refrigeração no ato de corte significa que o fluxo borifaré durante um ou dois segundos. Na usinagem de alguns metais de baixa usinabilidade, isso pode ser um problema.

Distância segura R versus eficiência de programa

Para programas de estudantes e, até mesmo, para os primeiros programas profissionais, são altamente recomendadas alturas R de 0,5 pol. ou 12 mm (ou maiores, conforme a definição da política de sua oficina). Embora essa altura seja segura, ela exige **cortes no ar** relativamente longos com a ferramenta, fazendo sua aproximação final à velocidade de avanço, sem geração de cavaco. Mais tarde, tais distâncias podem ser encurtadas visando à eficiência, caso a política de sua oficina permita.

Ponto de partida
eixos X, Y e Z totalmente recuados



Figura 6-2 Um programa típico comece do ponto de partida e, em seguida, move-se com velocidade de posicionamento rápido para a altura de recuo segura (ou distância de recuo, em tornos).

A troca de ferramentas em um torno tem o mesmo conceito de segurança. Profissionais recuam a torre o suficiente para uma rotação segura sem a interfe- rência de qualquer ferramenta na torre.

Ponto-chave:

Dependendo da direção em que a torre se mo- vimenta, a distância de recuo de segurança para troca de ferramentas talvez precise ser suficiente- mente distante da placa para liberar todas as ferramentas da máquina. (Veja a Dica da área.)

Contudo, a troca de ferramenta não é uma boa ideia para um novato. Para programação de torno para estudantes, traga o porta-ferramentas o mais longe possível da peça, geralmente até a posição de zero da máquina, e, em seguida, troque as fer- ramentas.

Ponto-chave:

Para iniciantes, é uma boa ideia recuar a torre total- mente no eixo Z e no eixo X (posição de zero da máquina) antes de realizar a troca para outra ferramenta.

Com experiência, tanto os recuos em tornos e fre- sadoras quanto a posição de troca de ferramentas em torno podem ser reduzidos visando à eficiência.

Dica da área

Algumas torres de ferramentas em torno rotacio- nam apenas em uma direção quando se está tro- cando de ferramentas. No entanto, a maioria dos tornos atuais gira tanto no sentido horário quan- to no sentido anti-horário, dependendo de qual é a menor distância da ferramenta chamada pelo programa. Quando recuar o porta-ferramentas para a troca de ferramenta, é importante levar isso em conta. A ferramenta mais longa pode ou não colidir com a peça ou a castanha. Não arris- que – recue totalmente o porta-ferramentas nos seus primeiros programas.

Conversa de chão de fábrica

Um dos piores acidentes que eu presenciei, em termos de dano à máquina e perda de tempo de trabalho, ocorreu devido à ausência de uma análise do trajeto de posicionamento de uma ferramenta. Após usinar um molde de extremidade de asa por mais de uma semana, o último movimento foi de posicionamento rápido de uma fresa de 5 pol. de diâmetro e 10 pol. de comprimento para o zero da máquina. O problema era que, em uma fresa de cinco eixos, o trajeto passaria através da peça finalizada, agora valendo milhares de dólares. A colisão destruiu a peça, o dispositivo de corte e o sofisticado cabeçote articulado da fresadora.

Comandos de término de programa

Finalizar um programa é um problema mais fácil, porém, ainda há algumas características vitais para que ocorra de forma segura e eficiente. Modos que estão em ação devem ser cancelados, *mesmo que sejam cancelados na seção de inicialização*, quando o programa é executado novamente.

Isso é especialmente verdadeiro para os programas de compensação de ferramentas. Conforme a fer- ramenta completa o último corte, ela é recuada a uma distância segura da peça e, em seguida, po- sicionada rapidamente no ponto de partida, onde a compensação é finalizada quando a ferramenta está a uma distância segura da superfície da peça. Dessa maneira, quando ela se mover a partir da distância do raio da ferramenta afastada da geo- metria até o centro sobre a linha de geometria, não irá tocar, acidentalmente, na peça ou na bancada ou na morsa. A compensação da ferramenta é can- celada com o código G40. Vamos aprofundar esse assunto mais adiante.

Conforme a ferramenta é distanciada da peça, in- terrompa a refrigeração M9. O comando M30 ou M2 irá desligá-la, mas é um mau hábito fazê-lo só no final. Isso, geralmente, faz esguichar o refrige- rante para todo lado! Além de deixar o lugar es- corregadio, o custo do refrigerante desperdiçado altera o lucro final. Esse problema ocorre, princi-

palmente, em pequenas fresadoras sem confinamento completo. Desligue a refrigeração ao final do último movimento de avanço. Outra rotina de término de programa é inserir um suporte vazio no fuso ou rotacionar o porta-ferramentas do torno para uma posição vazia (veja a Dica da área).

Dica da área

Ausência da ferramenta na posição ponto de partida

Às vezes, é uma boa ideia, para conveniência e segurança do operador, trocar uma ferramenta grande ou bem afiada por um suporte vazio – ausência de ferramenta. Essa pequena concessão ao operador é apreciada em trocas de peças em que as mãos precisam se aproximar das ferramentas.

nos eixos X, Y e Z com velocidade de posicionamento rápido. A broca deve ser retraída do furo e, depois, enviada para o ponto de partida. Porém, quando retornando desde a posição R, ela poderia também atingir um mordente de morsa ou uma braçadeira se não recuada primeiro longe o suficiente, acima da peça. A broca deve ser recuada em linha reta no eixo Z, acima da morsa, e, em seguida, enviada para o ponto de partida.

Ponto-chave:

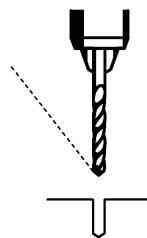
Sempre puxe a broca para fora da peça, com velocidade de avanço, para uma posição segura e, em seguida, analise o trajeto de retorno para a posição de partida antes de retornar a ferramenta de corte!

Posicionamento rápido seguro distante da peça

Um acidente em potencial pode ocorrer quando distanciar a ferramenta de corte da peça visando a uma troca de ferramenta ou ao estacionamento da máquina em final de programa. Todo o trajeto deve ser sempre considerado.

Na Figura 6-3, uma broca completou o processo de furação. Simplesmente levar a máquina para o ponto de partida desde o fundo do furo seria um acidente duplo. Ela começaria a ser movimentar

Seguro para voltar ao ponto de partida



É preciso recuar para R antes de retornar



Figura 6-3 O movimento de posicionamento rápido deve ser sempre feito para e a partir de uma localidade segura.

Revisão da Unidade 6-2

Revise os termos-chave:

Comandos de inicialização (comandos de segurança)

As primeiras palavras de comando que estabelecem os modos esperados e cancelam ações e valores indesejados.

Corte no ar

(Jargão de oficina) Período ineficiente no qual o cortador está se movendo com velocidade de avanço, porém não está produzindo cavaco.

Ponto de partida

Lugar seguro a partir do qual um programa é iniciado e onde estaciona a ferramenta na conclusão. Além disso, é o local onde alguns ciclos começam e terminam.

Posição de recuo

Distância de segurança afastada da peça em que nenhum movimento de posicionamento rápido da peça deve ocorrer.

Reveja os pontos-chave:

- Uma inicialização de programa completa, incluindo linha de cancelamento de seguran-

- ça e corrigindo os modos necessários, ajuda a garantir uma programação de sucesso.
- Para iniciantes, é altamente recomendado que todos os movimentos de eixo em direção à peça parem o deslocamento rápido, no mínimo, a 0,5 pol. da peça.
 - Para iniciantes, é altamente recomendado o deslocamento de todas as ferramentas à sua posição mais afastada (mais segura) para trocas de peças ou de ferramentas.
 - Sempre retire o cortador para fora da peça, com velocidade de avanço, para uma distância segura e, em seguida, analise o trajeto em direção ao ponto de partida antes de retornar a ferramenta de corte!

Responda

1. Um programa é inicializado com:
%
05432
O que esses comandos significam?
2. Falso ou verdadeiro? Comandos modais são aqueles que cancelam ou sobrepõem todos os modos anteriores configurados no programa. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?
3. Por que adicionamos a palavra *G80* no início de um programa?
4. Explique os dois elementos de um bom começo de programa.
5. Identifique pelo menos dois modos que devem ser configurados no começo do programa.
6. Por que o trajeto de retorno de uma ferramenta deve sempre ser analisado antes de a ferramenta ser enviada de volta para o ponto de partida?

>> Unidade 6-3

>> Trajetória linear da ferramenta compensada manualmente

OK, já está na hora de dar sequência à redação de programas. Ao final, eu irei oferecer uma solução do programa nas respostas. Compare-a com a sua. Se em seu laboratório houver um software CNC de simulação, esta é a sua chance para aprender a usá-lo. Se for o caso, escreva seu programa no editor de texto, depois defina o tamanho da matéria-prima, da ferramenta de corte e a localização do PZP no material. Em seguida, simule a usinagem utilizando o programa.

Não é somente gratificante ver os códigos se transformarem em partes cibernéticas, mas também é a maneira mais rápida de testar seu programa. Nesta etapa de aprendizagem, os simuladores são, de longe, a melhor ferramenta de aprendizagem. Caso você não possua simuladores, você também pode testar o programa imprimindo-o no sistema CAM do seu laboratório ou utilizando um controlador gráfico, mas com a máquina travada, seguramente, no modo de funcionamento em vazio. (Você precisará de alguma orientação para este tipo de teste.)

Após uma discussão de como calcular a trajetória da ferramenta, vamos fazer uma peça fresada em CNC do começo ao fim. Você escreverá o plano e, depois, os códigos. Fornecerei algumas dicas matemáticas para as coordenadas. Note que não há arcos. Comandos de curvas serão apresentados na Unidade 6-4. Observe que você precisará de trigonometria e do teorema de Pitágoras para completar algumas dessas atividades.

Calculando a trajetória da ferramenta

Aqui, vamos dar uma olhada nas alterações XY para um fresagem de um perfil na trajetória da ferramenta, porém, também podem ocorrer alterações

em XZ para torneamento de uma peça utilizando uma ferramenta de corte com ponta arredondada.

Esboçando o trajeto de ferramenta

Você irá calcular as coordenadas e, depois, escrever o programa do trajeto de ferramenta para a trava (Fig. 6-4). Para isso, esse programa realizará uma fresagem concordante desde o ponto A até o ponto I usando uma fresa de diâmetro de 0,500 pol. (0,25 afastada do contorno).

Desenhe o esboço

O primeiro passo é desenhar a trajetória da ferramenta com a distância necessária de deslocamento igual ao raio da ferramenta. A linha de centro é roxa na Figura 6-5. Não fazemos isso no dia a dia, mas isso irá ajudá-lo no começo. Use uma cor contrastante para desenhar a linha pontilhada, a qual representa a linha de centro do cortador. Um gabarito de círculos costuma ajudar nesse processo.

Ponto-chave:

Tenha em mente que, apesar de os círculos serem fáceis de imaginar com uma fresa de topo perfilada fresando uma peça, eles também podem ser a ponta arredondada em uma ferramenta de torno. O conceito é o mesmo – um raio tangente à linha geométrica.

Quatro tipos de compensação de trocas

Agora, nomeie cada ponto significativo na geometria da peça e, depois, procure pelas suas corres-

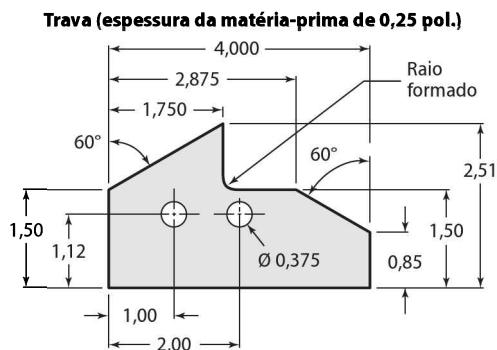


Figura 6-4 A trava a ser programada.

Exemplo do esboço da trajetória da ferramenta

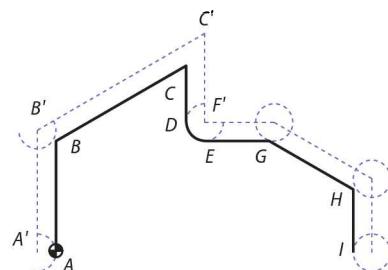


Figura 6-5 Esboço da trajetória da ferramenta.

pondências na trajetória da ferramenta. Os pontos estão em cada extremidade das linhas, nas intersecções de linhas e onde estivermos usando arco, no ponto de tangência e em centros.

Ponto-chave:

A coordenada que será inserida no programa não está na geometria da peça. Ela está no centro do dispositivo de corte, na trajetória do cortador.

Neste livro, irei me referir ao ponto alternativo na trajetória do cortador como um ponto primitivo na geometria da peça. Por exemplo, o ponto A na geometria da peça torna-se o ponto A' no trajeto do dispositivo de corte. Há quatro situações distintas ilustradas pela trava e pela Figura 6-5:

- **Ponto alternativo linear A'** Visto que o cortador está tangente à linha vertical, o ponto A se desloca para a esquerda em menos 0,25 (raio do cortador) para se tornar o ponto A' na trajetória da ferramenta.
- **Ponto alternativo composto B'** O ponto B se desloca tanto em X como em Y para se tornar B'. Isso exige uma solução de triângulo. Há outros na geometria da peça.
- **Ponto de tangência F'** O ponto F é uma situação especial. Os pontos D e E na geometria desaparecem porque essa trajetória particular da ferramenta forma um raio de 0,25. O cortador irá cortar em linha reta até o ponto F' e, em seguida, girar 90° para cortar até o ponto G'. Se o cortador fosse menor em diâmetro,

seria preciso escrever um comando de curva baseado nos pontos D' e E' .

- *Centros não deslocam* Referências de centro, tais como aberturas de furos, não são deslocados.

Os triângulos de deslocamento

Agora, esboce os triângulos deslocados onde eles são necessários, como mostrado na Figura 6-6. Em seguida, resolva para as distâncias X' e Y' . Isso será útil para expandi-los para um tamanho maior. Continue com o esquema de cores do esboço original.

Dica da área

Encontrando e solucionando os triângulos das coordenadas de deslocamento

1. Nomeie primeiro o raio do dispositivo de corte. Ele será a distância entre as linhas de centro e as linhas da peça.
 2. Nomeie o ângulo de 90° .
 3. Utilizando geometria básica, procure por comprimentos e ângulos conhecidos. No exemplo, o ângulo de 60° na impressão.

Ou, se você não possuir os conhecimentos para resolver esses problemas, tente desenhar precisamente a geometria e o trajeto da ferramenta no CAD e, depois, analise os elementos. Essa é a maneira como o sistema CAM obtém as coordenadas de ponto.

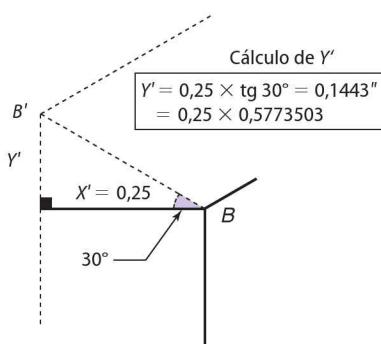


Figura 6-6 Resolvendo para os deslocamentos X' e Y' . Cada triângulo é diferente, baseado na geometria da peça.

Quando os cálculos dessas coordenadas de deslocamento estiverem completos, será a vez de escrever os códigos de programa.

Revisão da Unidade 6-3

Responda

Problema de programação – Travessia

Calcule e escreva um programa com linhas de centro para o cortador para fresar a Figura 6-4, a trava de aço. Utilize a folha de programação a seguir como modelo. Se você travar em qualquer cálculo matemático, encontrará dicas nas respostas.

Instruções de trabalho

1. Trabalhe com valores absolutos.
 2. Calcule as velocidades do fuso com velocidades de corte de 100 F/M. Adote, de forma conservadora, uma velocidade de avanço de 10 pol. por minuto para fresagem e 0,003 pol. por revolução para furação.
 3. Após a conclusão, seu programa pode não estar na mesma ordem da folha de resposta, mas ele estará correto, desde que todos os dados estejam corretos e presentes. O simulador mostrará se o programa funciona ou não.
 4. Utilize uma fresa de quatro arestas com diâmetro de 0,50 pol. e uma broca de 0,375 pol. Para este primeiro programa, a perfuração de centro não é necessária.
 5. Usine o perfil com fresagem concordante – apenas um passo de acabamento. (Entretanto, um passo de desbaste e um de acabamento produziriam resultados mais coerentes se essa fosse uma peça real.)
 6. A aresta inferior foi pré-usinada. Posicione os grampos ao longo da aresta e comece a usinar ao longo da aresta à esquerda, onde há um sobremetal de 0,030 pol. a ser usinado.
 7. Utilize coordenadas em valores absolutos.
 8. Se sua máquina usa códigos que diferem da lista do livro, use-os.

9. Trabalhe em uma folha de programação similar à folha seguinte.
10. A fresa de topo e a broca podem cortar até a placa de sacrifício.

Um arco é uma entidade polar, por isso, a redação de comandos de arco é simples, requerendo pouca instrução. No entanto, nem todos os controles apresentam essa possibilidade. Único para este método, as entradas incluem os graus do arco.

Folha de programa

N005	N100	N195
N010	N105	N200
N015	N110	N205
N020	N115	N210
N025	N120	N215
N030	N125	N220
N035	N130	N225
N040	N135	N230
N045	N140	N235
N050	N145	N240
N055	N150	N245
N060	N155	N250
N065	N160	N255
N070	N165	N260
N075	N170	N265
N080	N175	N270
N085	N180	N275
N090	N185	N280
N095	N190	N285

Dependendo de como as dimensões são fornecidas, utilizando um dos três métodos, elimina-se quase toda a aritmética requerida para programação de arcos.

Termos-chave:

Códigos de curvatura

A palavra-código que resulta no movimento em arco no sentido horário ou anti-horário.

Método do arco polar

Comando de arco que requer a direção de curvatura, o raio do arco e o valor do arco em graus.

Método do ponto de centro de arco (IJK)

Comando de arco que requer código de curvatura, coordenadas em X, Y ou Z do ponto de extremidade e coordenadas em I, J ou K do ponto de centro.

Método do raio para arcos

Comando de arco que requer o código de curvatura, o ponto de destino e o valor do raio.

Os cinco fatores do arco

Para desenhar qualquer arco no papel utilizando um compasso, há cinco parâmetros necessários. Eles são os mesmos fatores de que o controlador irá precisar (Fig. 6-7).

Raio do arco	Ponto de começo	Ponto de termino
Ponto de centro	Sentido horário ou anti-horário	

» Unidade 6-4

Escrevendo comandos de arcos

A programação de arcos é fácil com um pouco de treinamento. Na verdade, existem três métodos, dois dos quais vamos considerar aqui.

O método de raio

O método de centro (método IJK)

O método de arco polar (Não estudado)

Fatores padrão

Todos os cinco fatores não são necessários em cada comando. Fornecidos três deles, os outros dois são automaticamente conhecidos. Por exemplo, se o ponto de partida e o ponto de centro são conhecidos, então, o raio é a distância entre eles – ele é automaticamente fornecido.

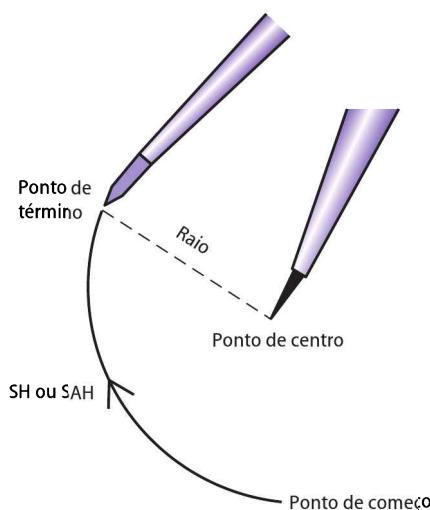


Figura 6-7 Os cinco fatores do arco.

Ou, dados os pontos de começo e de término do arco, o ponto de centro estará na linha perpendicular à linha que os conecta (Fig. 6-8). O controle pode obter o ponto de centro, neste caso, se são fornecidos o raio e o sentido, horário (SH) ou anti-horário (SAH).

Ponto-chave:

A diferença entre os dois comandos de arco, identificação de centro ou método de raio, está em qual fator deve ser fornecido e qual deles é determinado por padrão.

Posição atual da ferramenta – Sempre a posição inicial

Em todos os métodos de desenho de arco (incluindo o método polar), um dado sempre é automaticamente conhecido, o ponto inicial. Portanto, com o ponto inicial conhecido, apenas dois dados devem ser fornecidos em cada comando.

O método do raio para comandos de arco

O **método do raio para arcos** é o mais simples dentre os dois comandos não polares, contanto que o raio do arco seja conhecido. Os parâmetros do comando são

Código de curvatura, Coordenadas do ponto de término, Raio

G2 X3.0 Y1.5 R1.5

Nesse exemplo, a ferramenta move-se no sentido horário (G2) da sua posição atual para X3.0 Y1.5 com raio de 1,5 pol.

Ponto-chave:

Há dois códigos de sentido:

G02 = Interpolação circular no sentido horário

G03 = Interpolação no sentido anti-horário

As coordenadas do ponto de término podem ser absolutas ou incrementais por informação disponível (Fig. 6-9).

Arcos maiores que 180°

Há, na verdade, dois arcos possíveis que conectam os pontos de começo e de término, dados os fatores descritos. Um deles é menor ou igual a 180°, e o outro é maior que 180°. Na Figura 6-10, ambos os arcos movem-se no sentido horário de A para B e ambos possuem o mesmo raio. O arco em linha contínua roxa é a entidade padrão, menor que 180°. Para programar o arco maior que 180° utilizando o método do raio, deve-se fornecer ao controle um símbolo adicional.

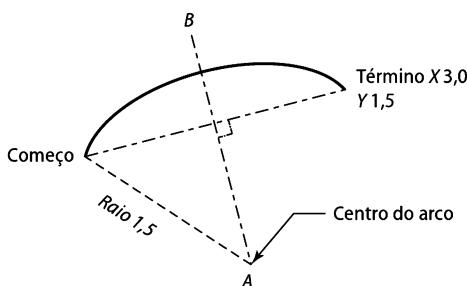


Figura 6-8 Dado os pontos de começo e de término, o controle pode assumir que o ponto de centro pertence à linha AB.

Dois comandos do método de raio

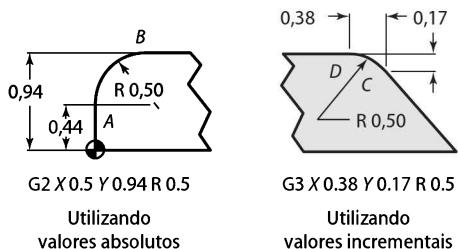


Figura 6-9 Dois exemplos de comandos de arco do método de raio.

Ponto-chave:

Todos os controles (dos quais eu tenho conhecimento) padronizam o arco menor, a menos que um símbolo especial seja adicionado ao comando a fim de indicar que o arco é o de maior segmento.

Diferenças entre controladores – Arcos maiores

O símbolo que identifica o arco maior que 180° varia de controle para controle. Aqui estão dois exemplos:

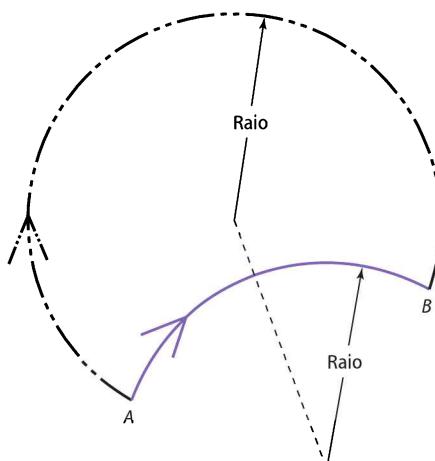


Figura 6-10 Dois possíveis arcos, dados os fatores de começo, curvatura, término e raio.

Arco padrão: G02 X14.0 Y12.0 R16.0

Arco maior: G02 X14.0 Y12.0 R-16.0

O sinal de menos adicionado ao raio indica que o arco é o maior /G2 X14 Y12 R16

A barra indica o arco maior em nosso controle genérico. Leia seu manual.

A álgebra

Quando o arco é de 90° nas arestas da peça no esquadro, o comando de raio é muito simples; apenas escreva o **código de curvatura**, as coordenadas de término e o raio. No entanto, quando o arco não for um simples canto, alguns cálculos devem ser feitos. Cada geometria apresenta seu próprio conjunto de condições.

Faça um esboço e preencha-o com os dados conhecidos. Utilize o teorema de Pitágoras e a trigonometria para encontrar as coordenadas desconhecidas. A atividade a seguir vai lhe ajudar a praticar cálculo e redação de arcos utilizando ambos os métodos.

Ponto-chave:

O método de raio é o mais simples entre as duas escolhas, contanto que os dados estejam disponíveis.

O método de ponto de centro (IJK) para comandos de arco

Para o **método do ponto de centro (IJK)**, este comando é o mesmo que os sistemas CAM usam, porque ele pode denotar um arco de qualquer número de graus (de zero até o círculo completo), sem qualquer dúvida entre os arcos menores ou maiores que 180° . Os parâmetros do comando são

Código de curvatura, Coordenadas de término, Coordenadas de centro

G02 X75 Y175 I75 J0.0

O exemplo move a ferramenta da posição presente para a posição XY utilizando um ponto de centro que está a 0,75 pol. no começo da direção X e vai até a linha Y ($J = 0.0$).

Para este método de comando, as coordenadas do ponto de término devem ser absolutas ou incrementais, dependendo da informação fornecida, no entanto, as coordenadas do ponto de centro são normalmente incrementais, utilizando o ponto de começo como referência. Leia esta última sentença novamente – o ponto de centro é incremental e definido com letras alternadas de eixo.

Por que usar I, J e K?

Quando trabalhar no plano XY em uma fresadora, por exemplo, há dois conjuntos de coordenadas junto ao comando de arco, as coordenadas X e Y do ponto de término e as coordenadas I e J do ponto de centro (Figs. 6-11 e 6-12).

Conversa de chão de fábrica

Utilizando o método IJK de arcos, as coordenadas do ponto de centro são incrementais para a maioria dos controles com os quais eu tive experiência, exceto por dois modelos. No entanto, isso se deve às convenções de I, J, K na programação CNC – não há razões matemáticas para que as coordenadas não possam ser identificadas como absolutas em todos os controles.

Ponto-chave:

Para diferenciar as coordenadas do ponto de término das coordenadas do ponto de centro, o ponto de centro é escrito em forma alternativa de X e Y, tornando-se I e J. De acordo com a convenção, I, J e K são, geralmente, fornecidos em valores incrementais em projetos CNC.

Se um programa de torno está sendo escrito, então, o ponto de centro é identificado por I e K.

Diferenças de controladores – Outras utilidades de I, J e K Dependendo do tipo de controle, outros usos podem ser feitos dos prefixos I, J e K em

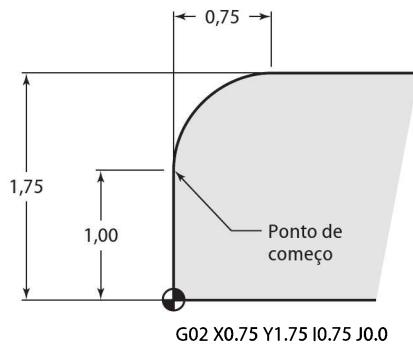


Figura 6-11 Comando de arco utilizando o método do ponto de centro.

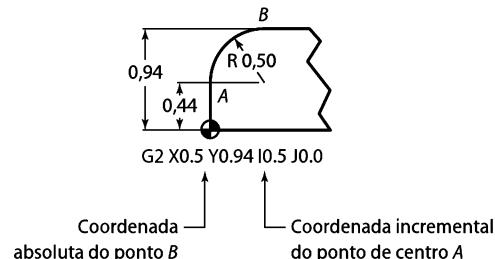


Figura 6-12 Um segundo exemplo.

comandos não somente de arcos. Novamente, eles são utilizados como coordenadas alternativas de X, Y e Z, geralmente como valores incrementais. Por exemplo, em um determinado controle de torno, I e K são utilizados como movimentos incrementais dos eixos X ou Z sem a necessidade de mudar para o modo incremental.

Controles de tornos Fanuc e coordenadas incrementais Quando você desejar utilizar valores de coordenadas incrementais em controles de tornos Fanuc, há uma convenção especial: o comando G91 não é requerido nem utilizado para ativar o modo incremental. Esses controles têm o modo absoluto como padrão e não possuem o modo incremental. Quando você desejar utilizar uma coordenada incremental, as letras X e Z são substituídas por U e W. Portanto, na maioria dos controles, o comando G91 X10.0 seria um pulo incremental de 10 unidades na direção positiva em X. No entanto, no Fanuc, U10.0 causaria a mesma ação.

Revisão da Unidade 6-4

Revise os termos-chave:

Códigos de curvatura

A palavra-código que resulta no movimento em arco no sentido horário ou anti-horário.

Método do arco polar

Comando de arco que requer a direção de curvatura, o raio do arco e o valor do arco em graus.

Método do ponto de centro de arco (IJK)

Comando de arco que requer código de curvatura, coordenadas em X, Y ou Z do ponto de extremidade e coordenadas em I, J ou K do ponto de centro.

Método do raio para arcos

Comando de arco que requer o código de curvatura, o ponto de destino e o valor do raio.

Reveja os termos-chave:

- Em todos os métodos de arco (incluindo o método polar), um fator sempre é automaticamente conhecido: o ponto de partida.
- Entre os métodos IJK e de raio, o método de raio é o mais simples de ser calculado e é introduzido sempre que os dados o suportarem.
- Há dois códigos de sentido de arco: G02 = SH e G03 = SAH.
- Os arcos padrão são aqueles menores de 180°. Arcos maiores requerem uma simbologia diferente.
- No projeto em CNC, I, J e K são utilizados como valores incrementais, formas alternativas de X, Y e Z.

Responda

Calcule e escreva um comando para os seguintes arcos. Para os primeiros dois problemas, assuma que o controle está em modo incremental.

- Veja a Figura 6-13.
 - Escreva o comando de arco padrão utilizando o método do raio.

- Agora, escreva o mesmo comando utilizando o método de centro.

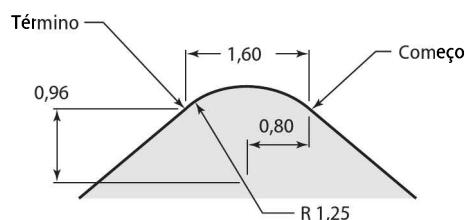


Figura 6-13 Questão 1 – Escreva um comando para o método do raio e, depois, um comando para o método do centro.

- Utilizando as informações da Figura 6-14, escreva três comandos de arco diferentes: o comando padrão de A para B, o arco maior de 180 graus de A para B (utilize o símbolo de menos para o arco maior) e o arco padrão de B para A.

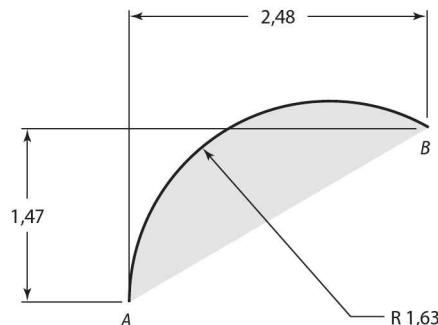


Figura 6-14 Questão 2 – Escreva o comando para o método do raio.

- Veja a Figura 6-15. Escreva um comando de arco em IJK para este trabalho em torno utilizando coordenadas em valores absolutos. Agora, escreva o comando de arco para o raio.

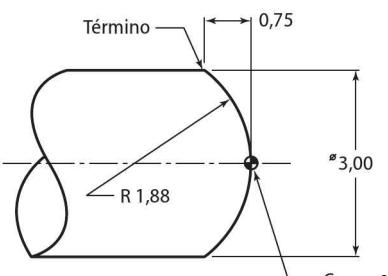


Figura 6-15 Questão 3 – Escreva o comando para o método do raio.

4. Agora, escreva um programa métrico para tornejar a peça (em um único passo) e, em seguida, desbaste o pino de alumínio com ponta arredondada da Figura 6-16. Este é um trabalho com alimentação por barra presa em pinças. Não usine o diâmetro do tarugo. Utilize uma ferramenta de torno com raio de ponta de 2 mm e escreva seu programa com valores absolutos. Você pode usar qualquer um dos métodos de comando de arco – ambos serão mostrados na seção de respostas junto com algumas dicas algébricas, caso você trave em alguma passagem. Não escreva passes de desbaste – este é um exercício apenas para compilar códigos e comandos de arco. Use rotação de 1.000 rpm e avanço de 0,1 mm por revolução.

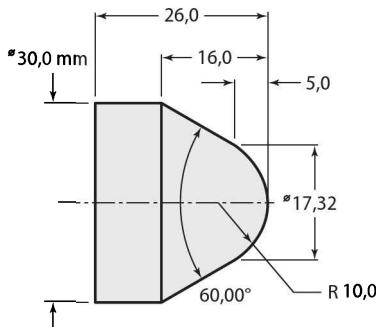


Figura 6-16 Escreva um programa de compensação manual para tornejar este pino com ponta arredondada utilizando uma ferramenta com raio de ponta de 2 mm.

Dica da área

Rotação Veja a Figura 6-16. Visto que a ferramenta começa a usiná-lo do centro da peça em direção ao perfil, o fuso deve iniciar com uma rotação bem alta e diminuir continuamente, conforme o diâmetro efetivo também aumenta. Há uma maneira de adicionar uma velocidade de corte constante (VCC) em seu programa para iniciar essa constante mudança da rotação em tais casos. Vamos estudar essa função no Capítulo 7, mas não há problema em pesquisar no manual de programação de seu laboratório e utilizar o código correto para implementar a VCC.

» Unidade 6-5

» Redigindo programas com compensação

Agora, vamos escrever os programas de trajetória da peça com comandos que levam o controle a calcular a trajetória da ferramenta. Isso significa que não haverá mais cálculos de alternância para $X'Y'$ a serem feitos! As coordenadas programadas são as definições da peça tomadas a partir do desenho. O cálculo delas ainda pode ser necessário, mas elas são mais fáceis de serem determinadas. Pelas atividades anteriores, você pode notar que essa propriedade é uma enorme economia de tempo.

Além disso, um programa com compensação permite uma liberdade quanto ao cortador a ser utilizado. Com todos os fatores corretamente escritos no programa e com a compensação embutida no controle, o anel do cortador para uma fresagem periférica ou o raio de ponta para um torneamento permanecerão tangentes ao longo de toda a geometria da peça. Em outras palavras, o raio externo do cortador irá acompanhar o contorno da peça. A ferramenta de corte pode ser trocada por uma outra com raio diferente e ainda produzirá uma geometria precisa, contanto que o raio da nova

ferramenta tenha sido fornecido corretamente ao controle.

Termos-chave:

Movimento de transição

Uma linha de qualquer comprimento conveniente que faz a transição para uma rampa.

Rampa de aproximação

Linha curta adicionada para travar na geometria da peça antes do corte de cavacos.

Rampa de recuo

Linha curta usada para transição suave da peça e, algumas vezes, para criar uma posição fantasma antes de desligar a compensação.

Travamento

O cortador alcançou a linha de tangência e permanecerá lá até que receba um outro comando.

Preparando um programa para a compensação

Três itens são requeridos no programa para iniciar a compensação.

1. Qual lado da linha geométrica – G41 esquerda ou G42 direita?

O programa de compensação define em qual lado da linha geométrica a seguir está o controlador para movimentar o cortador. Isso acontece na rampa.

2. As rampas de aproximação

Semelhantes a um automóvel em uma estrada, programas de compensação necessitam de uma distância para serem inicializados – algumas vezes chamada de **distância de travamento**. Essa rampa é uma linha geométrica adicionada ou uma série de linhas que começam afastadas da peça, mas guiam o cortador à peça. O cortador é comandado para o ponto de partida no começo da rampa para adquirir um sentido de compensação. Em seguida, conforme ele segue a rampa, o cortador fica tangente à linha geométrica da peça antes de começar a usinagem do metal.

Ponto-chave:

O cortador torna-se tangente à linha geométrica antes de tocar no metal a ser usinado.

3. Qual distância da direita ou da esquerda – deslocamento de um raio

O controle moverá o cortador para a esquerda ou para a direita da primeira linha da rampa, com a distância armazenada na memória dos raios de deslocamento da ferramenta. O comando G41 ou G42 é inserido no programa, na/ ou um pouco antes da primeira linha da rampa em que a tangência está para ser iniciada.

Ponto-chave:

Durante a compensação, a distância do cortador, à direita ou à esquerda, é determinada por um deslocamento de um raio armazenado na memória de ferramenta.

O comando completo para a compensação inclui o comando G41 ou G42 mais uma entrada que fornecerá o deslocamento a ser utilizado.

G41 D01 (Cortador à esquerda, use o deslocamento armazenado em D1)

G42 T0101 (Cortador à direita, use a ferramenta 01 com deslocamento 01)

Cortador à direita ou à esquerda

A designação de tangência é como se você estivesse por trás do dispositivo de corte, olhando no sentido do corte (Fig. 6-17). Se o metal está à sua direita (à direita do cortador), ele é usinado pela esquerda, e vice-versa.

Ponto-chave:

Os termos “esquerda” e “direita” referem-se à relação do cortador com a geometria da peça quando vista na direção de corte.

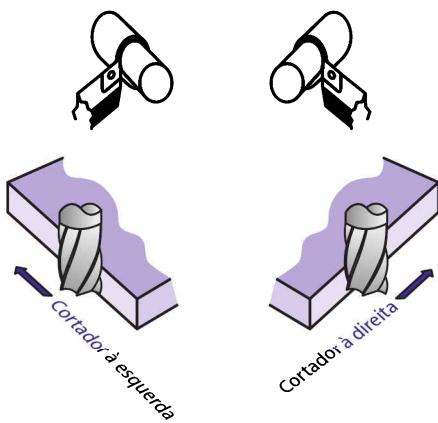


Figura 6-17 Compensação à esquerda e à direita.

Na ilustração, a fresa realiza uma fresagem concorrente de um perfil – cortador à esquerda e fresagem discordante quando estiver à direita. Adicionando qualquer uma das palavras ao programa, o cortador move-se para uma relação de tangência com a geometria da peça *no próximo movimento de eixo após o código, no plano de programa em execução*.

Ponto-chave:

Se o programa é para uma fresadora, o cortador torna-se tangente no plano de programação em execução após a entrada do código G41 ou G42.

O comando varia ligeiramente com diferentes controles. Aqui estão dois exemplos em um programa para fresadora CNC.

G17 G41 D1

Plano XY, cortador à esquerda utilizando deslocamento da ferramenta armazenado em D1

T0101 G17 G42

Ferramenta 1 deslocamento 1, plano XY, cortador à direita

Plano de programa atual em fresadoras

O código G17 informa ao controle para realizar a compensação no plano XY. Sob o efeito do código

G17, o movimento no eixo Z não provoca efeitos na compensação em controles modernos.

Diferenças de controladores Há alguns抗igos controles CNC que irão desligar a compensação se for dado um movimento no eixo Z.

O código G17 já deveria estar presente nas linhas de inicialização do programa em fresadoras. Não é necessário código de plano em programas para torno, já que eles operam apenas no plano XZ.

Então, uma vez que o raio do cortador esteja corretamente travado à geometria da peça (tangente e seguindo as linhas de conectadas), ele permanecerá nessa forma ao longo de todo o trajeto da peça, até que o comando G40 seja dado para o término da compensação ou que o programa termine.

Ponto-chave:

G41 e G42 são comandos modais. Uma vez inseridos, eles estarão em ação até que sejam cancelados.

Projetando rampas

A **rampa de aproximação** pode ser uma única linha que guia para a geometria da peça, ou precisará ser uma linha poligonal (Fig. 6-18). Ao lado esquerdo do desenho, o cortador está, primeiramente, posicionado no ponto A. Ele não está compensado, está centrado com a linha da peça. Em seguida, os códigos de compensação são lidos e o cortador é

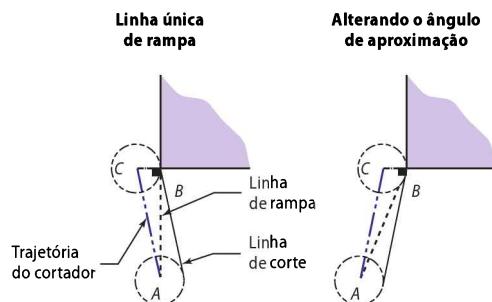


Figura 6-18 A linha de rampa fornece a direção para o controle travar na peça. Há uma pequena chance de o cortador tocar no canto da peça.

mandado para o ponto *B*. Conforme ele se move, o cortador fica tangente à linha geométrica no ponto *C*. Seguindo o trajeto angulado, há uma chance de o trajeto de corte tocar no canto da peça.

Ponto-chave:

Ele realmente se move para o ponto *C* gradualmente (típico na maioria dos controles modernos).

Portanto, uma melhoria é recuar um pouco o cortador e mudar o ângulo de aproximação, como mostrado no lado direito do desenho. Outra melhoria envolve duas ou até mesmo três linhas conectadas, de qualquer comprimento conveniente (Fig. 6-19). A rampa poligonal conecta-se melhor à geometria para começar a usinagem. Elas fornecem uma transição mais suave em direção ao corte, evitando marcas de corte e entalhes em superfícies e cantos. O cortador está totalmente tangente à linha antes de tocar no metal, no ponto *C*.

(Demonstração do início de compensação em fresadoras)

N005 G80 G40	
N010 T0101 M6	(Controle possui o raio de deslocamento 01)
N015 S1000 G94 G90 G17	(O programa está no plano XY)
N020 M3 G0 X-0.5 Y-0.5 Z.25	(Posicionamento rápido – ponto <i>A</i>)
N025 G41	(Cortador à esquerda nos próximos movimentos em X, Y ou XY)
N030 G1 Z-0.25	(Não no plano XY – ainda não está compensado)
N035 X0.0 Y0.0	(Movimento no plano, torna-se tangente no final da rampa)
N035 Y1.0	(Agora pronto para os demais comandos de geometria)

Final da compensação

Quando o cortador terminar o contorno da peça, é de extrema importância que ele se afaste da peça suavemente, novamente com pouca ou nenhuma transição abrupta. A rampa de recuo é mais fácil de se criar inserindo uma linha extra à geometria. Ela geralmente se mantém na mesma direção do corte, contanto que não haja interferência da casinha e/ou de grampos.

Rampa em duas partes melhorada

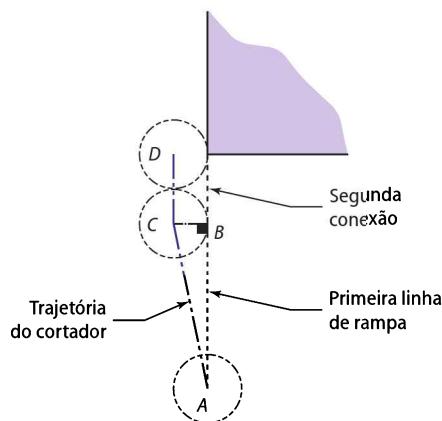


Figura 6-19 A linha de rampa dupla reduz as chances de entalhamento da peça.

Exemplo dos códigos de programação

Aqui está um conjunto típico de comandos para escrever um programa de compensação de ferramenta:

Ponto-chave:

Somente após o cortador estar totalmente fora da peça, desligue a compensação com o código G40. *Aviso:* Somente sob condições extremamente especiais, desligamos a compensação enquanto o cortador está em contato com a peça! Normalmente, a ferramenta é retirada de forma segura da superfície da peça.

Diferenças entre controladores – Notas de segurança na compensação Uma vez que os processadores CNC tornaram-se mais velozes e a competição forçou inovações nos produtos, muitos dos erros de compensação já foram solucionados. No entanto, na indústria ou na escola técnica, haverá chances de você operar duas máquinas diferentes que se comportam de forma diferente durante o travamento, enquanto estiverem no travamento e durante a fase de destravamento da compensação.

Travamento Controles modernos comandados para tornarem-se tangentes irão, gradualmente, afastar-se com um ângulo em relação à linha até que eles estejam tangentes na extremidade do trajeto, como mostrado nas Figuras 6-18 e 6-19.

Porém, em alguns controles抗igos, eles se movem em linha reta por toda a distância de compensação antes de começar do início da rampa – no ponto A. Dado o comando para mover do ponto A ao ponto B, eles se movem lateralmente a 90° para a linha de tangência e, em seguida, começam a rampa. Leia o manual ou pergunte antes de começar um programa de compensação definitivo! Em geral, esse mesmo controle é incapaz de inicializar a compensação durante o movimento de posicionamento rápido.

Movimento do terceiro eixo apenas em fresadoras

Como já mencionado, alguns controles de baixo nível irão destravar até mesmo quando não comandados a fazê-lo se um eixo se mover para fora do plano de programação dado. Com essa falha,

Dica da área

Truques de compensação Aqui estão algumas dicas que podem ser úteis e um aviso.

Linhos de rampas podem ser extremamente curtas Há momentos em que o dispositivo não pode ser posicionado muito longe da superfície na qual o corte irá começar – um mordente, um orifício apertado ou uma parede oposta de um bolsão estreito, por exemplo. Há duas soluções: em uma fresadora, inicie a rampa XY acima da superfície no eixo Z, então, após a tangência da rampa ser estabelecida, abaixe o cortador para uma linha curta guiando para a superfície a ser usinada. Controles modernos permanecerão travados na compensação durante movimento fora do plano atual. Então, no G17, um movimento em Z não surte efeito na compensação. *Aviso* – alguns controles抗igos destravam durante o movimento em Z. Leia o manual de programação.

Uma segunda solução seria abaixar o cortador para o nível Z da superfície no início da linha de rampa, mas com uma pequena distância da geometria da peça. Então, uma pequena linha de início de rampa é programada; por exemplo, 0,001 pol. de comprimento. O controle a seguirá conforme torna-se tangente. Esse processo é conhecido como **movimento de transição**. O que realmente ocorre é que o cortador move-se para frente em 0,001 pol., mas, também, move-se lateralmente com o valor do raio. Ele ainda está seguindo a linha AB de comprimento 0,001 pol, mas está indo na direção do ponto C. Com o dispositivo de corte agora travado na transição, ele se conecta a uma segunda linha que o guia para a geometria da peça. Sem entalhes aqui.

Ponto-chave: Linhas de rampa podem ser extremamente curtas, se necessário.

Ponto-chave:

Linhos de rampa podem ser extremamente curtas, se necessário.

Travamento do posicionamento rápido Quase todos os controles modernos são capazes de ficar travados na linha de rampa enquanto executam o posicionamento rápido! Isso depende da velocidade da CPU. Para economizar tempo, pode-se iniciar a compensação enquanto move-se do ponto de partida do programa para a peça. Tenha cuidado, certifique-se de que o movimento de posicionamento rápido continue pela superfície da peça com a mesma direção; caso contrário, o sensor de direção pode ser revertido, e o cortador pode parar no lado errado da linha (Fig. 6-20).

Aviso! Não inverta a direção do cortador enquanto estiver travado Se um programa é escrito para mover do ponto A para o ponto B, enquanto no G41, por exemplo, e, em seguida, é comandado a voltar ao ponto A, um grande problema pode ocorrer. Pense nisso. No movimento de retorno, o cortador deve pular para o outro lado da linha para permanecer do lado esquerdo, como mostrado na Figura 6-20. Esse pulo geralmente resulta em uma colisão. O controle não “enxerga” a peça de metal que está em um ou do outro lado da linha, ele simplesmente enxerga a linha conectando o ponto A ao B e, depois, uma nova linha de B a A e ele utilizará o lado esquerdo da linha em cada um dos movimentos!

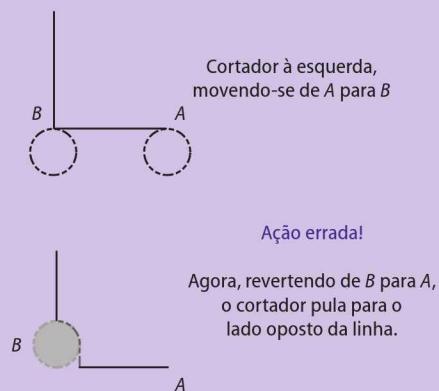


Figura 6-20 Ação errada! Reversão da direção do dispositivo de corte enquanto estiver travado resulta em uma troca do lado da linha.

tornou-se complexo descer o cortador em passos sequenciais quando desbastar um bolsão, por exemplo. Atualmente, essa falha foi corrigida, e alguns controles de hoje possuem essa vantagem.

Destravamento Vendo o código de cancelamento G40, a maioria dos novos controles, gradualmente, afasta-se da linha de rampas de recuo na próxima linha física de comando do mesmo plano. Porém, em um controle mais antigo, ele irá destravar da mesma forma que travou – em movimento lateral a 90°, e então seguirá a linha!

Armazenamento das rampas de recuo Alguns controles requerem **rampa de recuo** composta que possua, pelo menos, três elementos de linha além da geometria da peça. Uma vez que o controle está olhando à frente da linha de programa, esse controle não deve ver o comando G40 entre os três movimentos de rampa de recuo à frente enquanto ainda estiver realizando movimentos reais. Se a rampa de recuo tripartite não estiver presente para agir como um padrão do programa, o controle irá parar a compensação enquanto ainda estiver na geometria da peça – um desastre em muitos casos. Esse elemento extra armazenado pode ser um comprimento de transição.

Revisão da Unidade 6-5

Revise os termos-chave:

Movimento de transição

Uma linha de qualquer comprimento conveniente que faz a transição para uma rampa.

Rampa de aproximação

Linha curta adicionada para travar na geometria da peça antes do corte de cavacos.

Rampa de recuo

Linha curta usada para transição suave da peça e, algumas vezes, para criar uma posição fantasma antes de desligar a compensação.

Travamento

O cortador alcançou a linha de tangência e permanecerá lá até que receba um outro comando.

Reveja os pontos-chave:

- Durante a compensação, a distância que o cortador mantém à direita ou à esquerda é determinada pelo raio de deslocamento armazenado na memória de ferramenta. O comando para compensação está no programa, mas a distância, não.

- Após o código de compensação, o cortador estará tangente ao final da próxima linha (para a maioria dos controles modernos).
- Não inverta a direção de corte enquanto estiver travado à geometria – o cortador irá saltar sobre a linha.
- Desligue a compensação com o código G40 *apenas* após o cortador estar fora da peça. Nunca desligue a compensação enquanto o cortador estiver em contato com a peça!

Responda

Observe: Vamos redigir programas com compensação nas questões de revisão. Responda a estas questões para determinar se você entendeu o conceito.

1. Quais vantagens existem em utilizar a compensação do cortador em um programa?
2. Verdadeiro ou falso? Para compensação à esquerda da linha da geometria, deve-se entrar com o código M41 no ou antes do próximo movimento no plano atual. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?
3. Eu posso拥 um programa escrito anteriormente de linha de *centro do cortador*, o qual é longo. Não quero começar reescrevendo um programa de trajetória da peça. Ele foi especialmente escrito para uma fresa de diâmetro de exatamente 0,750 pol. Porém, posso拥 apenas um cortador com diâmetro de 0,735 pol.
 - a. O que acontecerá se eu utilizar esse cortador?
 - b. Eu posso editar o programa para incluir uma compensação para um cortador diferente?
4. Descreva, no mínimo, duas consequências da rampa de aproximação na compensação.
5. Por que deve-se afastar o cortador da geometria da peça antes de entrar com o código G40?

Questões de pensamento crítico

(Não englobados nesta leitura, mas mencionados previamente.)

Unidade 6-1

Quantas palavras-código você conhece agora? Dia a dia, você adicionará mais palavras-código ao seu vocabulário. Mas, de vez em quando, todos nós

precisaremos procurar no índice por um determinado controle!

Unidade 6-2

Programas não são diferentes de uma pintura. Cada artista tem suas técnicas que lhes funcionam, assim como o programador. Dito isso, não perca muito tempo tentando fazer os dados parecerem uma obra-

-prima de organização. A maioria dos sistemas CAM gera um arranjo linha-por-linha, isto é, padronizado para os dados.

Unidade 6-3

Um item ressaltado várias vezes na Unidade 6-3 é saber as maneiras como o controle realiza as tarefas quando inicia a compensação. Em geral, a maioria das grandes diferenças não existe mais entre os controladores atuais. Todos eles operam praticamente da mesma forma, travando e destravando gradualmente, no posicionamento rápido, caso necessário, e permanecem travados até que seja dito diferente.

Sistemas operacionais modernos podem ser atualizados facilmente por uma conexão ou por disco. Portanto, conforme melhorias são escritas,

elas podem ser facilmente adicionadas ao banco do controle. Porém, os controles抗igos CNC possuem seu sistema operacional fisicamente conectado em chips ROM. A atualização é possível, mas ela é cara e não está isenta de erros. Entretanto, diferentemente da obsolescência constante dos PCs de mesa, essas máquinas caras não são substituídas quando novas versões são introduzidas e também não são frequentemente atualizadas. Máquinas抗igas CNC são muito comuns na indústria e nas escolas. Elas fazem peças excelentes, desde que o operador e o programador entendam suas excentricidades.

Unidade 6-4

A menos que alguém calcule e escreva algumas linhas de comando de arcos, elas permanecem um mistério, especialmente na versão IJK. Você deve ser capaz de fazê-la. Atualmente, porém, a maioria soluciona os problemas computacionais via sistema CAM. Desenhos CAD também podem ser analisados visando às

cotas. Esse foi o método utilizado para verificar os problemas desta unidade – desenhei uma versão precisa do problema e, então, analisei o banco de dados para obter as cotas e coordenadas. Atualmente, no entanto, a computação das coordenadas de arco é uma habilidade de segurança que eu não gostaria de não ter.

Unidade 6-5

A verificação de programação é um grande problema nos projetos CNC. Você irá comparar a sua programação com a minha revisão a seguir. Porém, no mundo real, essa não é a maneira como isso é feito. Não é possível ler todas as linhas nem mesmo de um programa modesto e verificar-lo. Ninguém conseguirá fazê-lo, a menos que a programação seja curta e simples. Portanto, isso implica em uma verificação de outra maneira. Nós temos três opções.

Em sistemas CAM, como o Mastercam®, no Capítulo 9, um dos acessórios é chamado de *Tool Path Verification*. É uma revisão do trajeto do dispositivo de corte. Mas, observando-o, pode-se determinar erros grosseiros em sua peça; por exemplo, se o cortador for mandado para uma direção errada ou se ele passou sobre um grampo no posicionamento rápido. Você ainda o utilizará constantemente, ele o ajudará a enxergar resultados das suas seleções. Um nível acima na hierarquia de testes, programadores utilizam programas de verificação de superfície



Disponível em seu revendedor CAD/CAM

Figura 6-21 A trajetória da ferramenta e a superfície são analisadas pelo software, e um erro é encontrado – observe a tarja amarela (no site do Grupo A) na linha do posicionamento rápido onde o cortador colide com a peça.

(Fig. 6-21) que criam partes cibernéticas completas junto com as marcas de ferramentas e erros, se eles existirem. Observe o erro em amarelo de posicionamento rápido do programa. Este software compara os desenhos de superfície do CAD com os resultados da usinagem projetada. Vá à Internet e procure por Programa de Verificação de Trajetória de Ferramenta para CNC (CNC Tool Path Verification Software) ou digite *MetaCut Utilities* em sua pesquisa.

Teste de peças da prova final Por fim, se a peça for muito cara, nós usinamos um material de menor valor para medi-lo. Esse material pode ser uma cera especial reutilizável ou uma espuma feita para teste de programas CNC. Ele é de alta usinabilidade e detém as dimensões. A madeira também pode ser utilizada, mas não é recomendado, uma vez que a fina poeira tende a entupir a máquina, não vedada contra esse produto.

Questões e problemas

- Identifique os seis prefixos comuns de palavras-código.
- Se você visse uma entrada T10.5, você assumiria que ela fosse uma ferramenta ou uma palavra de tempo? Por quê?
- Falso ou verdadeiro? Códigos CNC são agrupados junto para uma fácil referência. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?
- Falso ou verdadeiro? A entrada *G71 X-042.32* seria rejeitada pela maioria dos controles CNC modernos devido ao primeiro zero antes das 42 pol. e ao zero à direita, após 0,32.
- Após o número de arquivo e o símbolo de comunicação (se necessário), seu programa deveria possuir dois tipos de dados de inicialização de segurança – o que eles deveriam fazer e por quê?
- Ao puxar um broca de volta para a distância de segurança, longe da peça, a qual nível ela recua?
- Escreva as coordenadas de linha de centro do cortador para o ponto *A'*, use a Figura 6-22, assuma um raio de 0,125 para a ponta da ferramenta. Use valores absolutos. Os valores no eixo *X* são diâmetros no desenho. Veja o esboço ampliado.
- Veja a Figura 6-22. Complete as coordenadas da trajetória da linha de centro da ferramenta (não o programa) do PZP para o ponto *E'* utilizando valores absolutos e diâmetros em *X*. Não escreva o comando de curva (veja as questões 9 e 10).
- Veja a Figura 6-22. Escreva o comando de curva do ponto *C'* ao ponto *D'* usando o método do raio e valores absolutos.
- Veja a Figura 6-22. Escreva o comando de curva usando o método do ponto de centro (*IJK*).

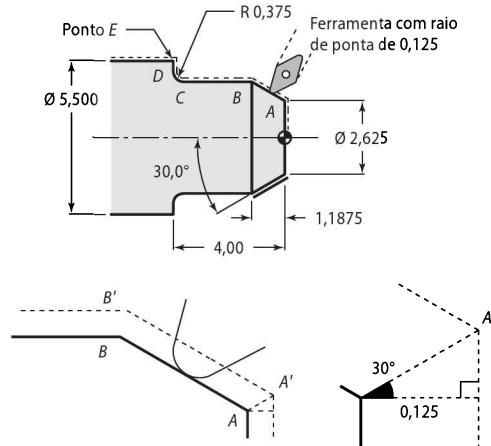


Figura 6-22 Questões de revisão 7 a 10.

Questões 11 a 16

Trava – Programa de compensação do cortador

Veja a Figura 6-23. Escreva um programa completo de compensação de raio de ferramenta para usinar o perfil da trava.

- Planejamento:
 - Fresagem concordante desde o canto esquerdo do ângulo de 60° (ponto *A*) até a extremidade da face de 50°. Use um único passo.
 - Certifique-se de incluir as rampas de aproximação e de recuo na compensação. A rampa de aproximação é uma linha dupla.

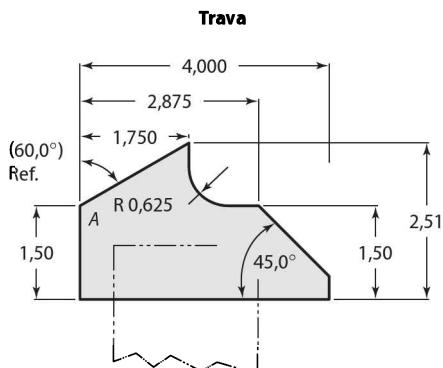


Figura 6-23 Questões de revisão 11 a 16.

- O estoque possui uma placa de aço de $\frac{3}{16}$ pol. de espessura. Ela foi cortada com 0,030 pol. de sobremetal na dimensão de 2,51 pol. Ela possui largura de 4,00 pol.
- A placa será fixada com grampos na aresta mais baixa na placa de sacrifício, que será levemente usinada pela fresa.

- Use valores absolutos e comando do método de raio para o raio interno do canto de 0,25 pol.

Questões 17 a 20

Escreva um programa de compensação de raio de ferramenta para os pinos com ponta arredondada (Fig. 6-24).

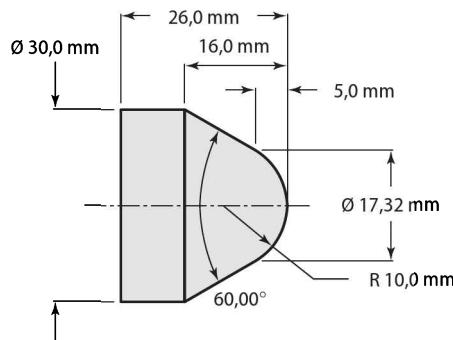


Figura 6-24 Questões de revisão 17 a 20.

RESPOSTAS DO CAPÍTULO

Respostas 6-1

1. G – prepara para ou causa uma ação; M – ações diversas; T – códigos de ferramenta; S – rotação do fuso; F – velocidade de avanço; N – endereço da linha
2. Um movimento linear para a posição X30.0 com velocidade de avanço de 19 pol. por minuto e, em seguida, para Y1.00 com velocidade de avanço e, por último, para X0.0 Y0.0 com velocidade de posicionamento rápido.
3. Um erro. Ou o programa irá parar a máquina ou ele irá apenas obedecer o G01.
4. Verifique sua resposta na leitura.
5. Verifique sua resposta na leitura.
6. Para listar aqueles que não podem aparecer na mesma linha de comando.
7. A afirmativa é falsa. Ela é uma linha de comando completa, porque o resto do comando é modal e preexiste no N025.

Respostas 6-2

1. Há a inicialização do programa e o número de arquivo do programa.
2. Falso. O comando modal cancela ou muda apenas outros comando do mesmo grupo modal!
3. Para cancelar ciclos modais usados anteriormente (furação e rosqueamento, p. ex.).
4. Uma linha de segurança de cancelamento termina modos surpresas; modos esperados são definidos.

5. Valores de coordenadas (absoluto ou incremental); tipo de velocidade de avanço (PPR ou ppm); valores das unidades (polegada ou métrico).
6. Não analisado, o movimento de posicionamento rápido pode colidir com a peça ou com a

montagem. Recue a ferramenta para longe da peça com velocidade de avanço e, então, use o posicionamento rápido em direção ao zero de máquina quando estiver certo de que a ferramenta está afastada de todos os objetos.

Respostas 6-3

Note que códigos na forma abreviada são utilizados sempre que possível. Algumas coordenadas nulas podem ser omitidas. A peça é fixada por

grampos a uma placa de sacrifício para fresagem e furação. O PZP está no canto inferior esquerdo, na superfície de topo.

(Trava PZP LLC-Topo—cortador CL)	
N005 G80 G40	N100 G0 X1.0 Y1.12
N010 G94 G70 F10.	N105 Z.5
N015 G90 S800 G17	N110 M3
N020 T01 M6 (0.5 EM Sem offset)	N115 M8
N025 M3	N120 G95 F0.006 (Velocidade de furação)
N030 G0 X-0.25	N125 G1 Z-0.4
N035 Y-0.25 (Além da aresta)	N130 G0 Z0.5
N040 Z0.50 (Altura R)	N135 X2.0
N045 M8	N140 G1 Z-0.4
N050 G1 Z-0.275 (Abaixo do BOTM)	N145 G0 Z100. M9 (Nos limites)
N055 Y1.6443	N150 X100. Y100.
N060 X2.0 Y2.943	N155 M2 (Fim)
N065 Y1.750	
N070 X2.942	
N075 X4.250 Y0.9943	
N080 Y-0.25	
N085 G0 Z100. M9 (Para os limites)	
N090 X100. Y100. M5	
N095 T0202 (Broca 0.375)	

Respostas 6-4

1. G3 X-1.16 Y0.0 R1.25 (método do raio > 180)
G3 X-1.16 Y0.0 I-0.80 J-0.96 (método do centro)
Note que Y0.0 pode ter sido considerado uma entrada nula, pois não há diferença incremental nos pontos de começo e término em relação ao valor Y. No entanto, é recomendado que se utilizem valores nulos nos comandos de arco para a verificação matemática.
2. G2 X2.48 Y1.47 R1.63
G2 X2.48 Y1.47 R-1.63
G2 X-2.48 Y-1.47 R1.63
3. G3 X3.0 Z-0.75 I-1.88 K0.0
Lembre-se de que, no torno, as coordenadas do eixo X são normalmente em forma de valores de diâmetro.
G3 X3.0 Z-0.75 R1.88
4. Veja a Figura 6-25.
(pino com ponta arredondada)
N005 G80 G40
N010 G95 G71 F1
N015 S1000
N020 T0101 (LH ferramenta de torno 2 mm NR)

N025 M3

N030 G0 X0.0 Z10.0 M8

N035 G1 Z0.0 X-2.0 (Veja o esquema de resposta para a explicação da posição X.)

N040 X0.0

N040 G3 X20.784 Z-4.0 R10.0

N040 G3 X20.784 Z-4.0 I0.0 K-10.0
(IJK alternativo – note que o centro está a 2 mm da posição presente da ferramenta)

N045 G1 X33.464 Z-15.0

N045 G0 X100. Z100. (Posição de troca de ferramenta)

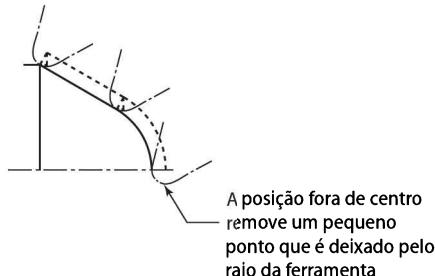
N050 T0202 (ferramenta de desbaste)

N055 G0 35.0 Z-29.0 (permitido para ferramenta de corte com espessura de 3 mm)

N060 G1 X-0.1 M8

N065 G0 X100. Z100. M9

N070 M2



Triângulo de alternância

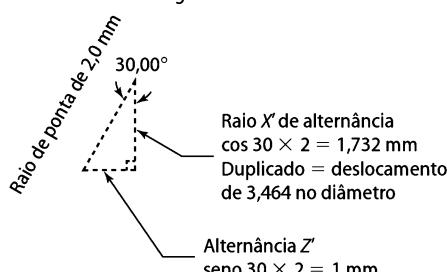


Figura 6-25 Solução para o triângulo de alternância.

Respostas 6-5

- Coordenadas de programa são a geometria da peça, por isso, economizam muitos cálculos. O raio do cortador pode variar, mas ainda produz a dimensão correta.
- Falsa. G41 e não M41.
- a. A peça será muito larga, com 0,0075 pol. de cada lado.
b. Sim, o raio de deslocamento torna-se um número negativo -0,0075 pol. mais perto da geometria.
- Ela fornece uma transição mais suave para a geometria da peça; ela fornece uma linha, na qual assume a direção, a qual mostra ao controle o quanto longe deve ir para a esquerda ou para a direita da linha.
- Para evitar que a peça estrague quando o cortador destrava-se da linha da geometria, G40 cancela a compensação.

Respostas para as questões de revisão

- G, M, T, F, S, N.
- Um código de tempo, uma vez que o código de ferramenta é um número inteiro.
- Falso. Eles são agrupados juntos para exibirem códigos mutuamente exclusivos.
- Falso por três razões: ela é uma entrada de valores métricos, e não em polegada (G71). Além disso, o número é um número completo, com o valor decimal no lugar correto. Os zeros, à direita e à esquerda, não influenciam na validação do comando.
- Cancelamento de modos indesejáveis para evitar armadilhas. Exemplos incluem G40 e G80. Configure os modos necessários e as condições de inicialização, por exemplo, G90, G70 e G95.
- A altura de recuo.
- O ponto A' está em X2.7693 Z0.1250. Lembre-se de que os valores em X são diâmetros. Para calcular o ponto A', encontre o novo diâmetro usando a equação ($2,625 + 2 \times [\operatorname{tg} 30^\circ \times 0,125]$)
- Ponto A' X2.7693 Z0.1250
Ponto B' X4.2462 Z-1.1540

Ponto C' X4.2462 Z-3.6250
 Ponto D' X4.7462 Z-3.8750
 Ponto E' X5.7500 Z-3.8750

9. G2 X4.7462 Z-3.8750 R0.125
10. G2 X4.7462 Z-3.8750 I0.125 K0.000

Questões 11 a 16

(Compensação de raio – programa da trava)

(PZP no canto inferior esquerdo)

N005 G80 G40 G70		
N010 G94 G17 G90 F10.		
N015 S550		
N020 T0101 M6	(0.75* Dia fresa)	
N025 G0	X-1.0 Y1.0 M3	
N030	Z.5 M8	
N035 G41		
N040 G1	Z-0.200 (0,025 pol. adentro da placa de sacrifício)	
N045	X-0.500 Y1.25	(Rampa – travamento ligado)
N050	X0.000	Y1.500
N055	X1.75	Y2.51
N060	Y2.125	
N065 G3	X2.375	Y1.500 R.625 (.625 raio de canto)
N070 G1	X2.875	
N075	X4.00	Y.375 (final do ângulo de 45°)
N080	X4.500	Y0.0 (rampa de recuo)
N085	G0	Z100. (limite Z suaves)
N090 G40	X100. Y100.	(estacione, em limites suaves)
N095 M2		

Questões 17 a 19

(Pino de ponta esférica)

(Valores métricos)

N005 G80 G40 G71	N010 M8
G95 F.1 S1000	N015 Z0.0
T0101	N020 G3 X17.32 Z-5.0 R10.0
M3 G42 (Compensação ativada)	N025 G1 X30.0 Z-26.0
N010 G0 X0.0 Z5. (rampa de aproximação rápida ligada)	N030 X40.0 (rampa de recuo) N035 G98 (recuo do porta-ferramenta para a posição zero da máquina**)
	N040 G40
	N045 M2

*Seu cortador poderia ser maior ou menor; em cada caso a rotação seria diferente.

**Este é, às vezes, usado nos códigos de retorno para o zero da máquina, mas não é universal.



» capítulo 7

Programação de nível 2

Em seguida, vamos examinar a lógica de programação de computador que é usada extensivamente em programas manuais e, em um grau menor, dentro dos programas gerados por CAM. Usando essas técnicas, pode-se simplificar a programação matemática e reduzir os dados totais. Além disso, é simplesmente divertido fazer essas coisas!

Vamos começar com os ciclos fixos. Usados para fresagem e torneamento, todos os comandos CNC contêm alguns dentro de sua capacidade. Muitos apresentam uma biblioteca de *ciclos enlatados* (tudo está contido dentro do comando, incluindo as fórmulas que fazem os cálculos para a realização da rotina).

Objetivos deste capítulo

- » Identificar e usar parâmetros em ciclos fixos.
- » Encontrar ciclos específicos no manual do programador em sua oficina.
- » Formar um vocabulário de ciclos fixos padrão.
- » Escrever um ciclo fixo de rosqueamento para um centro de torneamento.
- » Desenhar um diagrama lógico de um programa de ramificação.
- » Definir laços, laços aninhados e sub-rotinas.
- » Usar sub-rotina em um comando no seu laboratório.
- » Escrever um comando de programa para velocidade de corte constante.
- » Escrever um comando de rotação limite.
- » Descrever um comando de programa com escala de eixo e como ele é usado.
- » Listar as capacidades especiais do seu comando.
- » Descrever o espelhamento de um eixo e como ele é usado.

CICLOS CUSTOMIZADOS

Alguns comandos avançados permitem ciclos especializados customizados (ou comprados). Eles dão suporte a fabricação de um determinado recurso ou produto único. Por exemplo, uma oficina faz engrenagens para correntes personalizadas. Apesar de cada engrenagem dentada ser diferente, elas variam em apenas três características. Assim, um ciclo sob medida que fresa o perfil dos dentes da engrenagem é realmente um poupadão de tempo.

Depois de introduzir o código para iniciar a fresagem da roda dentada, digamos que seja G151, o ciclo necessaria de um parâmetro de passo P para a roda dentada (que define o diâmetro) e W para a largura da corrente (profundidade de penetração da fresa de topo), e o parâmetro N determina o número de dentes, além da posição do centro XY .

G151 P.5 W.1875 N23 X1.500 Y0.000

Pronto! Recebendo apenas essas variáveis, utilizando a fórmula dentro do ciclo, o comando calcula o tamanho e forma de cada dente no ângulo correto em relação ao eixo da roda dentada e, então, faz o eixo se mover corretamente. Sem outra programação, o G151 realiza a fresagem de desbaste e de acabamento da roda dentada. A mágica acontece de forma transparente dentro do comando após a interpretação do G151.

Em comparação, o mesmo programa gerado por software CAM teria centenas ou mesmo milhares de linhas de comando. O software CAM não gera uma linha contínua, ele quebra a imagem gráfica de cada perfil de dente em pequenos segmentos. Em seguida, ele calcula o melhor ajuste de arco ou linha reta para cada segmento. O comando, em seguida, escreve comandos para cada elemento. Descendo para o nível micro, o perfil é idêntico à forma de ciclo fixo – são apenas os dados para realizá-lo que são diferentes. Não vamos investigar como escrever essas rotinas personalizadas (às vezes, chamadas de *ciclos paramétricos*), elas estão além do nível iniciante. Aqui, vamos explorar os ciclos padrão que todos os operadores de máquinas devem compreender.

Em seguida, após os ciclos enlatados, veremos algumas funções superiores de programação:

- Lógica de ramificação com laços e sub-rotinas
- Imagem espelho ou espelhamento
- Escala
- Velocidade de corte constante

A maior parte é de ferramentas de programação que o software CAM não usa, mas que o programador manual pode empregar com grande vantagem. Aqui estão as unidades que se aproximam de uma forma de arte e diversão.

» Unidade 7-1

» Ciclos fixos

Um ciclo fixo (enlatado) começa com um código como G81, que inicia o ciclo de furação. O código é seguido por muitas entradas variáveis, chamadas *parâmetros*. Ao inserir o parâmetro uma vez, o *ciclo modal* os retém para evitar repetição. Lembre-se: um comando modal significa um modo que será ligado pelo G81, e ele se mantém ativo até ser cancelado pelo G80 – código de ciclo de cancelamento – ou por outra palavra do mesmo grupo, como o G83, o ciclo de furação com quebra-cavaco. M2 (fim do programa) também cancela ciclos na maioria dos comandos.

Termos-chave:

Ciclo enlatado

Outro nome comum para o ciclo fixo.

Círculo de furos

Um padrão de furos ou outras características distribuídos sobre uma referência central.

Endereços de definição de forma

Números de linha muitas vezes definidos por parâmetros P e Q em ciclos enlatados.

Parâmetro

Espaço em branco que requer uma entrada para customizar um ciclo fixo.

Ponto de partida

Posição inicial a partir da qual determinada rotina é iniciada. Muitas vezes, designada com a letra I em manuais de programação.

Rotinas justapostas

Rotinas de fresagem que se sobrepõem e se conectam para usinar uma certa área de um formato complexo.

Conversa de chão de fábrica

Mesma língua, dialetos diferentes! Tenha em mente que, quando observamos vários ciclos de fresadora e de torno e seus parâmetros designadores, elas são palavras que evoluíram após os surgimento das palavras principais originais. Embora os ciclos operem de forma semelhante de comando para comando, o código e as letras de parâmetro podem ser diferentes daquelas usadas aqui. Por exemplo, uma unidade em nosso laboratório utiliza D para o parâmetro de profundidade do furo, não Z, como discutido. Os parâmetros e códigos citados aqui são aqueles com que eu estou familiarizado; é impossível conhecer todos eles!

Como ciclos fixos pouparam tempo

Siga este exemplo G81 para furar uma série de furos em uma fresadora vertical:

N019 T01 H1 G43 M6 (G43 = tamanho do comprimento de deslocamento da ferramenta, H1 = aplica tamanho de deslocamento 1)

N020 G81 X1.00 Y2.00 Z-0.5 R.375

A linha de comando 20 informa ao comando para ir até a localização XY e furar um furo até uma profundidade de Z-0.5 e, então, retrair em movimento rápido a 0,375 acima da superfície de trabalho. Nessas duas linhas de programa, usei G43, um código comum para iniciar os deslocamentos (*offset*) da ferramenta. Veremos como os deslocamentos de comprimento são configurados e usados no Capítulo 8.

Ponto-chave:

O código G81 é modal. Ele permanecerá em efeito se não for cancelado.

Questão crítica?

Então, se na próxima linha eu entrar com

N021 X1.75 Y2.5

o que acontecerá? Não leia a resposta, pense antes.

Resposta

O comando irá mover em movimento rápido para a nova localização e repetir o ciclo modal, porque ainda está ativo. Agora, o que acontece na linha 22?

N022 X3.00 R.75

Ele vai para a próxima localização, movendo apenas o eixo X (Y foi uma entrada nula) para fazer o furo até Z-0.5, mas, desta vez, retrai-se a uma altura R diferente. Como você pode ver, um **ciclo enlantado** modal pode ser útil. Tudo o que se precisa fazer é inserir os parâmetros que mudam, furo a furo.

Ciclos fixos são utilizados de duas maneiras diferentes, mas estreitamente ligadas.

1. Repetição abreviada, comandos sequenciais

A rotina de furação citada anteriormente é um bom exemplo. Para programar 50 furos sem um ciclo, seria necessário escrever todos os movimentos de eixos X, Y e Z 50 vezes!

2. Simplificar de outro modo as operações complexas

Algumas operações seriam difíceis ou quase impossíveis de escrever com comandos padrão. O ciclo de rosqueamento no torno é um exemplo perfeito (discutido em breve). Em alguns casos, não existem comandos padrão que produzem uma rosca perfeita. Mas, alterando os **parâmetros** dentro dos vários ciclos de rosqueamento, uma variedade de roscas pode ser facilmente programada, incluindo interna, com hélice à esquerda e versões cônicas

– tão fácil como inserir uma palavra-código e, em seguida, preencher cinco parâmetros!

Ciclos de torno

Ciclos de rosqueamento

Para entender o rosqueamento CNC, devemos, primeiro, comparar o torno manual a tornos CNC. Há uma grande diferença mecânica. Em um torno mecânico manual, quando a alavanca de meia porca é engatada, uma conexão engrenada entre a rotação do fuso e o passo da ferramenta está definida. Mas, em um torno CNC, não existe qualquer conexão mecânica. O eixo-árvore tem o seu motor de acionamento, e a torre porta-ferramenta tem um motor de acionamento para X e um para o eixo Z.

O computador determina o momento de início do movimento da ferramenta e em qual velocidade do eixo deve mover-se para produzir o passo de rosca. Ele faz isso perfeitamente, batendo a marca toda vez.

Ponto-chave:

Porém, isso cria quatro pontos críticos para os operadores e programadores CNC que usam ciclo de rosqueamento.

Qualquer padrão é possível

Com controle de computador, qualquer padrão de rosca pode ser produzido: métricos ou imperiais, hélice à esquerda ou à direita, fracionários, cônicos e mesmo passo não constante.

Distância de aceleração obrigatória

Sem engrenamento, a ferramenta não pode imediatamente começar a se mover na relação correta com o fuso. O eixo Z deve acelerar ao longo de uma distância curta antes que esteja na velocidade lateral correta. Dependendo da potência do sistema de acionamento, algumas distâncias de aceleração devem ser construídas por um pequeno corte em vazio – sem tocar a peça de trabalho. Caso contrário, roscas imperfeitas serão geradas

durante a aceleração. Leia o manual para essa máquina para ver quanta zona de aceleração pode ser necessária.

Em algumas máquinas mais velhas com sistemas de acionamento mais lentos (Fig. 7-1), há também uma distância de desaceleração no fim da rosca, mas é sempre menor do que a zona de aceleração.

Falta de controle do operador

Durante o rosqueamento, a demanda sobre o comando para manter tudo em coordenação é intensa. Para controlar a razão rpm-avanço, uma vez que o ciclo de rosca tenha começado, o controle padroniza uma rpm específica e também bloqueia essas funções de operador durante o rosqueamento:

Modo de bloco único ou simples

Sobrepassagem de rotação de eixo-árvore

Sobrepassagem de avanço

Sobrepassagem de movimento rápido

Ponto-chave:

Visto que o comando deve manter um rígido controle da ferramenta para fuso, uma vez que o ciclo de rosqueamento começa, não há como alterar a velocidade, parar ou até mesmo retardar o torno, exceto com a parada de emergência – ele vai no piloto automático!

Ciclo de rosca de passe único

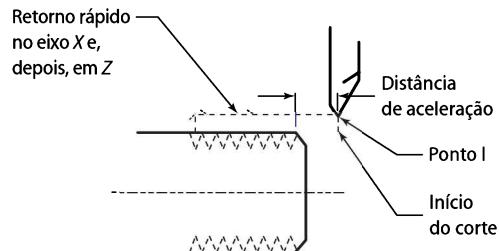


Figura 7-1 O ciclo de rosca necessita de um ponto de começo fora de ambas as posições, X e Z, relativo à rosca acabada.

Isso faz alguns ficarem nervosos nas primeiras execuções de peças quando há um ciclo de rosca no programa!

O ponto de partida

O pré-posicionamento da ferramenta antes que o comando leia a instrução do ciclo da rosca é essencial. A ferramenta deve estar posicionada fora do diâmetro (ou dentro, para roscas internas) e além do comprimento inicial da rosca em Z, pois essa é a posição para a qual a ferramenta irá retornar rapidamente para começar passes sucessivos. O ponto de partida, algumas vezes chamado de "I", para a posição inicial, cria a posição de retração no ciclo. Esse pré-posicionamento também é importante para vários outros ciclos de torno que estão por vir.

Contudo, ele não deve estar muito longe também. É essa posição que determina onde a primeira passagem começa. Posicionar a ferramenta muito longe do diâmetro X pode criar várias passagens em vazio por toda o comprimento da rosca antes de o metal de ser cortado. Para ver esse efeito, experimente mudar os pontos de partida e veja os resultados em uma tela gráfica do comando em execução a seco (sem movimento de eixos) ou em um simulador de PC ou em uma plotagem de trajetória de CAM.

Há quatro ou cinco parâmetros para o ciclo de rosca, dependendo de qual ciclo for escolhido – passada única ou múltipla passada. Por exemplo, uma rosca $\frac{3}{4}$ -10 UNC:

G33 X.75 Z-1.5 H.866 A60.0 P.1

X = Diâmetro da rosca 0,75

Z = Comprimento final de 1,5 do PZP

H = Profundidade de rosca (profundidade única – pode ser um parâmetro "D" no seu torno)

A = Ângulo de formação da rosca – 60 (Este parâmetro determina o ângulo de penetração de forma semelhante a rodar o carro superior em um torno padrão.)

P = Distância exata do passo até cinco casas decimais. (Seu torno pode aceitar o número de filetes por polegada para este parâmetro.)

Ta = Parâmetro varia, mas é igual à quantidade de conicidade. (Usado com passos não constantes G33 e G34. Se este parâmetro for deixado de fora, a rosca será paralela.)

Sequência de rosqueamento com múltiplas passadas (Fig. 7-2)

1. A ferramenta vai começar a partir do ponto de partida inicial. Essa é a pré-posição da ferramenta do comando anterior.
2. Ela irá rápido ao primeiro diâmetro X para a primeira passada. Note que você não faz esse cálculo, o comando vai fazê-lo.
3. Então, corta até o comprimento total Z.
4. Recua rápido no eixo X para o diâmetro X inicial e, em seguida, rapidamente para o ponto de partida Z.
5. O comando, então, repete todos esses passos em coordenação tal que a ferramenta corte sempre o mesmo filete de cada vez, progressivamente mais profundo, até que uma rosca completa é feita.

Dica da área

A maioria dos tornos contará com mais de um ciclo fixo de rosqueamento. Um será simplificado, com um passe único, enquanto o segundo divide a profundidade total de penetração da rosca em volumes de cavaco iguais – não por quantidades de avanço iguais. Baseado em uma fórmula, este ciclo multipasse leva progressivamente menores quantidades de avanço quanto mais contatos do bit houver com o trabalho – este ciclo produz a rosca de melhor qualidade, mas requer mais tempo para ser concluído.

Alguns comandos de torno têm recursos de ciclos de rosqueamento interno (porca), o que simplifica o ponto de posição de partida e como o

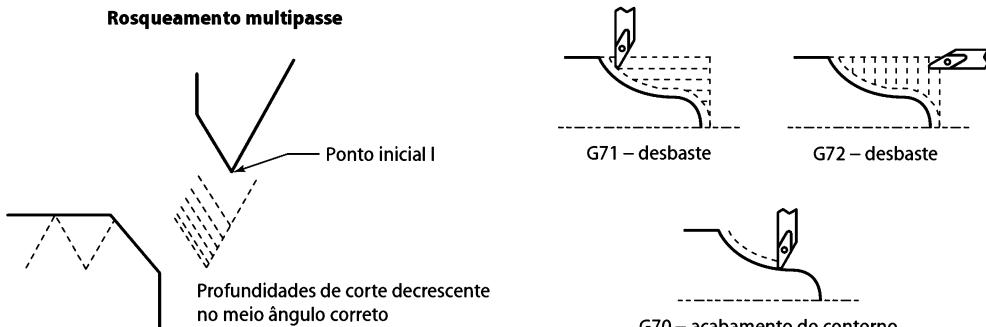


Figura 7-2 A sequência dos passos.

comando levará o *bit* para longe da rosca. Outros tornos usam o mesmo ciclo para roscas internas e externas. Sobre os comandos usando um ciclo para roscas internas e externas, o ponto de partida em relação ao diâmetro da rosca determina a direção de avanço e a retirada rápida da ferramenta – informações importantes chegando.

Ciclos de desbaste de material e acabamento em um torno

Estas são ferramentas de programação excepcionalmente úteis para a remoção de um volume grande de metal. Sem elas, muitos passos de desbaste precisam ser escritos. Estes três ciclos (Fig. 7-3) são normalmente numerados como

G70 Acabamento

G71 Desbaste na direção de Z (longitudinal)

G72 Desbaste na direção de X (transversal)

Combinados, eles primeiramente desbastam em passos de linha reta com eficiência, deixando uma superfície áspera escalonada. O ciclo G70, em seguida, acaba a forma em um corte de contorno suave, com base em seus parâmetros. Muitas vezes, é mais eficiente desbastar em linha reta e, depois, mudar para contorno quando for remover o material final.

Esses ciclos trabalham de forma semelhante aos de compensação de ferramenta no que se refere ao jeito como eles seguem a geometria da peça.

Figura 7-3 Os ciclos de desbaste e acabamento removem eficientemente volumes do metal.

Eles vão trabalhar em conjunto com (ou sem) os comandos de compensação de raio da ferramenta G42 ou G41.

Quando um dos ciclos de desbaste é lido pelo comando, utilizando-se a profundidade de corte “D” como parâmetro, o comando divide a zona de remoção em linhas retas que param a uma curta distância da superfície acabada. Aquela casca de excesso deixada para o passe de acabamento é determinada pelos parâmetros *I* e *K* (Fig. 7-4). *I* é igual à distância a partir da forma final, ao longo do eixo X, enquanto *K* é igual à distância para fora em Z.

Esses ciclos farão seus passos de avanço para dentro ou para fora, dependendo de onde o progra-

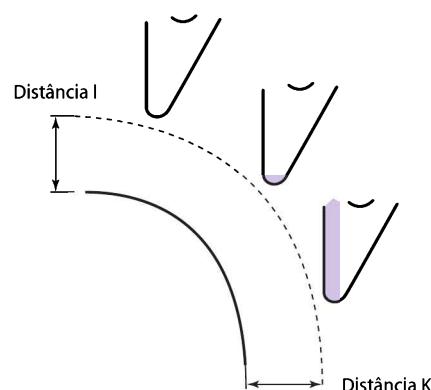


Figura 7-4 Os parâmetros “I” e “K” determinam o quanto de sobremetal é deixado nas direções X e Z após o desbaste.

mador colocou a ferramenta antes de evocá-los. Em outras palavras, se a ferramenta deve progredir a partir do seu ponto de partida para a placa, quando o ciclo se inicia, o comando interpreta isso como se os passes estivessem para dentro. Todos os passes de avanço serão para dentro, e todos os retornos rápidos serão para fora, de volta ao ponto de partida.

Endereços de definição de forma

Para utilizar esses três ciclos de desbaste/acabamento, os parâmetros incluem um número de linha de programa no qual o ciclo deve começar a trabalhar e um número de linha em que é para parar. Eles são chamados de **endereços de definição de forma**. As entradas de programa entre o endereço de partida P e o de término Q são as linhas de programa de geometria que o ciclo seguirá.

Ponto-chave:

A forma final do objeto situa-se entre esses dois números de bloco, sob a forma de instruções de programa regulares e coordenadas.

Por exemplo,

N0015 G71 P0020 Q0035 I.5 K.3 D2

Esse comando de desbaste no eixo X iniciará cortando do ponto de partida escrito no bloco anterior, perto (mas com algum sobremetal) do contorno definido entre o número do bloco 0020 até o N0035. Ele vai dividir a remoção total do eixo X em passes de 2 mm (D2) de profundidade, deixando sobremetal de 0,5 mm de distância do perfil acabado na direção X e 0,3 na Z.

Diferença de comandos

Note que o seu comando pode exigir uma forma um pouco diferente para o parâmetro “D”, como, por exemplo, D2000 ser igual a dois milímetros de profundidade (2000 milésimos de milímetro).

Após o ciclo de desbaste ser concluído, o controle passa para a próxima linha, na qual se lê:

N0016 G70 P020 Q035

Em seguida, na linha 16, o comando lê a instrução do ciclo de acabamento; ele cortará a forma do perfil disposta entre as linhas de bloco N0020 e N0035.

Dica da área

- Esses ciclos de desbaste e acabamento são as primeiras instruções do programa deste livro, em que os números de bloco são essenciais para implementar o comando. O ciclo deve incluir parâmetros para o número do bloco para começar e para acabar o contorno.
- Ciclos de desbaste e acabamento não são modais. Uma vez que o comando se desvia para trás, a partir do endereço de forma final, ele continua para frente no programa com o ciclo não mais em efeito. (Veja o próximo parágrafo para a definição de desvio.)

Diferenças de comando – Ordem de entrada

Na maioria dos comandos CNC, a definição de forma (números de linha 20 a 35, no exemplo) deve ser colocada depois da instrução de comando em que o ciclo é implementado, não antes. A busca por definição ocorre, então, à frente na estrutura do programa – que é chamada de *ramo*. No entanto, alguns controles também ramificam para trás para encontrar os números de endereços de linha necessários, o que é muitas vezes chamado de *laço* ou *malha*. Como de costume, leia o manual de programação para descobrir; no entanto, se o programa é estruturado com nada além de ramos para a frente, ele vai funcionar em todos os casos.

Dica da área

Usando ciclos de desbaste e acabamento

Escrevendo a definição É difícil saber o número exato de P e Q até que todo o programa seja escrito. Para resolver esse pequeno dilema, escreva o programa com as instruções de ciclos de

desbaste e acabamento em sua posição correta dentro do programa, mas deixe os parâmetros “P” e “Q” como XXX e ZZZZ (ou em branco). Então, quando o programa estiver concluído e você souber exatamente quais os números de bloco que contêm a definição de forma definitiva, volte e preencha os endereços de forma.

Duas ferramentas de corte Para melhor acabamento superficial e vida útil mais longa, realize o desbaste com uma ferramenta em G71 ou G72 e, em seguida, altere as ferramentas para uma de acabamento antes de iniciar o ciclo G70. Usando um passe de acabamento, algumas vezes, os cantos quadrados dos cortes de desbaste deixam perturbações na forma final quando a ferramenta de acabamento atinge profundidades de corte pequenas e grandes. Para resolvê-lo, tome dois passes com a ferramenta de acabamento. No penúltimo passe, defina o seu raio de *offset* de tal forma que a ferramenta se afaste e deixe 0,5 mm ou 0,015 polegadas para o passe de acabamento. Retorne e corte novamente com o *offset* correto, mas, agora, não há obstáculos no sobremetal.

Avanços modais

Ao ler o manual de programação, você vai ver que um estabelecimento para o avanço é feito na maioria dos ciclos fixos. Se um parâmetro *F* é dado na instrução do ciclo, aquele valor é modal juntamente com o ciclo. Ele está em vigor desde que o código esteja em vigor, mas, logo que o comando G80 de cancelamento de ciclo é lido ou outro ciclo é implementado, o avanço original, antes de o modo ter sido ordenado, é revalidado.

A partida determina o sentido do quadrante

Para muitos ciclos, o ponto de partida é uma consideração crucial em seu planejamento. Deve ser um pouco fora do contorno em ambas direções, *X* e *Z*, para proporcionar um sentido ao quadrante, como é mostrado na Figura 7-5. Há quatro casos, cada um determinado pela relação do ponto *I* de parti-

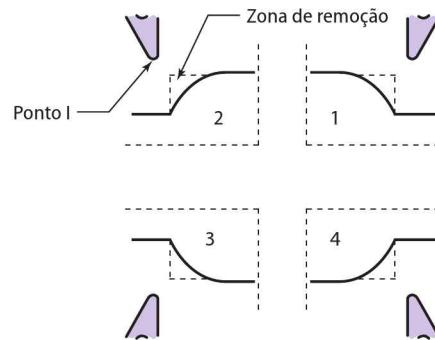


Figura 7-5 Quatro casos de ciclos de desbaste são determinados pelo ponto de partida *I*.

da inicial com a peça de trabalho. Cada sentido de quadrante faz, então, com que o sentido positivo para *I* e *K* também tenha excesso. Os quadrantes três e quatro seriam aplicados para o desbaste interno com uma barra de mandrilar.

Dica da área

Ciclos combinados Com ambos os ciclos de desbaste (de torno e fresadora) é frequentemente necessário usar mais do que um ciclo para desbastar completamente a peça. (Usá-los em sobreposição de blocos para usinar o formato total.) Esse truque de programa é conhecido como justaposição (colocar rotinas lado a lado como se fossem pisos no chão), de modo que temos **rotinas justapostas**.

Ponto-chave:

Se um comando G70 segue o G71 ou o G72, o comando primeiro desbastará e, então, contornará o perfil final da peça sem programação extra que não seja a definição de forma e números de bloco.

Ciclos de fresagem

Semelhante aos ciclos de acabamentos de torno, estes são poupadões de tempo. No entanto, existem duas notas a serem consideradas.

Normalmente formas simples

Alguns comandos sofisticados executam rotinas para características de forma complexa, mas elas não são universais de comando para comando. Nós podemos olhar apenas três ciclos enlatados que estão perto do comum, deixando uma investigação completa para uma pesquisa externa.

Sem geometria de ilhas dentro dos bolsões

Devido às formas complexas encontradas na fresagem, normalmente, os comandos fornecem rotinas de usinagem de bolsões retangulares e redondos, mas nem todos irão disponibilizar rotinas para usinar um contorno de uma geometria com ilhas internas. No entanto, como a Dica da área descreve, ambos os ciclos de remoção retangulares e circulares podem ser combinados para usinar uma determinada área.

A seguir, são listados os parâmetros comuns para três ciclos fixos. Suas funções serão as mesmas em todos os controles. Por exemplo, a cada um deve ser fornecida uma profundidade total, o número de passes e o tamanho do formato total, mas o designador de letra pode ser diferente em seu laboratório.

Bolsões retangular e quadrado (Fig. 7-6)

Coordenadas X e Y para um canto do bolsão

Parâmetros L e W para comprimento e largura

Valores positivos ou negativos para designar direção em relação ao canto de referência

Parâmetro D para a profundidade total

Parâmetro H para a distância do topo do bolsão ao PZP

Parâmetro N para o número de passes em desbaste vertical

Parâmetros P ou R para o número de sobre-passagens laterais

Note que essa rotina fresa todo o material a partir do topo até a profundidade total de um retângulo em ambas as direções, vertical e horizontal. Ela

Ciclos de bolsão retangular

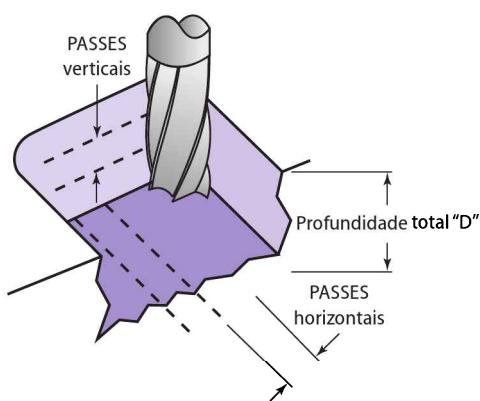


Figura 7-6 Rotina de bolsão retangular.

pode ser aplicada ao exterior de um objeto, bem como um bolsão.

Rotinas de bolsão redondo

Coordenadas X e Y do centro

Parâmetro D para a profundidade total

Parâmetro H para a distância do topo do bolsão ao PZP

Parâmetro R para o raio de bolsão

P ou R para o número de movimentos radiais para dentro ou para fora

Parâmetro N para o número de passes verticais

Note que essas rotinas de área redondas são frequentemente capazes de realizar passes circulares no sentido horário ou anti-horário e podem começar no centro e trabalhar no sentido de fora ou na borda e no sentido para dentro.

Rotinas de furos circulares (Fig. 7-7)

Um terceiro ciclo comum de fresagem fornece uma maneira rápida de calcular e fazer furos em um padrão distribuído em torno de uma referência, chamado de **círculo de furos**. Apesar de não haver uma padronização, essa rotina é bastante comum na maioria dos comandos.

O **ponto de partida** é, geralmente, o centro do padrão circular. Ele é configurado como uma referênc-

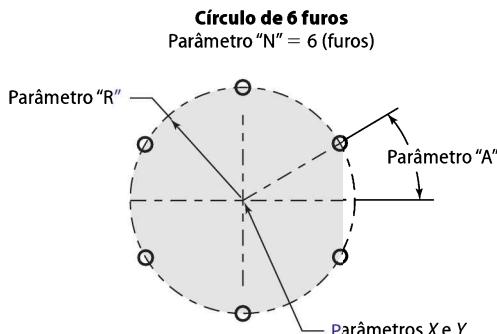


Figura 7-7 Um ciclo fixo de círculo de furos.

cia local ou existe um parâmetro XY para o centro, dentro da sintaxe da rotina.

G88 N12 A12.5 D-0.5 P.125 R.5 H0.0

N = Número de furos no padrão

A = Ângulo absoluto a partir da linha de referência horizontal para o primeiro furo.

Isso estabelece a relação padrão para os eixos X e Y.

D = Profundidade total de furo

P = Parâmetro para ação de quebra-cavaco

R = Parâmetro para a retração na altura entre furos

H = Parâmetro de distância do topo do furo ao PZP

Parâmetro

Espaço em branco que requer uma entrada para customizar um ciclo fixo.

Ponto de partida

Posição inicial a partir da qual determinada rotina é iniciada. Muitas vezes, designada com a letra I em manuais de programação.

Rotinas justapostas

Rotinas de fresagem que se sobrepõem e se conectam para usinar uma certa área de um formato complexo.

Reveja os pontos-chave:

- Muitos ciclos são modais. Eles permanecem em vigor a menos que cancelados (G80) ou quando um fim de programa (M2) é lido.
- Uma vez que o ciclo de rosca começa, não há possibilidade de alterar a velocidade, parar ou até mesmo retardar o torno, exceto com a paragem de emergência!
- Ciclos de desbaste e de acabamento necessitam de números de endereços de blocos.

Responda no seu laboratório

- Por que o ponto de partida e/ou o ponto inicial é crucial para muitos ciclos? Dê três razões.
- Ciclos fixos são apropriados para formas complexas em peças fresadas?
- Peça o manual que descreve os ciclos fixos de torno e/ou fresadora em seu laboratório de treinamento. Se ele não estiver disponível, peça para ler o manual de programação para o comando. O objetivo aqui é conhecer as possibilidades. Observe também os parâmetros e compare-os com os dados aqui.
- Escreva um programa que use ciclos fixos para usinar um objeto. Se você tem simuladores gráficos, teste o programa. Uma programação utilizando ciclos e compensação de ferramenta é bem elevada, e é

Revisão da Unidade 7-1

Revise os termos-chave:

Ciclo enlatado

Outro nome comum para o ciclo fixo.

Círculo de furos

Um padrão de furos ou outras características distribuídos sobre uma referência central.

Endereços de definição de forma

Números de linha muitas vezes definidos por parâmetros P e Q em ciclos enlatados.

possível prever que haverá erros para serem corrigidos.

5. Ao usar um ciclo de rosca em um torno, por que devemos posicionar a ferramenta ligeiramente para trás no eixo Z antes que a rosca comece?

cução e, em seguida, parar no número necessário – isso é comum nos centros para torneamento com alimentação de barras.

Comunicar-se com robôs de manipulação de peças e banco de dados fora do comando.

Termos-chave:

Aninhamento

Uso de um laço ou de uma sub-rotina dentro de um laço ou de uma sub-rotina.

Desvio (Ramo)

A saída a partir de um formato linear em que o fluxo do programa vai para um endereço designado de forma a criar um laço (malha) ou para encontrar e utilizar uma sub-rotina e, em seguida, voltar à origem da chamada.

Diagrama lógico

Ferramenta gráfica usada para visualizar a sintaxe da lógica de ramificação.

Laço inteligente

Ferramenta de programação que retorna o fluxo do programa de volta sobre si mesma um determinado número de vezes.

Sub-rotinas

Chamadas de miniprogramas dentro do programa

A finalidade de uma sub-rotina (muitas vezes, chamada de sub) é evitar a programação repetitiva ou pôr de lado os grupos de comandos a serem usados de novo mais tarde. Programadores inteligentes, às vezes, salvam um número de subs e, então, colocam-nas em conjunto para criar programas rapidamente. Por exemplo, uma oficina de instrumentos faz painéis personalizados, que retêm instrumentos diferentes, personalizados para cada solicitação. Para cada instrumento, pode-se salvar uma forma de corte do painel como uma sub-rotina e, então, no programa, localizar o eixo-árvore da fresadora sobre o furo necessário e chamar a sub.

A sub-rotina não é nada mais do que um outro programa. Ela tem um começo, um corpo e um fim. Mas, diferentemente dos programas que estamos

» Unidade 7-2

» Lógica de ramificação – Laços e sub-rotinas

Na Unidade 7-1, quando usamos os endereços *P* e *Q* em ambas as rotinas de desbaste e acabamento, o comando teve de deixar a linha de sentença, na qual a instrução do ciclo de desbaste é lida, e avançar no programa para o endereço de linha designada pelo parâmetro *P*. Em seguida, depois de completar a cadeia de definição de forma, volta ao começo do ramo. Esse, então, continuaria a executar as linhas à frente no programa normal.

Esse fluxo do programa não linear pode ser mostrado em um formato gráfico chamado de **diagrama lógico**. Se você tem alguma experiência em programação de computadores, muitas das manipulações lógicas descritas serão familiares.

Vamos investigar duas técnicas úteis, mas há muitas outras além do âmbito desta unidade. Dentre essas técnicas avançadas deixadas de lado (para a pesquisa externa ao escopo do livro), estão a capacidade de

Medir o trabalho usando equipamentos interligados e ajustar automaticamente os *offsets* (deslocamentos) até um limite.

Sensoriar a pressão de corte e mudar para uma ferramenta nova afiada quando a pressão excede um limite pré-programado. Essa habilidade é chamada de *controle adaptativo*.

Contar e registrar o número de peças produzidas por hora e por dia e a contagem total de exe-

estudando, ela é armazenada na memória e, então chamada e usada por um programa mestre ativo. As instruções correntes dentro da sub-rotina são aquelas que temos estudado, incluindo os ciclos fixos e a compensação de raio da ferramenta. Quase toda a instrução de programa pode ser usada dentro de uma rotina.

Diferenças de comando

A lógica de programação foi introduzida muito tempo depois dos códigos serem inventados, assim, há uma grande variação nos códigos e parâmetros utilizados para iniciar e terminar sub-rotinas. Alguns comandos chamam uma sub-rotina do programa principal usando um código G, enquanto outros usam um código M98, e outros, ainda, usam a declaração de lógica *Gosub*.

Para simplificar as explicações, as palavras GOSUB NNNN, SUB NNNN e ENDSUB são usadas para representar os comandos de **desvio**, juntamente com os respectivos endereços de número de bloco (NNNN). Essas são palavras emprestadas de comandos conversacionais (também de linguagens de programação de computador), porém, elas traduzem seu significado facilmente.

Pesquisa externa – Em seu laboratório

Para usar sub-rotinas, você precisará das palavras no seu comando CNC equivalentes a

1. Chamada de sub-rotina do programa principal (GOSUB NNNN)

Faz com que o programa se desvie para o nome do arquivo armazenado determinado no comando.

2. Nome do arquivo (SUB NNNN)

O comando procura na memória por esta identificação e, em seguida, ao encontrar, opera-a como um programa.

3. Fim da sub-rotina (ENDSUB)

A última linha de sub-rotina. Isso faz com que o comando termine a sub-rotina e desvie de volta para a linha de comando seguinte no programa principal, *após* chamar o comando

da sub-rotina. Vários comandos usam M99 para esta instrução.

Isso pode ser mostrado em um diagrama lógico (Fig. 7-8).

Desafio de pensamento crítico

Uma sub-rotina pode ser utilizada para programar a furação dos dezesseis furos de 0,250 pol. de diâmetro na Figura 7-9. Observe a vista em detalhes e veja se você pode pensar em como isso poderia ser feito. Diagrama ou escreva a estrutura do programa. Então, leia o programa que está um pouco antes da revisão da Unidade 7-2 para ver uma possível solução. O real segredo da área reside na sub-rotina.

Um diagrama lógico de uma sub-rotina simples

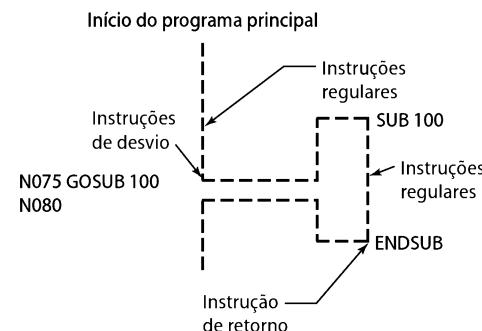


Figura 7-8 Um diagrama lógico simples de uma sub-rotina.

Resolva este desafio lógico

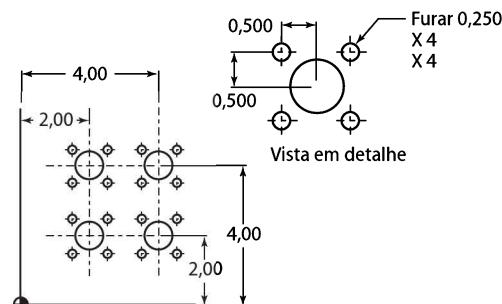


Figura 7-9 Esta placa de instrumento tem quatro padrões de repetição.

Ponto-chave:

Cuidado!

Quando trocar de modos (abs/lincr), como neste exemplo, certifique-se de recuperar o modo original (G90) antes de sair da sub-rotina. Caso contrário, o próximo passo após a última sub-rotina que foi executada pode ser uma grande surpresa!

Sub-rotinas aninhadas

É possível ter uma sub-rotina que chame uma segunda sub-rotina. Esse segundo ramo é dito, então, ser **aninhado** dentro do primeiro. Por exemplo, o corte circular na Figura 7-9 pode ser uma segunda sub-rotina, chamada na rotina padrão de furação. A segunda sub-rotina é também armazenada na memória e chamada quando necessário.

Alguns comandos limitam o aninhamento das sub-rotinas (e laços – discutido a seguir) para três níveis de profundidade, uma sub-rotina dentro de uma sub-rotina dentro de uma sub-rotina. Outros comandos, mais capazes, apresentam um maior limite de

aninhamento, até alguns sem qualquer limite. No entanto, o aninhamento além dos três níveis de profundidade, em geral, termina em uma grande confusão, especialmente quando algo dá errado ou a edição é necessária!

Laços ou desvios

Um laço ou desvio lógico é uma técnica útil que também faz uso eficiente de dados repeti-

dos. Porém, agora ele está localizado dentro do programa principal. Existem dois tipos de laços, o *contado*, ou **laço inteligente**, e o *desvio condicional*, ou *laço infinito*. O laço contado é de interesse fundamental como ferramenta de programação, enquanto o laço infinito tem uso limitado.

Laços inteligentes

Um laço inteligente inclui a declaração do desvio e uma função de contagem. Ele desvia de volta para repetir um grupo selecionado de linhas de instrução dentro do programa um determinado número de vezes. Depois de completar o ciclo, passa para a próxima linha de instrução após o início do laço.

Na verdade, existem duas estruturas diferentes para estes laços, como mostrado no diagrama lógico (Fig. 7-10); dependendo do tipo de comando, a instrução de desvio é colocada na parte da frente do laço ou no final. Essa é uma diferença de comando apenas em palavras.

O efeito global é o mesmo, o programa desvia para trás para repetir um grupo de instruções um determinado número de vezes (Fig. 7-10). Ambas as formas repetem as instruções indicadas seis vezes, até que a contagem esteja satisfeita, e, então, avança para o bloco N50. Observe a diferença nos pedidos de repetição com base na estrutura de laço. A segunda estrutura necessita de mais cinco repetições para completar seis vezes através do laço, porque já completa os comandos uma vez ao passo que o fluxo atinge o desvio de retorno.

Ponto-chave:

O número de repetições é um problema – dependendo de onde o comando pega o número de vezes para repetir um laço. Se, no seu comando, a instrução de repetição do laço ocorre no *final do laço*, em seguida, as repetições requeridas serão uma a menos do que o número desejado $N = R - 1$. Por quê? Porque um já foi feito. Mas, se a instrução de repetição ocorre no *início do laço*, então $N = R$.

Conversa de chão de fábrica

Laços A origem de um laço CNC pode ser rastreada até os primeiros dias das máquinas-ferramentas controladas numericamente, em que um plástico perfurado Mylar® ou uma fita de papel era alimentado através da máquina para fazer a variação das ações de usinagem – como uma caixa de música. Para poupar tempo de rebobinagem, um laço, em seguida, foi criado fazendo-se a colagem da parte de trás da fita com a frente. Assim, o programa era executado em um laço contínuo através da CPU.

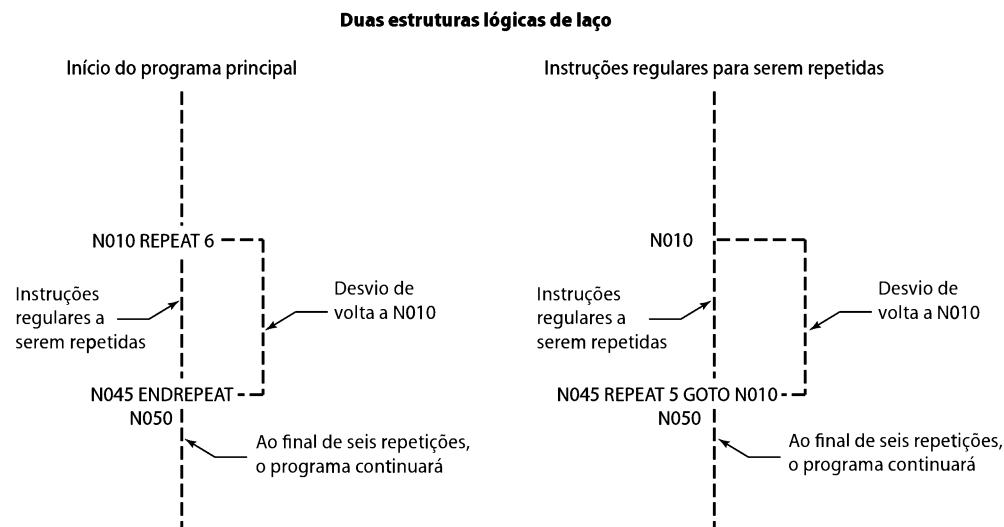


Figura 7-10 Ambos os laços repetiriam as instruções entre os números dos blocos 10 a 45 seis vezes e, depois, continuariam avançando no programa.

Laços infinitos

Um laço infinito é um desvio lógico que não conta, mas se volta sobre si mesmo para sempre se não for interrompido pelo operador (Fig. 7-11). A única maneira de parar um laço infinito é incluir uma parada de programa ou parada opcional nas linhas de instrução ou por uma intervenção do operador, tal como parada de avanço, parada de

ciclo ou parada de emergência. Um laço não contado é, na verdade, um erro de sintaxe. Ele nunca atinge o fim do programa. Laços infinitos têm apenas duas aplicações.

Rotina de aquecimento

Elas podem ser um programa armazenado que pode ser rapidamente chamado para “exercitar” todos os eixos de uma máquina fria antes de ela ser colocada em produção.

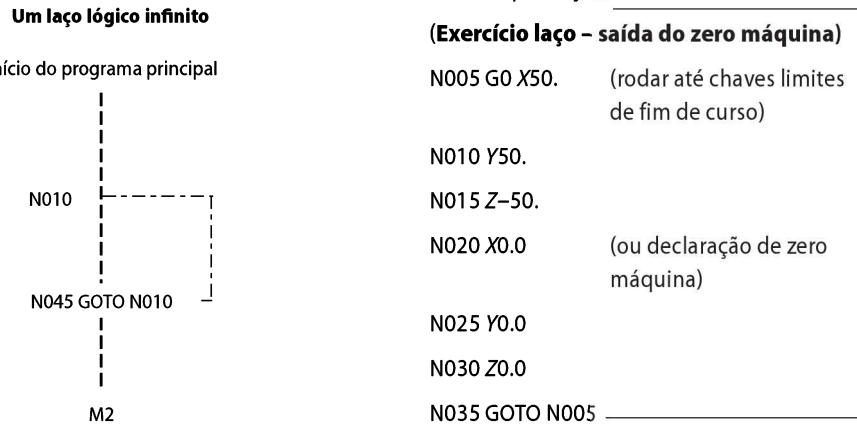


Figura 7-11 Um diagrama de laço infinito.

Programa principal da placa de instrumento (da Fig. 7-9)	Placa de instrumento sub-rotina 01
T01 M6 (broca $\frac{1}{4}$)	SUB 01
G90 M3 S3000	G91 (modo incremental)
G0 X2.0 Y2.0 (centro do 1º grupo)	G81 X.5 Y.5 R.25 D-0.5
GOSUB 01	X-1.0
G0 X4.0	Y-1.0
GOSUB 01	X1.0
G0 Y4.0	G80 G90 (modo absoluto de novo)
GOSUB 01	ENDSUB
G0 X2.0	
GOSUB 01	
G0 Z100 X100 Y100 (posicione no limite)	
M2	

Programa sem fim

Laços infinitos podem ser um programa que é executado de forma contínua, por meio do qual o operador coloca a peça na máquina e, em seguida, pressiona “início de ciclo”, até a parada programada na linha N025.

(Furo simples e laço repetitivo)

```
N005 M3 S2000 G95
N010 G0 Z.5
N015 G1 Z-0.5 F0.003
N020 G0 Z100. (limite de deslocamento)
N025 M0 (parada de programa)
N030 GOTO N005
N035 M2
```

Um laço infinito nem sequer atinge o comando M2, por isso, não é realmente necessário executá-lo. No entanto, a maioria dos comandos vai fazer uma verificação de sintaxe enquanto o programa é carregado na memória. Sem o código correto de fim do programa, o comando emite um erro.

Resposta ao desafio de pensamento crítico

Para simplificar, a maioria dos códigos de início e modos foram eliminados; estude apenas a lógica e a sub-rotina.

O truque foi posicionar a ferramenta no centro de cada padrão usando coordenadas absolutas e, em seguida, mudar para valores incrementais dentro das subs. De fato, isso faz da posição de um centro um mini-PZP ou uma referência local para o primeiro movimento dentro da sub-rotina.

Revisão da Unidade 7-2

Revise os termos-chave:

Aninhamento

Uso de um laço ou de uma sub-rotina dentro de um laço ou de uma sub-rotina.

Desvio (Ramo)

A saída a partir de um formato linear em que o fluxo do programa vai para um endereço designado de forma a criar um laço (malha) ou para encontrar e utilizar uma sub-rotina e, em seguida, voltar à origem da chamada.

Diagrama lógico

Ferramenta gráfica usada para visualizar a sintaxe da lógica de ramificação.

Laço inteligente

Ferramenta de programação que retorna o fluxo do programa de volta sobre si mesma um determinado número de vezes.

Reveja os pontos-chave:

- Ao mudar os modos dentro de rotinas aninhadas ou laços, certifique-se de recuperar o modo original antes de sair da rotina, senão o próximo movimento pode ser uma grande surpresa!
- Para laços, o número de repetições será ou $N = R$, ou $N = R - 1$, dependendo do local onde a instrução de repetição está localizada no laço.

Responda

1. Você consegue inventar uma maneira de furar a placa com grade de furos representada na Figura 7-12 usando um laço? Tente você mesmo, mas use as instruções do seu equipamento desta vez, se disponíveis. Senão, use as palavras mostradas nos diagramas lógicos. Existem várias soluções para este problema, incluindo sub-rotinas, mas, por agora, use apenas um laço.
2. Agora você pode ver uma forma de melhorar o seu programa usando um laço aninhado?

Placa com grade de furos

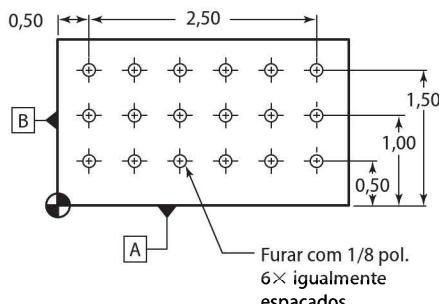


Figura 7-12 Programe esta placa de rede usando laços.

>> Unidade 7-3

>> Ferramentas de programação CNC especiais

Esta unidade define uma coleção de ferramentas de diferentes graus de utilidade. O objetivo aqui é apresentar os conceitos. Cada um vai exigir um pouco de leitura dentro do manual de programação para implementação. Elas são todas funções do computador altamente especializadas, portanto, não são palavras de código padrão.

Sem dúvida, o mais útil é o comando de velocidade de corte constante (VCC), que permite o comando de um torno CNC manter a velocidade de corte selecionada em operações em que o diâmetro de corte está em constante mudança, como quando se está faceando a peça.

Termos-chave:

Anverso (formato)

Forma homóloga necessária para moldar uma característica correta.

Escala

Fator de programa (ou utilitário de desenho) em que as dimensões são expandidas ou contraídas em uma porcentagem.

Espelhamento

Código de programa ou utilitário de desenho por meio do qual a geometria é revertida.

Fator de contração

A quantidade de variação percentual da geometria da peça.

Centros de torneamento – Velocidade de corte constante

Este comando é fácil de escrever e demonstra muita diferença na usinagem CNC e manual, em que, devido à mudança de raio, a rpm selecionada é

comprometida quando se está faceando ou cortando a peça.

Antes de instituir a VCC, a ferramenta primeiramente é movida para um ponto inicial. Aquele diâmetro Xirá, então, servir como um modelo para a velocidade de corte. A rpm está definida nesse ponto, e o código VCC é dado:

G0 X2.0 Z.5 (Rápido ao ponto inicial)

G96 S2000 (G96 é um código comum usado para VCC, mas o código no seu comando pode variar)

Depois de o valor da velocidade de superfície ser definido com o G96, qualquer mudança no diâmetro do eixo Xirá causará um aumento ou uma diminuição na rpm, de acordo com a familiar fórmula rpm.

Os limites de rpm

Você pode ver que, usando VCC, à medida que a ferramenta de corte faceia para dentro e se aproxima do centro da peça, a rpm calculada vai se aproximar de infinito – superalto! Por exemplo,

Diâmetro do eixo X	rpm
2,00	2.000 (o modelo)
1,00	4.000
0,50	8.000
0,25	16.000
0,0125	32.000 (Sem chance!)

O código de limite de rpm G50

Um código comum usado para parar rpm em um teto seguro é o G50 (em muitos comandos, mas não é uma palavra principal estabelecida, por isso, pode variar – ver a Dica de área).

N015 G0 X2.0 Z.5

N020 G96 S2000

N025 G50 S4500

A rpm no programa de velocidade de corte constante antecedente não será superior a 4.500.

Dica da área

Em vários comandos populares de torno, o código G50 é usado de duas maneiras radicalmente diferentes combinadas. Mais adiante, no Capítulo 8, vamos ver como ele também pode ser utilizado para programar a referência zero do programa em relação a uma posição atual de ferramenta. Não perca este segundo uso composto.

Fresa – Avanço constante

A VCC é muito comum em programas de torno, mas também existe para fresagem de perfil. Enquanto uma fresa de topo corta em torno de um objeto (Fig. 7-13), o avanço na borda de contato varia ligeiramente, dependendo de estar produzindo uma curva côncava ou convexa, como se mostra na Figura 7-13. Isso porque a taxa baseia-se na linha central da ferramenta, a linha pontilhada.

Em condições normais de fresagem, esse diferencial de velocidade tem pouco efeito, e não precisamos fazer nada a respeito disso no programa. No entanto, na fresagem de metais com uma amplitude de usinabilidade estreita como a do aço

Velocidade superficial não constante

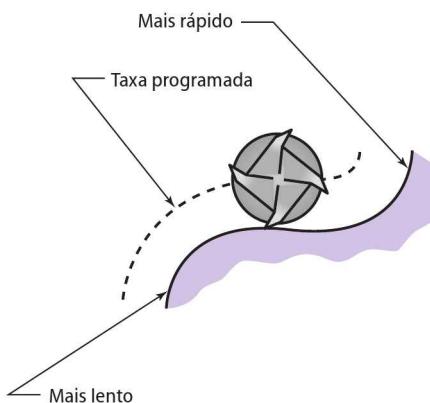


Figura 7-13 Enquanto a fresa de topo corta em torno das curvas, seu avanço varia na borda.

inoxidável endurecido ou do bronze fosforoso, por exemplo, ou durante a execução de usinagem em alta velocidade, o que empurra os limites e cria uma amplitude muito estreita para a velocidade de corte, a VCC pode ser útil. Um código incomum, a palavra e a aplicação variam de comando para comando.

Ponto-chave:

Por enquanto, lembre-se de que esta instrução existe tanto para fresadora como para tornos e que, em certas situações críticas de usinagem, pode estender a vida útil da ferramenta.

Escala do eixo

Esta ferramenta de programação é usada para expandir ou encolher resultados de usinagem de um programa. Ela pode ser aplicada a todos os eixos ou simplesmente a um único eixo, dependendo do efeito desejado. É usada onde uma geometria e um desenho complexos tornariam difícil de calcular a expansão ou a contração da peça de trabalho, por isso, as dimensões de desenho são usadas para programar as coordenadas – então, a forma é escalada para cima ou para baixo, usando a capacidade do computador. Se você está familiarizado com o desenho CAD, então, você provavelmente já usou comandos de **escala**.

Um bom exemplo é o de fresar uma cavidade de molde de injeção plástica com precisão. Em relação a esses moldes, o plástico é forçado a uma temperatura elevada para fluir dentro e estar em conformidade com o molde. Mas, à medida que esfria, ele também encolhe. O molde deve ser ligeiramente maior do que a peça acabada por uma razão previsível.

Esse **fator de contração** é calculável e simples de editar no programa. Depois de escrever a geometria da peça acabada, um fator positivo é inserido no início. Após a palavra de código (vamos usar G100 em nosso comando genérico), um percentual de aumento está incluído em cada eixo:

G100 X1.05 Y1.05

Isso faria com que todos os movimentos dos eixos X e Y além daquela linha de instrução fossem 5% maiores. Neste exemplo, os comandos de eixo Z não seriam afetados.

Outro uso da escala é encontrado em usinagem de alto volume (cargas de cavaco grandes, não HSM), em que a deformação por calor expande o trabalho. Em seguida, à medida que esfria, as peças são consideradas subdimensionadas. Usando escala de peças, uma peça ligeiramente ampliada pode ser feita levando-se em conta uma expansão termal, de modo que a peça fria é do tamanho certo. Se o problema ocorrer em um eixo de trabalho porque ele é longo, então, a escala pode ser aplicada apenas naquele eixo. A proporção pode ser ajustada pelo operador conforme as condições mudam. Por exemplo, uma nova ferramenta faz uma expansão de 1,5%, mas, uma vez que cega, passa a 2%, em seguida, 3%, até um ponto em que a ferramenta deve ser trocada por uma nova, e a proporção é retornada ao normal no programa.

Conversa de chão de fábrica

Peças versão esquerda e direita Em alguns projetos de produção, uma peça com versão direita ou esquerda é necessária. Isso pode ser realizado com o programa individual e um comando de espelho do eixo X ou Y. Essa inversão dos eixos rapidamente produz peças de versão ou mão oposta. Contudo, há um problema técnico nesse procedimento: o movimento da fresa, que foi originalmente concordante, torna-se discordante na versão espelhada. Uma solução é a utilização de uma fresa de topo com versão oposta (rotação esquerda, em espiral). Essas são ordens especiais e caras de ferramentas de corte.

A melhor solução para fazer uma peça da mão oposta é simplesmente escrever um novo programa usando o computador CAM para reverter a geometria da peça antes de produzir a trajetória de corte. Na Figura 7-14, eu fiz exatamente isso; o calibrador de broca no lado direito, como foi desenhado. Em seguida, ele foi espelhado do outro lado da linha pontilhada vertical para se tornar a parte do lado esquerdo. Essa nova geometria poderia, então, ser usada para escrever um novo programa usando CAM.

O efeito do espelhamento dos eixos

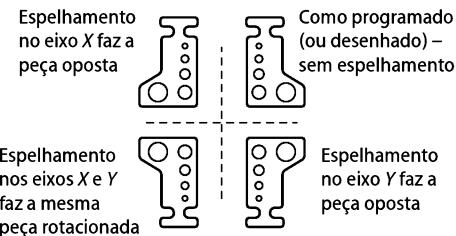


Figura 7-14 Resultado do espelhamento.

Escala CAD/CAM e espelhamento

Os comandos de escala e espelhamento (a seguir) são usados na edição de um programa previamente escrito ou na elaboração manual de um novo programa. No entanto, softwares CAM e CAD também têm essas capacidades. Pode-se facilmente expandir ou contrair a geometria da peça por uma relação dada antes de criar um programa. O programa também pode ser transformado em uma imagem de espelho facilmente.

Ponto-chave:

CAD/CAM torna simples a execução de qualquer manipulação geométrica antes de criar o programa, mas, em seguida, produz um programa rígido que não pode ser ajustado após sua criação (além da edição). Há momentos em que, fazendo moldes, por exemplo, é melhor escrever o programa usando a geometria do desenho inalterada e, em seguida, editar a instrução de fator de escala (ou espelho) dentro do programa para permitir um controle mais flexível na máquina.

Dica da área

Escala offset da ferramenta Este é mais um truque do operador apenas para o momento do que uma técnica de programação; contudo, não é recomendado como um movimento planejado exceto para desbaste e acabamento com a mesma ferramenta. No entanto, em se falsificando o offset do raio de corte, há alguns momentos em que es-

calas de tamanho da peça podem ser realizadas na máquina. Por exemplo, uma peça da fresadora está aquecendo durante a usinagem e verifica-se ser 0,005 pol. muito curta quando retorna à temperatura ambiente. Se o problema não pode ser corrigido com uma boa geometria de corte ou melhor fluxo refrigerante, adicione, então, 0,0025 pol. ao offset do raio de corte. A ferramenta se afasta de ambos os lados da geometria. Logo, irá expandir os tamanhos do perímetro de trabalho. Porém, esteja ciente de que isso também engrossa paredes e reduz características internas pelo mesmo valor!

Espelhamento de eixo

Semelhante à instrução de escala, o **espelhamento** modifica todos os movimentos de eixo além da instrução, até que seja cancelado por um "flip/flop" do mesmo comando – uma vez liga o espelhamento, uma segunda vez, desliga.*

Dado um comando de espelhamento de eixo, o eixo aciona na direção oposta à da instrução programada. Um ou mais eixos podem ser espelhados, dependendo do efeito desejado. O espelhamento é outro código não atribuído; vamos fazê-lo ser o G110 em nosso comando genérico.

Um bom exemplo de espelhamento é o da usinagem de um molde ou matriz. Neste caso, é fazer letras de plástico (Fig. 7-15). O molde deve ser a imagem de espelho da peça acabada. Muitas vezes, é muito mais fácil programar as letras ou outras características do desenho em sua forma normal e, em seguida, editar e inserir uma instrução de espelho no eixo antes de começar a geometria.

G110 X

Pronto, isso é tudo que o comando necessita para inverter o eixo X, mas deixando o Y e o Z inalterados.

* Nos comandos com que tenho experiência, não há código para cancelar o espelhamento ou para escala, mas facilmente poderia ter um – leia o manual! Pelo meu conhecimento, eles são desligados por reverter o efeito da instrução, por exemplo, ao entrar G110 X0.0, a escala do eixo X é terminada retornando a um fator de escala de zero.

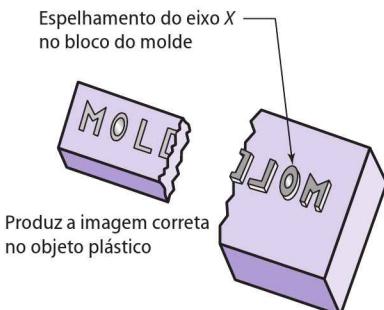


Figura 7-15 Espelhando um molde de letra.

Ponto-chave:

Espelhar apenas o *X* é o comando necessário para executar a inversão da letra da Figura 7-14, chamada de molde **anverso**. Espelhar os eixos *X* e *Y* não iria produzir uma parte da imagem de espelho, iria apenas mudar a sua localização.

Espelhamento de eixo duplo

Esteja ciente de que espelhar os dois eixos não produz o efeito anverso. Como mostrado na Figura 7-15, espelhar ambos os eixos, *X* e *Y*, em um programa de fresagem só vai servir para mudar a localização da peça.

Revisão da Unidade 7-3

Revise os termos-chave:

Anverso (formato)

Forma homóloga necessária para moldar uma característica correta.

Escala

Fator de programa (ou utilitário de desenho) em que as dimensões são expandidas ou contraídas em uma porcentagem.

Espelhamento

Código de programa ou utilitário de desenho por meio do qual a geometria é revertida.

Fator de contração

A quantidade de variação percentual da geometria da peça.

Reveja os pontos-chave:

- O objetivo era aprender as possibilidades dessas instruções, não aprender a usá-las. Cada uma requer mais estudo no manual de programação individual.
- Refletir só um eixo para obter uma geometria anversa.

Responda

- Descreva uma *sub-rotina* comparando-a a um *laço*.
- Verdadeiro ou falso? A velocidade de corte constante é uma ferramenta de programação do torno usada para manter um valor de velocidade de corte enquanto o diâmetro varia. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?
- Quando G96 é usado no torneamento de um programa, qual fator de segurança deveria ser inclusivo?
- Descreva ciclos fixos. Como eles são usados? Qual é o outro nome usado para designá-los? Quais são as variáveis em branco chamadas dentro?
- Compare um laço inteligente a um infinito.
- Descreva a diferença entre os ciclos de desbaste para os tornos G71 e G72.
- Nas linhas de instrução a seguir, que propósito desempenha o código G80?

N075 G81	X1.0 Y1.0 D-0.5 R0.2
N080	X1.5
N085 G80	
N090 G0	X0.0
- Descreva espelhamento de eixo e escala de eixo.

Pesquisa fora do laboratório

A partir de um manual técnico ou do manual de programação,

- | | |
|---|---|
| <p>9. Quantos ciclos de rosqueamento seu torno apresenta?</p> <p>10. Determine a distância de aceleração recomendada para um ciclo de rosca no torno em seu laboratório.</p> <p>11. Que códigos, se o seu comando os possui, são necessários para causar limites</p> | <p>de rpm, escala de eixo e espelhamento de eixo?</p> <p>12. Identifique os ciclos fixos de desbaste da área de bolsão encontrados em seu manual de programação de fresadora.</p> <p>13. A fresadora CNC em seu laboratório apresenta avanço constante?</p> |
|---|---|

REVISÃO DO CAPÍTULO

Unidades 7-1, 7-2 e 7-3

O Capítulo 7 inteiro foi introdutório, para aguçar o seu apetite para as funções mais sofisticadas quando a oportunidade surgir. Em cada unidade deste capítulo, nós simplesmente cutucamos a ponta do *iceberg* sobre as coisas especiais que esta geração de comandos CNC pode fazer, especialmente nas versões baseadas em PC! Mas e quanto ao amanhã? As fronteiras reais desse tipo especial de programação jazem dentro da álgebra.

Em algum ponto de sua carreira, se você quiser usar esse poder, seria uma boa ideia aprender as declarações de lógica e o fluxo de programa do MS Visual Basic® (VB). O VB é mais do que uma linguagem para escrever jogos e imagens. Aprender a forma como os dados podem ser manipulados e ramificados também é um tópico fundamental do CNC, que nós não abordamos.

Usando programação inteligente, comandos CNC podem fazer manipulações algébricas dentro dos programas. Por exemplo, considere a rotina da engrenagem dentada personalizada discutida na introdução. Foi fácil descrever como ela poderia funcionar. Mas, na verdade, escrever a fórmula que define os formatos do dente quando cada curva complexa encontra-se em um ângulo diferente em relação ao eixo central requer uma grande dose de matemática e lógica.

Sem essas habilidades, você poderia resolver o problema escrevendo um perfil único do dente e usando um eixo C rotativo para indexar o *blank* para fresar cada dente. Contudo, escrever a rotina para fresar cada dente sem girar a peça seria uma realização muito maior. Então, qualquer fresadora CNC poderia fazer as rodas dentadas.

Questões e problemas

Problemas 1 a 6 referem-se à seguinte instrução:

N0195 G71 P0155 Q0185 I/0.03 K0.03 D0.05

1. Descreva o tipo da máquina e a ação.
2. Quanto material seria retido para a passada final?
3. Quanto material seria tirado em cada avanço do eixo X?
4. Escreva uma instrução de acabamento para seguir o exemplo da instrução.

Questões de pensamento crítico

- O que essa instrução fala sobre a lógica do comando no qual irá operar?
 - Como você poderia escrever um conjunto de instruções do programa para semidesbastar a geometria, deixando 0,015 pol. de sobremetal, e, em seguida, retornar e acabar a forma?
 - Ao executar uma rotina de rosqueamento no torno, quais funções de controle do operador são desativadas? Explique.
 - Escreva uma rotina de rosqueamento (usar o código que seu torno usa ou G33) para uma forma de rosca padrão 60°, com 12 mm de diâmetro, passo 1,75 e comprimento de 24 mm.
 - Verdadeiro ou falso? Um laço é, na verdade, um erro de sintaxe, porque o comando nunca chega ao final do programa. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?

Para os problemas 10 a 12, o seguinte programa em laço é escrito para fazer os furos da Figura 7-16. Assuma um programa com ferramenta única (broca $\frac{1}{4}$ pol.) com Z0.0 na superfície de trabalho. A ferramenta está estacionada acima de PZP 5,0 pol. O material tem espessura de 0,375 pol, e o trabalho é fixado ao longo de uma placa de sacrifício de espessura de 0,50 pol, que será furada.

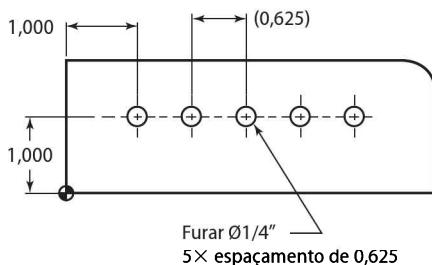


Figura 7-16 Questão 10.

- 10.** O laço fura os cinco furos?
 - 11.** Há algum perigo com o programa?
 - 12.** Se o programa precisar de edição, repare-o para funcionar corretamente.
(Revisão final do programa com laço – Problemas 10 a 12)

Mass & VE,
N005 G80 G40

N009 E88 G10

N015 T01 M6 (broca de $\frac{1}{4}$ " – sem offset)

N020 M3

N025 G0 X1.0 Y1.0

N030 Z.25 M8 (retrair rapidamente na altura)

N035 G91 G1

N040 Z-0.700 (broca dentro da placa de sacrifício - 0.1)

N045 Z0.700
N050 REPEAT 005 GOTO N030
N055 GO Z5.00 (parada do eixo)
N060 X0.0 Y0.0
N065 M2

13. Defina uma sub-rotina. Como ela seria usada?
 14. Qual é a diferença entre a sub-rotina e o programa principal?
 15. Defina um laço de sub-rotina aninhada. O quanto profundamente normalmente um aninhamento pode se ramificar?

Pensamento critico – Não contemplado na leitura

- 16.** O espelhamento pode ser usado para usinrar castanhas moles para encaixar em uma peça com geometria com contornos? Em outras palavras, você pode editar o espelhamento em um programa existente para usinar uma contraparte do objeto a ser segurado dentro das castanhas moles?
 - 17.** Descreva o propósito do G96 para torneamento. Qual precaução deve ser tomada?
 - 18.** Verdadeiro ou falso? Um código de escala de eixo não poderia ser encontrado em um programa criado por CAM. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?
 - 19.** Descreva quando e por que a velocidade de corte constante poderia ser usada para um trabalho de perfil fresado.

Questões de pensamento crítico

20.

- Nas seguintes instruções de torno, qual velocidade de corte (não rpm) foi determinada como modelo?
- Em qual diâmetro a rpm vai parar de acelerar? *Dica:* A solução requer a manipulação da fórmula "longa" de rpm:

$$RPM = \frac{Vc \times 12}{\text{Circunferência}}$$

ou $Vc \times 1000 / \text{circunferência}$

As fórmulas necessárias podem ser encontradas nas respostas.

- N005 G0 X2.500 (Ferramenta movida rapidamente para diâmetro do modelo)
N010 S1000 M3
N015 G96
N020 G50 S3000
N025 G1 X0.0

RESPOSTAS DO CAPÍTULO

Respostas 7-1

- Para evitar passes em vazio antes do corte real começar; para determinar o quadrante no qual o ciclo ocorrerá; para fornecer uma localização segura para recuo; para proporcionar uma distância de aceleração para rosqueamento.
- Não, CAM é uma solução melhor.
- Resposta achada em sua pesquisa de laboratório.
- Resposta no laboratório.
- Para evitar riscos imperfeitos.

Respostas 7-2

- Uma solução é um laço que move a ferramenta 0,50 pol. para a direita e, em seguida, realiza um furo, repetido mais nove vezes. Esse laço é usado três vezes após o posicionamento da ferramenta no início de cada linha horizontal.
N005 T01 M6 - ($\frac{1}{8}$ broca - começando no PZP)
N010 G0 X0.0 Y5 Z25 (Ponto de partida para a primeira linha de furos)
N015 G91 M3 S4000 (Modo incremental)
N020 G81 X5 D-0.25 R1.0 (Realiza o primeiro furo)
N025 REPEAT 5
GOTO N020 (Realiza os cinco próximos furos)
N030 G90 G80 (Restaura o modo original)

N035 G0 X0.0 Y1.0 Z25 (Partida para a segunda linha de furos)

N040 G91 G81 X5 D-0.25 R1.0

N045 REPEAT 5

GOTO N040

N050 G80 G90

N055 G0 X0.0 Y1.5 Z25

N060 G91 G81 X5 D-0.25 Z0.25

N070 REPEAT 5

GOTO 060

N075 G90 G80

N080 G0 Z100

N085 M2

- As três linhas horizontais podem ser colocadas em um laço aninhado que desloca a ferramenta até 0,5 pol. para cima e para baixo em Y e 5,0 pol. para a esquerda em X, cada vez, antes de chamar o laço de furação aninhada.

Respostas 7-3

1. Uma sub-rotina é um miniprograma elaborado manualmente e personalizado, chamado do meio de armazenamento por um programa principal. Um laço existe dentro do programa principal e é repetido.
2. A afirmação é verdadeira.
3. Um limitador de rpm, enquanto a ferramenta se aproxima do diâmetro zero.
4. Os ciclos fixos ou ciclos enlatados são usados para encurtar a programação de formas repetitivas, complexas ou, de outro modo, impossíveis. São grupos de instruções que requerem apenas um código e os parâmetros preenchidos para compor um pacote inteiro de programação.
5. Um laço inteligente repete comandos selecionados para satisfazer uma contagem e, depois, segue além do laço para frente no programa. Um laço infinito repete para sempre.
6. G71 divide a zona de remoção em passes retos de torneamento na direção do eixo Z, enquanto G72 divide a zona em cortes de faceamento no eixo X.
7. Quando se utiliza um ciclo de furação G81, é uma boa ideia introduzir um comando G80 no fim de todos os furos realizados, porque se trata de um ciclo modal. Se não forem canceladas, as próximas coordenadas X ou Y farão com que a máquina posicione e, então, fure, quando o posicionamento era a única intenção!
8. Espelhamento é a reversão de um ou mais eixos para fazer peças de mão oposta ou a mudança de posição no interior do envelope de trabalho. A escala é a expansão ou a contração de um ou mais eixos para mudar o tamanho do produto final.

Respostas para as questões de revisão

1. É uma rotina de torno para desbastar usando passes retos de torneamento no eixo Z.
2. A ferramenta vai parar a 0,3 pol. da forma final.
3. 0,05 pol. por passe = 0,100 pol. de diâmetro menor.
4. G71 P0155 Q0185.
5. Ele vai desviar para trás (muitos não). É na linha N0195, mas os endereços de definição de forma começam em N0155.
6. Usando duas rotinas de acabamento e compensação de raio. Mude o seu raio para um valor maior do que o que realmente está na máquina para a penúltima passada.
7. Todas as funções do operador para velocidade, movimento rápido e avanço mais modo bloco único. É porque o comando no torno deve manter rígido o controle da rotação do eixo para a posição da ferramenta de corte.
8. G33 X12.2 Z-24.0 H1.515 A60.0 P1.75. (A rotina inclui folga para evitar arrastamento da aresta da ferramenta no retorno rápido; $H = 0,866 \times$ distância de passo.)
9. É falso. Um laço infinito (não contado) é um erro de sintaxe.
- 10-12.** Há três problemas com o programa.
 - a. Ele fura apenas o primeiro furo e, então, ele irá para cima e para baixo naquela localização. Não há movimentação lateral!
 - b. O programa não cancela o comando incremental G91 depois do laço. Se executá-lo uma segunda vez, ele vai começar no modo incremental. Note que o G90 foi adicionado duas vezes, uma vez após o laço e, em seguida, nas linhas de início.
 - c. É necessário ser repetido mais quatro vezes, visto que existem cinco furos no total. Ou, alternativamente, o laço de repetição poderia ser movido para a frente do laço e mantido por cinco repetições.
13. Um programa chamado da memória, a partir de um programa mestre. Sub-rotinas encortam programas, eliminando a repetição.
14. Nada nos comandos reais, mas elas devem ser identificadas com um número de arquivo que será chamado no programa mestre e devem

- ter uma palavra de fim de sub-rotinas no seu final.
15. Aninhamento é escrever uma declaração de lógica de desvio dentro de outra declaração de desvio. Geralmente, três níveis de profundidade ou mais.
 16. Não. Ele produz peças de lado oposto, mas não é o contorno que retém a peça em uma fixação. A comutação de códigos de compensação de ferramenta G41/G42 é o truque usado para fazer castanhas moles.
 17. Ao definir um valor para a velocidade de corte, qualquer mudança no diâmetro X provoca uma alteração proporcional na rpm. Para uma rpm segura, deve ser limitado quando faceando ou perto do centro (G50).
- (RES. Problemas 10–12 Programa de 5 furos – Rev 1)
- N005 G80 G40 G90
 N010 S2000 G94
 N015 T01 M6 (Broca de $\frac{1}{4}$ pol.)
 N020 M3
 N025 G0 X1.0 Y1.0
 N030 Z.25 M8 (Movimento rápido para R)
 N030 G91 G1
 N035 Z–0.700
 N040 Z0.700
 N041 X0.625 (Deslocamento lateral)
 N045 REPEAT 004 GOTO N030
 N050 G90 G0 Z5.0 (Valor absoluto + parada)
 N055 X0.0 Y0.0
 N060 M2
18. Provavelmente seja verdadeiro. Se o objeto precisa de escala, para cima ou para baixo, quando se usa CAM, o mais provável é que a geometria tenha sido redimensionada antes de o programa ser escrito. No entanto, há uma pequena probabilidade de que o código de escala tenha sido editado no programa CAM com base no tamanho de 100%. Em outras palavras, o programa CAM é de 100%, mas foi ajustado para cima ou para baixo depois.
 19. Quando a amplitude de velocidade de corte é estreita, para melhorar a vida da ferramenta e evitar endurecimento, enquanto estiver usando um material difícil ou durante a usinagem maximizada, como HSM.
 20. N005 G0 X2.500 (Movimento rápido de ferramenta para o diâmetro do modelo)
- N010 S1000 M3
 N015 G96
 N020 G50 S3000 (Alcança 3K por 0,83 Dia.)
 N025 G1 X0.0
- a. Fórmula: $V_c = \frac{RPM \times (\pi \times dia)}{12}$
 $V_c = \frac{1.000 \times (7,854)}{12}$
 $V_c = 654,5$ por Diâmetro do Modelo X
- b. Fórmula: $Dia = \frac{V_c \times 12}{\pi \times RPM}$
 $Dia = 0,833$ pol.



» capítulo 8

Configurando uma máquina CNC

No Capítulo 8, assumimos que o planejamento e a programação estão finalizados, mas ainda não testados. Então, é hora de focar a ativação deste primeiro trabalho em CNC e rodá-lo. Seguindo o plano, você montará os dispositivos de fixação da peça, estabelecerá e coordenará o PZP, adicionará as ferramentas de corte e, então, introduzirá os dados no controlador. Pronto – agora é hora de cruzar os dedos, a execução da primeira peça!

Objetivos deste capítulo

- » Alinhar paralelamente ao eixo da máquina.
- » Alinhar a um ponto de referência XY.
- » Entrar com as coordenadas X e Y do PZP no controlador.
- » Estabelecer os deslocamentos da fixação.
- » Determinar e alimentar os deslocamentos das ferramentas.
- » Coordenar o PZP em um centro de torneamento.
- » Determinar a posição X e Y de uma ferramenta simples.
- » Estabelecer a posição PZP.
- » Comparar ferramentas principais, maquetes e métodos de posicionamento-mestre para deslocamentos.
- » Determinar e introduzir comprimento de ferramenta e deslocamento do diâmetro para fresas (centros de usinagem).
- » Ilustrar ou descrever o procedimento de deslocamento para tornos.
- » Determinar o nível de teste necessário baseado na situação.
- » Selecionar o método de teste correto baseado na situação.

Seu nível de confiança dependerá do entendimento completo dos objetivos da Unidade 8-3, em que iremos discutir 12 modos diferentes de garantir o sucesso – nove dos quais ocorrem antes de a ferramenta tocar o metal. Quantos exames de programa são usados para provar que tudo funciona, varia de acordo com a situação. Mas, claramente, reconhecendo a parte complicada sendo executada e, em seguida, tendo a melhor prova, a ação de testar é uma habilidade que vale a pena!

O Capítulo 8 é sobre o gerenciamento de uma máquina CNC. Embora muito disso seja profundo, estude ao máximo! Na minha opinião, o conhecimento da configuração de uma máquina CNC é o ponto central deste livro.

DIFERENÇAS NAS MÁQUINAS E OFICINAS

Embora as tarefas de configuração do Capítulo 8 tenham um objetivo comum, o modo como cada oficina ou controlador CNC as realiza é variável. Seu instrutor terá um modo especial de estabelecer o PZP, embora seu gerente de oficina estabeleça uma política completamente diferente. (Observe a discussão entre os métodos de ferramenta-mestre contra a posição-mestre para estabelecer o PZP). Em alguns casos, controladores novos do mesmo fabricante trabalharão de forma diferente das versões mais antigas. Para cada tarefa, discutiremos o que o comitê de planejamento e eu acreditamos sera a forma de procedimento comum. O ponto-chave é que discutiremos a gama de possibilidades, mas oficina alguma irá misturá-las, isso seria muito confuso. Elas irão executar um procedimento.

OPERADORES LÍDERES OU DE PREPARAÇÃO

Para ser considerado um operador qualificado, você deve ser capaz de executar todas as tarefas no Capítulo 8. Contudo, para maior eficiência, muitas oficinas empregam operadores líderes para executá-las. Eles são capazes de configurar,

reparar e movimentar cada máquina na oficina. Embora eles ocasionalmente operem quando a carga de trabalho é elevada ou algum operador essencial esteja faltando, geralmente não trabalham em serviço de produção. Circulam de máquina em máquina, ajustando, auxiliando e resolvendo problemas.

Após fabricar a primeira peça que seja aprovada, eles devem permanecer até as dimensões críticas se estabilizarem e o desvio normal ser determinado. Líderes de oficina também fazem a troca de ferramentas de corte antes de ser necessário. Os líderes de CNC também trabalham com fabricantes de ferramentas para produzir dispositivos e fixações ou, em algumas oficinas, fazem-nos pessoalmente. O trabalho do líder é um desafio, uma carreira bem remunerada e um passo na direção do gerenciamento ou do estabelecimento da própria oficina! Os objetivos a seguir ensinam como manter sua máquina funcionando e, talvez, como manter uma carreira em ascensão, desenvolvendo-se da melhor forma!

» *Unidade 8-1*

» **Alinhamento e coordenação da ferramenta de uma aresta de corte em um centro de usinagem**

Primeiro, faremos a configuração da fixação da peça e, então, sincronizaremos sua posição física com a área de trabalho no registro dos eixos no controlador. Iniciaremos com um caso simples, uma ferramenta de uma aresta de corte, primeiro, em uma fresadora CNC e, depois, em um torneio. Então, na Unidade 8-2, continuaremos com a configuração de uma ferramenta de corte múltiplo, em que surge uma série de variações entre procedimentos.

Ponto-chave:

Na Unidade 8-1, após executar a configuração física, posicionaremos uma ferramenta com uma aresta cortante no PZP e, então, se estabeleceremos os registros de eixos para lerem X0, Y0 e Z0 se tratar de um programa de fresagem. Isso é denominado método de ferramenta-mestre para localização do PZP. Há outro método descrito na Unidade 8-2, denominado posição-mestre.

Este capítulo presume experiência prévia com relógios apalpadores e localizadores de borda e de centro para alinhamento do ferramental aos eixos das máquinas. Se você não possuir essa experiência, retorne aos Capítulos 7* e 4** para revisão. Práticas anteriores com posicionadores digitais para eixos em tornos ou fresadoras antigos também serão úteis.

Termos-chave:

Calc (função)

Função em controladores modernos em que os valores dos eixos podem ser escritos no registro de coordenadas ou na memória de deslocamentos.

Coordenação (coordenando)

Alinhamento físico de fixadores e ferramentas e, então, escrita dos registros de eixos para representar aquela posição como PZP.

Conversa de chão de fábrica

Para resumir, sempre estabeleço que um conceito se aplique a uma fresadora, o que significa um centro de usinagem provavelmente equipado com troca automática de ferramenta. Um torno significa um centro de torneamento com as ferramentas de corte montadas em uma torre de ferramentas indexada vertical.

* N. de E.: Capítulo do livro FITZPATRICK, M. *Introdução à manufatura*. Porto Alegre: AMGH, 2013.

** N. de E.: Capítulo do livro FITZPATRICK, M. *Introdução aos processos de usinagem*. Porto Alegre: AMGH, 2013.

memória. Os deslocamentos de fixação podem ser modificados pela edição da memória.

Instrução de ajuste de eixo

Código que escreve as coordenadas da máquina no registro de coordenadas de trabalho baseado na posição atual da ferramenta.

Método da ferramenta-mestre

Método de configuração em que uma ferramenta com uma aresta de corte é usada como um modelo para todas as outras ferramentas na configuração. Todas as outras ferramentas de corte são deslocadas de modo a operarem como se tivessem o comprimento da ferramenta-mestre.

Método do toque

Trazer a ferramenta de corte até encostar no sensor de espessura conhecida.

Alinhamento de morsa para centro de usinagem

Monitor do controlador necessário

Para executar configurações CNC, você precisa entender claramente a diferença *em* e *como* acessar e escrever dados nas telas de controle a seguir (algumas vezes, denominadas páginas) em seu controlador. Na maioria dos controladores modernos, duas ou mais dessas telas podem ser combinadas pela escolha entre mostradores deslizantes. Aqui está um breve resumo do que cada uma representa e como pode ser usada para configuração e operação:

Coordenadas da máquina

Fresadoras

A posição XYZ absoluta do fuso com referência ao zero máquina.

Tornos

A posição XZ do porta-ferramentas relativa ao M/H

Usadas para

Alinhamento e localização da referência de configuração e suportes de ferramentas, para usinagem de ferramentas como morsas e placas de castanhas e como uma refe-

rência útil durante a configuração de deslocamentos de fixação.

Não usadas para

As coordenadas da máquina são absolutas e fixas, não podem ser modificadas nem serão usadas durante a operação do programa. Elas não mostram diretamente um relacionamento com a posição zero de referência do programa.

Coordenadas de trabalho

Tanto tornos como fresadoras A posição da ferramenta de corte relativa ao PZP atual deve ter sido estabelecida durante a configuração.

Usadas para

Dados básicos para monitoramento de testes de programas e durante a execução normal de um programa.

Não usadas para

As coordenadas de trabalho não são usadas até que a configuração esteja sincronizada com a localização física do PZP. Elas são inúteis até o passo final, uma vez que representam uma configuração prévia não mais presente na máquina. Um objetivo principal na configuração CNC é coordenar os eixos X e Y (e Z) para representarem a posição real da ferramenta nessas coordenadas. Você modificará essa tela para representar a configuração.

Ponto-chave:

As coordenadas de trabalho não estão completas até a configuração ser finalizada.

Distância a alcançar (DAA)

Esses são valores incrementais contados que dizem ao operador até onde o cortador irá mover-se em cada eixo *para completar o comando atual*. Eles são usados quando a folga está em questão durante os cortes ou durante o programa ou comandos MDI. Frequentemente, interrompemos o movimento com superposição ou funções de fixação des-

lizantes medindo a distância do cortador à zona de risco e, então, comparando com os valores DAA.

Usados para

Eles são usados extensivamente *durante o teste do programa*: por exemplo, uma ferramenta de torneamento inicia um rápido movimento em direção à castanha; para ter certeza de que não irá chocar-se com a castanha, toque um grampo deslizante, pare a rotação do fuso e meça a distância que a ferramenta pode deslocar. Então, compararemos com a tela DAA.

Não usados para

Referência do PZP ou usinagem – eles mostram o quanto longe o cortador está indo para movimentar-se até o final do comando axial atual. O valor DAA não pode ser modificado por entrada manual de dados.

Memória da ferramenta

Usada para

Como discutido previamente, essa tela reúne o número da ferramenta, sua posição de troca complementada com o deslocamento de compensação para diâmetros/raios e comprimentos. A forma da ferramenta de torneamento ou do vetor de abordagem também é armazenada aqui.

Deslocamento da fixação – Fresadoras

Deslocamentos da fixação posicionam o PZP relativamente ao zero máquina (usualmente em fresadoras, mas tornos podem usá-los também). Eles são usados para posicionar um único PZP ou múltiplos PZPs. Códigos comuns para deslocamentos de fixação são G54 e G55 até G59. O G53 é normalmente reservado para identificar o zero máquina no programa, mas ele pode ser usado também como um deslocamento de fixação.

Usado para

Na indústria, muitas morsas e muitos dispositivos podem ser pré-localizados, reduzindo o tempo de configuração. À medida que são

montados, chavetas ou pinos fixam-nos na posição exata na placa de sacrifício. Em um passo rápido, eles são alinhados a uma posição de referência na máquina precisamente conhecida dentro da área de trabalho. Então, a economia na configuração de dispositivos pode ser implementada para estabelecer o PZP. Em muitos controladores, um mínimo de sete posições pode ser assentado. Com pequenas chances de erro além de cavacos deixados accidentalmente para trás, o suporte de ferramenta e a referência XY para a configuração estão prontos para uso.

Dica da área

Um método rápido de voltar a referenciar o zero máquina e movimentar a ferramenta para M/H é escrever G53 X0 Y0 Z0, onde o deslocamento G53 foi pré-carregado com X0, Y0 e Z0 – isso foi reservado para o zero máquina.

Configuração de morsa flutuante

Uma das mais básicas tarefas de configuração é posicionar uma morsa simples em qualquer lugar na mesa da fresadora CNC. Com alguma prática, você será capaz de completar esse passo em menos de meia hora. A seguir, instruções de como você irá proceder.

Primeiro, orientação da peça

Se você não souber planejar, inicie determinando como o material bruto deve se assentar relativamente à máquina e, então, ache as ferramentas de fixação para fazê-lo. Na maioria dos casos, morsa, grampos ou fixadores podem ser posicionados próximo do centro da mesa, mas não sempre. Peças longas ou de forma variada, às vezes, necessitam que a configuração seja feita de outra forma.

Em seguida limpe tudo: a morsa e a placa de sacrifício ou a mesa da fresadora devem estar livres de cavacos.

Conversa de chão de fábrica

Em uma oficina que trabalhei no começo da minha carreira, o supervisor utilizou uma morsa configurada para um teste a fim de verificar se poderia contratar alguém que disse ser um operador qualificado. Ele o levou para uma fresadora, forneceu o que ele necessitava e, então, observou-o para ver se ele limparia tudo antes de montar e quanto tempo levaria para completar a tarefa. Após completar, ele poderia ir adiante e passar o relógio apalpador sobre o mordente da morsa para ver se estava dentro de 0,001 pol. Se ele fizesse dentro de 15 minutos, normalmente, seria contratado!

Alinhamento XY passo a passo

- **Carregue o suporte do relógio apalpador – manualmente ou EDM** Muitas oficinas mantêm o suporte do relógio apalpador como uma parte permanente do tambor de carregamento da ferramenta. Por exemplo, em nossa oficina, é sempre T16 = relógio apalpador (Fig. 8-1).

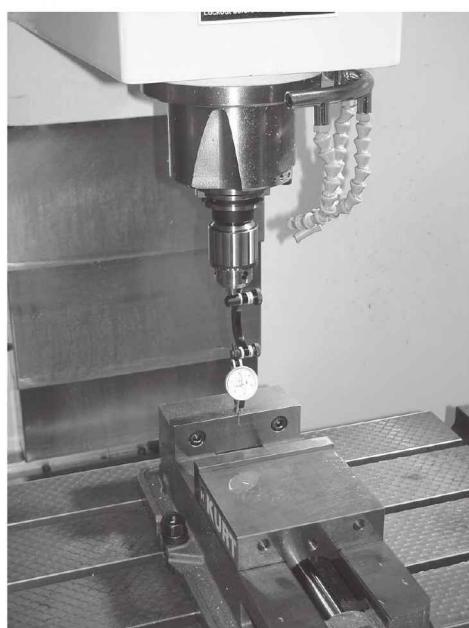


Figura 8-1 Muitas fresadoras CNC mantêm um suporte para relógio apalpador como a ferramenta Número 16.

Suporte pré-carregado Se existir, selecione o controlador no modo EDM (entrada de dados manual – pode ser também modo de edição em alguns controladores), então, entre com o número da ferramenta e o código M6. Mude para bloco simples e toque >início do ciclo<. Normalmente, o relógio apalpador não está no suporte, então, uma vez que o braço de mudança tenha sido seguramente retraído, monte-o no suporte.

Ponto-chave:

Cuidado!

Destrave o movimento dos eixos antes de posicionar o relógio apalpador no suporte.

Nenhum suporte carregado Se não houver suporte no tambor, mude o controlador para o modo manual e siga a sequência manual de troca de ferramenta para esse controlador. Mude para uma posição vazia e, então, use a haste do tambor para introduzir um suporte do relógio apalpador ou um suporte de ferramenta disponível no qual um suporte de relógio apalpador universal possa ser fixado, ou um mandril com um localizador de arestas.

- **Mude o fuso para neutro**
- **Selecione o método manual de movimentação do eixo**

Gerador de pulsos volante ou jogo de botões.

Ponto-chave:

Cuidado!

Durante experiências iniciais com movimentos manuais, gire o controle de velocidades de avanços para abaixo de 25%.

Procedimento de alinhamento da indicação Neste ponto, o procedimento é o mesmo que o das máquinas manuais. Utilize o método de extremidade a extremidade ou o método de inclinação para alinhar a superfície de referência ao

eixo da máquina (Capítulo 4*). Lembre-se: após o aperto final no parafuso, verifique o alinhamento.

Dica da área

Lembre-se Para melhor o alinhamento de morsas, uma barra retificada paralela segura nos mordentes atenua imperfeições e fornece uma superfície lisa de referência ao deslocamento do sensor do indicador.

Coordenação do controlador com o PZP XY

A morsa está fixada no local, e o alinhamento dos eixos foi verificado. A próxima tarefa é sincronizar o XY do PZP com o registro de eixos, denominada **coordenação** da configuração. Iremos observar dois alinhamentos – o PZP sobre o furo de ajuste e o PZP na interseção de duas superfícies. A posição do eixo Z pode ser coordenada somente depois que as ferramentas de corte estiverem na máquina (Unidade 8-2).

Posicionando o fuso sobre um furo Ou a peça tem um furo preciso que esteja a uma distância conhecida do PZP ou seja o PZP, ou a configuração inclui um furo de início usinado em um bloco que está a uma distância conhecida com relação ao PZP da peça.

Passo a passo (Fig. 8-2)

- **Altere o fuso para o neutro para girar o relógio apalpador manualmente**
- **Alinhamento prévio** Com o relógio apalpador montado sobre o furo, troque para movimentação manual e, então, movimente até o sensor oscilar visualmente concêntrico com o aro do furo em 360°. Tente manter dentro de 0,015 pol. ou de modo que o relógio apalpador seja capaz de ler a quantidade total quando colocado no furo.

* N. de E.: Capítulo do livro FITZPATRICK, M. *Introdução aos processos de usinagem*. Porto Alegre: AMGH, 2013.

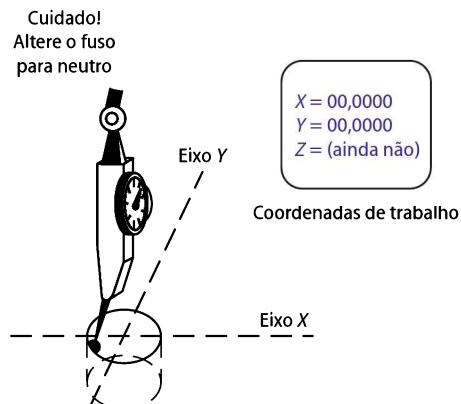


Figura 8-2 Alinhando o relógio apalpador sobre um ponto de posicionamento de um furo.

- **Oscile manualmente o sensor de forma segura acima da borda do furo e, então, desça o eixo Z.**
- **Alinhamento final** Rotacione manualmente o fuso enquanto estiver oscilando até a LTI = 0,0.

Note que, após o alinhamento, é uma boa ideia introduzir o sensor no fundo do furo enquanto testa o alinhamento XY uma segunda vez, somente no caso de ter desvios de cilindricidade ou inclinação. Se os dois testes divergirem, tente colocar um pino de precisão no furo ou, alternativamente, teste verificando a média entre duas posições.

Ponto-chave:

O fuso está agora na posição PZP XY exata ou pode estar em uma posição conhecida de ajuste relativa ao PZP, de acordo com o planejado. *Porém, o registro de eixos ainda não representa essa posição.*

Carregando registros (Fig. 8-2)

- **Alterando para a tela das coordenadas de trabalho** Há três meios de introduzir um número no registro de eixos no controlador.

1. Eixo zero

O modo mais simples é usar o botão reset para zerar os registros. Contudo, em alguns controladores, isso também zera outros dados. Você pode não querer perdê-los. Alguns controladores não possuem essa função de reiniciar, mas, nos em que ela existe, às vezes, é útil se você souber como ela afeta os outros dados.

2. Entrada manual

O método universal é posicionar o cursor sobre a coluna e escrever os dígitos, um por vez, no teclado.

3. Calcular e utilizar as funções de código

Além da entrada de dados EDM, há diferenças nos protocolos de carregamento dos eixos entre controladores. Aqui estão dois exemplos representativos:

Palavra código predefinida Nem todos os controladores apresentam esta palavra código, especialmente aqueles com deslocamento de fixação. Esta é uma palavra que estabelece os registros nos eixos para um determinado valor. Todos os dados estão no comando – nenhum é armazenado na memória, como nos deslocamentos de fixação.

Se o seu controlador tem uma palavra código predefinida, isso pode ser um meio útil para estabelecer o PZP. Isso também pode ser usado em um programa, mas aja com cautela ao utilizá-lo, pois surgem armadilhas quando alguém muda as coordenadas PZP. Algumas vezes, o PZP é perdido permanentemente até as coordenadas do zero máquina serem escritas novamente.

Ponto-chave:

Uma **instrução de ajuste de eixo** escreve qualquer valor que ele contenha no registro de eixos no instante em que o lê no programa.

Para usar esse recurso, o fuso/ferramenta deve estar em uma posição conhecida em relação

ao PZP. Se, por acidente, não for a posição esperada, então, o PZP estará perdido até ser restabelecido.

Suponha que nosso controlador genérico utilize G60 como seu código predefinido para eixo e que estacionemos no ponto estabelecido de 2 pol. positivas do PZP ao longo do eixo X. Com a página de coordenadas de trabalho mostrada, mude para o modo EDM em

G60 X2.00 Y0.0

e acione o botão >início do ciclo< no modo bloco simples.

Os registros lerão agora X02.0000 Y00.0000.

(Função calc) Calculando a posição Muitos controladores modernos têm um meio de carregar a informação a registrar diretamente nos registros ou utilizar matemática nos dados de entrada. Vá para a página de coordenadas de trabalho e acione o botão “CALC” abaixo da tela.

Se a localização atual for o PZP, entre com a função calc e, então, acione uma segunda vez, indicando que todos os números devem ser zero. O registro, então, lê X0.0000, Y0.0000. (Note que pode haver diferenças nos controladores quanto a como essa função opera em sua máquina.)

Dica da área

Muitos controladores permitem o uso de funções matemáticas quando estão introduzindo dados no modo calc. Por exemplo, suponha um localizador de arestas tangenciando uma superfície de fixação que está a mais 2,625 pol. do PZP do eixo X. Então, digite $2,625 - 0,1$ (o 0,1 negativo considera o raio do sensor). O registro, então, lerá 2,525.

Estacionando sobre um ponto de referência PZP XY em uma interseção de canto

Este procedimento de alinhamento é um pouco mais complexo, uma vez que você estará alinhando

com duas arestas, uma de cada vez. Usando um relógio apalpador, pode-se posicionar o fuso em um ponto de interseção entre duas arestas, próximo ou na repetibilidade do relógio apalpador.

Uma aresta de referência para fresagem é, geralmente, o mordente fixo de uma morsa ou uma barra paralela segura contra esse mordente, para tornar-se a referência A. A segunda é, provavelmente, o blanque seguro contra um batente de matéria-prima para estabelecer o referencial B. Não importa qual será coordenado primeiro. Na Figura 8-3, observamos uma configuração necessitando de alinhamento da referência XY.

Passo a passo

- **Alinhamento bruto** Inicie com um localizador de arestas ou de centro. Oscile o fuso na posição de visualização sobre o ponto XY. Neste instante, poderá ser útil zerar as coordenadas de trabalho e utilizá-las para o alinhamento final – contudo, as coordenadas da máquina poderão ser usadas até quando o alinhamento estiver finalizado.
- **Alinhamento final pelo relógio apalpador, Um eixo** Iniciaremos posicionando o fuso di-

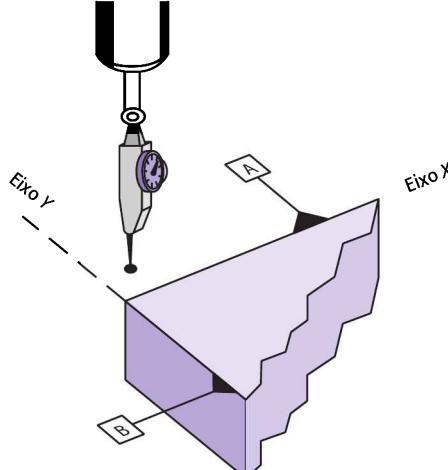


Figura 8-3 Esta configuração requer a parada física do fuso sobre a interseção das arestas A e B para estabelecer o PZP no plano XY.

retamente sobre a linha do eixo X (mordente da morsa), o que **zera o eixo Y**.

Ponto-chave:

Alinhando o fuso sobre a aresta paralela ao eixo X, estabelece-se o zero do eixo Y.

- **Relógio apalpador nulo sobre o mordente da morsa – Paralelo ao eixo X** O objetivo é oscilar até a mesma leitura do relógio (geralmente zero) surgir nos dois lados da linha, como visto na Figura 8-4. Isso é feito como nas máquinas manuais, oscilando o eixo em amplitudes reduzidas até estar centrado sobre a aresta.
- **Página de coordenadas da peça – Estabelecer o registro do eixo Y em zero** Deixe o eixo Y de lado por enquanto. Um restabelecimento de eixo pode ser usado aqui.

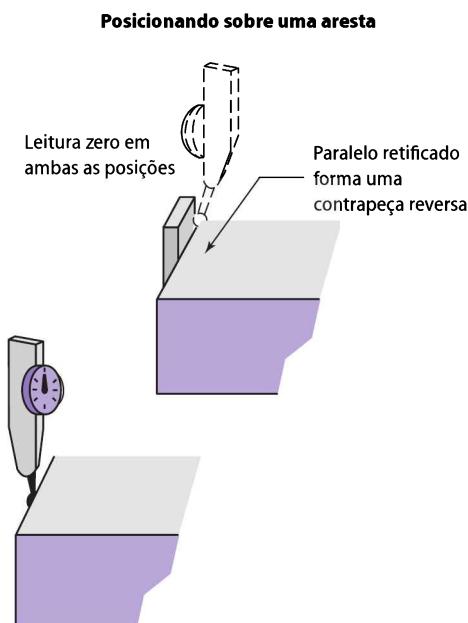


Figura 8-4 Estabelecendo o zero no eixo Y. O relógio apalpador lê zero em ambos os extremos da aresta A, eixo X. Fazer isso requer um paralelo retificado seguro de encontro à aresta, como mostrado.

• Nulo sobre a aresta do eixo Y estabelecer

X em zero A operação é repetida contra a superfície paralela ao eixo Y, estabelecendo o zero do eixo X. O PZP no plano XY está completo.

Para zerar o segundo eixo, não use a função reset, pois isso irá apagar a coordenação anterior de eixos.

Dica da área

Há três dicas para simplificar o alinhamento de aresta

1. **Alinhamento grosso** Usando um apontador retificado preciso, ou melhor, um localizador de centros, pode-se trazer a posição próxima do alinhamento (Fig. 8-5). Algumas vezes, se houver sobremetal suficiente na peça, isso pode ser suficientemente preciso para a posição do fuso. Senão, esta operação economiza tempo realinhando para métodos mais precisos.

Alinhamento grosso

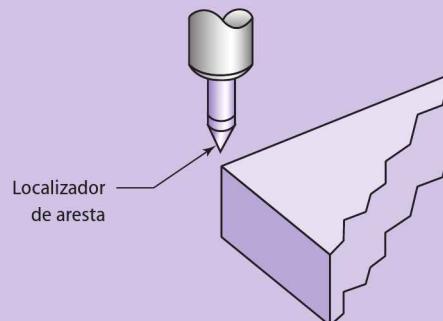


Figura 8-5 Um localizador de centros (ou mesmo um apontador preciso) economiza tempo.

2. **Acessório para furo de referência** Esta pequena joia caseira pode economizar tempo durante o alinhamento preciso com a referência. Ela apresenta um furo precisamente executado e alinhado com uma superfície de teste retificada. Quando grampeada

contra a aresta em questão, a indicação é simplificada rotacionando o sensor no furo. Você pode fazer esta ferramenta como um projeto de oficina! (Veja a Fig. 8-6.)

Faça este indicador manual de alvo

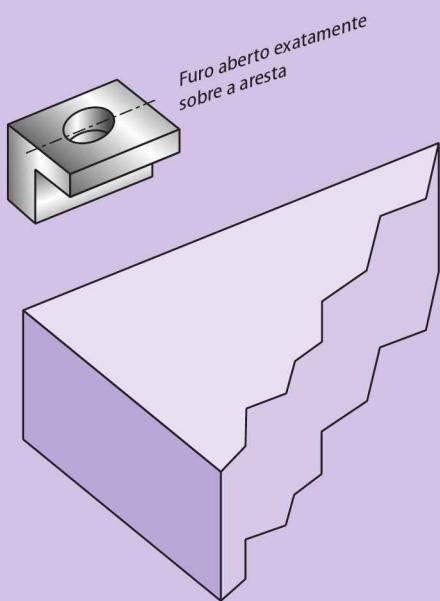


Figura 8-6 Um indicador de alvo acelera o uso de DTI sobre uma aresta.

3. *Localizadores de arestas* Mais precisos do que localizadores de centro, mas menos do que os métodos com relógio, os localizadores de arestas são frequentemente empregados para alinhar os registros axiais no trabalho de configuração CNC. Em um passo por aresta, o cilindro de teste é trazido para tangenciar exatamente com a aresta em questão. Nessa posição, o fuso é de 0,1 pol. se o sensor tiver diâmetro 0,2 pol. (o mais comum). O registro axial é, então, estabelecido para representar aquela posição coordenada em mais ou menos 0,1 pol, ou a função calc pode ser usada para considerar o raio do sensor.

Utilizando deslocamentos de fixação em vez de estabelecer coordenadas da peça

O procedimento anterior envolve uma morsa simples com uma coordenação PZP XY simples, o que requer mudança na entrada das *coordenadas de trabalho* para representar esse ponto de referência PZP. Mas há outro modo de sincronizar essa configuração. Pelo carregamento das *coordenadas da máquina* para o PZP em uma determinada memória de deslocamento da fixação.

Ponto-chave:

Para utilizar deslocamentos de fixação para a sincronização do PZP, o programa deve conter um comando de deslocamento de fixação (G54 até G59). Então, você deve se assegurar de que a memória de deslocamento correta seja carregada com as coordenadas da máquina para este deslocamento – você determinará os valores durante a configuração.

Para utilizar deslocamento de fixação, começamos do mesmo modo: pela localização do fuso no PZP. Mas, aqui, nós lemos as *coordenadas da máquina* daquela localização. Os valores de referência da máquina são, então, escritos na memória de deslocamento de fixação sob G54 até G59 (na maioria dos controladores). Isso pode ser feito manualmente, ou alguns controladores irão carregá-los automaticamente usando a função de cálculo (calc).

Então, quando o controlador lê um comando de deslocamento de fixação no programa, todos os movimentos subsequentes dos eixos são mostrados em coordenadas de trabalho relativas à posição PZP. A partir do instante em que o comando de deslocamento for lido, as coordenadas de trabalho serão trocadas relativamente ao novo PZP deslocado na fixação.

Ponto-chave:

A partir do instante da leitura do comando de deslocamento da fixação no programa até ele ser cancelado, as coordenadas de trabalho representarão o novo PZP.

Deslocamentos de fixação são mais fáceis de usar em comparação aos antigos códigos de estabelecimento de eixos, porque os dados de localização do PZP são armazenados na memória do controlador, e não nas linhas do programa. Eles podem ser facilmente editados. Para alterar uma localização preestabelecida, deve-se editar o programa. Também, uma vez que a configuração assume que os eixos estão na posição desejada, é fácil *perder-se* se a máquina não está realmente naquela posição quando o código é lido.

Utilização do deslocamento de fixação Estas ferramentas de programação podem ser usadas de três modos diferentes:

Para estabelecer um PZP simples

Para estabelecer e usar mais de uma estação de usinagem em um programa simples – múltiplas morsas, por exemplo

Para estabelecer e salvar muitos PZPs diferentes para diferentes programas

Deslocamento para um PZP simples Em algumas oficinas, para manter a coerência, os deslocamentos de fixação são usados para estabelecer qualquer PZP. Todo cabeçalho de programa inicia com o código de deslocamento de fixação, no qual as coordenadas do ponto de referência são armazenadas.

Diferenças políticas e controladores – Cancelando deslocamento de fixação Muitos controladores novos apresentam deslocamentos iniciando em G53. Então, G53 X0.0 Y0.0 cancela qualquer configuração.

Por outro lado, alguns controladores têm um código específico de cancelamento do deslocamento de fixação. G28 é um comando popular, mas há ou-

tro. Onde o comando de cancelamento de fixação existe, G53 pode, então, ser usado como um deslocamento de fixação. Certifique-se de ter aprendido como seu controle particular cancela um deslocamento de fixação.

Interseção de aresta passo a passo

- **Posição DTI no local do PZP** Usando os métodos já escritos, posicione em PZP #1.
- **Vá para a página de coordenadas da máquina** Registre a posição absoluta do PZP com relação ao M/H. Então, mude para página de fixação e entre com a localização na linha específica da memória de dispositivo (G54 até G59).

Autocarregamento Muitos controladores CNC apresentam a entrada automática das posições da máquina na memória de deslocamento da fixação. Uma vez que o fuso esteja estacionado na posição PZP, um toque de botão carregará aquela posição na linha destacada de deslocamento de posição. Se for assim, use-o para evitar transferir dígitos de entradas manuais. Esses controladores também fornecem entradas calculadas quando a posição marcada do PZP for diferente da posição do fuso.

Agora é a sua vez

Compreendeu? Teste seu entendimento: Na Figura 8-7, o PZP da morsa 1 está armazenado sob G54, e o da morsa 2, sob G55. As dimensões são as coordenadas da máquina obtidas com um relógio apalpador durante a configuração. Elas são relativas ao M/H. Cada uma foi introduzida no deslocamento de fixação. A seguir, o programa chama

N025 G54, G0 X0.0 Y0.0
(sem movimento no eixo Z)

- a. Onde o cortador está indo para iniciar?
- b. Após o movimento, o que será lido nas coordenadas da peça?

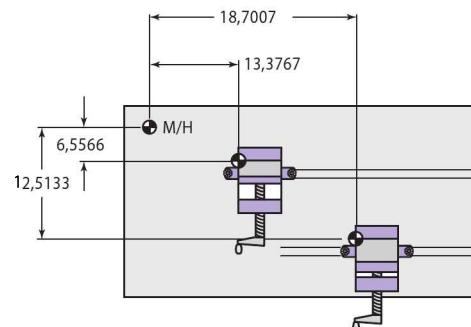


Figura 8-7 Estas coordenadas de usinagem estão armazenadas sob G54 e G55.

c. O que será lido nas coordenadas da máquina?

OK, isso foi fácil, mas, agora, o comando na linha 30 é lido:

N030 G55

d. O que, então, será lido no registro das *coordenadas da peça*?

Respostas

- Acima do PZP para morsa 1.
- Coordenadas de trabalho X0.0 Y0.0.
- Coordenadas da máquina: X13.3767 Y-06.5566
- Coordenadas da peça: X-5,32460 Y5,9567
O cortador não se moverá, somente mudará a referência. Essa é a diferença de distância entre a localização XY nas duas morsas.

Ponto-chave:

Deslocamentos de fixação são posições armazenadas na memória relativas ao zero máquina. Elas são chamadas pelo programa, mas os números não estão no programa. Os deslocamentos de fixação são modais até serem cancelados, normalmente com G53 ou G28.

Coordenação no eixo Z

Certo, o PZP XY está determinado, agora a ferramenta de corte simples está posicionada no fuso e seu

tempo está coordenado com o zero no eixo Z. Continuando com nosso caso simples, ela é uma fresa de topo. O plano inicia em Z0,0, justamente com a ferramenta encostando na superfície da peça. Aqui também há uma série de variações, portanto, é importante entender toda a gama de possibilidades.

Ponto-chave:

Cuidado!

Não posicionar a altura Z corretamente é uma causa comum de acidentes na operação inicial.

Passo a passo

- Carregando a ferramenta de corte** Chame a ferramenta e fixe-a no fuso manualmente ou, se ela estiver no tambor de ferramentas, mude para MDI e, então, introduza o número da ferramenta e o código M6 e execute a troca de ferramenta em uma sentença simples.
- Mudando para o modo manual (sem autoverificação)** Manuseie o eixo Z em direção à peça até a fresa de topo tocá-la na posição exata em relação ao PZP – a superfície superior na peça, neste exemplo. Leia novamente o plano de configuração – o ponto de referência Z pode estar em outro lugar.

Aproxime-se da superfície vagarosamente; o objetivo é ter contato sensível ao tato, conhecido como **método do toque**. Tocar o cortador no material não é a melhor política, pois a ferramenta está rotacionando manualmente enquanto é movida para tocar a matéria-prima. Faça somente até riscar de leve!

Ponto-chave:

Para evitar danos na aresta de corte, não rotacione a ferramenta ao contrário.

Calibrando a altura Z Um melhoramento no toque da ferramenta com a superfície da peça são os métodos do bloco padrão ou do papel de preenchimento discutidos anteriormente (Fig. 8-8). Ambos devem ter sua espes-



Figura 8-8 Usando um sensor de ajuste de ferramenta para estabelecer a posição do eixo Z.

sura conhecida e prevenir o toque direto da ferramenta com a peça. Isso também atua como um medidor de sensibilidade melhorado.

- **Assentando o registro do eixo Z nas coordenadas de trabalho** Além de posicionar fisicamente o eixo Z, o controlador deve assentar o valor positivo correto relativo à posição da ferramenta sobre a peça ou para o valor $Z = 0.0000$ se a estiver tocando.

Verificação e visão da máquina

O modo mais seguro e rápido de assentar a coordenada Z é uma autoverificação (Fig. 8-9) ou um sistema de visualizar a máquina. Fácil de usar, a ferramenta de verificação tem uma espessura conhecida armazenada no controlador. Uma vez que o ciclo da ferramenta de verificação é iniciado, ele direciona lentamente a ferramenta no sentido de verificação apoiando sobre a superfície de referência. Então, na posição exata de toque, o movimento é interrompido, e um sinal é enviado ao controlador para zerar o eixo Z.

Diferenças de controlador para sensoriamento e ajuste da ferramenta A gama de sensores de verificação varia desde pequenas almofadas eletrônicas posicionadas manualmente entre a superfície de referência e a ferramenta até as sofisticadas câmeras de visão a laser em braços

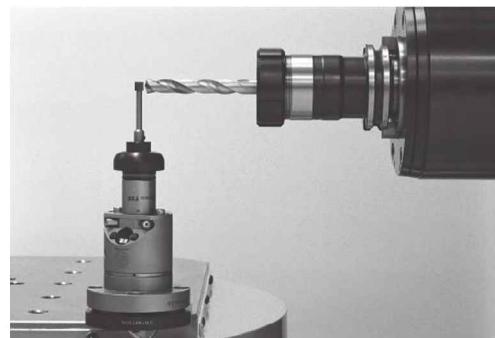


Figura 8-9 Este sensor está sentindo a posição do cortador.

articulados. Após o verificador registrar o comprimento da ferramenta, o registro carregado no eixo varia também. Ao encostar, a posição poderá ser carregada manualmente usando a espessura conhecida do verificador. Porém, mais de acordo com aqueles controladores sofisticados, a posição Z será automaticamente carregada nas coordenadas da peça. Se há um momento para ler o manual, é este!

Coordenando o PZP em um centro de torneamento

Aqui, também iniciaremos com uma ferramenta simples de torneamento e, em seguida, desenvolveremos com deslocamentos e dicas na Unidade 8-2. De modo semelhante à fresagem, a ferramenta de corte deverá estar posicionada em uma relação conhecida com o PZP tanto no eixo X como no eixo Y. Então, com um eixo de cada vez, o PZP é carregado no registro de coordenadas da peça.

Coordenando o eixo X

Normalmente, não importa qual eixo é coordenado primeiro. Iniciaremos com o eixo X.

Dica da área

Tenha em mente que, em circunstâncias normais, todos os valores de X no controlador referem-se a diâmetros.

Diferentemente do procedimento para fresadoras, não é possível posicionar uma ferramenta de torneamento exatamente na posição *X* zero – a linha de centro da peça. O procedimento é posicioná-la em um diâmetro conhecido e, então, deslocá-la para a posição no eixo *X*. Isso é especialmente verdadeiro quando se estiver utilizando uma ferramenta com um raio de ponta, uma vez que é difícil detectar quando a ponta está exatamente no centro da peça. Assuma que o dispositivo de fixação da peça com um comprimento do material esteja no local.

Coordenação do diâmetro *X*

Tocando um diâmetro conhecido Usando o método de encostar, a ferramenta de corte é lentamente movimentada até encostar-se a qualquer peça cilíndrica de diâmetro conhecido, presa em uma pinça ou placa de castanhas (Fig. 8-10). Para facilitar a sensibilidade, o fuso é rotacionado à mão em neutro e um papel sensor de folga é usado (veja a Dica da área).

Precisão melhor – Usinando um diâmetro de teste Aqui, nós usamos o movimento manual da ferramenta de corte para usinar um cilindro de teste curto. A barra de configuração ou a peça é usinada para qualquer diâmetro uniforme.

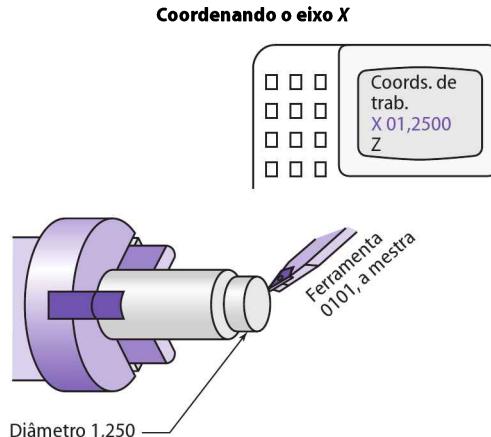


Figura 8-10 Coordenar o eixo *X* envolve fazer ou tocar um diâmetro conhecido.

Ponto-chave:

Este diâmetro medido torna-se a posição *X* daquela ferramenta de torneamento.

Criar esse diâmetro temporário com a ferramenta de torneamento elimina potenciais batimentos e permite sentir imprecisões no toque com a peça, e isso reduz o ajuste fino da configuração devido à deflexão da peça e da ferramenta sentida durante a usinagem real. Contudo, isso não as elimina de todo, visto que o corte manual não representa perfeitamente o movimento do programa e a remoção de metal – você deve refinar a posição do *X* no PZP durante as primeiras peças fabricadas com essa ferramenta de corte.

Dica da área

Precaução Igualmente a com uma fresa, ao tocar a ferramenta de corte de torneamento na peça enquanto rotaciona o fuso manualmente, nunca rotacione o fuso para trás, especialmente quando um inserto de metal duro está encostado na peça – isso irá lascar a aresta de corte.

Passo a passo

Como o metal será cortado neste procedimento, existe o risco de um acidente. Certifique-se de ter entendido os controles e ter a assistência de um instrutor.

- **Selecione o modo manual**
- **Posicione a torre de ferramentas – Monte a ferramenta de corte** Certifique-se de que a torre está totalmente afastada da castanha para garantir folga da ferramenta enquanto ela rotaciona.
- **Selecione uma rotação moderada**
- **Inicie o fuso** Verifique a peça primeiro para ter certeza de que ela está firmemente apertada.
- **Selecione o modo manual ou automático**
- **Mova a ferramenta de corte até $\frac{1}{2}$ pol. da peça**

- Diminua o movimento axial
- Mova o eixo X para fazer um corte de teste com profundidade estimada de 0,015 pol
- Usando uma velocidade manual moderada ou um avanço contínuo, use o diâmetro de teste Verifique duas vezes qual eixo está selecionado quando você iniciar o passo de usinagem. Você moverá o eixo Z mais ou menos 0,25 pol. na peça para criar o diâmetro de teste.
- Desloque a ferramenta de corte somente no eixo Z – Pare o fuso

Ponto-chave:

Cuidado!

Não altere a posição X quando estiver deslocando. Então, antes de se aproximar para medir o diâmetro de teste, trave o movimento acidental do eixo.

- Desloque somente no eixo X e, então, pare A ferramenta é deslocada em X para preservar a posição Z0.0 da ferramenta.
- Carregue o registro do eixo Z

Sondas e sistemas de visualização da ferramenta

Semelhante a fresadoras, o método mais apurado e rápido de coordenar a configuração de um torno é autossensoriar a posição da ferramenta de corte em relação às coordenadas da máquina (Figs. 8-11 e 8-12).

Método da ferramenta-mestre

Agora, iniciamos a grande discussão entre operadores CNC – siga-o exatamente. Essa discussão é importante para um profundo entendimento dos procedimentos de configuração CNC. Ela é a ra-

Coordenando o eixo Z



Figura 8-11 Coordenando o eixo Z.

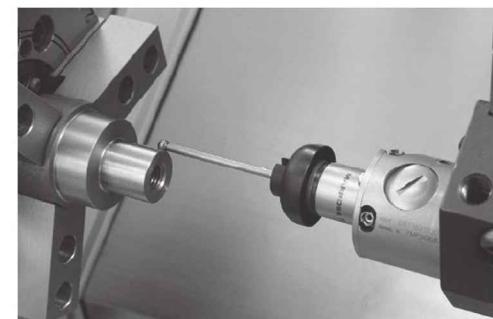


Figura 8-12 Medir o eixo X ou coordenar a ferramenta é fácil usando um sensor.

Coordenação do eixo Z

Configurar o valor do PZP do eixo Z é um passo do procedimento de encostar realizado no material da peça, e não na barra de teste. Ou, para melhor precisão, um corte de teste também poderá ser feito.

Para trabalho de produção, quando lotes de peças devem ser feitos, um batente da matéria-prima ou encosto para alimentador de barras deve ser primeiro configurado para estabelecer a posição de trabalho do eixo Z antes de coordenar o PZP.

Passo a passo

- Prenda o material de trabalho Coloque-o na posição na qual será usinado.
- Mova a ferramenta de torneamento para o faceamento (Ou, utilizando manual ou automático, use a extremidade para uma mínima limpeza.)

zão de variação de oficina para oficina. Até agora, exemplos de posicionar uma ferramenta de corte simples na posição física PZP (ou a uma distância conhecida dele) e, então, anotar essa posição nas coordenadas de trabalho é conhecido como o **método da ferramenta-mestre**. Ele é simples e fácil de explicar para uma primeira experiência – movimente a ferramenta para o PZP e, então, fixe os registros para representar o PZP. Porém, uma ferramenta-mestre traz complexidades para fazer a configuração com muitas ferramentas de corte.

Deslocamentos de comprimento comparados à ferramenta-mestre

Usando uma ferramenta-mestre, quando ferramentas de corte adicionais são usadas, sem dúvida, elas possuem diferentes comprimentos se comparadas à ferramenta-mestre. Essas diferenças precisam ser consideradas para os deslocamentos de comprimento na memória das ferramentas. Utilizando uma ferramenta principal, quando ferramentas adicionais são usadas, elas possuem, de forma inequívoca, diferentes comprimentos quando comparadas à principal. Cada deslocamento de ferramenta executa esse trabalho desde que ele tenha o mesmo comprimento da ferramenta-mestre. Qualquer ferramenta reposta deve ser configurada novamente em relação à ferramenta-mestre, de modo que todas toquem a peça quando cada uma é comandada para ir ao Z zero.

Ponto-chave:

Usando o método da ferramenta-mestre, cada ferramenta de corte recebe um valor de compensação de comprimento, mas o valor original mestre é zero até que necessite ser reposto. Todas as outras ferramentas têm o seu comprimento compensado em relação à ferramenta-mestre.

Chamando a ferramenta 2, você poderia acrescentar um comando para usar o deslocamento de comprimento 2, o que tanto pode recuar como avançar o movimento Z para compensar a diferença entre ela e a ferramenta-mestre original.

Exemplo Digamos que deslocamentos sejam comandados com G43 em nossa fresadora usando as linhas H na memória de ferramenta. Suponha que a ferramenta 2 seja 1,5375 pol. maior do que a ferramenta-mestre. Esse valor H poderia ser $-1,5375$ na memória de deslocamento, não no programa. (Elas são maiores, então, precisa ser recuada por essa diferença entre elas e a mestre.)

```
T02 M06  
G43 H2 (use o deslocamento de comprimento  
H2 = -1,5375)  
G0 X0.0 Y0.0 Z0.0
```

Mantendo o valor encontrado em H2, ela, então, movimenta-se para o PZP Z, exatamente como faria a mestre. Nesse instante, o comando de deslocamento é lido tanto em coordenadas de trabalho quanto em telas DTG, representando a ferramenta real na distância da peça.

Repondo a ferramenta-mestre

O grande problema surge quando a ferramenta-mestre se desgasta ou quebra. Sua reposição deve ser feita exatamente no mesmo comprimento ou os valores devem ser mudados no controlador, ou acontece o que vem a seguir.

Questão crítica Na configuração de uma fresadora em que a ferramenta – mestre de corte (uma fresa de topo) toca a superfície superior da peça em Z0.0, após localizar o PZP, você substitui uma mestre avariada por outra *mais longa!* Então, sem mudar os valores no controlador, comanda:

```
T01 M6  
G0 X0.0 Y0.0 Z0.0
```

O que acontecerá?

Resposta A ferramenta mais longa tentará rapidamente deslocar-se até a superfície da peça na posição PZP, uma séria colisão!

Para solucionar esse problema, há quatro opções se estiver usando a ferramenta-mestre:

Opção 1 Desloque a nova ferramenta-mestre Aqui, o programador coloca um comando de compensação de comprimento no programa para todas as ferramentas, incluindo a ferramenta-

-mestre original, ou ele pode ser editado. Mas, até a mestre ser reposta, seu valor de compensação permanece zero.

Então, na reposição, o operador usa um método de toque para achar a diferença entre a primeira e a segunda ferramentas-mestres, e, então, armazena a nova compensação na memória de comprimento da ferramenta. Usando essa solução, a nova ferramenta-mestre é compensada para atuar como a mestre original. O problema agora é que todas as outras ferramentas não têm uma ferramenta-mestre física para comparação, e repô-las torna-se um problema. Isso pode ser feito, mas é um processo complexo. Para fazê-lo, deve-se, primeiro, executar o deslocamento no eixo Z para a mestre de modo que a máquina se movimente; isso representa as coordenadas de trabalho para a nova ferramenta-mestre. Em seguida, encoste a ferramenta reposta e leia sua posição coordenada de trabalho relativamente à nova mestre. Isso se torna seu deslocamento (mas com seu sinal invertido). Por exemplo, você possui uma nova ferramenta-mestre na máquina, e seu deslocamento foi determinado e escrito sob H1 na memória da ferramenta. Você está agora repondo a ferramenta #2.

Digitalmente, introduza G43 H1 T02 M6 (carrega a ferramenta 2 no fuso, mas obtém o deslocamento da ferramenta-mestre). Agora, manualmente, encoste a ferramenta 2 na superfície da peça ou na referência do eixo Z. Leia a posição Z nas *coordenadas de trabalho* – essa é sua diferença da nova mestre. Reverta o sinal (mais/menos) e coloque qualquer valor no deslocamento de comprimento da ferramenta 2. Nesse instante, T02 G43 H2 será sincronizada à nova ferramenta-mestre.

Opção 2 Reconfigure todas as ferramentas A próxima solução é reconfigurar o novo PZP-mestre. Encostando a nova mestre, um novo PZP Z é escrito no controlador. Então, todas as outras ferramentas na configuração devem ser deslocadas em relação a ele novamente – algum tempo é consumido, a menos que haja somente duas ou três ferramentas! Essa opção não é recomendada, mas funciona.

Opção 3 Configure ferramentas duplicadas Algumas oficinas usam dispositivos para assentar

a *distância de calibração* das ferramentas de corte – a distância que ela se sobressai do suporte côncico do fuso da fresadora. Isso requer fixadores especiais de ferramentas que permitam ajuste da ferramenta com relação ao seu comprimento. Usando ferramentas pré-ajustadas, uma vez que cada deslocamento é o mesmo comprimento, mudanças no deslocamento de comprimento não são necessárias para a ferramenta-mestre ou as outras.

Usando um deslocamento pré-ajustado, a nova ferramenta pode até mesmo ser carregada no tambor de armazenamento antes de ser necessária e, então, mudada para produção baseada na programação de substituição. Ou, em um tempo previsível, a mudança pode ser programada tanto por um contador de peças (mais comum) como devido ao aumento da pressão na ferramenta acima de um limite determinado (incomum). Com ambas as opções, há um tempo de espera zerado. O comprimento da ferramenta pré-ajustado é a melhor opção para precisão, eficiência e simplicidade de operação. Contudo, isso requer um grande investimento em equipamentos de ajustagem e fixadores de ferramenta. Note que todo ajuste também é usado com os métodos de posição da ferramenta-mestre.

Opção 4 Solução com um modelo-mestre A solução final para reposição da ferramenta no método de ferramenta-mestre é planejar e carregar uma ferramenta modelo no tambor ou na torre. Ela encosta na peça, e, então, o PZP Z é ajustado a ela. Todas as outras ferramentas são deslocadas para ela. Não utilizada como um cortador, ela nunca desgasta ou perde seu *status* de mestre. Normalmente, quando um modelo-mestre é usado, seu número de ferramenta é um dos mais altos na máquina, de modo que as ferramentas de corte reais ocupem os números menores, T18 ou T20, por exemplo. Não é feita referência ao modelo no programa – em geral, ele não é chamado no programa.

OK, a configuração da ferramenta simples está pronta para uso em ambas as máquinas, torno e fresadora. Revise cuidadosamente, uma vez que faremos configurações mais complexas na Unidade 8-2.

Revisão da Unidade 8-1

Revise os termos-chave

Calc (função)

Função em controladores modernos em que os valores dos eixos podem ser escritos no registro de coordenadas ou na memória de deslocamentos.

Coordenação (coordenando)

Alinhamento físico de fixadores e ferramentas e, então, escrita dos registros de eixos para representar aquela posição como PZP.

Deslocamento da fixação

Método de posicionar o PZP. Uma palavra-código (normalmente de G54 a G59) que se refere à posição axial relativa ao PZP, usando dados armazenados na memória. Os deslocamentos de fixação podem ser modificados pela edição da memória.

Instrução de ajuste de eixo

Código que escreve as coordenadas da máquina no registro de coordenadas de trabalho baseado na posição atual da ferramenta.

Método da ferramenta-mestre

Método de configuração em que uma ferramenta com uma aresta de corte é usada como um modelo para todas as outras ferramentas na configuração. Todas as outras ferramentas de corte são deslocadas de modo a operarem como se tivessem o comprimento da ferramenta-mestre.

Método do toque

Trazer a ferramenta de corte até encostar no sensor de espessura conhecida.

Revise os pontos-chave

- As coordenadas de trabalho não estão completas até a configuração ser finalizada.
- Quando estiver ajustando o PZP, o fuso ou a ferramenta de corte deve estar no exato XY ou na posição PZP XZ (ou pode estar em uma posição inicial conhecida relativa a ele pelo planejamento).
- Um comando de predefinição de eixos escreve qualquer valor que ele contenha no

registro de eixos no instante em que o lê no programa.

- Quando estiver alinhando sobre a interseção de duas arestas na configuração de fresadora, zere sobre as arestas paralelas ao eixo Z, estabelecendo o zero no eixo Y.
- O deslocamento de dispositivos é armazenado na memória da máquina das *posições coordenadas* de PZP individuais – G54 até G59; chamados pelo programa, mas os números não estão no programa; esse modo permanece até ser cancelado, normalmente, com um G53.
- Posicionar a ponta de uma ferramenta de corte primária no PZP é conhecido como método da ferramenta-mestre para estabelecer a coordenação do eixo Z.

Responda

1. Identifique e descreva sucintamente a tela do controlador necessária para o trabalho de configuração.
2. Verdadeiro ou falso? Quando está alinhando sobre um furo de posicionamento, você não pode usar as coordenadas de trabalho, uma vez que elas ainda não representam o PZP.
3. Se a Questão 2 for verdadeira, então, qual tela você deve usar?
4. Relacione os passos principais para ordenar uma configuração de fresadora na ordem de ocorrência. Utilize uma ferramenta de corte usando o método de ferramenta-mestre.
5. Relacione os passos principais para ordenar a configuração de torno usando o método de ferramenta-mestre e uma ferramenta de corte.
6. O que as coordenadas da máquina dizem ao pessoal de configuração?
7. No planejamento, foi dito que um trabalho de fresagem tem um ponto inicial de fixação que está em X-3.00 do PZP

- e Y-2.00 pol. Qual é o procedimento de configuração após prender e alinhar o dispositivo na mesa da fresadora?
8. Verdadeiro ou falso? O método de encostar é um modo de coordenar as posições X e Y da ferramenta relativamente ao PZP para configurações de torneamento. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?
 9. Além de eliminar imprecisões de sensibilidade, qual vantagem é obtida torneando um cilindro de teste em relação ao método de encostar?

Questão de pensamento crítico

10. Usando o método de ferramenta-mestre para ajustar o deslocamento de comprimentos, suponha que a ferramenta-mestre T01 quebre e seja reposta por uma nova fresa de topo. O que o operador pode fazer para trazer a configuração da fresadora à operação novamente? (Não uma mudança de programa.)

Fatos: A fresa de topo reposta é 0,0377 pol. maior.

O programa utiliza três ferramentas de corte: T02, uma fresa de topo, e T03, uma broca.

A ferramenta-mestre não tinha deslocamento no instante da quebra.

No seu laboratório – Problemas 11 a 20 – Problema de configuração CNC – O desafio do bloco misterioso

Aqui está um teste para executar na sua fresadora CNC que verifica o seu entendimento. O objetivo é alinhar e coordenar um corpo paralelo retificado em uma fresadora CNC. Contudo, há uma reviravolta no jogo.

Instruções

Após a coordenação estar completa, usando somente o sensor do relógio apalpador e o registro de posição axial, determine o

comprimento do bloco dentro de meio de milésimo! Seu instrutor deve ter um jogo de blocos padrão preparado para essa atividade, contudo, qualquer paralelo de um tamanho desconhecido a você servirá (Fig. 8-13).

Desafio do bloco misterioso

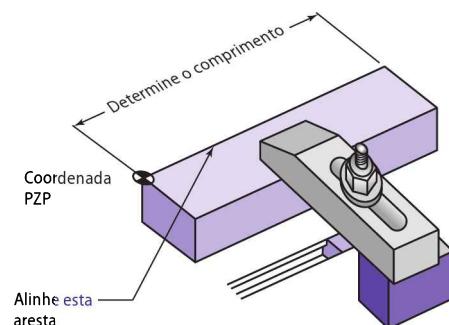


Figura 8-13 Aline e coordene o bloco usando DTI. Então, determine seu comprimento usando somente o relógio apalpador e as coordenadas da peça.

Ponto-chave:

Cuidado!

Se este for o seu primeiro movimento manual nesta máquina, certifique-se de reduzir todas as funções de substituição de eixos para 25% ou menos e trave o fuso na posição neutra para esta atividade.

Passo a passo

Após travar levemente uma extremidade, alinhe o bloco paralelo usando um relógio apalpador de teste. Projete para uma precisão de extremo a extremo de 0,0005 ou menos.

Use um localizador de arestas primeiro e, então, digite para estabelecer o PZP seguindo um procedimento prévio de interseção de arestas.

Carregue a posição PZP nas coordenadas da peça.

Pensamento crítico Agora, veja se você consegue pensar em como usar a posição do eixo nas coordenadas de trabalho e digite para medir o comprimento do bloco. Após completar, verifique seu resultado com um micrômetro ou compare com a folha de respostas de seu instrutor. Você deverá estar entre 0,0005 pol. ou menos.

Determinando o deslocamento da ferramenta

Raio da ferramenta

A compensação do raio da ferramenta é uma questão simples tanto para torno quanto para fresadora. Tudo o que se requer é o conhecimento do tipo de trajetória da ferramenta (linha de centro do cortador ou contorno da peça) e, então, introduzir o deslocamento correto na memória de ferramenta.

Valores de raio introduzidos na memória

Para compensação na trajetória da fresa, o raio da ferramenta é o protocolo padrão em relação ao diâmetro da ferramenta. A razão é que, mudando a distância de raio, afastando ou aproximando do contorno, simplifica-se o efeito. A mudança no raio é a intensidade de movimento do cortador, aproximando-se ou afastando-se do contorno – portanto, é a mesma diferença na mudança de tamanho. No entanto, encontrei um controlador de fresadora que usava o diâmetro da fresa e, então, dividia pela metade para compensação. A compensação da ponta da ferramenta de torneamento é sempre expressa em valores radiais.

Por que mudar a compensação de raios para fresagem ou torneamento de perfis?

As compensações de raios devem sempre ser ajustadas pelo operador, para compensar:

1. Desgaste da ferramenta

Até o limite em que uma nova ferramenta deve ser instalada.

2. Aquecimento da máquina

O calor e as características dos mancais podem afetar o tamanho.

3. Reposição de ferramenta por falha

Embora insertos para ferramentas de qualidade estejam com uma tolerância garantida

» Unidade 8-2

» Ferramentas de arestas múltiplas – Determinando e configurando deslocamentos

Agora, vamos investigar a configuração de algumas ferramentas de corte em um centro de usinagem com troca de ferramenta e em um centro de torneamento com torre indexada. Vamos determinar e introduzir dois tipos de configurações:

Raio na ferramenta para manter a ferramenta de corte tangente ao contorno – assumindo que o programa seja compensado.

Diferentes comprimentos de ferramenta – tanto para ferramentas de torneamento como de fresagem.

Termos-chave:

Coords maq (abreviatura)

Jargão de oficina para coordenadas da máquina com referência ao zero máquina.

Coords peça (abreviatura)

Jargão de oficina para coordenadas da peça.

Deslocamento alternativo de material

Permite uma pequena alteração no PZP para acomodar uma peça anormal.

entre eles, sempre apresentam uma variação. Algumas vezes, é uma boa ideia afastar um pouco a trajetória da ferramenta (0,0003 pol, aproximadamente) ao instalar um novo inserto no suporte.

4. Mudança de dimensão

Lembre-se de que isso irá mudar todas as dimensões feitas por esse cortador.

5. Ajuste por deflexão

Ou para outros fatores, tais como vibração.

Qual tipo de trajetória?

Mesmo com uma ou duas ferramentas de corte na configuração, será anormal para um programa industrial ser escrito sem compensação de ferramenta. Contudo, (Comp) é mais adequado quando múltiplas ferramentas são usadas. Mas, mesmo com quase 100% de chances de ser usada a compensação, é uma boa ideia verificar. Observe uma sentença no plano.

Compensação de ferramenta

Ou procure por uma nota no planejamento

Se o tipo de trajetória não estiver indicado em todos esses modos, então, leia o programa para os códigos comp e G41/G42 nas primeiras linhas após a primeira troca de ferramenta.

Programa de trajetória da ferramenta ou da peça?

Em seguida, verifique se o programa é a versão de trajetória do centro da ferramenta; nesse caso o deslocamento do raio da ferramenta será a pequena diferença entre o cortador recomendado pelo programador e o cortador real colocado na máquina.

Trajetória da linha de centro do cortador

Trajetória da peça

Por exemplo, o planejamento estabelece T01 = fresa de topo de $\frac{1}{2}$ pol, e o programa foi escrito para a linha de centro da ferramenta, como verificado há pouco. Você determinou que o cortador

real tem diâmetro de 0,4950 pol. O deslocamento do raio introduzido será $-0,0025$ pol, substituindo a trajetória ligeiramente menor próxima do contorno da peça. O valor de deslocamento é a diferença entre os raios das ferramentas.

Dica da área

Ao utilizar o Mastercam, você deverá fazer uma escolha Comp no Computador ou Comp no Programa quando escrever o programa.

Escolher "comp no computador" gerará um programa de linha de centro da ferramenta baseado no raio do cortador ou no diâmetro selecionado pelo programador. Essa trajetória requer pequenos deslocamentos negativos para cortadores menores.

Escolher "comp no programa" gerará um programa de trajetória da peça que requer maiores deslocamentos positivos iguais ao raio real da ferramenta.

Contudo, suponha que o programa seja de trajetória da peça:

Trajetória da linha de centro do cortador

Trajetória da peça

Nesse caso, o valor do deslocamento do raio da ferramenta será o raio total do cortador que é necessário para mantê-lo tangente ao contorno da peça. Usando a mesma fresa de topo com 0,4950 pol, o deslocamento será mais 0,2475 pol.

Conversa de chão de fábrica

Para evitar confusão, oficinas de usinagem não misturam tipos de programa com relação à compensação de ferramenta. Todos os programas deverão ser ou da trajetória da peça, ou da linha de centro da ferramenta – mas isso é quando elas escrevem seus próprios programas. Contudo, se for uma oficina que terceiriza contratos, então, muitos trabalhos serão acompanhados de um desenho e um programa! Nessas oficinas, esteja atento para diferentes trajetórias da ferramenta.

Compensação do comprimento da ferramenta – Fresas

Usando três ferramentas de corte em uma fresadora, compararemos os dois métodos de estabelecer o deslocamento de comprimento: o da *ferramenta-mestre* e, em seguida, o da *posição-mestre*. Cada protocolo tem suas vantagens e desvantagens específicas. Muitas oficinas usam a posição-mestre.

Ponto-chave:

A escolha do método de comprimento de deslocamento é somente uma decisão de configuração – não um item de planejamento. A diferença está em como você introduz valores na memória de ferramenta.

Conversa de chão de fábrica

Um problema ocorre na utilização do método da ferramenta-mestre para compensação de comprimento se, devido a desgastes ou danos, a ferramenta-mestre dever ser substituída. O padrão para os deslocamentos é perdido, a menos que seja substituído com uma duplicata exata (frequentemente, o conjunto usando a configuração prévia do ferramental). Contudo, usando ferramentas não configuradas previamente, uma nova ferramenta-mestre de comprimento diferente pode ser usada, se for dado seu próprio deslocamento para que possa trabalhar como a ferramenta anterior. Porém, tudo se torna complexo a partir disso.

Então, há uma solução simples para trabalhar contornando o problema. Um modelo-mestre é adicionado no carregamento de ferramenta (Fig. 8-15). O modelo-mestre nunca é usado para cortar metal ou chamado pelo programa, então, nunca será necessário substituí-lo. De fato, o modelo-mestre não necessita ser uma ferramenta real de corte.

Ele poderá ser um cilindro de alumínio ou de plástico que é montado como um cortador e, então, usado para tocar de modo mais seguro, uma vez que não vai estragar a superfície de trabalho.

Diferenças algébricas possíveis no controlador

Assumimos, nesses exemplos, que o controlador combina o movimento do eixo comandado com o comprimento de deslocamento por meio das regras da álgebra (algebricamente). Ou seja, adiciona valores positivos e subtraí valores negativos de deslocamento a partir do comando de distância no programa. Esse é o uso comum, mas é possível que um determinado controlador possa combinar o deslocamento de forma contrária a essa. Leia o manual de programação para ter certeza ou pergunte a alguém.

Deslocamentos de comprimento de fresas de topo – Ferramenta-mestre

Na Figura 8-14, a ferramenta-mestre toca a superfície da peça justamente em Z0.0 (PZP zero). Então, os deslocamentos de comprimento T02 e T03 representam a diferença física de comprimento entre elas e a mestre. Comparada com T01, T02 é uma ferramenta menor e requer uma adição de 1,376 pol. para mover-se para Z zero, um deslocamento positivo.

T02

G43 H2 G0 Z0.0 (com 01,3760 armazenado no deslocamento de comprimento H2)

Ferramenta-mestre
Sem deslocamento

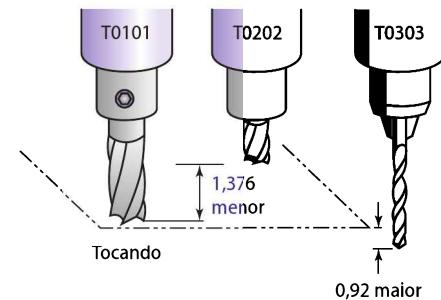


Figura 8-14 Sob o método da ferramenta-mestre, cada ferramenta recebe um deslocamento igual à diferença no comprimento, exceto a ferramenta-mestre.

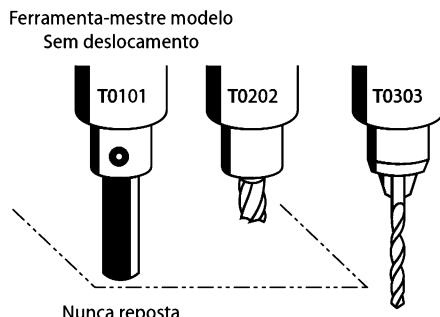


Figura 8-15 Uma solução é usar um modelo-mestre que nunca se quebra ou desgasta.

O deslocamento permite ao programa chamar cada ferramenta para Z0.0 (ou qualquer posição Z relativa à peça, desconsiderando diferenças de comprimento entre as ferramentas).

Encontrando e armazenando deslocamentos de comprimento Sob o método de ferramenta-mestre, inicialmente ela é estabelecida para leitura Z0.0 ao tocar a superfície de referência.

Ponto-chave:

Cuidado!

Antes de estabelecer a posição zero para a ferramenta-mestre, vá para a memória de ferramenta e certifique-se de que não há deslocamento de comprimento $HXX = 00000$ (zero) para o início mestre! $XX =$ número da ferramenta-mestre. Certifique-se também de que não há qualquer outro deslocamento ativado no controlador.

Então, cada ferramenta sucessiva é trazida ao ponto de toque (ou calço ou sensor) e seu valor no eixo Z é lido nas *coordenadas da peça*.

Questão crítica Se, após estabelecer o Z0.0 para T01, sem comprimento de deslocamento ativo, em seguida T02 for carregada no fuso e encostada na superfície da peça na Figura 8-14, qual posição Z será mostrada na *tela de coordenada da peça*?

Resposta Z-01.3760 – a ferramenta mais curta terá que se mover 1,3760 abaixo do Z zero para tocar a peça.

Ponto-chave:

Quando tocar, após estabelecer o Z zero-mestre, cada posição Z de ferramenta nas coordenadas de trabalhos irá mostrar o valor de sinal oposto ao deslocamento necessário.

Uma ferramenta mais curta do que a mestre, como a T02, necessitará ir mais baixo para tocar – além do ponto Z zero. Uma ferramenta mais longa, como a T03, estará Z0.9200 acima do Z zero na coordenada da peça quando a tocar, então, H3 será um deslocamento negativo 00,9200. Qualquer movimento no eixo Z de T03 precisará ser afastado 0,92 pol. para sincronizar com a mestre.

Ponto-chave:

Quando um deslocamento de comprimento é comandado a ser executado, as coordenadas de trabalho refletirão essa mudança imediatamente e lerão a posição correta da ferramenta no eixo Z relativa à peça. A distância de deslocamento será real.

Agora é a sua vez

Entendeu a ideia? Aqui estão duas questões críticas para testar (Fig. 8-14).

- Com T01 encostando-se à superfície de referência e o registro do eixo X zerado, como não há deslocamento ativo, as coordenadas de trabalho leem Z00.000. Então, a seguinte linha de comando é lida.

G43 H2 (sem movimento de eixo ou mudança de ferramenta – somente o deslocamento correto para T02 é lido e utilizado).

O que será lido na coordenada da peça? Mais ou menos 1,376 pol?

- OK – A ferramenta 2 está carregada no fuso e, então, é trazida para encostar-se à superfície da peça. Não há mudança na configuração H2 ainda ativa. O que será mostrado nas coordenadas da peça?

Respostas

- a. Z01.3760. Por quê? Porque a posição do fuso no eixo Z está 1,376 acima de onde T02 encontra zero.
- b. Z00.000. A ferramenta está tocando e seu deslocamento de comprimento está ativo, então, agora está em Z zero.

Dica da área

Autoalimentação do deslocamento de comprimento Alguns controladores apresentam um método automático para introduzir o deslocamento de comprimento da ferramenta. Por exemplo, a ferramenta 2 é encostada na superfície da peça, e o cursor é colocado no campo de dados correto na memória de ferramenta, então, o botão *SET* é acionado (uma tecla). O controlador automaticamente calcula a diferença e a introduz *com valor de sinal invertido*. Leia o manual para ver se esse recurso de salvamento matemático está disponível.

Diferenças de controlador – Comando de exemplos

Além da letra *H*, alguns controladores utilizam a linha de identificação da ferramenta para anotar o comprimento de deslocamento. As linhas de comando seguintes irão compensar a ferramenta 2 para trabalhar como se ela tivesse o comprimento da ferramenta 1 – a mestre:

T0202 M6 (Carrega a ferramenta 02 utilizando o deslocamento na linha 02 na memória de ferramenta)

G43 G0 Z.5 (Agora sob o comprimento compensado 02, rapidamente esta ferramenta vai para posição 0,5 acima do PZP do eixo Z. Para a Figura 8-14, essa ferramenta irá mover 1,376 pol. mais do que se estivesse sem compensação.)

Método da posição-mestre para deslocamentos de comprimento

Aqui está o método mais comum na indústria para ferramentas múltiplas. Neste procedimento, todas as ferramentas são marcadas com um deslocamento desde o início. Não há ferramenta-mestre. Os valores de deslocamento são as distâncias das coordenadas de usinagem de cada ferramenta em relação ao zero máquina de referência (Fig. 8-16).

Ponto-chave:

Sob o protocolo de posição-mestre (PM), cada deslocamento representa cada distância da ferramenta do zero máquina ao Z zero da superfície de referência.

Usando as mesmas ferramentas do exemplo anterior, observe que os valores de deslocamento ainda representam as diferenças físicas de comprimento, mas, desta vez, eles têm números maiores.

Usando o método de configuração PM, quando qualquer ferramenta é comandada para a posição

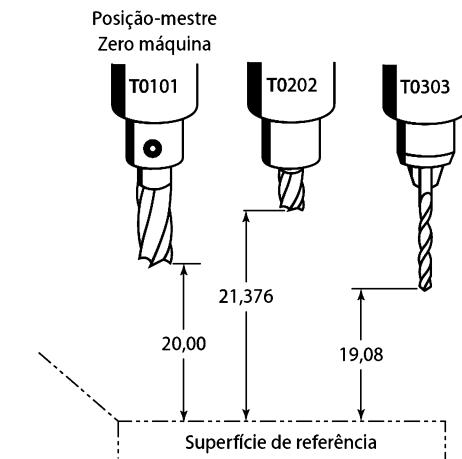


Figura 8-16 Compare o método de posição-mestre com o de ferramenta-mestre. Todas as ferramentas recebem um deslocamento positivo do ponto zero máquina à superfície de referência.

Z, o controlador deve sempre *adicionar o deslocamento* ao movimento. Um movimento não compensado no eixo Z pode realmente não resultar em movimento. Não ocorrerá qualquer movimento até o deslocamento de comprimento ser adicionado. Usando esse protocolo, deslocamentos de comprimento na memória de ferramenta irão, agora, assemelhar-se a isto:

Núm. do desloc.	Desloc. de comp.	Desloc. de raio	Posição no tambor
01	20,000		
02	21,376		
03	19,080		

As diferenças de comprimento entre as três ferramentas ainda existem, mas elas são representadas pelas suas distâncias do zero máquina (posição-mestre) até a superfície de referência. O deslocamento, então, é uma correção positiva colocada sobre as ferramentas reais, de modo que cada uma caia sobre a superfície da peça ($Z = 0,0$) da sua distância de deslocamento quando comandado G43 HXX G0 Z0.0.

Outro modo de visualizar a posição-mestre é compará-la com a configuração de ferramenta-mestre. Em uma configuração de posição-mestre, visualize que há uma ferramenta-modelo imaginária, mas ela é tão longa, que toca a superfície zero da peça com o fuso retraído ao zero máquina. Essa ferramenta imaginária está no Z zero quando o fuso está totalmente retraído no zero máquina. Devido às ferramentas reais serem todas muito mais curtas, todas elas requerem deslocamentos de comprimento positivos. Então, na realidade, essa ferramenta-mestre muito longa é realmente substituída por uma posição-mestre. (Fig. 8-17).

Confuso? Não se preocupe. A experiência de usinagem ajudará a clarear tudo. E, lembre-se, as oficinas não misturam os dois métodos – e elas normalmente escolhem a posição-mestre, uma vez que isso simplifica a substituição de ferramentas de corte.

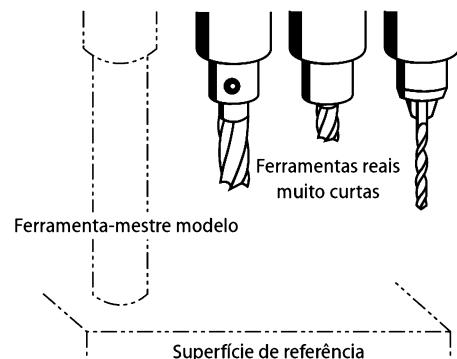


Figura 8-17 Imagine uma ferramenta modelo muito longa – todas as demais ferramentas irão necessitar de um deslocamento positivo para igualar seu comprimento.

Configurações para múltiplas ferramentas de tornos

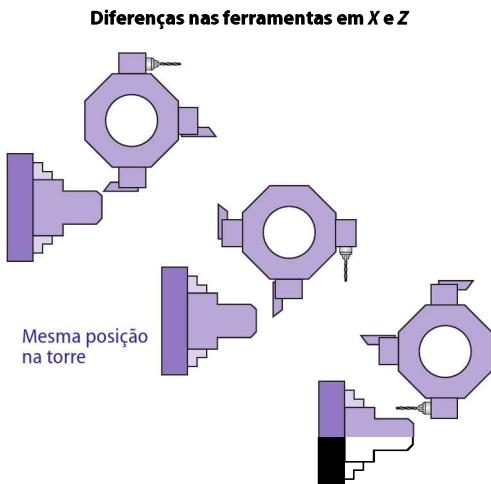
Como para fresadoras, configurações para tornos e estabelecimento do PZP podem ser feitos usando a ferramenta-mestre ou a posição-mestre. Diferentemente das fresadoras em que somente o comprimento varia, entre diferentes ferramentas de corte para torno há ambas as diferenças nos eixos Z e X.

Diferenças tanto em X como em Z

Se a torre é rotacionada sem movimento axial, a ferramenta de torneamento, a ferramenta de faceamento e a broca estão todas indexadas em posições diferentes relativamente à peça (Fig. 8-18). Essas diferenças X e Z devem ser armazenadas como deslocamentos de ferramenta – tanto como números de ferramenta-mestre como de posição-mestre. E agora isso é somente uma decisão de configuração – qualquer método irá funcionar.

Deslocamento no eixo X e PZP

Iniciaremos com o eixo X, uma vez que é uma questão relativamente simples para a maioria das configurações com múltiplas ferramentas. Quando ferramentas de corte como brocas, alargadores e machos são usadas, o PZP do eixo X e os deslocamentos são normalmente baseados nelas. Elas são



Distância constante do eixo X centralizado

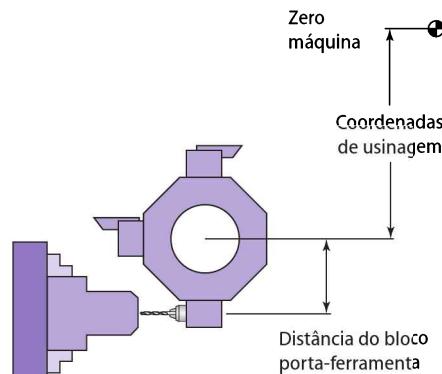


Figura 8-19 A constante X é a soma dos dois diâmetros.

Figura 8-18 Três ferramentas de corte mostrando diferenças de localização em X e Z quando as torres são indexadas, mas não se movem em relação ao fuso.

ferramentas que devem ser posicionadas na linha de centro do fuso para cortar corretamente – denominadas ferramentas centralizadas.

Eixo X constante – Posição da torre no centro

Como mostrado na Figura 8-19, ferramentas centralizadas são montadas em blocos de montagem perfurados. Cada bloco posiciona a ferramenta na mesma distância X do centro da torre. Portanto, a posição coordenada de usinagem no eixo X para a torre, quando isso centraliza essas ferramentas, torna-se uma constante para a configuração em X.

Como essa posição crucial de coordenada de usinagem é utilizada dependerá se for um método de ferramenta-mestre ou de posição-mestre, desconsiderando deslocamentos no eixo X.

Ferramenta-mestre Normalmente, nenhuma ferramenta centralizada tem deslocamento no eixo X. Todas são mestre para a posição X. Substituir uma ferramenta centralizada não tem efeito no deslocamento X, uma vez que a reposição vai direto ao centro.

Se não houver ferramentas de centro, você terá duas opções: usar uma ferramenta de centralização modelo ou selecionar alguma outra ferramenta-mestre.

Posição-mestre Toda ferramenta de corte é deslocada do M/H para o PZP X. Todas as ferramentas de centro recebem o mesmo deslocamento do eixo X – para posicioná-la do zero máquina para o centro X. Isso será a soma das distâncias da torre e da ferramenta mostradas na Figura 8-19.

Ponto-chave:

Tenha em mente que para trabalho em torno CNC, os números no eixo X são diâmetros, mesmo o zero máquina. Imagine o zero máquina como o maior diâmetro que a torre possa alcançar.

Localizando a posição centrada Se você não conhece a posição centrada de X, ela pode ser encontrada colocando qualquer objeto cilíndrico em um bloco para ferramenta de centro (um pino de teste de 1 pol. no desenho), então, usando o método de toque, traga seu contorno para tangenciar com um cilindro de teste torneado de diâmetro conhecido (Fig. 8-20).

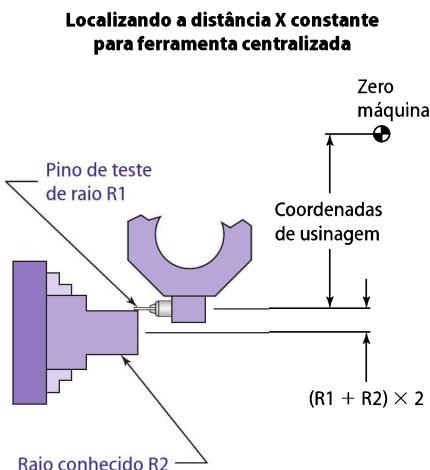


Figura 8-20 A posição constante X é a soma dos três números.

Ponto-chave:

Na posição de tangência, a torre estará distante do centro do fuso da soma dos *dois diâmetros*, ou, como mostrado, $(R_1 + R_2) \times 2$, duas vezes a soma dos dois raios.

Questão crítica Suponha, na Figura 8-20, que a *coordenada de usinagem* seja $-18,303$ pol. com o pino de teste tocando o cilindro de teste. O pino de teste tem diâmetro de 1 pol. e o cilindro torneado tem diâmetro de 3,500 pol. Qual é a constante do centro X neste torno CNC?

Resposta Ela será $18,303 + 1,000 + 3,500 = 22,803$ pol. O sinal de $18,303$ foi invertido para tornar-se uma distância positiva.

Essa coordenada de usinagem para a posição centrada da torre nunca muda. Ela é, normalmente, gravada na rotina do zero máquina.

Essa coordenada de usinagem centrada em X será gravada em um de muitos locais:

- No manual do operador
- No livro de bordo

Dica da área

Eu já vi isso em uma gravação em uma superfície não crítica no torno – mas essa não é uma prática recomendada, porque, com o tempo e colisões, isso pode e vai mudar um pouco.

Deslocamento no eixo Z

A compensação para diferenças nas ferramentas em relação ao PZP no eixo Z é muito similar à configuração de fresadora e depende se o método é de ferramenta-mestre ou de posição-mestre.

Comp Z para método da ferramenta-mestre

Para a configuração com ferramenta-mestre, após estabelecer o zero no eixo Z nas coordenadas da peça, cada ferramenta de corte subsequente é trazida até tocar a referência Z (normalmente, a face da peça), então, a posição da **coordenada da peça (coords peça)** é anotada. Essa é a diferença no eixo Z. O sinal do valor é invertido para tornar-se o valor salvo para aquela ferramenta (assumindo combinação algébrica). O deslocamento será tanto positivo como negativo, dependendo se a ferramenta em questão é mais longa ou mais curta comparada à ferramenta-mestre.

Comp Z para método da posição-mestre

Para configurar ferramentas na direção Z, cada uma deve encostar-se à superfície de referência, e sua posição da **coordenada de máquina (coords maq)** relativa ao zero máquina é anotada e salva como seu deslocamento – sempre valores positivos.

Deslocamento para materiais alternativos

Muitos tornos CNC modernos (e fresadoras também) oferecem uma tela de deslocamento que permite ao operador alterar o PZP de um peque-

no valor, mas sem perder a posição PZP original, fornecendo um **deslocamento alternativo de material**. Esse controle manual é projetado para trabalhar com variações no material em bruto, fundidos e forjados ou quando a usinagem anterior deixou a peça justa, não tendo sobremetal suficiente para limpeza de um lado, mas existindo em abundância do outro lado. Algumas vezes, o tarugo é ligeiramente diferente do normal, um pouco mais longo ou mais curto, ou pode estar deformado, por exemplo. A peça ainda pode ser feita, mas somente deslocando ligeiramente o PZP para equalizar o sobremetal ou manter a usinagem dentro da forma anormal da peça. Isso provavelmente não será uma variação permanente, mas será aplicada a um certo número de peças e, posteriormente, cancelado.

Revisão da Unidade 8-2

Revise os termos-chave

Termos-chave:

Coords maq (abreviatura)

Jargão de oficina para coordenadas da máquina com referência ao zero máquina.

Coords peça (abreviatura)

Jargão de oficina para coordenadas da peça.

Deslocamento alternativo de material

Permite uma pequena alteração no PZP para acomodar uma peça anormal.

Reveja os pontos-chave

Para fresagem

- **Ferramenta-mestre** Usando o protocolo FM, o valor do deslocamento de comprimento para uma determinada ferramenta é encontrado na tela de *coordenadas da peça* como a diferença física entre a mestre na posição Z zero e na ferramenta atual tocando a superfície da peça (ou sensor ou calço).
- **Posição-mestre** O deslocamento de comprimento sob a posição-mestre, para cada ferramenta, é a posição Z *coordenada de*

usinagem quando a ferramenta encosta a superfície de referência – mas com o sinal invertido para positivo. Lembre-se de que o deslocamento é determinado da tela de coordenadas de usinagem.

Para torneamento

- **Ferramenta-mestre** Normalmente, nenhuma ferramenta de corte centralizada tem deslocamento no eixo X. Todas elas são a ferramenta-mestre para a posição X. A quebra de uma não terá efeito sobre o deslocamento X, desde que a reposição seja diretamente no centro.
- **Posição-mestre** Toda ferramenta centralizada recebe o mesmo deslocamento no eixo X – para posicioná-la do zero máquina ao centro X.

Responda

Os problemas de pensamento crítico a seguir envolvem a configuração do PZP e deslocamentos.

1. Uma peça retangular, que é faceada em seu topo, e com uma cavidade fresada na sua superfície superior, é medida. A cavidade está com a profundidade correta, mas a peça está mais alta em 0,005 pol. Nesse programa, uma fresa de topo simples faceia a peça e usina a cavidade. O programa foi escrito com compensação no comprimento da ferramenta. O problema está no programa ou na configuração? Como o problema pode ser corrigido? (Há dois métodos.)
2. Observe a Figura 8-21. Após a usinagem e a medição do perfil desse objeto, o operador encontrou as duas dimensões como sendo 2,7536 e 1,6286 pol. O programa com compensação da trajetória da ferramenta foi escrito para um cortador de diâmetro 0,5 pol. Qual correção de deslocamento é necessária?

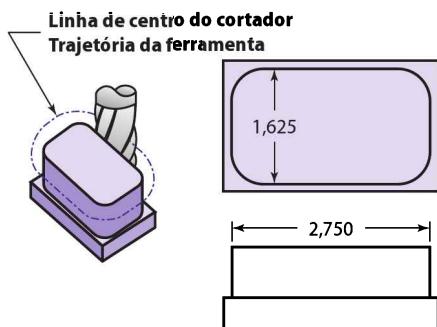


Figura 8-21 Calcule a mudança de deslocamento necessário.

- Qual será o novo deslocamento para o programa de trajetória da ferramenta?
- Qual seria o deslocamento necessário se fosse um programa de trajetória da peça e esta peça fosse produzida com um cortador deslocado com diâmetro de 0,5 pol?
- Esta afirmativa é verdadeira ou falsa? Em uma configuração como no problema 1, uma fresa de topo com o programa escrito com compensação de ferramenta, o controlador não requer um deslocamento de comprimento. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?
- Descreva a coordenação do PZP em uma máquina fresadora CNC vertical quando o alinhamento é na interseção de duas arestas de referência na peça ou no farramental. Assuma que a posição de desbastete já tenha sido executada.
- Quando estiver realizando a coordenação do PZP do problema 4, o controlador estará na página de memória de ferramenta. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?
- Após a usinagem, um objeto apresenta dois diâmetros maiores em 0,05 mm, enquanto dois estão exatamente corretos.

Todas as dimensões no eixo Z estão mais curtas em 0,1 mm. O que pode ser feito para corrigir essa configuração de ferramenta simples e a fabricação da peça? O programa não foi escrito com compensação de deslocamento de ferramenta.

- Descreva o método de ferramenta-mestre para configuração de torno ou fresadora.
- Descreva o método de posição-mestre para configuração de torno ou fresadora
- Como o deslocamento para material alternativo é usado?
- Qual método de compensação de ferramenta é menos complexo quando se está substituindo a peça ou ferramentas quebradas? Explique.

» Unidade 8-3

» Aprovando um programa

OK, a configuração está sincronizada com a peça. As ferramentas de fixação e de corte estão posicionadas e prontas para atuar. O objetivo é obter um programa aprovado e trabalhando o mais rápido possível, mas de modo seguro. Há 12 métodos de teste apresentados aqui em ordem hierárquica, cada um expondo um pouco mais sobre o programa. Iniciaremos pelo teste de processo que apresenta risco nulo quando está trabalhando contra aqueles que movimentam o eixo da máquina sem cortar material e, então, apresentam um pouco de risco. Por fim, os testes definitivos são aqueles que resultam em peças reais. Há três diferentes modos de cortar metal com graus decrescentes de controle do teste. Quais destes 12 métodos são selecionados depende:

Da quantidade e do custo das peças a serem produzidas Quando se estão fabricando muitas peças, cada uma com um valor relativamente baixo, a primeira não necessita ser perfeita. Denominada *peça de teste*, ela pode ser medida

e sofrer correções para produzir as dimensões exatas na peça seguinte. Contudo, quando se está fabricando somente uma ou duas peças de um forjamento dispendioso, por exemplo, mais testes são necessários antes de cortar o material.

Da história do programa (e do programador) Ele já foi executado antes? Se sim, você poderá pular alguns passos e executar um passo simples até o cortador parecer estar operando corretamente e, então, mudar para o funcionamento completo e deixá-lo continuar, mas ainda mantendo um olhar atento ao progresso.

Da natureza do objeto Uma peça complexa irá, previsivelmente, necessitar de mais análises.

Do seu nível de experiência É a primeira vez? Use qualquer artifício disponível.

Termos-chave:

Associatividade

Elementos conectados no programa. Cada um é associado aos outros. Destacar ou mudar um mudará todas as janelas conectadas.

Eixo desabilitado

Método de teste por meio do qual o operador pode travar um eixo, mas o controlador mostra como se estivesse movimentando.

Execução a seco

Qualquer um dos muitos métodos de testar o programa por meio do qual a máquina não produz cavacos, mas se desloca por todo ou por parte de um ciclo automático completo.

Material de teste

Material macio ou barato usado para usinagem de uma forma sem o risco de perda do material real ou quebra de ferramentas.

Parada opcional (par opc)

Função do controlador por meio da qual alguns códigos podem ser reconhecidos ou ignorados dentro do programa.

Teste bloco a bloco

Avaliar um programa pela execução completa de um código por vez. O último teste antes de rodá-lo automaticamente.

Testes de programas

Seria incomum que todas essas opções fossem usadas em qualquer teste de programa. Contudo, cada uma é uma ferramenta que deveria ser entendida, de modo que a correta possa ser escolhida para a situação.

Teste mais seguro

Teste 1 Programas de leitura Este teste é mais bem aplicado quando se busca resolver um erro em um programa ou uma pequena falha na forma. Não é um método eficaz para testar um programa inteiro. Tentar decifrar o dado tem uma importância menor, especialmente quando um programa típico de geração de programas CAM é muito longo ou a forma é complexa. A verificação do programa é mencionada aqui para as raras situações em que não há gráficos de capabilidade para avaliação.

Testes 2, 3 e 4 Avaliações gráficas Um ou mais destes testes é uma necessidade na usinagem moderna. Eles são encontrados nas oficinas em três variações:

Teste 2 Avaliação da trajetória da ferramenta CAM

Teste 3 Programa utilitário específico de trajetória da ferramenta

Teste 4 Gráficos de controle CNC

Avaliação da trajetória da ferramenta CAM Também denominado *programa gráfico* ou *gráfico anterior*, se o programa é legível pelo sistema CAM (quase todos o são), então, ele terá a habilidade de rever a geração da trajetória da ferramenta (Fig. 8-22). Muitos programas CAM oferecem a habilidade de mostrar o material da peça e as ferramentas de corte também e visualizar o resultado progressivamente, de diferentes ângulos, para ver profundidades de corte e outros movimentos programados não visíveis de uma simples vista superior. As Figuras 8-22 e 8-23 mostram duas vistas do mesmo programa. Uma é a estrutura aramada da trajetória da ferramenta, com linhas azuis mostrando o movimento G01, enquanto para G00 é amarelo.

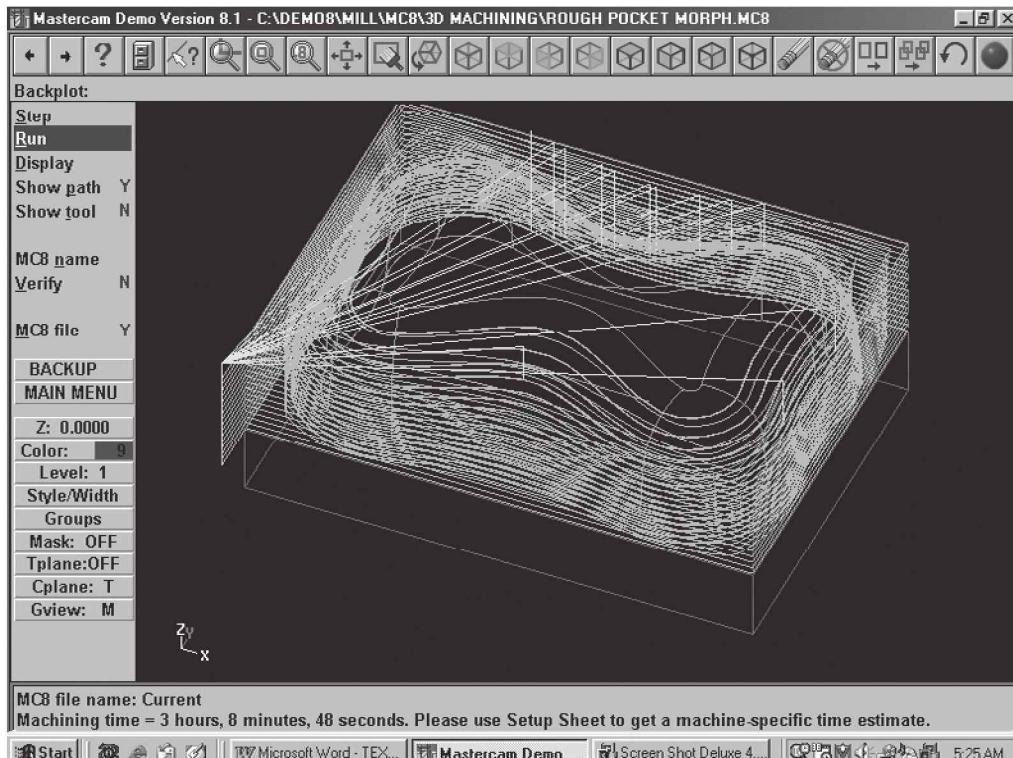


Figura 8-22 Uma amostra do gráfico anterior CAM mostra uma trajetória de ferramenta aramada em azul e o movimento rápido em amarelo.*

Dependendo das seleções do usuário, o gráfico anterior pode mostrar a ferramenta de corte (Fig. 8-23) e o objeto de trabalho e visualizá-lo de diferentes perspectivas durante e após a usinagem na tela ter sido completa. Onde houver necessidade de uma aproximação, detalhes da usinagem podem ser mostrados.

Mas um gráfico anterior não pode nos dizer se as dimensões estão corretas ou se o programa tem pontos perigosos em que o cortador poderá atingir parafusos, mordentes de morsa ou outros objetos na configuração, a menos que eles estejam incluídos na designação do material. Testes para isso vêm em seguida.

Agora é a sua vez

O melhor caminho para aprender este teste opcional é fazê-lo. Usaremos o Mastercam, mas, mesmo que seu curso tenha programas diferentes, você trabalhará de forma similar. Se você ainda não tiver feito, faça o download a partir do link disponível no ambiente virtual de aprendizagem (www.bookman.com.br/tekne).**

O que se segue é um caminho simples de fazer um gráfico anterior, mas com experimento completo com diferentes vistas e opções de visualização.

* N. de E.: Para ver esta foto colorida, acesse o site www.grupoab.com.br e busque pelo título do livro. Na página do livro, acesse o Conteúdo Online.

** Pode ser tanto um programa completo implementado como uma versão de demonstração.

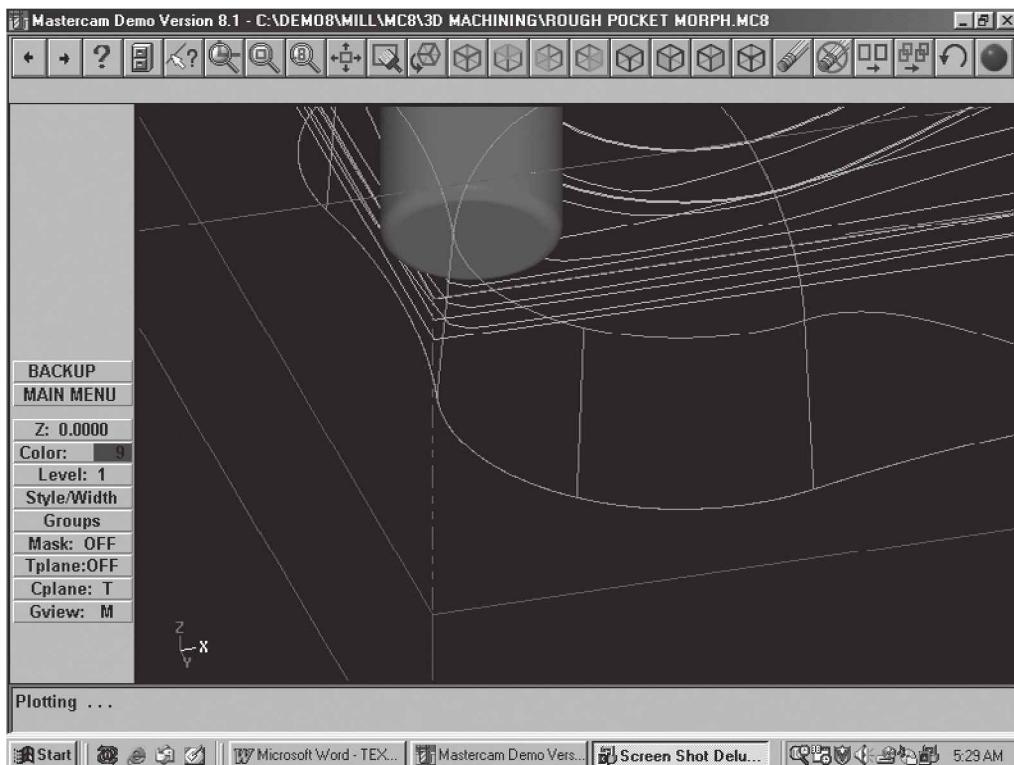


Figura 8-23 Testando mais além, a vista foi ampliada onde o problema era suspeito, com o cortador mostrado.

CAM Backplot Step By Step

Start MasterCam Mill

[] Files,

Get,

2-D or 3-D

Selecione qualquer arquivo –

A geometria da peça aparecerá na tela

[] Main Menu

[] NC Utils (Ferramentas utilitárias para programação e teste)

Backplot,

Run

Linhos azuis são trajetórias da ferramenta, amarelos são movimentos rápidos.

or Step

Clique para ler cada bloco de comando.

Tente opções diferentes Agora, troque as várias opções de gráfico anterior para ver as diferentes

perspectivas e diferentes vistas da ferramenta de corte.

Na Figura 8-23, fiz quatro mudanças. Primeiro, usando Vista-G Dinâmica (Get View, no rodapé da janela do controlador), a imagem geométrica foi rotacionada com o mouse para mostrar melhor o vértice da peça e, então, ampliada para uma apresentação específica. Em seguida, a visualização da ferramenta foi sombreada. Então, rodei único passo até a ferramenta de corte alcançar a área mostrada em questão.

Troque a visualização da ferramenta

Único passo para ver um bloco a cada vez

Troque a perspectiva e a ampliação

Teste 5 Programa utilitário de trajetória da ferramenta

O teste gráfico final, este programa foi criado especialmente para teste e edição de programas CNC. Na maioria dos casos, programas

Conversa de chão de fábrica

O uso do Metacut Utilities® não é endossado para programa individual. Embora seja um ótimo produto e fácil de usar, há muitos outros programas disponíveis. Ele foi escolhido pela nossa equipe por ser fácil de aprender e trabalhar em conjunto com o Mastercam e por oferecer uma versão de demonstração. Note que todos os programas de demonstração expiram em 30 dias. Uma vez que você o tenha ativado, certifique-se de completar o Capítulo 9 dentro desse período.

de superfície e de trajetória da ferramenta são programas separados do CAM, mas trabalham em conjunto com ele. Nossa exemplo, Metacut Utilities®, é desse tipo de programa.

Escolhemos o Metacut Utilities para demonstrar a trajetória da ferramenta e a avaliação da peça como parte de nosso processo de teste do programa (veja a Con-

versa de chão de fábrica). Uma cópia de demonstração para estudantes pode ser obtida na página www.metacut.com. Vá até lá e abra uma cópia de teste grátis desse programa. Na Figura 8-24, usando o programa Metacut, dividiremos a tela em quatro quadrantes para mostrar alguns dos modos de ajuda disponíveis e corrigir erros de programa e prevenir acidentes.

Ponto-chave:

Uma oficina moderna de CNC não deve ignorar qualquer forma de trajetória da ferramenta e sistema de análise de superfície. Isso pode reduzir o tempo e melhorar tanto a segurança quanto a qualidade, para prevenir potenciais refugos de peças.

De modo similar ao CAM, o Metacut pode mostrar uma estrutura aramada para a trajetória do cortador

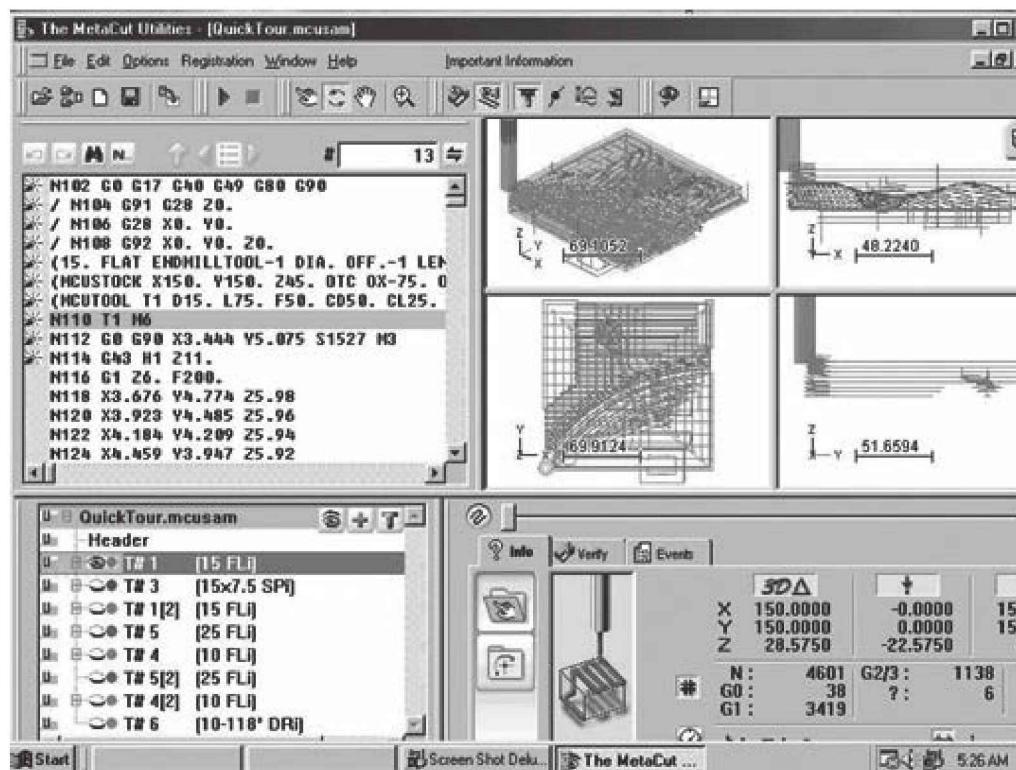


Figura 8-24 Usando o software utilitário de trajetória da ferramenta, muitos detalhes do programa são revelados.

ou um modelo sombreado sólido do produto (Fig. 8-24) de qualquer vista em perspectiva. Ampliar para ver pequenos detalhes tanto durante o corte virtual como após torna possível analisar pequenos detalhes, como desencontros e transições não cortadas. Isso mostra até mesmo marcas de ferramenta. Ele pode detectar eventos que são acidentes, por exemplo, quando, no modo de deslocamento rápido, o cortador toca a superfície. No "Quick-Tour" de demonstração, você verá isso sinalizado em amarelo. Ele pode mostrar a ferramenta de corte à medida que o corte progride e irá diferenciar o movimento rápido da velocidade de avanço de corte.

Vinculação de telas e análise de superfícies

Para avaliação, correção e edição de programas, um recurso bastante útil é a **associatividade** anterior/posterior. Isso significa que todas as janelas do programa serão vinculadas. Ferramentas de corte, linhas de codificação do programa e elementos de corte em cada janela podem ser destacados para mostrar sua participação no programa.

Por exemplo, quando você clica em uma linha de codificação, o elemento cortado que ela executa é iluminado juntamente com a ferramenta de corte que está executando. Ou se você clicar na área cortada na janela gráfica ou em uma simples linha de corte, a(s) linha(s) de código que a faz(em) será(ão) iluminada(s) também. Por fim, se uma ferramenta é iluminada, então, a repetição mostra os cortes feitos por ela segundo os códigos de comando. Iluminar uma, em qualquer janela, instantaneamente a conecta com as outras duas janelas. Isso torna a investigação do programa e a edição um estalar de dedos, especialmente quando são muitas linhas longas, como na maioria dos programas CAM.

Agora é a sua vez

- Abra o programa Metacut. A janela de abertura de demonstração irá perguntar se você deseja fazer um "Quick-Tour" – faça-o! Se o seu laboratório tiver o Metacut instalado, então, vá para o "HELP-TOUR"

Como você verá, essa é uma poderosa ferramenta CNC para realização e desenvolvimento. Após terminar o tour, tente abrir um arquivo salvo no programa e, então, teste você mesmo as várias manipulações. Use a ajuda na tela e o excelente tutorial que pode ser impresso, encontrado no menu HELP. Mais tarde, no Capítulo 9, iremos colocar no Metacut um programa escrito por você no Mastercam para avaliar o resultado final.

Não é incomum para um programa gerado pelo CAM ter centenas ou milhares de longas linhas de programa para formas complexas. Quando alguma coisa está errada nesse tipo de programa, é praticamente impossível localizar a linha específica na qual o problema ocorreu, a não ser que se utilize um programa especialmente projetado para essa tarefa.

Teste 6 Gráficos do controlador CNC para trajetória da ferramenta Uma vez que o programa tenha sido descarregado no controlador, é uma boa ideia executar um teste a seco com todos os eixos destravados. Esse teste pode determinar se o programa funciona em um controlador específico e se a trajetória da ferramenta é a esperada – não um programa errado.

Testes de movimento da máquina Mas aqui está o final dos métodos gráficos. É hora de usar a máquina CNC para testar mais a fundo o programa. Há quatro níveis aos quais você pode ir.

Uma execução a seco

Uma **execução a seco** é, na realidade, executar o programa com uma ou mais funções da máquina desabilitadas – não haverá cavaco removido.

Teste 7 Eixos desabilitados Se o controlador oferecer a condição de eixos desabilitados, você poderá, inicialmente, travar todos os eixos e, então, executar o programa na condição seca. Esse teste mostrará se todas as ferramentas estão corretas e se a sintaxe do programa é aceitável. Se o controlador dispuser de tela gráfica, também serão mostrados a trajetória da ferramenta e o tempo real necessário para cada corte (Fig. 8-25). Durante a execução, as coordenadas de trabalho irão mudar



Figura 8-25 Muitos controladores CNC podem mostrar uma análise de trajetória de ferramenta de muitos ângulos diferentes.

como se a máquina estivesse movendo, e todos os códigos modais e ativos também serão mostrados na tela. Esse é um teste grosso, mas é rápido e não apresenta riscos.

A seguir, usando uma fresa para o exemplo, desactive os eixos X e Y, mas retenha o eixo Z no zero máquina (ou retenha os eixos X e Z, se for um torneio). Agora, os movimentos XY do fuso podem ser analisados quanto aos pontos de risco em que o movimento rápido poderá atingir um grampo ou a morsa. Você deverá, então, mover o eixo Z um pouco na direção da peça, travá-lo novamente e executar a operação a seco outra vez.

Outra adição à operação a seco é permitir a troca de ferramenta durante a corrida, mas somente após o teste travado. Aqui, as ferramentas são introduzidas na posição e retiradas no instante correto no programas, mas os eixos permanecem travados. Esse recurso pode não estar disponível em todas as máquinas.

Teste 8 Ferramentas de corte retidas Usando este método, todos os eixos e trocas de ferramentas estarão livres para mover-se, então, todos os movimentos podem ser observados quanto a pontos de risco. Uma ferramenta desabilitada poderá ser configurada em três diferentes modos:

1. Remova a ferramenta de corte da máquina.

2. Use configurações para forçar a ferramenta de corte para trás uma grande distância. Não se esqueça dessa distância, para que ela possa ser revertida na execução real do programa.
3. Mais apropriado à configurações de múltiplas ferramentas é alternar o PZP no eixo Z, acima da peça. Novamente, não esqueça a quantidade de deslocamento, de modo que possa retornar depois.

Ponto-chave:

Em cada ferramenta de corte sem teste, haverá algum risco à medida que os eixos se movimentam.

Teste 9 Material ausente Esta é outra forma de realizar a operação a seco, mas apresenta mais riscos, uma vez que as ferramentas de corte virão para sua altura desejada em relação à morsa, à castanha ou aos grampos mesmo que o material de trabalho seja removido por hora.

Teste 10 Material de teste Aqui, tudo está habilitado, ferramentas de corte, troca de ferramentas e todos os movimentos axiais. Contudo, a peça não está no material real. Em vez disso, é utilizado um **material de teste**, que é de menor custo e mais fácil usinagem. Este teste cria a primeira análise dimensional do produto e é, normalmente, utilizado porque o material de trabalho é caro ou de suprimento escasso; por exemplo, seu trabalho requer a usinagem de três blocos de titânio caros, e não pode ser obtido mais! Aqui, a primeira peça deve estar tão correta quanto as duas peças seguintes!

Uma execução com material de teste sempre segue uma série de operações a seco. O material de teste pode ser uma cera especial projetada especialmente para testes de CNC. Ela também não é barata, mas os cavacos podem ser refundidos e fundidos em um bloco! Veja a Dica da área.

Uma espuma especial de alta densidade também feita para esse propósito pode ser usada para peças de teste (Fig. 8-26). Algumas vezes, quando nada mais está disponível, usamos madeira ou até mesmo alumínio. Espuma e madeira, contudo, podem trazer problemas de poeira.



Figura 8-26 O material de teste é um modo seguro de obter as dimensões reais da peça.

Dica da área

Cera reusável Antes de um teste com cera, limpe todo o cavaco da máquina, de modo a não misturar cavacos de metal com cera. Contudo, uma limpeza 100% não é necessária se você seguir a dica seguinte. Após executarmos os cortes, os cavacos são aspirados com um aspirador manual à bateria que reservamos justamente para recuperar a cera. Então, funda a cera recolhida em uma panela sobre uma placa quente. O líquido é, então, filtrado em um coador de chá para remover lascas de cavaco quando ele é refundido no molde. Após alguns ciclos, as propriedades da cera irão degradar, então, um condicionador especial é adicionado ao líquido antes de refundi-lo. Isso restabelece a estabilidade dimensional.

Operação a seco

Teste 11 Deslocamentos e raios maiores Este teste somente funciona se o programa é de compensação de raio de ferramenta. Aqui, os deslocamentos radiais são falsificados, de modo que o cortador se afaste da peça uma grande distância a fim de que pouco contato ou contato algum seja feito com os perfis cortados.

Ponto-chave:

Certifique-se de registrar as mudanças de deslocamentos em uma configuração de múltiplas ferramentas para garantir que eles sejam reescritos de forma correta quando o teste for completado.

Usando deslocamentos radiais, pode-se usinar a peça em uma versão maior e, então, medi-la para auxiliar a verificar se os deslocamentos reais produzirão uma boa peça! Tenha cuidado, a próxima peça após os deslocamentos serem restaurados poderá não estar na dimensão correta devido às diferenças de deflexão da ferramenta entre o corte de teste suave e o corte com remoção total.

Teste 12 Único passo OK – é hora da apresentação! Aqui, faremos cavacos, mas não na velocidade que eles poderiam ter no ciclo automático. Esse teste é usado universalmente em todos os controladores CNC com os quais tenho familiaridade – velhos ou novos.

Para um **teste bloco a bloco**, primeiro, selecionamos o modo de único passo com a configuração completa, o programa carregado e o material da peça pronto. É uma configuração completa e operação somente com movimentos axiais mais lentos. Então, com o movimento rápido reduzido a 25% ou menos, e a velocidade de avanço reduzida também, aciona-se o botão >Cycle Start<, e o controlador completará a linha de comando e, então, aguardará outro acionamento. O problema é que o fuso permanecerá encostado enquanto aguarda um segundo acionamento do botão de início. Comprimir o cortador contra a peça é, aqui, um problema potencial.

Ponto-chave:

O truque real em usar esse teste é analisar o bloco de programa sob o cursor. Então, observe a tela de registro de posição e a distância de deslocamento. *Cuidado! Veja e pense antes de acionar o botão de início.* Pergunte a si mesmo se o próximo movimento é razoável. Não pressupõe nada – você está especialmente vulnerável a esses erros se você escreveu o programa sozinho.

Usando o DTG Durante um teste passo a passo, quando for questionável se um corte ou um movimento rápido é seguro, permita à maioria dos comandos ocorrerem e, então, mude a função de ultrapassar para zero (velocidade rápida ou de avanço, dependendo do comando), parando o

movimento do eixo a meio caminho do comando. A seguir, pare o fuso e use a régua ou algum outro meio de medida para verificar o quanto a ferramenta pode se deslocar de modo seguro. Então, compare isso com a tela "Distance to Go" no controlador. *Cuidado!* Não coloque sua mão perto do cortador rotacionando ou da placa do torno para fazer esse teste! Desligue o fuso (ou o eixo-árvore).

Em execução

Teste 13 Paradas opcionais Para executar este teste, os códigos que provocam uma parada opcional devem estar presentes ou ser editados no programa. Paradas opcionais interrompem o programa em pontos específicos quando o operador as seleciona, cada uma como uma medição-chave que pode ser executada a cada 20% da peça, por exemplo. Mas, entre elas, não há parada desejada, portanto, o botão é deixado na posição aberta e o código **parada opcional** é ignorado (Fig. 8-27).

Ponto-chave:

Este teste é usado para a avaliação da peça em operação, mas também pode ser usado para a operação da primeira peça se os pontos de parada forem bem pensados.

Muitos controladores CNC indicam uma parada opcional com uma luz amarela piscante.

Observe, na Figura 8-27, que há múltiplos botões. Vários níveis de intervenção podem ser criados. Por exemplo, uma parada opcional para uma dimensão problemática ou um acabamento supercrítico requerendo uma atenção especial do operador e, então, uma segunda para uma faixa maior de amostragem para CEP.

Comparando os métodos

O objetivo é escolher a melhor combinação de cada categoria para combinar com o serviço. Aqui está uma rápida visão geral das possibilidades:



Figura 8-27 A parada opcional 1 foi mantida ativa pelo operador, enquanto as demais permaneceram desativadas.

Teste de corridas preliminares

Leitura de programa – para verificações pontuais e pontos de erro.

Avaliação gráfica – um excelente recurso, se disponível.

Avaliação gráfica computadorizada no CAM – se disponível (a melhor escolha).

Corrida a seco

Um eixo desabilitado

Ferramenta ou material retido

Afastamentos maiores – sem contato do cortador

Testes de execução

Material de teste

Falsos deslocamentos – reduzindo até alcançar o tamanho final

Teste bloco a bloco

Corrida interrompida

Parada opcional – um ou mais pontos de intervenção personalizados. *Devem ser editada ou escrita no programa.*

Ciclo de passo único – mudando para esse método, o controlador irá executar o bloco que está sendo lido e, então, aguardar.

Ultrapassagem de velocidade e avanço – usado corretamente somente durante um movimento sem contato da ferramenta com a peça. Em qualquer outro instante, é um procedimento de parada de emergência.

Revisão da Unidade 8-3

Revise os termos-chave

Associatividade

Elementos conectados no programa. Cada um é associado aos outros. Destacar ou mudar um mudará todas as janelas conectadas.

Eixo desabilitado

Método de teste por meio do qual o operador pode travar um eixo, mas o controlador mostra como se estivesse movimentando.

Execução a seco

Qualquer um dos muitos métodos de testar o programa por meio do qual a máquina não produz cavacos, mas se desloca por todo ou por parte de um ciclo automático completo.

Material de teste

Material macio ou barato usado para usinagem de uma forma sem o risco de perda do material real ou quebra de ferramentas.

Parada opcional (par opc)

Função do controlador por meio da qual alguns códigos podem ser reconhecidos ou ignorados dentro do programa.

Teste bloco a bloco

Avaliar um programa pela execução completa de um código por vez. O último teste antes de rodá-lo automaticamente.

Reveja os pontos-chave

- O material de teste pode ser usado para fazer uma peça de teste que possa ser medida.
- Alternar o PZP afastando-o do material sómente funciona se for um PZP de ferramenta-mestre.
- Usando deslocamentos radiais maiores, pode-se usinar a peça em uma versão expandida e, então, medi-la para auxiliar a verificar se o deslocamento real produziria uma peça boa!
- Para melhor utilização do teste bloco a bloco, analise a posição e a distância a percor-

rer. Pergunte a si mesmo se o próximo movimento é razoável.

- Paradas opcionais podem ser usadas para a avaliação das peças em operação, mas também podem ser usadas para uma execução inicial se os pontos de parada forem bem pensados.

Responda

1. Quais testes de programa não apresentam riscos?
2. Dentre os testes de programa gráficos sem riscos, qual é o melhor para testar o programa? Por quê?
3. Quais são os itens principais que um gráfico anterior pode revelar?
4. O que não pode ser determinado pelo gráfico anterior?
5. Como você procederia para mover todos os três eixos em uma fresadora vertical, mas sem produzir cavacos?
6. A fim de mudar o PZP em uma configuração de ferramentas múltiplas para testar um programa, qual tipo de configuração deve ser feita?

Pensamento crítico

7. Sua tarefa é fresar em CNC um forjado caro de aço inoxidável em uma forma complexa de tolerância apertada. Qual programa de teste você executaria?
8. Verdadeiro ou falso? Todos os testes gráficos em programas apresentam risco nulo.
9. Descreva um teste bloco a bloco em um programa. Em qual estágio do teste você o executaria?
10. Verdadeiro ou falso? Paradas opcionais são mais utilizadas para verificação de peças durante a operação do que para teste de programa.

Pesquisa especial

Se você ainda não o fez, é hora de instalar o disco de "Machining Technology" e rodar o tutorial para Metacut Utilities.

Observe o seguinte:

- 11.** Todos os aspectos na imagem da tela são associados.

- 12.** Mudar qualquer linha de código do programa muda a forma da peça quando a tela é atualizada.
- 13.** Você pode selecionar com o mouse qualquer elemento ou linha de código, e eles serão encadeados.
- 14.** À medida que o programa se desenrola, cada elemento e sua direção são indicados por um encadeamento sinuoso.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Unidade 8-1

Quando estiver executando uma configuração em qualquer máquina, é crucial considerar as forças que serão trazidas para atuar na peça. Por enquanto, você experimentou essas forças em seu laboratório e talvez tenha visto um acidente ocorrer. (Espero que não!)

Isso não é novidade, bem como o fato de que, quando você estiver em um trabalho CNC, a questão da segurança é multiplicada. Toda peça deve ser fixada da forma mais apertada possível. Certifique-se de que prisioneiros, parafusos, porcas T e grampos estejam em boas condições e que sejam de Grau 5 – fabricados para máquinas operatrizes. Todos os parafusos devem ser apertados, mas sem sobretorque. Todas as pinças devem ser testadas e verificadas

quanto ao aperto. Não deixe nada ao acaso antes do programa começar.

O pior acidente industrial que eu vi ocorreu quando uma roda fundida de alumínio de 20 Kg saltou da pinça de um torno CNC. Com uma pequena investigação, chegamos à conclusão de que a ferramenta atingiu um bolsão de areia no fundido e quebrou. Ela penetrou, e a peça foi arrancada a 400 rpm. Ela não somente quebrou a porta de segurança, como derrubou a caixa de ferramentas do operador, a bancada de trabalho e correu descontroladamente pela oficina. Com essa experiência horrível, o programa foi refeito para incluir um contraponto durante a operação de desbaste!

Unidade 8-2

As chances de você trabalhar em mais de uma oficina durante sua carreira são grandes. Quando mudar de uma para outra, você experimentará diferenças no modo como as coisas são feitas com relação às configurações, aos deslocamentos e ao estabelecimento do PZP. Por exemplo, ensinando em uma oficina além-mar, a política padrão era que o PZP em tornos deveria ser configurado usando os mesmos códigos de comando que seriam utilizados na configuração de dispositivos em uma fresadora. A razão é que eles achavam que

isso era coerente com o modo como as fresadoras eram configuradas.

Em especial, você encontrará pessoas que insistirão que tanto o método de ferramenta-mestre como o de posição-mestre é o único modo de estabelecer um PZP. Isso dependerá do modo como eles foram ensinados originalmente. O industrial esclarecido aprende a adaptar-se por meio do entendimento das possibilidades. Você encontrará combinações dos

três métodos acima: ferramenta-mestre, posição-mestre e deslocamento de dispositivos. Você irá

entender as diferenças entre eles, e, então, adaptar-se será fácil. Esse é o tema das unidades 8-1 e 8-2.

Unidade 8-3

Há dezenas de combinações dos 12 métodos possíveis de testar. Eu não gostaria de iniciar a operação de um programa sem, pelo menos, dois testes, não importando o quanto ele tenha sido provado no passado. Em condições de treinamento, você sempre espera estar com a máquina acertada e funcionando

o mais cedo possível. "Tempo realmente é dinheiro." Contudo, o custo de tempo de um acidente é muito superior ao do teste prévio. Testar programas, especialmente no seu estágio inicial, é um investimento de tempo que rende juros.

Revisão geral de CNC

Estamos no final dos capítulos específicos para CNC. A seguir, daremos uma olhada na programação CAM e em outras tecnologias avançadas. Assim, os problemas e questões seguintes são a revisão final de seu entendimento do objetivo como um todo. Do Capítulo 1 até o 8: conhecimento de fundações, monitoramento de produção, edição, operação de máquina CNC, programação e configuração e teste de máquinas. Cada questão é focada no capítulo em que se origina. Um novo estudo pode ser indicado se você perdeu o objetivo ou algo mais de um determinado capítulo.

1. Baseado na Figura 8-28, identifique os cinco eixos de uma fresadora vertical e o sinal do valor de cada um (mais ou menos).
2. Se o fuso de um centro de usinagem CNC é programável, isso significa que ele pode executar movimentos angulares controlados como um cabeçote indexável. Qual é o nome desse eixo?
3. Esta afirmativa é verdadeira ou falsa? De acordo com a *regra do polegar*, apontando o polegar de sua mão direita ao longo do eixo positivo de rotação, seus dedos irão curvar na direção positiva do movimento de rotação. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?
4. Ao escrever manualmente as coordenadas do programa para a Figura 8-29, qual seria o método mais fácil de evitar os cálculos para os pontos E, F e G?
5. Na programação da Figura 8-29, a resposta correta foi mudar para coordenadas incrementais no ponto D. Qual EIA poderia fazer essa mudança?

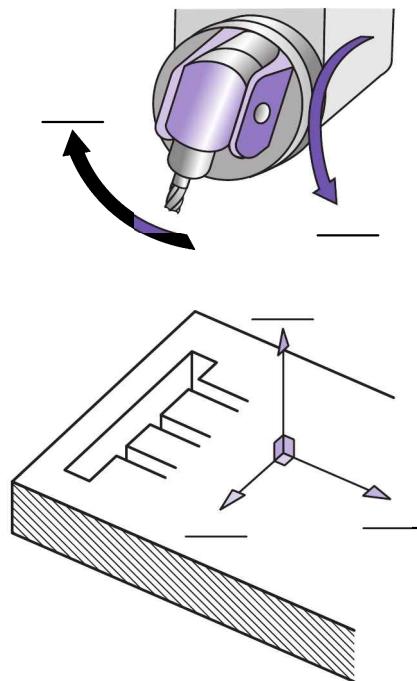


Figura 8-28 Identifique estes eixos CNC.

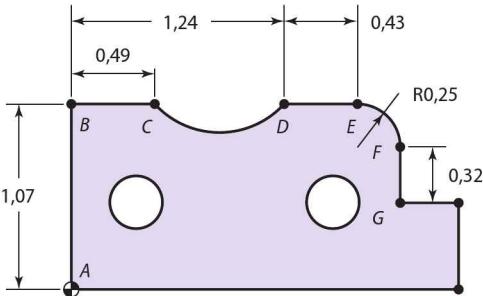


Figura 8-29 Reveja a Questão 4. Como estes pontos podem ser identificados?

Pensamento crítico

7. Ao escrever manualmente o programa para a Figura 8-30, ambos os furos circulares devem ser usinados. Cite ao menos três possíveis métodos de escrever essa parte do programa além daqueles gráficos/CAM. Qual é o mais rápido dos três?

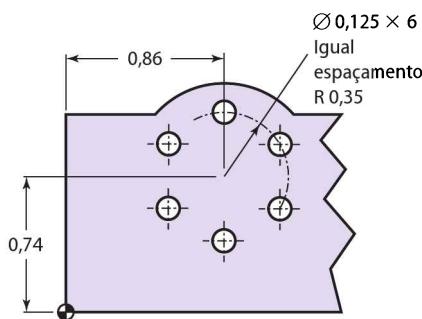


Figura 8-30 Descreva alguns modos de escrever os códigos de programa sem o programa CAM.

8. Esta afirmativa é verdadeira ou falsa? Coordenadas cartesianas referentes ao PZP têm seus valores conhecidos como Coordenadas Cartesianas Absolutas. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?
 9. Cite, na ordem de importância, as duas regras direcionais para selecionar o PZP.
 10. Onde poderia estar localizado o PZP para o trabalho de fresagem mostrado na Figura 8-31?

6. O código modal requerido na Questão 5 para valores incrementais permanecerá ativo até acontecer o quê?

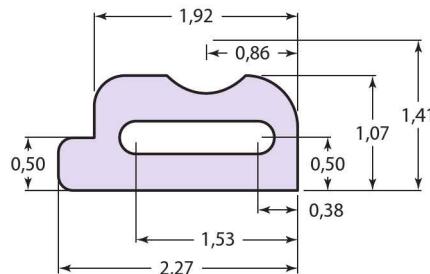


Figura 8-31 Questão 10. Onde o PZP poderia estar localizado?

11. Um hemisfério deve ser usinado no topo de um fundido de forma irregular. A oficina possui um torno CNC e uma fresadora CNC 2D; descreva pelo menos dois modos simples pelos quais ele possa ser usado.
 12. Identifique e descreva três componentes de acionamento elétrico CNC.
 13. Qual é a função de um parafuso de esferas recirculantes em uma máquina CNC?
 14. Esta afirmativa é verdadeira ou falsa? DNC pode ser realizada nos modos total ou parcial do controlador CNC para o computador hospedeiro. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?
 15. Algumas máquinas CNC requerem *initialização* quando ligadas, enquanto outras não – por quê?

16. Há quatro métodos de *suspender* um ciclo automático CNC durante um programa sem consequências para a operação além de a ferramenta permanecer encostada à peça. Em cada um dos métodos, a operação automática pode ser reiniciada com uma simples ação. Denomine esses métodos e a ação de reinício necessária. (19, 24)
17. Durante uma configuração, você deseja posicionar a torre porta-ferramenta de um centro de torneamento em um local exato dentro do envelope de trabalho com relação ao zero máquina. Cite três métodos operacionais para realizar esse movimento.
18. Cite e descreva três telas de posição normalmente encontradas em um controlador CNC.
19. Para usar corretamente o MPG, deve-se posicionar o controlador em qual modo? Também é necessário usar dois outros controles do operador. Denomine e descreva-os.
20. Rotule os controles CNC de A até H no controlador PVC mostrado na Figura 8-32 e descreva a função de cada um.
21. O que poderia acontecer em um ciclo automático se você puxar ou girar
 - a. Deslocamento rápido para zero?
 - b. Deslocamento de avanço para zero?
 - c. Velocidade do fuso para 125%?
 - d. Parada de emergência?
 - e. Único passo
22. Relacione tantas categorias de informações vitais encontradas em um documento de configuração CNC quantas você puder lembrar. Elas são vitais tanto para o operador como para o pessoal de configuração.
23. Relacione dois tipos de programas de fresagem de perfil compensado e dê uma breve descrição de cada um. Qual é o mais comum e por quê?

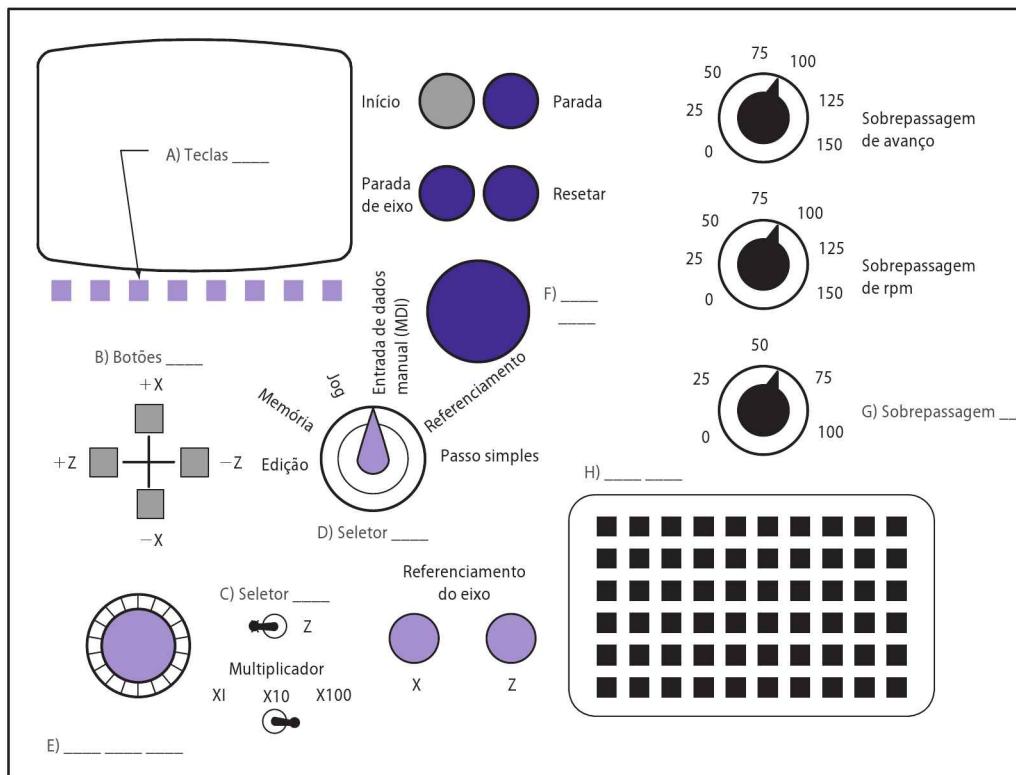


Figura 8-32

- 24.** Durante um ciclo automático, alguns erros podem acionar alarmes. Relacione-os e descreva-os.
- 25.** Questão de segurança vital. Denomine e descreva os três níveis de intervenção do operador para problemas. Em cada nível, denomine dois métodos de interromper a operação para executar correções.
- 26.** Cite pelo menos três ou quatro métodos de monitorar uma operação de produção em uma máquina CNC.
- 27.** Você produziu a peça mostrada na Figura 8-33 em um centro de usinagem CNC com uma fresa de topo com dois canais, T0101 = fresa de topo com duas arestas e 0,500 pol. de diâmetro e T0202 = 0,375 pol. Medições reais após a usinagem são mostradas entre parênteses. O que deve ser ajustado para trazer a peça para a dimensão nominal, PZP ou deslocamentos? (Observe que não foram fornecidas tolerâncias para este problema.)
- 28.** Há muitos fatores a considerar quando se está planejando um programa CNC seguro e eficiente. Além do tipo da máquina, cite os três mais críticos.
- 29.** Defina os seguintes termos de planejamento e configuração:
- Alterar coordenada
 - Referência do ferramental – definir o ponto

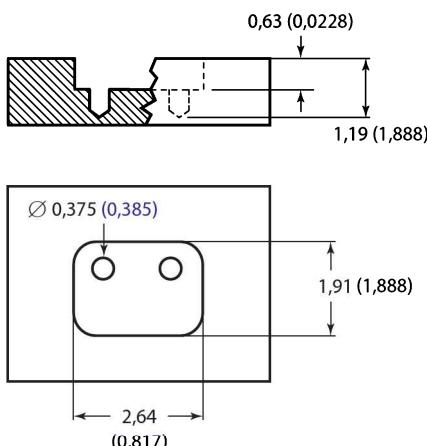


Figura 8-33 Questão 27. O que pode ser feito para corrigir estas dimensões?

Pontos do ferramental

Método de toque

- 30.** Esta afirmativa é verdadeira ou falsa? Morden-tes macios são um problema para os opera-adores. Fabricados com material errado, tanto as morsas como as pinças deterioram com o uso. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirma-tiva verdadeira?

- 31.** Cite os três métodos de entrada para gerar um programa CNC. Qual é o mais comum?

- 32.** Preencha e descreva tantos dos códigos se-guintes quantos você puder se lembrar. Obser-ve que o objetivo não é memorizar os códigos, mas saber das suas possibilidades. Veja o quan-to você se lembra.

G00

G01

G02

G03

G04

G17 (código de fresagem)

G18

G19

G70

G71 (pode ser G21)

G40

G41

G42

G80

G90

G91

G94

G95 (mais em tornos e furação)

M00

M01

M02 (também pode ser usado M30)

M03

M04

M05

M06 (somente fresadora)

M07

M08

M09

- 33.** Por que os códigos G e M são agrupados nos blocos?

- 34.** Quais ações podem ocorrer com estas três li-nhas de comando?

N025 G01 X30.0000 G94 F19. G90 G70
 N030 Y1.0000
 N035 G00 X0.0 Y0.0

35. O que pode ocorrer dado este comando?
 N001 G0 X1.000 G01 Y15.0
36. Você está em G17 em uma fresadora vertical CNC. Escreva um bloco de comando para o arco conforme a Figura 8-34, de trajetória da peça, pelo método IJK (ID de centro). Então, escreva o mesmo comando de arco usando o método de raio.
37. Para iniciar a compensação do raio do cortador, quais considerações devem ser feitas?
 - a. No planejamento do programa?
 - b. No programa?
 - c. No controlador?
38. Como são usados os *ciclos fechados*? Qual é o outro termo de oficina para essa ferramenta de programação?
39. Questão de segurança. Qual é o risco singular de se usar o ciclo de rosqueamento em um torno ou centro de torneamento CNC quando comparado a todos os outros ciclos fechados?
40. Esta afirmativa é verdadeira ou falsa? Um parafuso circular é um fixador roscado que é curvado em uma forma circular. Se essa afirmativa for falsa, qual seria a afirmativa verdadeira?

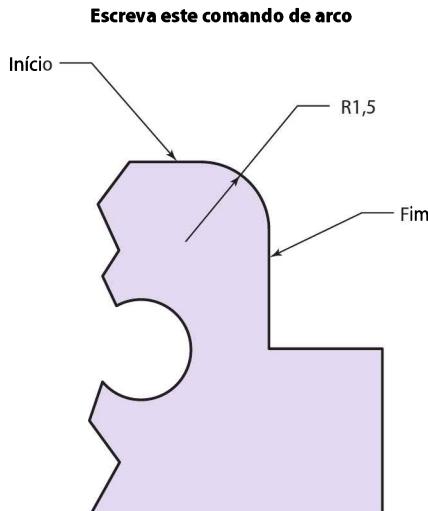


Figura 8-34 Questão 36. Escreva estes comandos de arco.

41. Com relação aos ciclos fechados, defina os seguintes termos CNC: ponto de partida, parâmetro e rotinas cruzadas.
42. Defina os seguintes termos de configuração: coordenação, PZP – referencial e ferramentamestre
43. Um operador deseja avaliar graficamente um programa CNC, mas o controlador não possui capacidade gráfica. Cite pelo menos duas ou três soluções possíveis (*Dica: pense globalmente*).
44. Qual é o melhor teste antes de carregar o programa no controlador e executar uma corrida a seco?
45. Quantos programas de testes avaliam as dimensões da peça? Descreva-os.
46. Quais são os fatores que podem determinar quantos testes de programa foram aconselhados para um determinado trabalho?
47. Você deseja usinar um furo em forma cônica em um bloco de alumínio. Ele foi pré-furado para o diâmetro de 1 pol. (Fig. 8-35). Relacione os vários meios de ele ser usinado, tanto em manual como em CNC. Qual seria mais preciso com o melhor acabamento usinado?

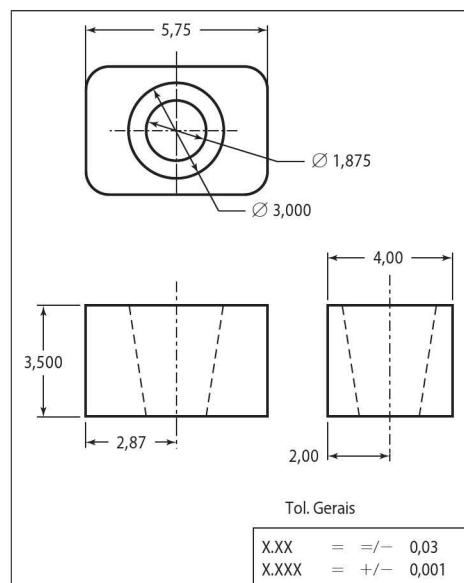


Figura 8-35 Quantos modos há para usinrar este furo cônico?

- 48.** Um programa usinou fundidos corretamente por muitas horas e fez 25 peças boas. A 26º peça foi removida do dispositivo e mostra que um lado não foi limpo completamente. Qual poderia ser o problema?
- 49.** Você está prestes a realizar uma avaliação gráfica em uma operação a seco de um programa

escrito manualmente para um controlador de torno. Ele parou na linha iluminada (*), com o código de erro #34B. Lendo o manual do operador, você descobre que isso significa a ocorrência de um erro de sintaxe. O que está errado? Como você pode consertar? Veja a Figura 8-36.

```
:O12345
(Final CNC Quiz-Turned Pin)
(2.000 CRS Stock-Cut to length-PRZ outer
Tip-Per Fig. 24-36)
N005 G80 G70 G90 G40
N010 G0 X100. Z100.
(Home turret to soft limits)
N015 T0101
(0.03NR, RH turning-offsets 01)
N020 S650 G95 F0.005
N025 G0 X2.100 Z0.250 M03 (Rapid to departure)
N030 G41 X2.00 (First ramp)
N035 G1 X1.750 Z0.050 (Ramp on)*
N035 Z-3.000 (First pass)
N040 G0 X1.800 Z0.250 (Rapid back for second pass)
N045 G1 X1.375 Y-3.000 (Second pass-finish 1.375 diameter)
N050 X1.875 (Face shoulder)
N055 G3 X2.000 Z-3.0625 R.0625 (Corner radius)
N060 G1 X2.125 (Pull off contour)
N065 G0 X100. Z100.0
N070 G40
N075 M2
```

- 50.** Você agora tem o problema de sintaxe no programa reparado. Ele operou a seco corretamente, mas os gráficos mostram uma forma estranha na linha N045 – não pelo desenho. Qual é o problema? Como você pode consertá-lo?

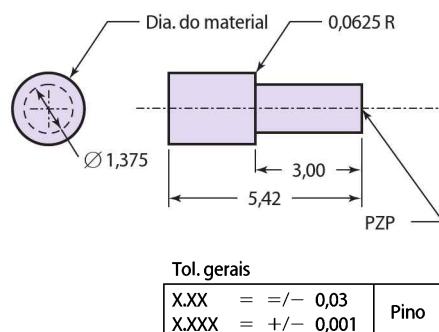


Figura 8-36 Questões 49 e 50. Compare o programa com o desenho e remova os erros se forem encontrados.

RESPOSTAS DO CAPÍTULO

Respostas 8-1

1. Posição em *coordenadas absolutas da máquina* relativas ao M/H; coordenadas de trabalho representam as posições coordenadas da ferramenta; a memória de ferramenta contém o número da ferramenta acompanhado com o seu deslocamento de compensação; a página de deslocamento de fixação localiza o PZP relativo ao zero máquina.
2. Falso. Uma vez que você somente usou a tela para acompanhar o movimento relativo DTI, as coordenadas de trabalho podem ser usadas igualmente às coordenadas na máquina.
3. Veja a resposta 2.
4.
 - a. Dispositivo de fixação da peça limpo, preso e alinhado.
 - b. Coordenada PZP XY (a ordem não importa).
 - c. Carregue a ferramenta de corte.
 - d. Coordenada PZP Z.
5.
 - a. Material de teste para a pinça ou peça.
 - b. Monte a ferramenta de corte.
 - c. Fuso iniciando e cilindro de teste de usinagem.
 - d. Meça e escreva no registro do eixo X.
 - e. Encoste no PZP do eixo Z e coordene no registro de eixos.
6. A posição absoluta relativa ao zero máquina.
7. Aponte sobre o furo e escreva X-03.0000 Y-02.0000 no registro de coordenadas de trabalho (ou calcule essa diferença na localização de usinagem na memória de dispositivo).
8. É verdade.
9. Realmente torneando uma peça de teste, os itens de flexão da ferramenta e batimento são

reduzidos, o que auxilia na precisão geral da configuração. Menos ajuste é necessário após fazer a primeira peça.

10. Aqui estão suas opções – nenhuma envolve modificar o programa, somente certificar-se de que todas as três ferramentas têm comandos de compensação do comprimento.

a. Certifique-se de que o novo comprimento da ferramenta está afastado 0,0377 quando for montado no fuso e, então, registre um deslocamento – 0,0377 no valor de deslocamento desse comprimento. Ela, então, irá se comportar como a antiga ferramenta T01. Usando essa solução, as outras duas ferramentas não necessitam ser mudadas.

Restabeleça o novo Z zero da ferramenta encostando-a na peça, então:

- b. Adicione 0,0377 pol. a mais na configuração de compensação de comprimento das outras ferramentas. Elas, então, moverão para mais próximo da peça, acompanhando a ferramenta-mestre.
- c. Ou reencoste as outras ferramentas e estabeleça seus deslocamentos em comparação com a ferramenta-mestre. Essa solução é, essencialmente, um reinício.

Da Questão 10, você pode observar que com qualquer reposição futura de ferramenta neste ponto e configurações subsequentes, será uma verdadeira dor de cabeça usar o método da ferramenta-mestre!

Na Unidade 9-2, aprenderemos um método muito melhor para múltiplas ferramentas.

Desafio do bloco misterioso

Você deve estar apto a usar o relógio apalpador zerado sobre uma aresta para detectar o tamanho do bloco dentro de 0,0003 pol. no seu tamanho micrométrico. A Dica da área é, inicialmente, zerar o

relógio sobre uma aresta e, então, não perturbar o sensor. Quando o sensor alcança o ponto zero, o fuso está diretamente sobre a aresta.

Respostas 8-2

1. Devido a todos os elementos no eixo Z estarem muito elevados, o problema reside na configuração, não no programa. Mude o deslocamento de comprimento da ferramenta para um número negativo maior. Mude o PZP no eixo Z, aprofundando-o 0,005 pol.
2. O objeto está uniformemente 0,0036 pol. maior em ambas as dimensões. A quantidade por lado a ser reduzida é igual a 0,0018 pol.
 - a. O deslocamento da trajetória da ferramenta deve ser -0,0018 pol, aproximando o cortador da peça.
 - b. O deslocamento de trajetória da peça deverá ser 0,2482 no raio ou 0,4964 se a entrada for no diâmetro.
3. A afirmativa é verdadeira, embora um deslocamento possa ser usado para ajustar a profundidade de corte facilmente. Isso também pode ser realizado alterando o PZP para baixo ou utilizando deslocamentos do material.
4. Fazendo um alinhamento do PZP na interseção de duas arestas de referência: centre o fuso sobre o lado paralelo a X. Estabeleça o eixo Y na posição zero no controlador. Centre o relógio apalpador sobre o lado Y. Estabeleça o eixo X na posição zero no controlador.
5. Ela é falsa. O controlador, provavelmente, estará em uma página de posição mostrando as coordenadas de trabalho, mas, no instante em que as coordenadas de trabalho são modificadas, poderá estar nas coordenadas da máquina também.
6. Há dois problemas diferentes. Uma vez que os diâmetros X não são uniformes nos seus erros e há somente uma única ferramenta de torneamento, o problema está no programa (a ser editado) ou na sequência ou ação de corte da ferramenta. Não poderá ser corrigido com deslocamento ou ajustes do PZP. O problema no eixo Z é corrigido mudando o PZP para trás (afastando da pinça) em 0,1 mm.
7. Sua resposta pode apresentar os seguintes pontos:
 - a. Uma única ferramenta é escolhida como o modelo. Todas as demais são deslocadas para atuar como essa ferramenta.
 - b. A ferramenta-mestre é trazida para uma posição conhecida relativamente ao PZP desejado, à posição física na peça ou ao dispositivo.
 - c. Essa posição é, então, carregada na página de coordenadas de trabalho do controlador como X0.0 Y0.0 Z0.0 sem deslocamento de comprimento.
8. Todas as ferramentas recebem um deslocamento de valor positivo. É a maior distância de uma ferramenta individual da posição coordenada da máquina do M/H à superfície de referência.
9. Para acomodar a matéria-prima de forma anormal onde a peça possa ser feita, mas a forma geral deve ser deslocada dentro da matéria-prima.
10. O método da posição-mestre assume que todas as ferramentas têm deslocamento e, portanto, torna muito fácil trocar qualquer ferramenta sem desafios matemáticos.

Respostas 8-3

1. Todos os testes gráficos; todos os eixos desabilitados – sem movimento.
2. Um programa utilitário de trajetória de ferramenta, porque ele é feito com o propósito de testar.
3. Erros de formas grosseiros e movimentos perigosos de deslocamento rápido.
4. Dimensões e interferência com ferramental na máquina.
5.
 - a. Remover o cortador
 - b. Remover a peça
 - c. Mover o PZP
 - d. Falsear os deslocamentos (raio e comprimento)

6. Ferramenta-mestre.
7. Não há resposta perfeita. Contudo, eu usaria a função de gráficos anteriores à medida que o programa estivesse sendo desenvolvido. Então, um teste utilitário de trajetória da ferramenta visto por muitos ângulos. Por fim, faria algumas execuções a seco. Em seguida, escolleria fazer uma peça com material de teste. Eu não faria uma corrida de passo único, uma vez que tenho somente uma chance de fazer a peça.
8. É verdadeiro, a menos que o teste gráfico acompanhe uma execução a seco na máquina.
9. Um teste de passo único envolve leitura dos códigos na tela antes de permiti-los e analisar cada um usando os registros de posição e a distância a ir.
10. Na maior parte das vezes, é verdade. Contudo, pode ser inserido em pontos críticos para verificar medidas durante a primeira execução da peça.

Respostas para as questões de revisão

1. Cinco eixos são mostrados na Figura 8-37.
2. Quando o fuso rotaciona ao redor do eixo Z é denominado eixo C.
3. Ela é verdadeira.
4. Mude para valores de coordenadas incrementais quando identificar o ponto E a partir do ponto D.
5. É G91.
6. O código modal (G91) pode ser cancelado por qualquer outro código de seu grupo – neste caso, G90.
7. Este furo circular pode ser facilmente programado usando:
 - a. *Mais rápido* – um ciclo fechado de furação circular quer usualmente inclui rotinas de furação. Senão, utilizando o ciclo de furação G83 dentro da rotina de furo circular.
 - b. Temporariamente alterando a coordenada para o centro sobre o centro padrão. Calcule as posições relativas ao centro padrão. Então, utilize um ciclo fixo de furação.
 - c. Uma referência local zero. Posições calculadas. Use um ciclo de furação (se o controlador tiver esse recurso) e um ciclo fixo de furação.
 - d. Uma quarta solução em potencial se baseia em coordenadas polares, se você as usa. Ângulos e raios são as bases dos valores polares. Contudo, eles não foram estudados neste livro, e a resposta completa poderia ser muito longa.
8. É verdadeira.
9. *Primeiro*: O referencial básico do desenho; *segundo*: dentro do primeiro quadrante (se possível – somente fresagem).
10. Seu símbolo pode ter sido colocado na interseção da aresta inferior direita baseado na dimensão. Contudo, programar a peça com essa orientação poderia produzir todas as coordenadas no eixo X negativas, uma vez

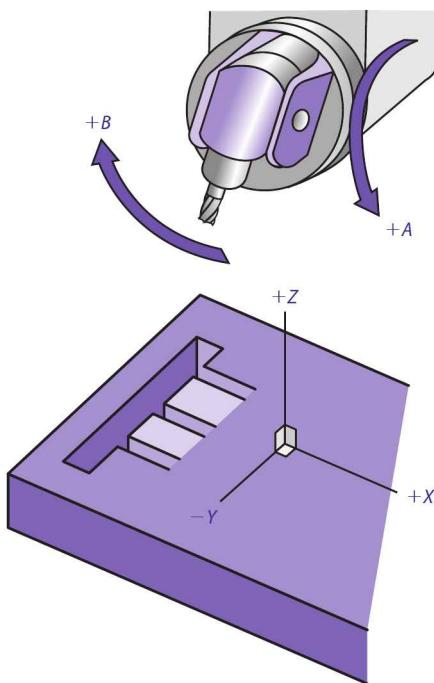


Figura 8-37 Os cinco eixos com um sinal negativo.

- que a peça está no segundo quadrante. Você deve considerar rotacionar a peça antes de programá-la.
11. a. O método mais fácil é no torno CNC, se o objeto puder ser fixado e torneado seguramente.
 - b. Usando uma fresa de topo de ponta esférica e fazendo círculos horizontais ao redor da cúpula.
 12. Os três componentes elétricos em uma transmissão CNC são:
 - a. Servomotor
 - b. Dispositivo de realimentação (posicionamento)
 - c. Unidade de processamento central
 13. Para acionar e posicionar um eixo linear enquanto elimina folga por pré-carga no eixo motor em ambos os sentidos.
 14. Ela é falsa. Redija novamente: do computador hospedeiro para o controlador CNC. (Mover dados do controlador CNC para um PC é um carregamento, não um controle numérico direto.)
 15. Contadores de realimentação devem ser restabelecidos para o zero absoluto relativamente ao envelope de trabalho da máquina. Eles não retêm posição absoluta quando a máquina está desligada, enquanto outros sistemas podem reter a posição absoluta da máquina quando desligados.
 16. *Ultrapasse até zero* – retorne a seu valor original; *ciclo único* – mude o modo para automático e inicie o *ciclo de toque*; *deslize e segure* – iniciando ciclo de toque; *parada opcional* – iniciando ciclo de toque.
 17. Gerador de pulso manual/tela de posição (botões manuais); tela de posicionamento/botões de movimento; MDI – escrevendo um pequeno comando para ir a uma determinada posição.
 18. Coordenadas de trabalho; posição relativa ao PZP; coordenadas da máquina; posição relativa ao zero máquina; distância a ir; quantidade de movimento axial deixada para completar o comando atual.
 19. Primeiro, o controlador deve estar no *modo movimento*; o botão de seleção do eixo ativa os eixos dados; o multiplicador estabelece quantos movimentos por pulso, 1 ou 10 ou 100 vezes a resolução da máquina.
 20. a. Tecla de função – teclas de entrada de funções variáveis
 - b. Botões de movimento – movimento manual contínuo ou incremental de um eixo
 - c. Seleção de eixos – estabelece o eixo a ser movimentado
 - d. Seleção de modo – seleciona a atividade operacional
 - e. Gerador de pulso manual (GPM) – mudança manual do eixo selecionado para uma velocidade selecionada no seletor de multiplicação.
 - f. Parada de emergência
 - g. Ultrapassagem rápida – reduz a velocidade de deslocamento rápido de 100 para 0%
 - h. Chaves rígidas – chaves de entrada específica
 21. O que poderá acontecer se você puxar ou virar:
 - a. A máquina poderá continuar usinando até um comando rápido ser encontrado no programa e, então, irá parar.
 - b. A máquina poderá parar todos os movimentos axiais. Contudo, o cortador permanecerá girando em contato com a peça.
 - c. O fuso irá girar 125% de sua velocidade programada.
 - d. Toda atividade será interrompida e o programa será reiniciado. A máquina será desligada.
 - e. O controlador irá completar a linha de comando em que ele estiver trabalhando e, então, aguardará por outro comando de *início* do painel de controle.
 22. Aqui estão as 10 maiores categorias, mas pode haver mais em sua lista:
 - Identificação e localização do programa – computador central, disco, fita ou outra mídia
 - A máquina específica para a qual é pós-processado
 - Número de identificação de dispositivo e fixações para este trabalho
 - Qualquer ferramental personalizado requerido
 - Posição de configuração do PZP

- Os tipos e tamanhos de todo ferramental de corte e seus números correspondentes dentro do programa
O tipo e a localização de todos os grampos, pinças e travas
A sequência de eventos
Instruções específicas do trabalho – por exemplo, mudança de fixação em paradas no meio do programa; um alerta e instrução sobre uma grande peça de excesso de material que irá voar para fora da peça a um determinado ponto no programa; a peça deve ser rotacionada ou reposicionada na pinça em certo ponto. O programa é compensado ou não?
- 23.** *Linha de centro do cortador manualmente compensado* – um programa escrito para um tamanho exato de cortador; *trajetória da peça compensada* – um programa escrito para acompanhar a geometria da peça com qualquer cortador aceitável dentro dos limites estabelecidos. De longe, o programa mais comum.
Observe que existe um terceiro tipo de programa gerado pelo programa CAM, o programa compensado de linha de centro do cortador. Esse programa é escrito para um raio de ferramenta específico, mas também é capaz de fazer compensação. Ele pode ser ajustado aproximando-se ou afastando-se do contorno da peça pela adição de deslocamentos positivos ou negativos.
- 24.** Dependendo do controlador, esta é uma lista muito limitada. Muitos controladores produzem muitas variações destes e outros tipos de erros. Se sua resposta se aproximar do seguinte, dê a você mesmo crédito para sua resposta:
Erros físicos e de equipamento – ação do operador é requerida para corrigir algumas condições.
Exemplos: limites axiais incluídos que tenham sido atingidos, pouco óleo ou ar, chaves de segurança, perdas de avanço e fechamento de pinças.
Erros de assistência – ação excepcional, usinagem extrapesada ou um acidente, a máquina perdeu sua contagem de posição no sistema de realimentação.
- Erros de programa e de sintaxe* – problemas de sintaxe ou matemáticos estabelecidos pela edição do programa, por exemplo, trocando a letra “o” por um zero; escrita incorreta dos comandos; ordenação incorreta de um conjunto rígido de variáveis; perda de dados, comandos radicais, problemas lógicos com programas ramificados.
Erros do controlador / operador – ações prévias ou entradas, deslocamentos gerando trajetórias de ferramentas impossíveis; máquina não iniciada corretamente.
- 25.** Novamente, esta é uma resposta mínima. Há muitos modos de parar e corrigir problemas, baseados no julgamento do operador em cada situação. Você compreende o conceito geral dos três níveis ascendentes de intervenção do operador e um ou dois métodos de interromper a corrida?
Nível 1 – Alguma coisa não está certa. Pode ser perigoso. Ruído ou deterioração de acabamento. Uma ação de interrupção de corrida é chamada para introduzir um tempo dado. Mude para modo de ciclo único e espere para o final do bloco atual. Gire a ultrapassagem rápida para zero e espere para o próximo movimento rápido após completar o bloco atual.
Nível 2 – Um problema é óbvio. Ele é perigoso ou sério, um acidente não ocorrerá ainda, mas é eminentemente ação não foi realizada rapidamente. Pode requerer uma parada completa no final do ciclo ou pode ser corrigido com uma parada menos crítica. Contudo, deve ser corrigido rapidamente para não deteriorar.
Nível 3 – Um acidente completo. Um evento surpresa com riscos para você, para a máquina e para a peça. A resposta rápida inclui parada de emergência enquanto sai da área de risco. Pratique esse movimento e memorize os botões alternativos de parada de emergência longe da zona de risco.
- 26.** O monitoramento de uma corrida de produção CNC pode ser realizado das seguintes formas:
Escutando o som da usinagem – método primário.

Observando a ação de corte e os acabamentos produzidos, da mesma forma que o fluxo de cavacos e suas características.

Medindo peças completas.

Observando páginas de posição e gráficos no controlador. Não discutido no treinamento, mas um sintoma válido, observar o medidor de potência no controlador. Se houver uma tendência de subida sem a troca de velocidades e avanços, a ferramenta estará desgastada.

27. T0101 Deslocamento de raio reduzido para 0,003 pol. para promover a aproximação do cortador da linha, fazendo, então, uma cavidade maior. Aumento de $0,006/2 = 0,003$ de redução no raio. Adicione 0,0075 pol. ao valor de deslocamento de comprimento (para usinagem mais profunda no eixo Z).
T0202 Nova broca – tamanho errado.
Diminua o valor de deslocamento de comprimento em 0,030 pol. (para usinagem mais rasa).
Nota: Alterar o PZP aqui não é uma solução em potencial, uma vez que uma ferramenta está muito profunda, enquanto a outra está muito rasa.
28. As três maiores áreas são: selecionar o PZP e a orientação axial do bloco; selecionar o método de fixação; planejar a sequência de corte que inclui os tipos de ferramentas de corte.
29. *Alternância de coordenada* Uma técnica de programação usada tanto em fresadora como em tornos para, temporariamente, alterar o PZP para segurança ou conveniência.
Referência do ferramental – definição de ponto
Um método alternativo de estabelecer o PZP usando um bloco fixado no dispositivo.
Pontos do ferramental Um apoio que é parte de um dispositivo de fresagem para segurar a peça.
Método de toque Um método físico de estabelecer o PZP no eixo Z na máquina.
30. É falsa. Mordentes macios são, geralmente, feitos de alumínio ou aço mole, de modo que eles possam ser usinados em uma forma de fixação específica pela própria máquina CNC.
31. *Linguagem de conversão* Baseada na linguagem falada no país.

Entrada gráfica Baseada em imagens de desenhos precisos da peça a ser fabricada. Este método também é usado na maioria dos sistemas CAM.

Códigos EIA – ISO Baseados em códigos alfanuméricos estabelecidos para várias funções de programação. O sistema mais comum, muitos sistemas gráficos são capazes de traduzir seus programas em código estabelecido.

32. G00 Movimento de deslocamento rápido – um ou mais eixos
G01 Movimento linear na velocidade de avanço – um ou mais eixos
G02 Movimento circular – na direção horária, na velocidade de avanço limitado a dois eixos
G03 Movimento circular – anti-horário, na velocidade de avanço em dois eixos
G04 Espera – uma parada por um tempo especificado
G17 Usinagem no plano XY – somente fresadoras
G18 Usinagem no plano XZ – fresadoras
G19 Usinagem no plano YZ – fresadoras
G70 Entrada em polegadas (não universal – algumas vezes, G20)
G71 Entrada métrica (não universal – algumas vezes, G21)
G40 Segurança – cancela compensação prévia de raio da ferramenta
G41 Compensação de raio da ferramenta à esquerda da linha de contorno
G42 Compensação de raio da ferramenta à direita da linha de contorno
G80 Segurança – cancela qualquer rotina prévia especial
G90 Entrada de coordenadas em valores absolutos
G91 Entrada de coordenadas em valores incrementais
G94 Avanço em polegadas ou milímetros por minuto (usualmente em fresadoras)
G95 Avanço em polegadas ou milímetros por rotação (torno e furadeira)
M00 Parada de programa – parada utilitária para ação do operador

- M01 Parada opcional – selecionada ou ignorada pelo operador
 M02 Final de programa – reinício para começar (pode ser usado também M30)
 M03 Início do fuso – avante (torno ou fresa-dora)
 M04 Início do fuso – recuo
 M05 Parada do fuso
 M06 Troca de ferramenta (somente para fresa-dora – em conjunto com o código da ferramenta)
 M07 Refrigeração ligada – bico A
 M08 Refrigeração ligada – bico B (frequentemente destinada a refrigerante de névoa)
 M09 Refrigeração desligada
- 33.** Os agrupamentos dividem mutuamente códigos exclusivos. Somente um de cada grupo pode ser comandado em qualquer linha dada.
- 34.** N025 G01 X30.0000 G94 G90 G70 F19.
 O eixo X irá avançar em linha reta até a posição X30.0 pol. do PZP, usando velocidade de avanço de 19 pol. por minuto.
 N030 Y1.0000
 O Y agora será posicionado para Y1.00 pol.
 N035 G00 X0.0 Y0.0
 O X e o Y irão agora rapidamente retornar ao PZP.
- 35.** A linha está errada. Poderá causar um erro de código (mais comum), ou a máquina pode ignorar o comando rápido e executar somente a interpolação linear G01. O problema é que dois códigos do mesmo grupo foram comandados na mesma linha.
 N001 G0 X1.000 G01 Y15.0
- 36.** G91 G02 X1.5 Y-1.5 R1.5
 G91 G02 X1.5 Y-1.5 I0.0 J-1.5
- 37.** O *plano* deve incluir um movimento de rampa ligada/desligada e espaço físico para fazê-lo. O *programa* deve incluir o movimento de rampa, o código de compensação G41 ou G42 e a chamada de deslocamento com a ferramenta. O *controlador* deve ser carregado com o raio correto da ferramenta (o vetor e a forma da ferramenta, quando for um programa para torno).
- 38.** Algumas vezes denominado ciclo fechado, estes são programas de economia de tempo que requerem a complementação das variáveis dos campos de dados para eventos normalmente repetidos, como furação pica-pau ou desbaste.
- 39.** Visto que o torno deve controlar a inclinação da rosca no ângulo exato, a razão entre avanço e velocidade não pode variar ou ser interrompida. Por isso, ambas as funções de ultrapassar e passo único são desabilitadas somente durante este ciclo.
- 40.** Ela é falsa. Uma furação circular é uma série de furos igualmente espaçados em um padrão circular, que pode ser um ciclo fixo fechado no seu controlador.
- 41.** *Ponto de partida* – A posição inicial da qual uma determinada rotina é começada. Frequentemente designada com a letra I na programação manual. *Parâmetro* – Um espaço requerendo uma entrada para personalizar um ciclo fixo. *Rotinas cruzadas* – Superposição e conexão de rotinas de fresagem para usinagem de uma determinada área de uma forma complexa.
- 42.** *Coordenação* – A tarefa de configuração de posicionamento físico da ferramenta relativa ao PZP de trabalho e, então, carregamento dos valores axiais no controlador. Quando a ferramenta coordenada é comandada para 0,0,0, ela está fisicamente no PZP.
Ponto de referência – A localização física na peça ou no dispositivo que é o PZP ou a distância conhecida do PZP.
Ferramenta-mestre – Uma política de configuração em que uma ferramenta na configuração é o modelo para o PZP. Ela será o PZP quando comandado X0 Y0 Z0 na fresagem, por exemplo. Mas, para posicionar todas as outras ferramentas nessa posição, elas devem ser identificadas com um deslocamento axial.
- 43.** Uma avaliação da trajetória da ferramenta em um gráfico anterior CAM (mais imediata); um programa utilitário de trajetória da ferramenta (melhor solução); relocar (sistema) o arquivo para um controlador diferente com capacidade gráfica (último recurso).

- 44.** Programa utilitário gráfico de trajetória da ferramenta.
- 45.** Usinando material de teste – cera macia, espuma ou, algumas vezes, madeira/alumínio. Usando deslocamentos maiores que fazem uma versão maior da peça. Uma corrida de passo único faz a peça, mas o cortador espera sobre a superfície da peça.
- 46.** Número, disponibilidade e valores das peças a serem fabricadas; história do programa e do programador; o seu nível de experiência; complexidade/forma da peça a ser feita.
- 47.** Barra de alargamento no torno
Bons acabamento e precisão
Observe – poderia ser torno manual ou CNC com acessório cônicoo.
Fresagem de topo em cinco eixos – fresadora CNC
Acabamento moderado devido ao grande comprimento – pode vibrar.
Configuração de fresa de ponta esférica gerada por CAM para corte circular aproximadamente cônicoo
Isso poderá deixar marcas do cortador, ondas. Mais cortes são necessários para reduzir as ondas. Muito tempo consumido, mas pode ser feito se for a única máquina disponível.
- 48.** A possibilidade mais provável é que seja um fundido ruim.
Verifique todas as outras dimensões – se corretas, então, é o fundido.

A segunda possibilidade é que você tenha colocado incorretamente o fundido no dispositivo ou um cavaco tenha sido mantido entre os posicionadores. Verifique para ver se as dimensões executadas foram deslocadas relativamente à superfície não usinada do fundido. Se sim, então, foi o seu carregamento. O dispositivo deslizou devido à vibração. Cheque o alinhamento do dispositivo e realinhe. A quebra de ferramenta pode ser o problema, uma vez que ele ocorreu repentinamente.

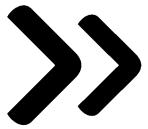
Isto pode parecer óbvio – desgaste não é o problema, uma vez que ele seria mostrado lentamente ao longo de muitas peças.

- 49.** Dica – Antes de ler, lembre-se de que o controlador está em compensação e observando adiante as linhas do programa.
Resposta – O problema estava em um erro na linha N045.

Troque	N045	G1	X1.375	Y-3.000
	N045	G1	X1.375	Z-3.000

Observação: Não há eixo Y no torno.

- 50.** O movimento resultou em objeto cônicoo, adicione a linha
N046
N045 G1 X1.3750 (para diâmetro de acabamento)
N046 Z-3.000 (faça o corte final)



Tecnologia evolutiva e avançada

A razão de ser deste livro é a rapidez da evolução técnica, que também é o principal desafio para um mecânico de hoje e de amanhã. Alguns dos assuntos dos próximos capítulos são novos, e outros já estão no mercado há algum tempo. Por exemplo, geometria de corte e composição, ou controle estatístico do processo, não são processos recentes, mas estão passando por muitas mudanças devido às tecnologias que se multiplicam (uma afetando a outra). Enquanto escrevo este livro outras tecnologias já estão surgindo na oficina.

Os próximos capítulos têm dois objetivos diferentes. O primeiro é introduzir:

- Capítulo 9 – Programas e processos CAD/CAM
- Capítulo 10* – Conformação de metal sem gerar cavaco
- Capítulo 11* – Aprender como definir e controlar a variação usando o controle estatístico do processo

- Capítulo 12* – Ajustar e operar uma máquina de medição de coordenadas computadorizada

Estes próximos capítulos tratam mais da adaptação às mudanças do que das tecnologias intrinsecamente, e esse é o nosso segundo e mais importante objetivo. Observando gráficos das tendências do passado recente, percebe-se facilmente que o seu tempo de carreira abrangeá muito mais mudanças do que as ocorridas até agora. Você deverá ser um mecânico muito diferente dos que compilaram e escreveram este livro.

Você precisará, além disso, selecionar as mudanças para achar as tecnologias boas e rejeitar aquelas que apenas geram ruído. Também será necessário olhar para frente, ver as mudanças chegando e se preparar para elas. Fazer de outra forma seria o mesmo que escolher se transformar em um dinossauro.

* N. de E.: Estes capítulos estão disponíveis apenas online no ambiente virtual de aprendizagem Tekne: www.grupoa.com.br/tekne. Acesse o material complementar com o código que se encontra no verso da capa deste livro. Tenha cuidado ao raspar a tampa.



» capítulo 9

Programas e processos CAD/CAM

Com a leitura dos Capítulos 5, 6 e 7, você deve ter observado que programas compilados manualmente consomem tempo. Por sorte, hoje, quase todos os programas CNC são gerados por meio de *software CAM*, usando imagens desenhadas da peça a ser feita como padrão. Essas imagens estão em “estruturas de arame” (*wireframes*) ou modelos sólidos, e ambos serão definidos e estudados neste capítulo. Muitas oficinas usam *software* baseado em PC, como nosso programa de exemplo, o *Mastercam X4*®.

Objetivos deste capítulo

- » Desenhar um modelo em *wireframe* da Figura 9-2.
- » Extrudar o *wireframe* em um modelo sólido da Figura 9-2.
- » Planejar os métodos de fixação e as sequências de usinagem para fresar o modelo sólido criado na Unidade 9-1.
- » Avaliar as trajetórias de ferramenta em termos de segurança e eficiência.
- » Pós-processar a trajetória da ferramenta para fresadora vertical com comando Fanuc.
- » Importar um modelo externo (não criado no sistema CAM).
- » Preparar o modelo importado para trabalho CNC.

Poucas oficinas utilizam comandos CNC de alto nível que possuem programação gráfica embarcada e cuja entrada é feita pelo operador. Existem vantagens nos dois métodos. No entanto, a grande maioria das oficinas escolhe o sistema de PC de mesa pelas seguintes razões:

Sistema universal O sistema em PC pode programar diferentes comandos de máquina em uma estação de trabalho. Os comandos podem ser de baixo nível e não possuir capacidade gráfica.

Velocidade O software CAM é rápido se comparado a códigos escritos manualmente ou a sistemas embarcados que fazem o operador ter que dividir sua atenção entre operação e programação.

Criatividade Formas complexas de peças que seriam impossíveis de outra maneira são facilmente definidas e programadas.

Cálculos simplificados Com o desenho da peça (geometria) feito corretamente, as relações existentes são conhecidas e não precisam ser resolvidas de outra forma.

Por exemplo, no desenho mostrado na Figura 9-1, o círculo no diâmetro correto é desenhado na localização XY correta, mas, desenhando e aparando as linhas AB e CD até o círculo, seus pontos de interseção são coordenadas conhecidas no software CAM. Operadores e programadores também devem ser capazes de calcular as coordenadas XY usando geometria e trigonometria, mas isso leva tempo, e há risco de erros de cálculo e arredondamento.

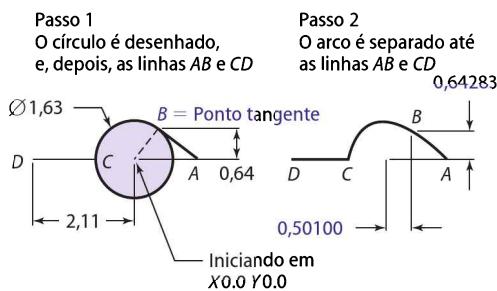


Figura 9-1 Cálculo simplificado com uma imagem CAD.

Verificação de trajetórias de ferramenta A habilidade de observar as sequências de usinagem e as ferramentas de corte na tela é uma característica de eficiência e segurança. Executar o programa graficamente sem remover o metal significa um risco bem menor quando vamos testar o programa real, fazendo a primeira execução ser menos penosa. A maioria dos programas CAM tem muitas formas de visualizar o programa: em segmentos, assim como ele é compilado, em passos, em velocidade normal ou turbinada. Os comandos gráficos CNC têm essa capacidade também, mas ela é limitada unicamente àquele comando específico.

Padrões existentes Na maioria dos casos, o desenho de engenharia foi criado em CAD. Portanto, o padrão gráfico já existe para ser usado, economizando tempo de desenho. Em números cada vez maiores, essas peças desenhadas são modelos sólidos.

Ambiente de escritório Removendo a estação de trabalho da oficina, o programador é retirado do barulho, melhorando a concentração na atividade. Além disso, os sistemas operacionais de PCs são familiares, então, o gerenciamento de dados se torna mais simples, e o tempo de aprendizado mais curto se comparado a um novo comando CNC gráfico em que o fabricante detém sua própria linguagem proprietária.

OS QUATRO PASSOS DO PROCESSO CAM

Neste capítulo, você irá aprender a:

1 Obter um padrão de peça

Desenhar seu próprio modelo em wireframe ou sólido, um no Mastercam, e outro, importado de um arquivo encontrado no material disponível no ambiente virtual de aprendizagem (www.bookman.com.br/tekne).

2 Criar as trajetórias de ferramenta

A trajetória da ferramenta não é um programa, é uma forma de o programador estabelecer as várias sequências de corte – qual direção, qual profundidade, e assim por diante. A

trajetória da ferramenta será transformada em programa no passo 3.

3 Criar e avaliar programa

Compilando o programa em um conjunto de códigos de máquina específicos EIA/ISO, teremos os mesmos códigos universais que estudamos nos Capítulos 6 e 7, porém, personalizados pelo *software* para adaptarem-se a um comando particular. Quase todos os comandos usam a linguagem de código, mas cada um tem um dialeto ligeiramente diferente na forma como utiliza o código. O *software* CAM possui padrões de máquina específicos para se ajustar a cada comando.

4 Gerenciamento de programas

Neste estágio, notas e características especiais podem ser editadas no programa para alertar o operador sobre condições especiais. Por exemplo, pontos de parada, mudança de grampos, limpeza de cavacos ou verificação de controle de qualidade. Além disso, aqui, você cria um documento de preparação para o operador.

O QUE VOCÊ NÃO VAI APRENDER NO CAPÍTULO 9

A partir de uma pesquisa com colegas e escolas técnicas, nosso comitê de planejamento e eu escolhemos o Mastercam (MC-X) como nosso *software* exemplo para demonstrar o método CAM de criação de programas e o Solidworks para o modelo de peça importada. Ambos os programas são muito utilizados em indústrias e escolas técnicas, mas são apenas dois exemplos de muitos bons *software* que estão disponíveis hoje. Cada um requer muito estudo individual ou, melhor ainda, aulas formais para usá-los verdadeiramente de forma eficiente. Nós não endossamos programas individuais.

Então, ao passo que formos progredindo, lembre-se de que estamos estudando o processo CAM, e não Mastercam ou Solidworks. No Capítulo 9, criaremos um programa seguindo um procedimento do início ao fim, mas não iremos aprender as funcionalidades do MC-X ou desenhar com Solidworks. Recomendo enfaticamente que você faça cursos

tanto de *software* CAD como de CAM para se inteirar sobre o cenário da manufatura moderna.

» Unidade 9-1

» Criação da geometria da peça

Sem um desenho em CAD disponível, os programadores devem começar de um padrão de peça ou usando um programa CAD, como CATIA, Autodesk ou Kubotek (anteriormente Cadkey), apenas para nomear alguns, ou usando um utilitário CAM de desenho. Na Unidade 9-1, vamos utilizar o utilitário dentro do Mastercam. É um caminho fácil de fazer, recompensador e, inclusive, prazeroso.

Nesta unidade, vamos seguir os passos abaixo, que, se observados, evitarão a frustração à medida que progredimos dentro da lição.

- 1. Desenhar uma vista superior** Partindo da Figura 9-2, iremos desenhar um conjunto de linhas interconectadas (um *wireframe*, ou estrutura de arame) no plano XY. Elas terão tamanho e formas exatas, mas não terão profundidade em Z nem volume. Estude o desenho por um instante para que sua forma e suas dimensões se tornem familiares. Conhecer as dimensões esclarecerá por que eu utilizei certos argumentos matemáticos e de cálculos durante a lição.
- 2. Traduzir a profundidade** dentro dos seus elementos de *wireframe*. Mesmo que não seja necessário, a profundidade em Z irá simplificar a visualização para o próximo passo, no qual nós extrudaremos (tornar um esboço plano em um modelo sólido com volume) o modelo da peça final.
- 3. Criar a peça sólida** por extrusão da base da peça e, então, adicionar duas características à base (adicionando um ressalto) e remover o volume, criando um bolsão e o furo.

Para uma melhor prática de aprendizagem, iremos descrever o objetivo e mostrar a você como desenhar a peça da imagem, mas, a partir de um certo ponto, permitirei que você finalize sem auxílio. Esse

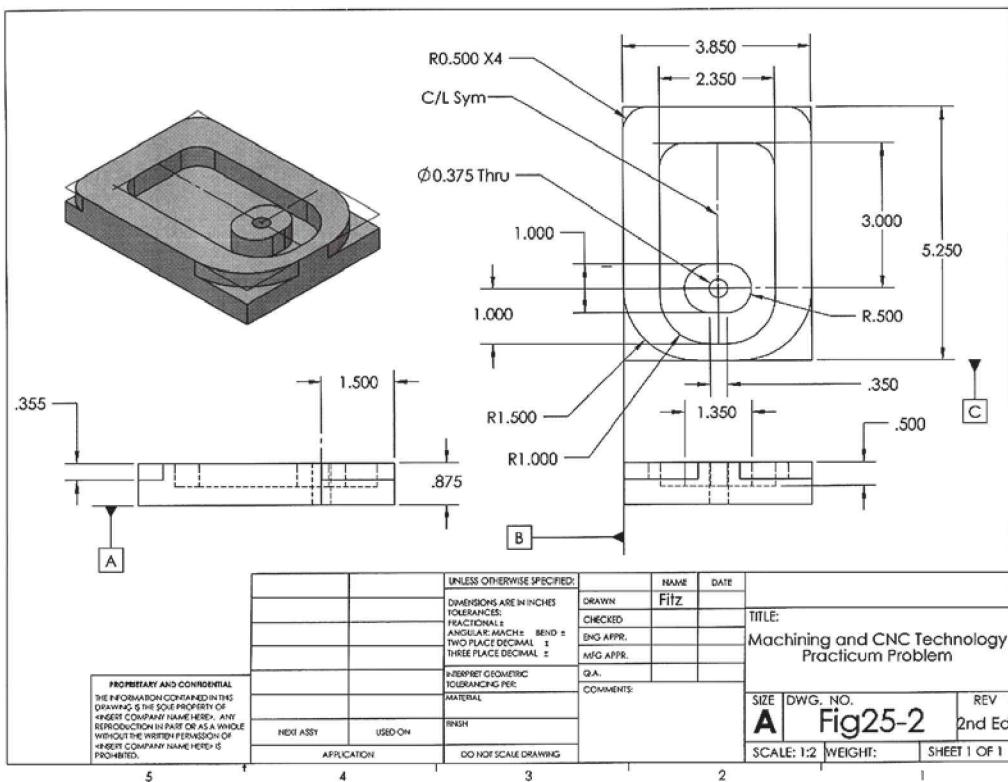


Figura 9-2 Desenho-mestre para o Capítulo 9 – material disponível no ambiente virtual de aprendizagem.

é o processo padrão, pois sabemos qual é a maneira que muitos de nós preferimos: pular as instruções e tentar por nós mesmos. Quando você vir a chamada “**Agora é a sua vez**”, é hora de terminar o trabalho de forma a corresponder ao objetivo da imagem.

Fazer um modelo sólido não é diferente de trabalhar com argila. Você começa com uma massa de uma determinada forma (a base) e, então, ou adiciona argila (extrudar um ressalto), ou remove argila (cortando a base ou criando uma casca ou furando a mesma). Todas essas operações básicas, adicionando ou subtraindo material – são chamadas de **extrusões** tanto pelo Mastercam como pelo Solidworks.

Ponto-chave:

Vá até a Figura 9-16 para ver como iremos ajustar e usinar o objeto na fresadora e fixar na morsa.

Termos-chave:

Arredondamento

Arredondar o canto de uma peça, linha-linha ou superfície-superfície.

Camadas (níveis no MC-X)

Imagens de desenho em uma camada numerada e dimensões e/ou notas em outra para permitir escondê-los (**mascará-los**) de forma mais fácil quando não forem necessários.

Entidade

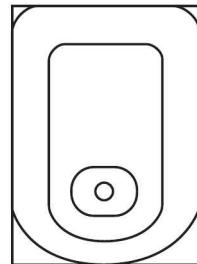
Linha, arco ou qualquer elemento geométrico no desenho CAD.

Estrutura de arame (wireframe)

Modelo antigo de geometria de peça composto por linhas conectadas. Um modelo em estrutura de arame não tem volume, então, o programa CAD não tem ideia do que é metal e do que não é.

Extrusão

Na manufatura, forçar um metal amolecido através de uma matriz, da mesma forma que tirar pasta de dente do tubo. MC-X (e Solidworks) usa este termo para criar mudanças de volume de um esboço plano.



Importar/exportar arquivos

Mover arquivos entre dois programas diferentes. Os arquivos podem ser formatados antes de exportar.

Inferência

Ferramenta do cursor por meio da qual o programa indica quando está sobre uma determinada extensão de linha – na horizontal ou na vertical de um determinado ponto, por exemplo.



Figura 9-3 Uma barra plana estabiliza este suporte para posterior usinagem.

Mascaramento

Esconder camadas para ver apenas o que é desejado.

Ponto de ramificação

Ponto comum de coordenada com mais de um elemento terminando.

Ressalto

Característica espessa da peça, adicionando material ao modelo.

Geometria pronta para CNC

O desenho CAD deve ser feito na forma e no tamanho exatos, porém, mesmo os melhores desenhos precisam de alguma edição antes de serem colocadas as trajetórias de ferramentas. As dimensões e notas devem ser removidas por mascaramento, ou, se os detalhes não tiverem sido desenhados em camadas separadas, remova-as por apagamento. Algumas vezes, nós adicionamos os detalhes para acomodar o plano de usinagem, por segurança ou qualidade, por exemplo, utilizando uma barra plana para estabilizar a peça ou uma referência temporária para ser utilizada e, então, usinada (Fig. 9-3). Além disso, nós frequentemente transladamos o ponto zero XYZ CAD para uma nova localização coincidente com nosso PZP (ponto zero peça) (Fig. 9-4).

Ponto-chave:

Normalmente, é mais eficiente fazer a preparação do desenho da peça de trabalho usando o programa de CAD original do que exportá-lo (colocá-lo no formato utilizável pelo software de CAM). Isso simplifica importar o desenho para o novo software, em que as fontes de letras, por exemplo, podem não traduzir adequadamente.

Atividade 1 de CAM – Desenhando a geometria em wireframe

Agora, é hora de desenhar! Abra o programa Mastercam. Se você ainda não tem esse programa instalado, instale-o. No entanto, há chances de seu laboratório ter o Mastercam X disponível. Se for assim, é melhor usá-lo.

Aparamentos com interseções ruins

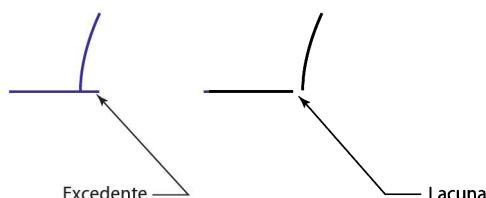


Figura 9-4 Transladando o PZP.

Conversa de chão de fábrica

Tanto no Mastercam como no Solidworks existem diversas formas de completar a tarefa. Para um exemplo simples, neste exercício, você irá desenhar e aparar linhas na sua localização e tamanhos exatos para criar retângulos, mas também poderíamos ter acomodado retângulos indefinidos para, então, dimensioná-los e localizá-los na grade XY depois. A experimentação revelará novas maneiras e é encorajada. Explore, invente e curta!

feche a janela do gerenciador de operações do lado esquerdo. Ele liga e desliga usando Alt-O. Vamos trazê-lo de volta quando chegarmos à modelagem sólida e a fases do programa.

Vamos, primeiro, desenhar o *wireframe XY* usando os botões da Figura 9-5, mas você também pode acessar as mesmas funções usando menus cascata, se preferir. Observe também a útil cadeia de últimos comandos na margem direita da janela. Clicar nessa área aumenta a velocidade para repetir uma operação. Para aumentar a área de desenho,

Ponto-chave:

Ao usar o MC-X:

1. Você pode fazer os cálculos no momento da entrada de dados. Por exemplo, digitar o retângulo de meia-dimensão,

3.850 /2

simplifica o desenho da linha paralela vertical mais à direita com relação ao centro do retângulo – veja a Figura 9-2.

2. Alt-F9 alterna um eixo e uma indicação de ponto zero de referência entre ligado ou desligado.
3. F9 sozinho alterna uma grade de eixo entre ligado e desligado.
4. Saber o *status* das cores acelera a aprendizagem na maioria dos softwares. Em MC-X, o AMARELO é uma linha não definida ou indica uma linha selecionada, o AZUL indica que a linha está definida, mas não aplicada (não acabada, assim, pode ser alterada), o VERDE representa uma linha definida e aplicada – uma entidade finalizada.

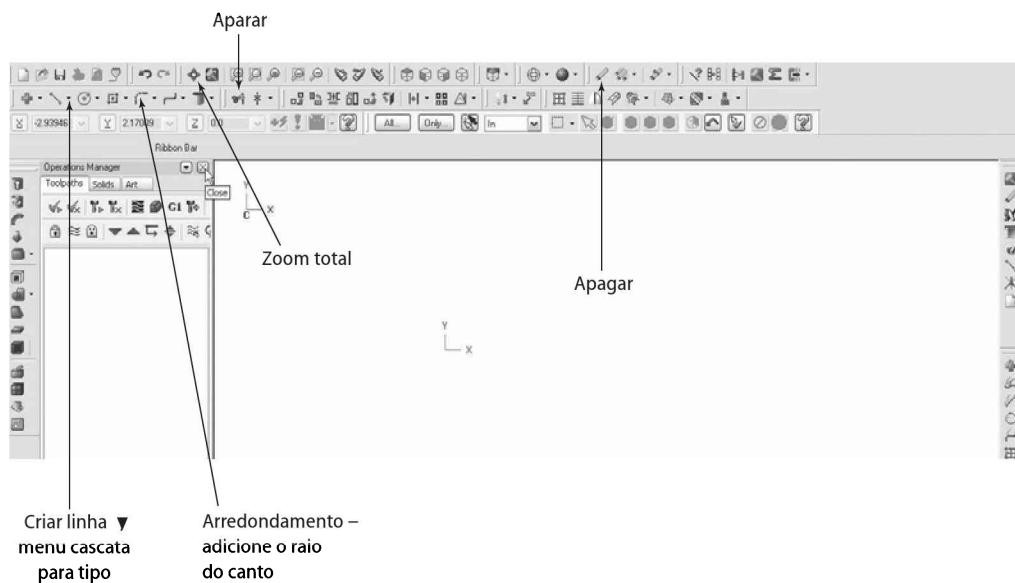


Figura 9-5 Muitos dos botões serão usados para construir o modelo *wireframe XY*.

- O botão AZUL aplica valores, a seleção VERDE faz a aplicação.
- O botão redondo VERDE termina uma seleção ou função.
- Para aparar as linhas, clique primeiro no botão, **clique na parte de linha que você deseja manter** e, em seguida, clique na linha para apará-la.
- Teclar Esc irá levá-lo de volta ao menu principal quando necessário.
- Quando você desejar repetir valores, é possível bloquear uma entrada de dados para repetir – leia o menu de ajuda na parte de bloqueios de hardware e software.

para, depois, adicionar mais uma cópia translada da na Tarefa 3. Leia as dicas do Mastercam a seguir para continuar.

Vamos trabalhar em sete etapas. Aqui está como seu desenho se apresentará quando você completar a Fase 1, três meios-retângulos para serem espelhados e copiados na fase seguinte (Fig. 9-6). Vou dar instruções passo a passo para começar e, depois, você irá terminar.

Começamos desenhando as duas linhas de referência (uma horizontal e uma vertical) e, em seguida, metade de cada retângulo. Depois, na Fase 2, faremos os cantos arredondados, conforme o projeto, e, depois, espelho com cópia para terminar a imagem plana na Fase 3. Nas instruções passo a passo, o tipo ***negrito/itálico*** indica botões para clicar ou seleções a serem feitas.

Vamos desenhar três meios-retângulos, como na Figura 9-2, e, em seguida, espelhá-los e copiá-los

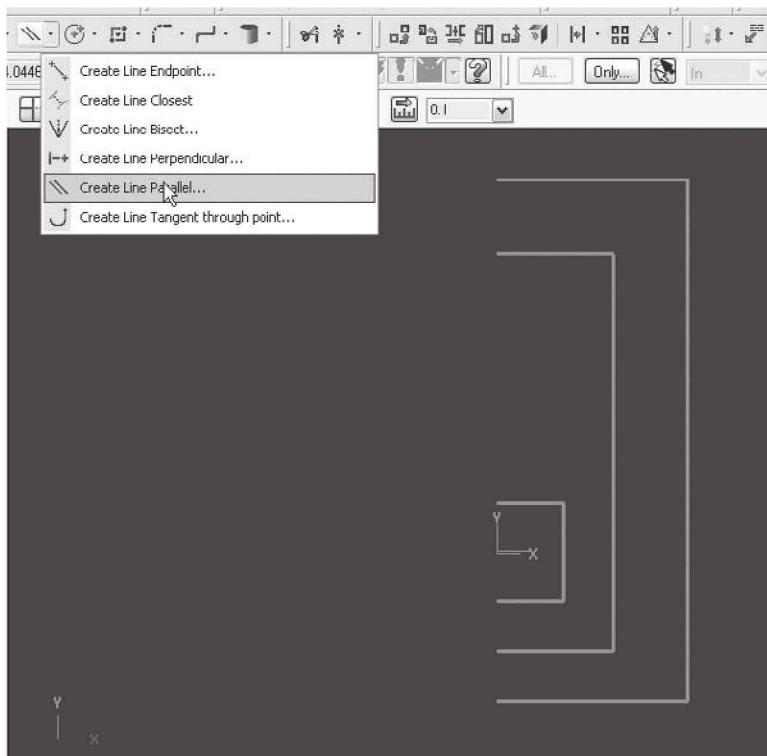


Figura 9-6 Três meios-retângulos desenhados no plano XY.

Fase 1 – Desenhar os três meios-retângulos (Fig. 9-6)

Alt-F9 (para mostrar a origem XY)

Top View (botão verde – barra de ferramentas)

Create Line (para as duas linhas de referência – horizontal e vertical)

Endpoints (define as linhas pela seleção dos pontos de extremidade)

Clique no ponto de referência XY e clique, com o botão direito do mouse, na extremidade da linha horizontal. Não importa o quanto cada linha desenhada seja longa. Observe que, ao usar um pequeno botão de cursor, o MC-X (e o Solidworks) mostra quando o cursor é horizontal ou vertical, o que é chamado de *inferência*.

Repita para criar uma linha de referência vertical de qualquer comprimento.

Create Line (desenhar as duas maiores linhas do retângulo)

Parallel

Clique sobre a linha de referência vertical e, depois, mova para a direita e clique. Agora, preencha o valor de distância paralela $3,85/2$ no quadro em que o cursor estiver piscando. Neste ponto, é possível que você precise fazer um ajuste de visualização da tela para mostrar a sua linha.

Clique na referência horizontal e, depois, mova para baixo e clique. Preencha $1,5$ para um valor de distância para desenhar o lado mais baixo do retângulo externo (Fig. 9-2).

Trim (termine o canto do retângulo)

Clique no botão de aparafusamento e, então, em qualquer porção da linha horizontal *dentro* do retângulo. Agora, clique na linha vertical para aparafusá-la.

Agora, apareça a linha vertical até a horizontal. (Você também pode selecionar o botão de aparafusamento duplo, para aparafusar ambas as linhas no canto comum ao mesmo tempo.)

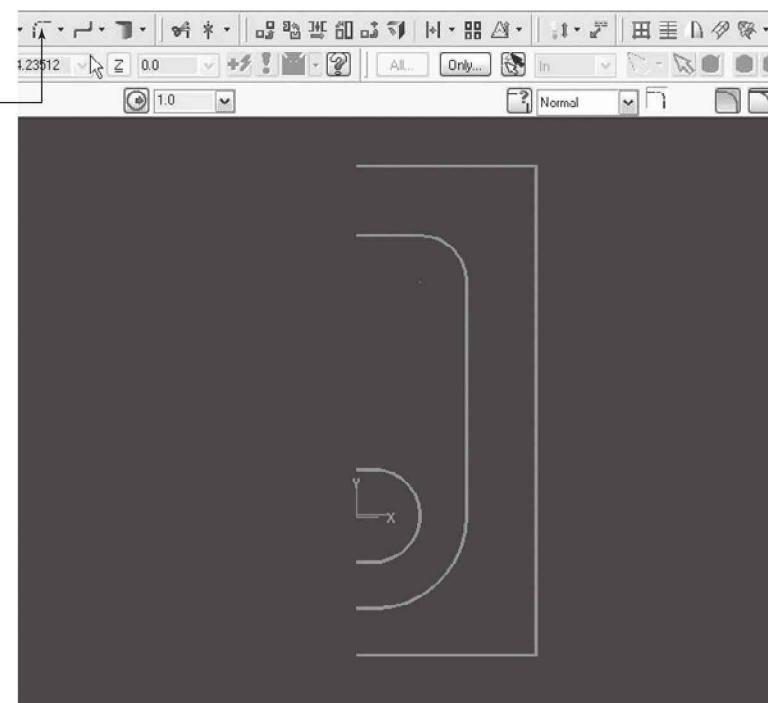


Figura 9-7 Fase 2 – Os arredondamentos completos por enquanto.

Agora é a sua vez

TERMINE A FASE 1, OS MEIOS-RETÂNGULOS (FIG. 9-6)

Agora, desenhe e apare as linhas restantes, até que sua imagem se assemelhe à imagem da Figura 9-6, e, depois, passe para a Fase 2. Note que eu mudei a espessura da linha para as linhas de objetos, a fim de mostrá-las melhor. Você não precisa fazer isso.

Fase 2 – Arredondar os cantos (fillet) Figura 9-7

Aqui, vamos colocar vários raios de canto nos retângulos internos. Nós não vamos arredondar o retângulo externo ainda. Isso vai acontecer depois que você copiá-lo. Note que MC-X pede a você uma sugestão pré-selecionada em branco do fillet; clique para aceitá-la.

Fillet (trabalhando no retângulo de 2,35 por 4,0 pol)

No retângulo interno, clique na linha vertical e, depois, no topo da linha horizontal. Agora, digite 0,50 pol. na caixa de valor do raio.

Apply Note que o raio é azul até que seja aplicado, e só então pode ser mudado.

Agora é a sua vez

TERMINE OS RETÂNGULOS INTERNOS (FIG. 9-7)

Agora, coloque os arredondamentos remanescentes de 0,50 pol. em ambos os meios-retângulos internos e de 1,0 pol. na parte inferior do retângulo de 2,350 de forma a assemelhar-se com a Figura 9-7.

Fase 3 – Espelhar e copiar a imagem (Figs. 9-8A e 9-8B)

Esc para o menu principal

X-Form Mirror (botão de transformação)

Clique em todas as linhas do retângulo (amarelo) mas não nas linhas de referência.

Termine o balão de seleção (a caixa de diálogo do espelhamento abre)

Copy

Botão Line selecione o eixo de espelhamento

Clique na linha de referência vertical

OK

Ponto-chave:

Note que, neste ponto, a linha de dados está em uma pasta especial chamada Parent (pai) (vermelho) e Result (resultado) (magenta). Como tal, ela pode ser selecionada ou usada de novo instantaneamente. Para este desenho, não precisamos desse recurso, então, clique no botão Clear Colors, como mostrado na Figura 9-8, para colocar as linhas de volta ao estado normal.

Fase 4 – Adicionando 0,875 de profundidade em Z enquanto copia o retângulo externo (Fig. 9-9)

Isometric View Para ver os resultados mais facilmente – barra de ferramentas de botões verdes – veja Dica da área

X-Form Translate (botões de transformação na barra de ferramentas)

Chain Figura 9-9, o método de seleção que pega um retângulo inteiro conectado

Veja Dica da área

Clique em qualquer lugar do retângulo externo – os 4 lados ficam amarelos

Termine a seleção (balão verde – caixa de diálogo se abre)

Copy (cheque o círculo para criar dois retângulos de mesma dimensão)

– **0,875 na caixa de distância em Z** – coloque a base em um nível mais baixo

Apply

OK

Clear Colors

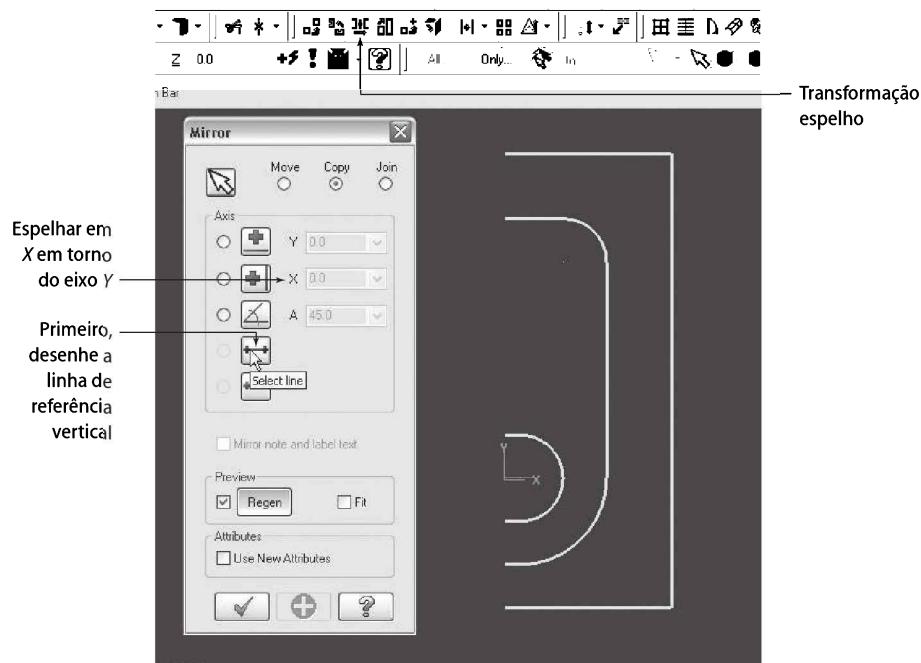


Figura 9-8A Fase 3 – Espelhamento.

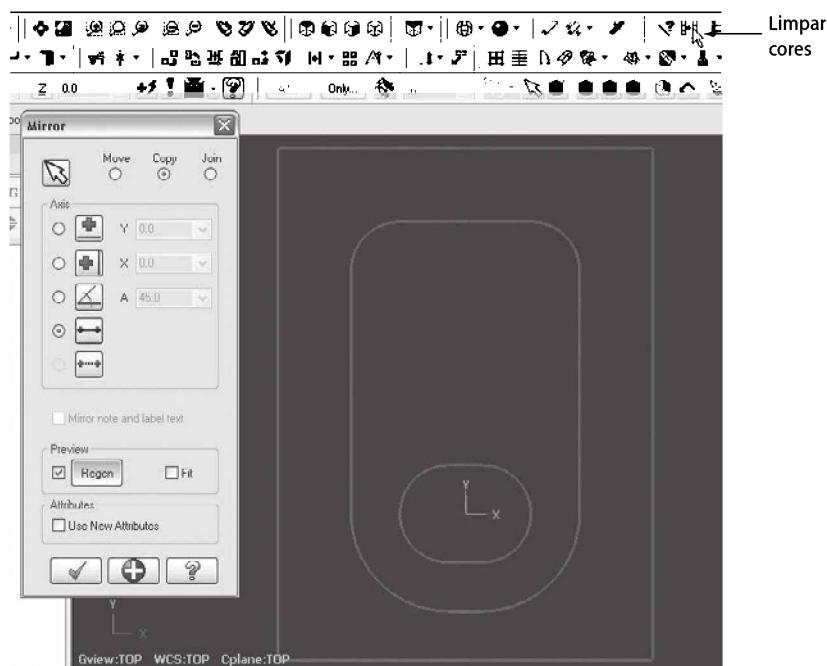
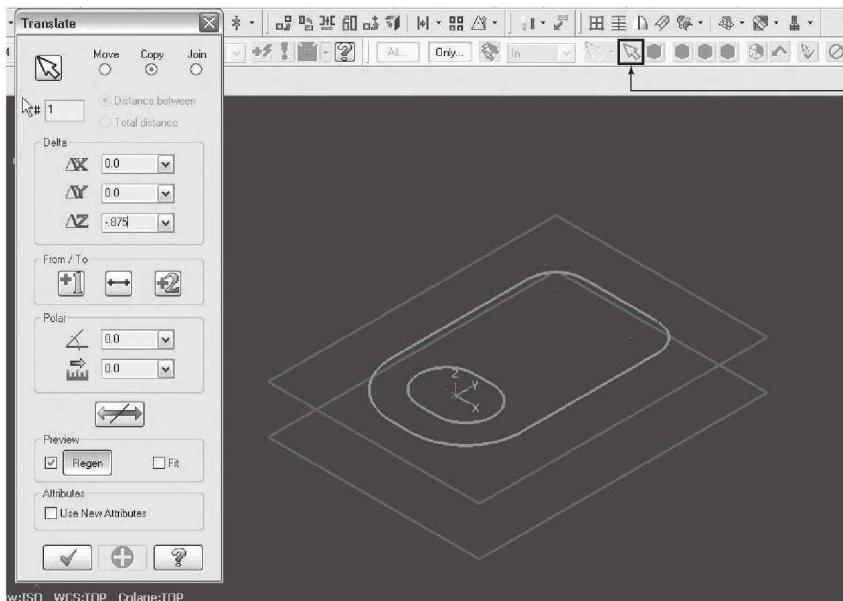


Figura 9-8B Fase 3 – Espelhamento completo com entidades pai e resultado em magenta prontas para “limpar cores”.



Encadeamento✓ no menu cascata

Figura 9-9 Fase 4 – Retângulo externo transladado para 0,875 de profundidade em Z por cópia.

Dica da área

Rotação dinâmica Note que, ao fazer trabalhos em 3D, você pode capturar todo o desenho com o botão central do mouse e girá-lo para obter uma perspectiva melhor de visão, ou verifique o botão de rotação dinâmica e use o botão esquerdo do mouse para acessar essa função se você não tiver um botão central. (Isso é semelhante em Solidworks também.)

Encadeamento (chain) – Existem vários outros métodos de seleção de linhas e elementos de desenho encontrados no menu cascata na barra de ferramentas (Fig. 9-9).

Ramos durante o encadeamento – Quando estiver encadeando, se o ícone de seta para em vermelho, o MC-X está perguntando para qual lado você quer ir com o encadeamento em um ponto de ramificação comum de mais de duas entidades.

Fase 5 – Arredondar o retângulo superior maior associado (Fig. 9-10)

Ainda na vista isométrica,

Fillet

.5 em ambos os cantos mais distantes

1.5 em ambos os cantos mais próximos

Salve o seu trabalho. Parabéns! O wireframe está terminado.

Criando o modelo sólido

Agora começa a diversão! Você irá extrudar a base retangular 0,520 pol. de espessura na Fase 6. Olhe para o desenho-mestre para ver o porquê. Em seguida, há a extrusão do retângulo superior associado (com raios de canto) para criar um ressalto de 0,355 pol. de altura, adicionado à base (Fase 7) para completar a espessura 0,875. Você, então, cortará internamente o ressalto com 0,500 pol. de profun-

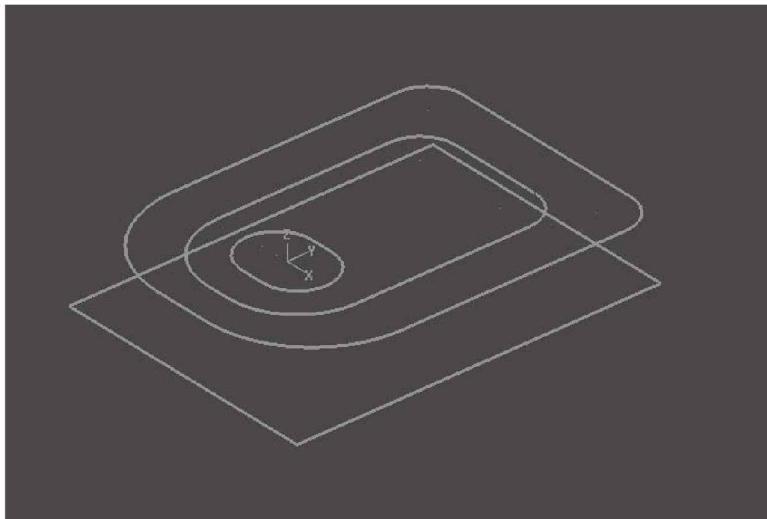


Figura 9-10 Fase 5 – Arredondamentos de canto no último retângulo completam o wireframe.

didade para criar o bolsão de 2,35 pol. de largura, extrudar o ressalto de 1,35 pol. do fundo do bolsão e, depois, fazer o furo para terminar o seu modelo sólido. O resultado final está no Ambiente Virtual de Aprendizagem, como **Finished Solid**.

Dica da área

Durante o processo, você pode alternar entre visualizações em *wireframe* e modelo sólido para ver os resultados interessantes de seu trabalho. Veja os botões encontrados na barra de ferramentas na linha de cima. Em geral, é mais fácil de trabalhar a partir de uma visão *wireframe*, mas é melhor verificar a visão sólida em cada etapa.

Fase 6 – Extrudar a base sólida (Fig. 9-11A)

Alt-O (liga o Gerenciador de operações)

Pasta Solids

Isometric View – ou Dynamic para ver todas as linhas claramente.

Extrude Solids (encontrado em dois lugares, o ícone na margem esquerda ou dentro do menu cascata solids. A janela de seleção abre (Fig. 9-11A).

Botão Chain – na janela do gerenciador, para selecionar o retângulo inferior.

Clique em qualquer lugar no retângulo inferior.

Fim – cruz azul, termina o encadeamento

OK – o gerenciador de extrusão abre, agora pare e leia a Dica da área sobre extrusão e, então, vá para o próximo passo da Fase 6, **Continuação da extrusão**.

Conversa de chão de fábrica

Para esta forma simples, você realmente pode ignorar o modelo sólido e fazer a trajetória de ferramenta diretamente sobre a vista superior em *wireframe*. No entanto, ao utilizar a geometria da peça sólida, algumas questões tornam-se mais eficientes. Por exemplo, o software CAM não tem ideia de qual lado de um *wireframe* é o material e de qual lado é o vazio ou se está perto ou longe, portanto, você, o programador, deve ser cauteloso para executar os movimentos rápidos. Por outro lado, em uma movimentação rápida em direção a um sólido, o sistema CAM sabe onde o metal começa, o quanto grande ele é e, se informado pelo modelo, conhece até mesmo a usinabilidade de material e, portanto, a velocidade para cortar o metal. Uma tecnologia poderosa!

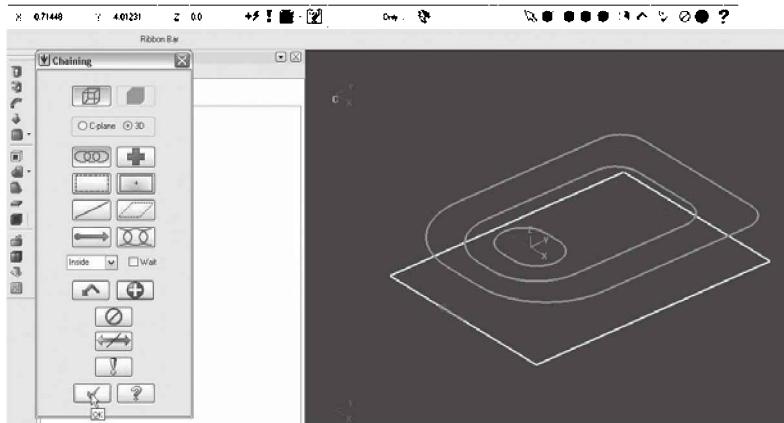


Figura 9-11A Selecionando os elementos de extrusão por encadeamento.

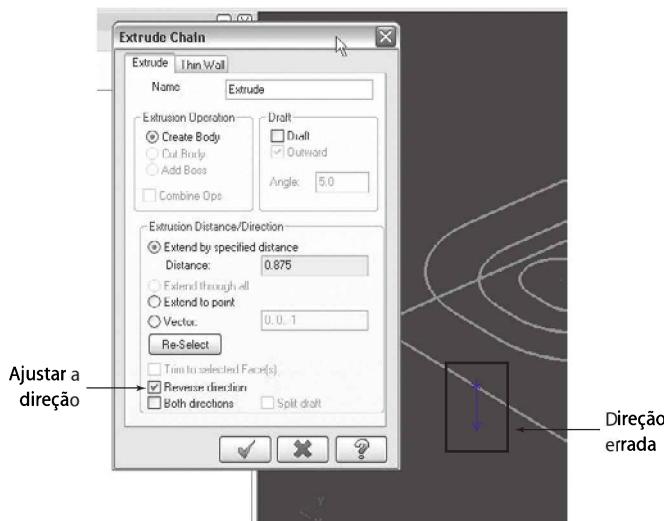


Figura 9-11B Seleções da janela de extrusão.

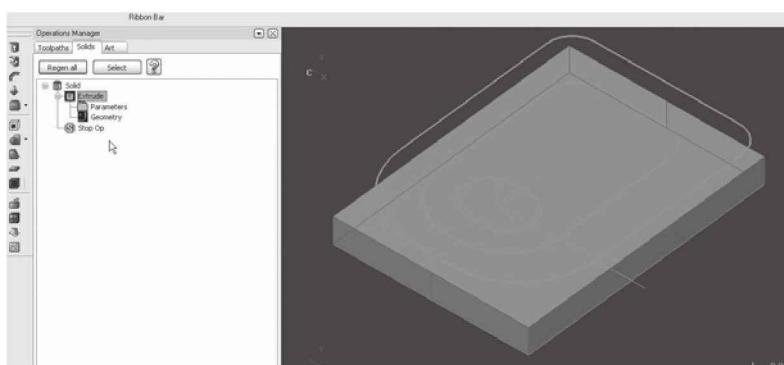


Figura 9-11C Extrusão da base completa.

Fase 6 – Continuação da extrusão

Create Body Automático – já que não existe material ainda (Fig. 9-11B).

375 Sempre um número positivo para extrusões, não importando a direção de construção.

Reverse – Se necessário; veja a Dica da área.

Dica da área

Extrusão

Uma extrusão se origina a partir de um padrão plano (plano de desenho) e, depois, cria material em uma única direção de 90 graus em relação ao plano do esboço (também pode ir a ambas as direções a partir do plano), portanto, perpendicular ao plano. Pode ser dada uma conicidade conforme se afasta do plano, como um funil, chamado ângulo de inclinação, mas esta peça não necessita de inclinação.

Direção de extrusão

Fato crítico

Dependendo da direção de encadeamento com que os elementos são selecionados (SH ou SAH), a direção de extrusão sugerida indo para fora do plano é mostrada em uma seta VERDE-escuro. Se ela aponta para baixo, como mostra a Figura 9-11B, que é a direção errada para esta peça, em seguida, marque a direção inversa [V] para construir para cima. No entanto, se a direção de extrusão aponta para cima depois do encadea-

mento, então, não marque a caixa de Inversão de direção.

A cadeia no sentido horário resultada em uma seta de extrusão PARA CIMA.

A cadeia no sentido anti-horário resulta em uma seta de extrusão PARA BAIXO.

Solucionando o problema

Se, depois de visualizar o resultado sólido, você fez errado, retorne para a propriedade da árvore de modelo, expanda o sólido, expanda a extrusão e, em seguida, clique em parâmetros, marque novamente a direção e faça de novo. Na ilustração, eu abri os parâmetros de extrusão da base para ilustrar como eu poderia voltar atrás e mudar isso. Note, depois de mudar qualquer parte de um sólido, que você vai precisar reconstruí-lo clicando no botão REGEN.

Agora é a sua vez

É hora de adicionar ao retângulo grande com cantos arredondados um ressalto de 0,355 de espessura (Fig. 9-12). Em seguida, corte o corpo com um bolsão de 2,35 pol. de largura (Fig. 9-13). Depois, adicione um bolsão largo de 1,35 de largura em relação ao fundo do bolsão (Fig. 9-14). Quando o seu desenho se parecer com o da Figura 9-14, volte às instruções para fazer o furo de 0,375. Na Figura 9-14, para tornar a imagem mais realista, eu apaguei as linhas profundas de 0,355 na vista em estrutura de arame – elas não são mais necessárias.

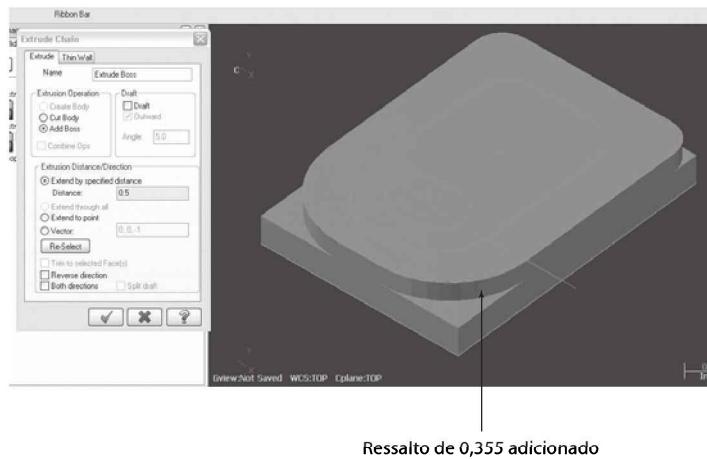


Figura 9-12 Adicionando o ressalto de 0,355 de altura.



Figura 9-13 Cortando o corpo com um bolsão de 2,35 de largura e 0,5 pol. de profundidade.



Figura 9-14 Adicionando ressalto com 1,35 pol. de largura.

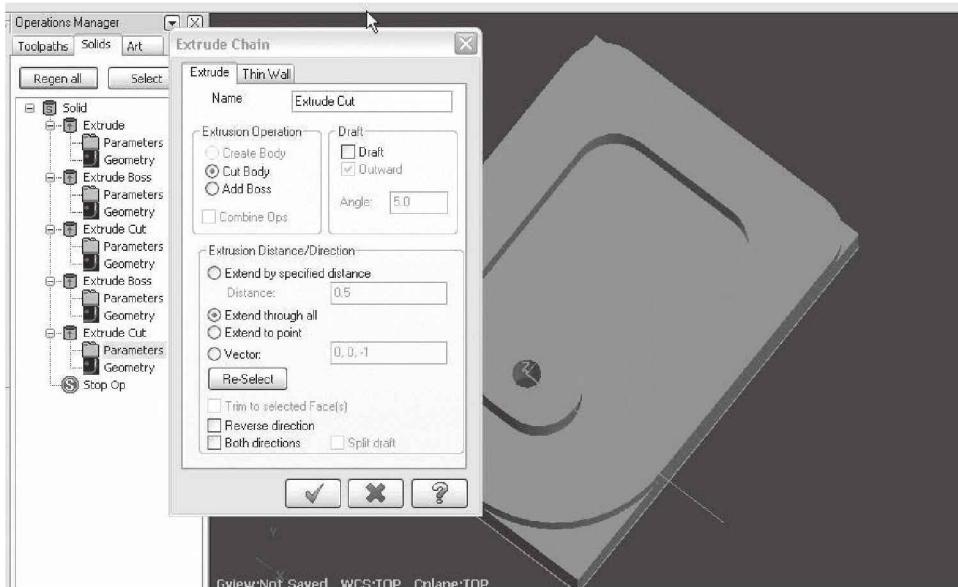


Figura 9-15 O sólido final completo – note que você pode ver através do furo.

Fase 7 – Extrudar o furo com 0,375 pol. de diâmetro

Agora é a sua vez

Desenhe o círculo de 0,375 pol. de diâmetro em vista isométrica ou superior e, depois, corte o corpo *Extended Through All* desta vez (Fig. 9-15). O sólido está, então, completo, pronto para gerar a trajetória da ferramenta, e deve ser salvo. É encontrado em seu disco como Final Solid MC-X Model.

permitir escondê-los (*mascará-los*) de forma mais fácil quando não forem necessários.

Entidade

Linha, arco ou qualquer elemento geométrico no desenho CAD.

Estrutura de arame (wireframe)

Modelo antigo de geometria de peça composto por linhas conectadas. Um modelo em estrutura de arame não tem volume, então, o programa CAD não tem ideia do que é metal e do que não é.

Extrusão

Na manufatura, forçar um metal amolecido através de uma matriz, da mesma forma que tirar pasta de dente do tubo. MC-X (e Solidworks) usa este termo para criar mudanças de volume de um esboço plano.

Importar/exportar arquivos

Mover arquivos entre dois programas diferentes. Os arquivos podem ser formatados antes de exportar.

Inferência

Ferramenta do cursor por meio da qual o programa indica quando está sobre uma determi-

Revisão da Unidade 9-1

Revise os termos-chave:

Arredondamento

Arredondar o canto de uma peça, linha-linha ou superfície-superfície.

Camadas (níveis no MC-X)

Imagens de desenho em uma camada numerada e dimensões e/ou notas em outra para

nada extensão de linha – na horizontal ou na vertical de um determinado ponto, por exemplo.

Mascaramento

Esconder camadas para ver apenas o que é desejado.

Ponto de ramificação

Ponto comum de coordenada com mais de um elemento terminando.

Ressalto

Característica espessa da peça, adicionando material ao modelo.

Reveja os pontos-chave:

- Em geral, é mais eficiente fazer o trabalho de preparação de desenho usando o *software CAD* original e, em seguida, *exportá-lo* (colocá-lo em um formato utilizável pelo *software CAM*). Isso simplifica importá-lo para o novo programa, em que as fontes de letras, por exemplo, não podem traduzir bem.
- Você pode fazer cálculos no momento da entrada de dados no MC-X.
- Alt-F9 alterna um eixo e ponto zero de referência entre ligado ou desligado.
- F9 sozinho alterna uma grade de eixo entre ligado e desligado.
- Saber o *status* de cor acelera a aprendizagem na maioria dos *softwares*.
- O botão AZUL aplica valores, a seleção VERDE faz a aplicação.
- O balão VERDE termina uma seleção ou função.
- Para aparar linhas, clique primeiro no botão, clique na parte de linha que você deseja manter e, em seguida, clique na linha para apará-la.
- Teclar Esc irá levá-lo de volta ao menu principal quando necessário.
- Quando você desejar repetir valores, é possível bloquear uma entrada de dados para repetir. Uma extrusão se origina de padrão plano (plano de desenho) e cria material para fora em uma direção (ou

em dois sentidos) perpendicular ao plano. Pode ser dada uma conicidade para fora do plano, como um funil, chamado ângulo de inclinação, mas esta peça não necessita de inclinação.

Responda

1. Identifique e descreva pelo menos cinco vantagens CAM na programação de equipamentos CNC.
2. Ao mover elementos em um modelo de estrutura de arame ou sólido, qual função CAD/CAM é necessária?
3. Verdadeiro ou Falso?
No momento da extrusão de um modelo sólido, pode-se adicionar ou subtrair material em qualquer direção para fora a partir do esboço de definição.
Se essa afirmação for falsa, qual seria a afirmação verdadeira?
4. No Mastercam X, a cor AZUL da linha indica qual *status*?
Seus parâmetros podem ser alterados se estiver AZUL?
5. Por que uma peça em modelo sólido é mais fácil de programar?

>> Unidade 9-2

>> Planejamento e criação da trajetória da ferramenta

Com o desenho digital da peça disponível, o próximo passo é o planejamento da continuação do trabalho, usando as habilidades aprendidas no Capítulo 4. Então, vamos editar o desenho para seguir o plano, por exemplo, alterando a direção do eixo X e o PZP nesta lição.

Como dito anteriormente, é tentador saltar para a programação diretamente e, depois, tentar resolver problemas de preparação, mas isso raramente é compensador. No mínimo, provoca má qualidade ou

operações de baixo lucro. No pior dos casos, a falta de planejamento resulta em preparações perigosas!

Como nós já estudamos planejamento, para a coerência da lição, as opções de preparação em seguida já estão feitas. No entanto, em breve, você vai fazê-las no seu laboratório técnico ou no trabalho. Quando for a sua vez, use a seguinte lista ou volte e reveja o Capítulo 4.

Outro lembrete: A comunicação é a chave para segurança e eficiência. Se você, programador, planejar a preparação e o programa, o mecânico que irá realizar a preparação e a execução deve ter instruções claras. Essa documentação pode ser editada no programa com palavras entre parênteses, para sinalizar que não é um código de comando, e/ou pode ser no documento de preparação também. Na indústria, haverá uma política de oficina delineando onde as instruções devem ser colocadas. A questão importante é que, se você é o programador, faça-as de forma completa e clara. Se você é o mecânico, leia-as e siga-as!

Termos-chave:

Desvio de ilha

Trajetória de ferramenta para bolsão, incluindo um ou mais perfis fechados, dentro de um contorno externo, de forma a prevenir a usinagem da ilha durante o ciclo de bolsão.

Furação com quebra-cavaco

Movimento para dentro e para fora de forma a quebrar o cavaco e limpar o caminho durante um processo de furação profunda.

Parada opcional

Quando editado no programa, o operador pode ligar (alterar) a parada de programa ou desligar para paradas não regulares.

Escolhas de planejamento CNC

Vou listar as opções de preparação específicas após esta revisão geral. As decisões a serem consideradas são:

- **Tamanho da matéria-prima e liga**

O sobrematerial ajuda a definir parâmetros durante a programação, como o número de

passes de profundidade ou cortes de contorno multipasse a serem feitos. Além disso, determina os tipos de ferramenta de corte.

- **Fatos do lote – Número de peças/prazo/valor**

Considerando o trabalho em geral, justifica-se a construção ou compra de ferramentais especiais para grandes lotes contra escolhas de preparação universais para pequenos lotes. Lotes de peças grandes ou críticas justificam gastar mais para a eficiência. Algum dinheiro poupanço por peça pode crescer até um grande lucro ou a qualidade do trabalho como um todo.

- **Tipo de máquina**

O Mastercam força esta questão, não permitindo que você comece uma trajetória de ferramenta sem selecionar o equipamento em que esta será utilizada.

- **Métodos de fixação da peça**

Trata-se de uma das decisões mais importantes relativas à segurança e ao tempo de resposta para a produção de uma ou mais peças. Vamos supor que faremos 25 peças, então, uma morsa padrão é aceitável, e um acessório especial não é necessário.

- **Localização do ponto zero de referência**

Este deve ser ajustado facilmente usando o método de fixação selecionada e com base nas prioridades de referência sempre que possível. Para este trabalho, vamos deslocar a posição zero do centro do furo de 0,375 pol. para o canto esquerdo perto do blank. Note que vamos deixá-lo bem no canto do blank, mas, na realidade, como um operador, você o mudaria ligeiramente para o interior do material de forma a permitir um passe de limpeza em todos os lados da peça.

- **Orientação do eixo**

Para este trabalho, vamos rodar as direções do eixo para colocar a matéria-prima dentro da morsa. Veja a Figura 9-16.

- **Ferramentas a serem utilizadas**

Cada uma deve ter a geometria de corte correta para a tarefa e velocidades e avanços

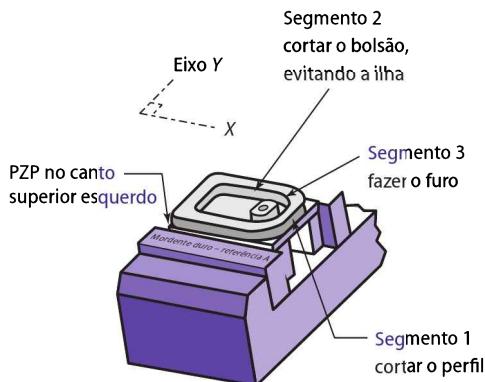


Figura 9-16 As escolhas de preparação para nosso programa.

corretos. Por exemplo, quando mergulhando no bolsão, precisamos carregar uma fresa de topo cortando pelo centro. Dados a liga e o tamanho da ferramenta, MC-X pode fazer esses cálculos para você. Lembre-se de que as ferramentas devem estar próximas, mas não exatamente no diâmetro correto ou no raio de corte, porque o comando compensa, utilizando ajustes de deslocamento, para as diferenças entre o que foi programado e as ferramentas carregadas na máquina.

• Sequências de operações

Usaremos quatro segmentos de programa no primeiro programa. Então, se fôssemos finalizar um trabalho real, nós poderíamos invertê-lo, fazer mordentes moles para segurar o contorno da peça e, então, usinar o excesso de pegada do fundo da peça.

Ponto-chave

M01 Parada opcional

Um código especial disponível na maioria dos comandos CNC é Parada opcional. O operador pode ligar ou desligar um interruptor no painel do comando se o comando M01 é adicionado no programa. Se ele é desligado pelo operador, o comando CNC salta e continua no programa sem parar.

• Paradas de programa ou instruções especiais

Paradas típicas podem ser adicionadas ao programa para verificar o tamanho, para alterar os grampos de fixação ou para limpar os cavacos de um bolsão profundo, por exemplo. Se elas são usadas, então, elas devem ser documentadas. (Veja o Ponto-chave.)

Nosso planejamento de preparação

Aqui está o planejamento para este trabalho (veja a Fig. 9-16).

• Blank de alumínio 2024 de 1,25 pol. de espessura.

Sobremetal na espessura para fixação em morsa a ser removido após esta operação

Barras cortadas com 4,00 pol. de largura e 5,500 pol. de comprimento.

Note que, neste caso, o sentido do grão no blank não é crítico, mas, em alguns casos, pode ser. O grão seria paralelo ao eixo mais longo da barra – a direção de 5,5 pol.

• 25 peças (não o suficiente para justificar preparações ou ferramental especial)

• Fresadora vertical (Padrão no MC-X)

• Morsa com mordentes duros paralelos ao eixo X – como batente na extremidade esquerda

• PZP na superfície de cima, próximo ao canto esquerdo

Isto significa que nós devemos transformar a geometria da peça a partir da orientação do desenho antes de começar a gerar as trajetórias da ferramenta – uma tarefa comum em programação.

• Ferramentas:

Nós vamos empregar três ferramentas para este trabalho:

T01 = Fresa de topo de 0,500 pol. de diâmetro. 2 arestas – fresagem do perfil (contorno).

Segmento 1 – retângulo inferior com cantos.

- Segmento 2 – retângulo superior com cantos raiados.
T02 = Fresa de topo de 0,375 – 2 arestas, corte pelo centro.
 Segmento 3 – mergulho no bolsão até a profundidade.
T03 = Broca helicoidal de 0,375.
 Segmento 4 – fazer o furo. Não há broca piloto neste exercício, mas seria uma boa ideia, na realidade.

• Sequência de corte

- Fresagem do perfil com perímetro de profundidade de 0,875, usando T01
 Fresagem do perfil com perímetro de profundidade de 0,355, usando T01
 Mergulhar e cortar o bolsão T02
 Brocar furo de 0,375, T03

• Instruções especiais

- A peça deve ser fixada sobre blocos paralelos na morsa de forma que 0,900 pol. se elevem acima da mesma, permitindo à ferramenta uma folga para a fresagem do perfil de 0,875 pol. de profundidade.

Transformando a geometria da peça

Embora seja melhor para executar o trabalho utilizar o desenho preparado no *software* original, neste caso, vamos transformá-lo no MC-X, girando a peça 90 graus e, depois, movendo o ponto origem (X_0, Y_0) para o canto esquerdo mais próximo do centro do furo, mas a origem Z permanece a mesma – a superfície de topo.

Start MC-X

Abra o arquivo no MC-X (se você não tem o sólido acabado já aberto)

Open – Final solid (no Ambiente Virtual de Aprendizagem)

Top view

Wireframe view

Apague as duas linhas de referências pequenas

Clear colors (se necessário)

X-form – Rotate (para colocar o lado mais longo paralelo ao eixo X – horizontal)

Fig. 9-17

All conforme Figura 9-17

All entities



Figura 9-17 Selezionando todos os elementos para rotacionar.

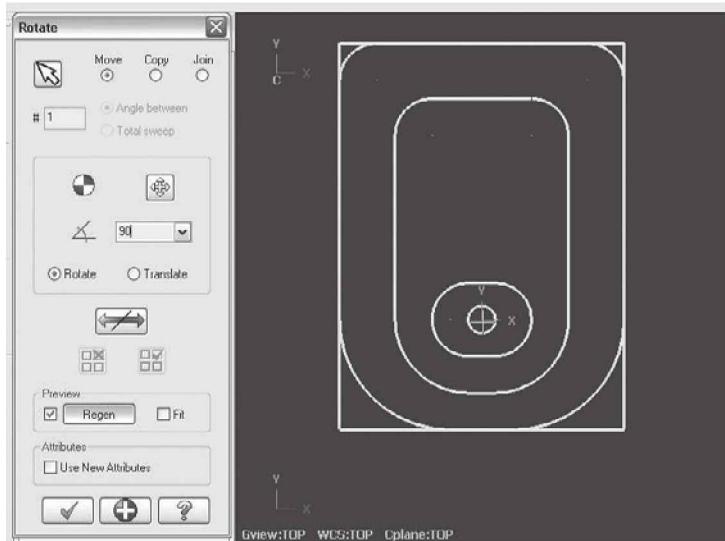


Figura 9-18 Três parâmetros de rotação.

Fim da seleção (balão verde – a janela de transformação abre – Figura 9-18)

Move ($\sqrt{}$)

90°

Rotação no sentido da mão direita (seta vermelha)

Apply – OK

Não limpe as cores ainda!

Vista isométrica (para ver o ponto correto de interseção, veja o Ponto-chave)

Zoom perto do canto esquerdo (Fig. 9-19A)

X-form – Move to origin (X-forma especial)

Intersection point (Botão – Fig. 9-19B)

Clique nas duas linhas retas

Clear colors

Zoom de tela e salvar

Ponto-chave:

Para a translação X_0, Y_0 (PZP), é necessário deslocar a origem até o canto esquerdo perto do blank, a partir do centro do furo, mas mantenha o PZP na superfície superior. Portanto, para o ponto de controle, vamos usar a interseção de duas linhas retas na superfície superior estendida até elas se encontrarem em um ponto comum (veja a Fig. 9-19).

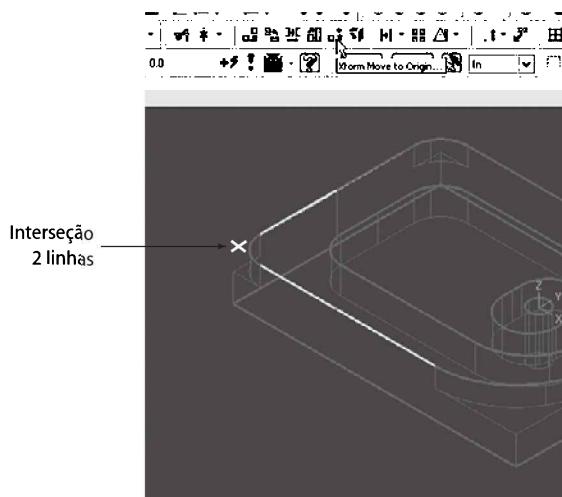


Figura 9-19A Transformando a INTERSEÇÃO em origem.

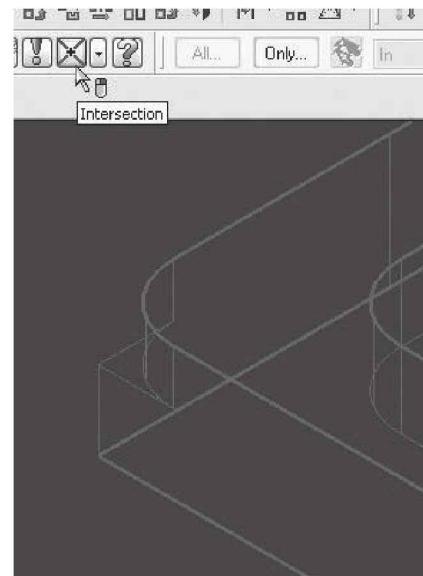


Figura 9-19B Botão de interseção linha-linha.

Compilando a trajetória da ferramenta

O padrão da peça está preparado para programação e salvo como Ready to Program – Figura 9-20. Uma vez que a trajetória da ferramenta for compilada, ela será transformada em um programa interpretável pela máquina na Unidade 9-3.

Trajetória de ferramenta

Segmento 1 – Retângulo inferior

Inicie o MC-X

File Open “Ready to Program” (no Ambiente Virtual de Aprendizagem, ou desenho preparado)

Isometric view

Wireframe View

Alt-O (ligue o gerenciador de propriedades, caso ele já não esteja ligado)

Machine Type (menu cascata na barra de ferramentas principal)

Mill ▶ Padrão

(fresadora vertical genérica – árvore de trajetórias abre no gerenciador de operações)

Toolpaths (na barra de ferramentas principal)

Material Manager

Aluminum 2024 (liga especificada no desenho)

(**Inch**)

OK

Toolpaths (barra de ferramentas principal novamente)

Contour

Final program (preencha o nome do seu arquivo CNC)

OK

Chain (botão na coluna superior à esquerda)

Clique no retângulo externo inferior, conforme Figura 9-20, para encadear no sentido horário fim da cadeia (cruz azul)

OK (página de parâmetros de contorno abre, Fig. 9-21)

Ponto-chave:

Encadeamento e fresagem concordante (Fig. 9-20)

Clicando à direita da linha, inicia-se o encadeamento do contorno em torno do perfil no sentido horário (SH) – o que se torna uma fresagem concordante, sempre recomendada para alumínio.

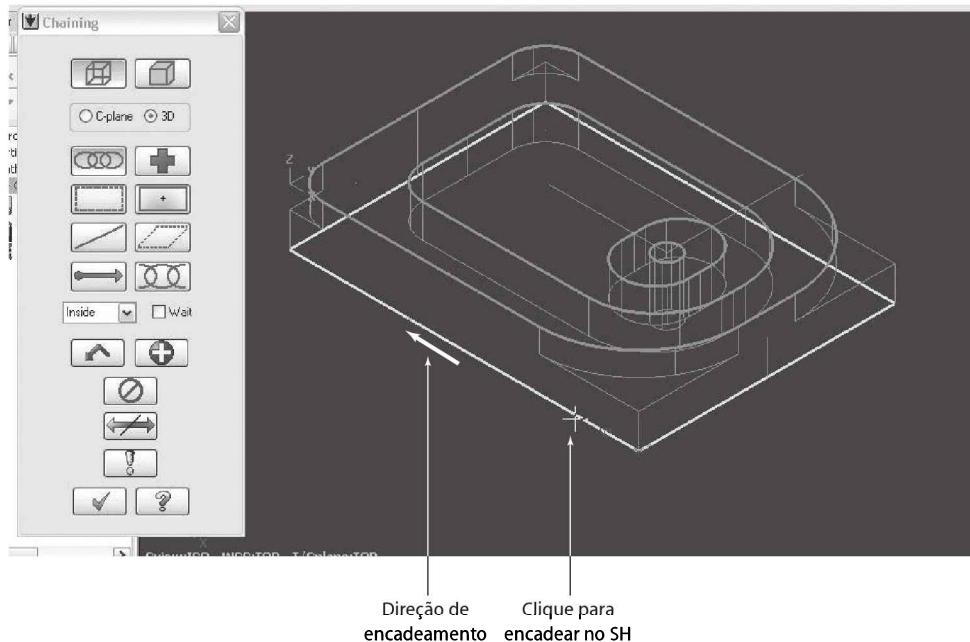


Figura 9-20 Encadeando o primeiro segmento da trajetória de ferramenta.

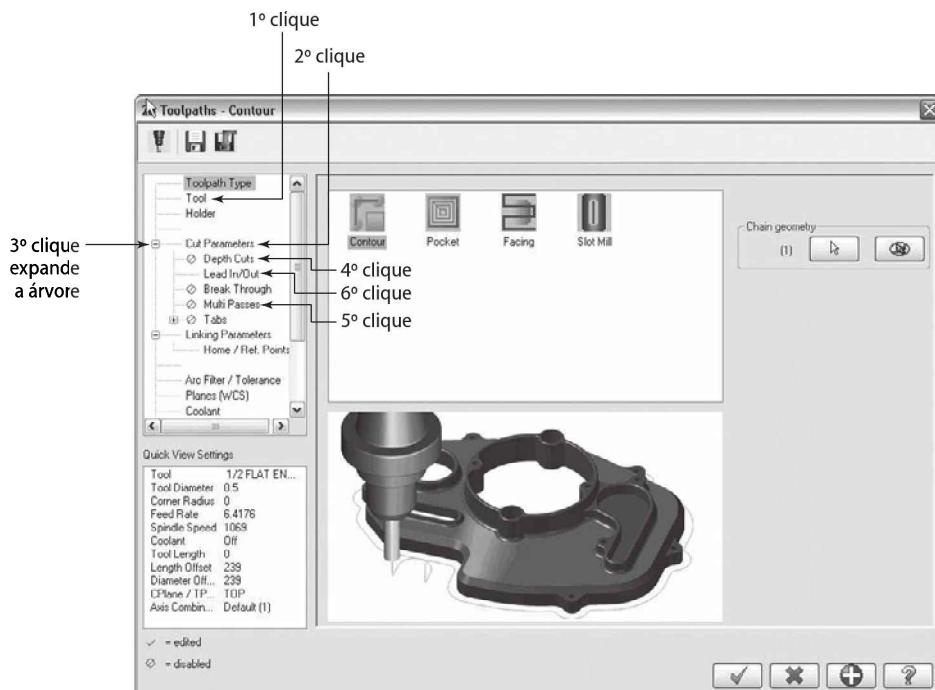


Figura 9-21 As seis entradas de parâmetros que faremos.

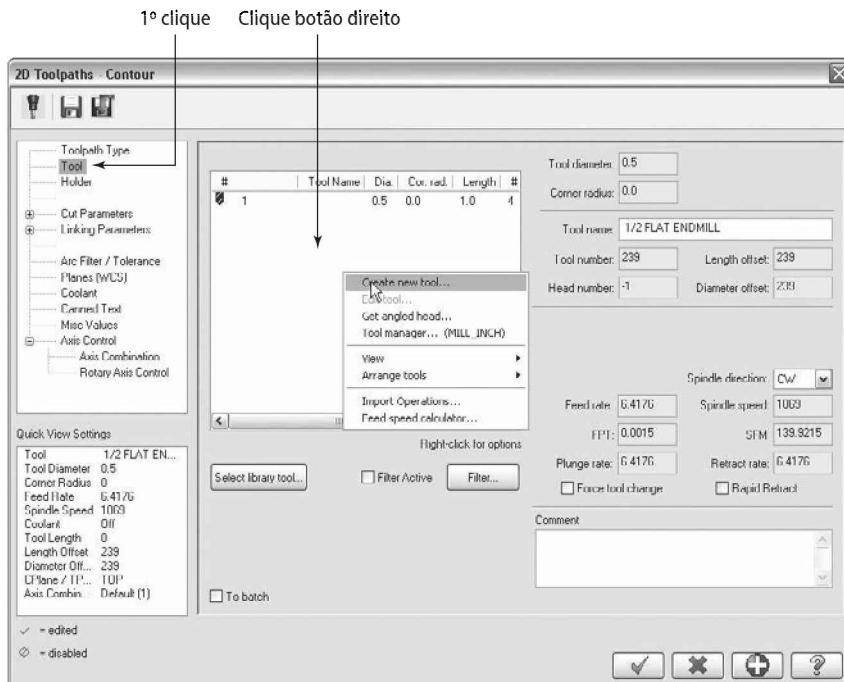


Figura 9-22 Parâmetros de contorno e profundidade de corte.

Neste ponto, nós digitaremos os parâmetros de corte (condições), clicando em cada opção do menu-mestre, Figura 9-21. Nós escolheremos o tipo de ferramenta/tamanho e os parâmetros de corte, porém, note que muitas outras opções estão disponíveis.

Adicionando parâmetros de ferramenta

Tool (primeira página de parâmetros, clique Fig. 9-21)

Clique com o botão direito na janela de ferramenta em branco (Fig. 9-22, menu de ferramentas abre)

Create new tool (Fig. 9-23 também pode usar a biblioteca de ferramentas)

Clique end mill (a página de definição de ferramentas abre)

Tool #1

(.50 dia)

Clique Calc. Speed/Feed

OK

Adicionando parâmetros de corte

Cut parameters (segundo clique, nas palavras, Fig. 9-24)

Aceitar os valores mostrados: **compensação** à esquerda da peça de trabalho (fresagem concordante) com compensação de diâmetro da ferramenta pelo **computador** (o programa não pode ser alterado pelo operador da máquina, e o tamanho exato da ferramenta deve ser utilizado – em contraste, a compensação no comando significa que qualquer ferramenta perto do tamanho especificado pode ser usada e que o valor pode ser alterado no comando durante a usinagem). **Não clique em OK até o parâmetro final**. No entanto, se o fizer acidentalmente e fechar a página, veja a dica para alteração de parâmetros.



Figura 9-23 Parâmetros para a ferramenta de contornos.

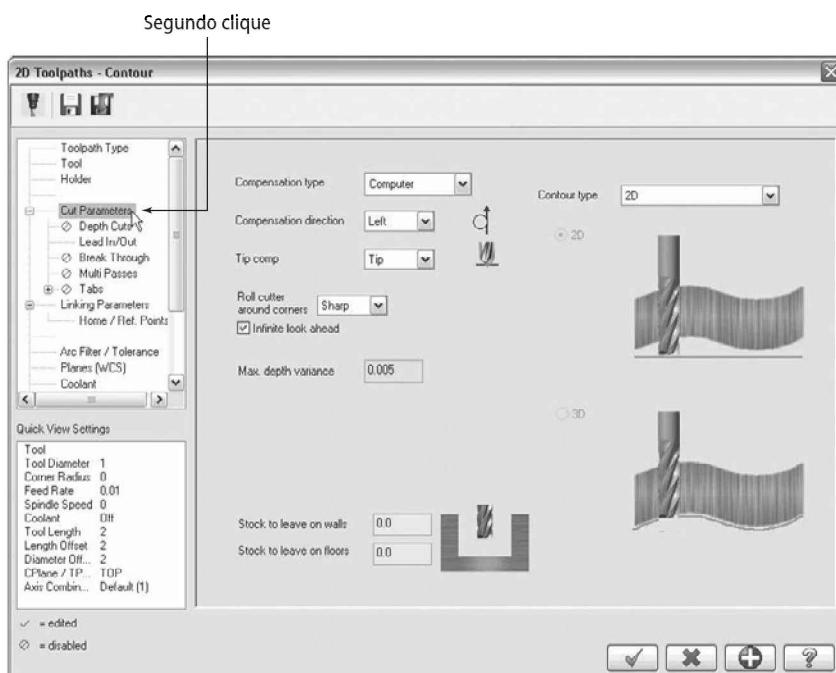


Figura 9-24 Aceite os parâmetros de trajetória de ferramenta para o contorno.

Clique em **[+]** para expandir a Árvore de parâmetros de corte.

Depth cuts (quarto clique, Fig. 9-25)

Clique na caixa para abrir os parâmetros

Max rough steps = 0.45

(causa dois passes em Z para baixo)

Finish cuts = 0 (não é necessário)

Multipasses (quinto clique, Fig. 9-21, corte do contorno em estágios)

Clique na caixa para abrir os parâmetros

Rough pass number = 2

Rough pass spacing = 0.375

(acopla a ferramenta a 60% das suas 0,50 pol. de diâmetro)

Finish pass number = 1

Finish pass spacing = 0.03

At final depth

Lead In/Out (sexto clique)

Não assinalar esta caixa cancela a aproximação para este exercício

OK A trajetória de ferramenta de contorno terminada é mostrada na Figura 9-26

O Segmento 1 está completo – Figura 9-26.

Ponto-chave:

Avaliação do percurso da ferramenta

Neste ponto, o Segmento 1 está completo, e é hora de testá-lo em tela (Fig. 9-27). A opção Backplot (simulação) fornece informações sobre o caminho e ferramentas selecionadas, enquanto Verify exibe o objeto criado. Ambos os métodos mostram a sequência de corte. Durante a execução de ambos os tipos de verificação de trajetória de ferramenta, experimente diferentes perspectivas de vistas (Figs. 9-28 e 9-29). Mostre as ferramentas e seus porta-ferramentas; também tente passo simples através da trajetória para ver cada um dos eixos mover. Embora essas avaliações gráficas não determinem exatidão dimensional, elas dizem ao programador que o programa, em uma primeira análise, é seguro e executa como planejado – ainda que faltando grampos e morsas durante a usinagem da forma esperada.

Repare que eu, dinamicamente, rotacionei a vista esquerda na Figura 9-29 para ver uma perspectiva diferente da simulação.

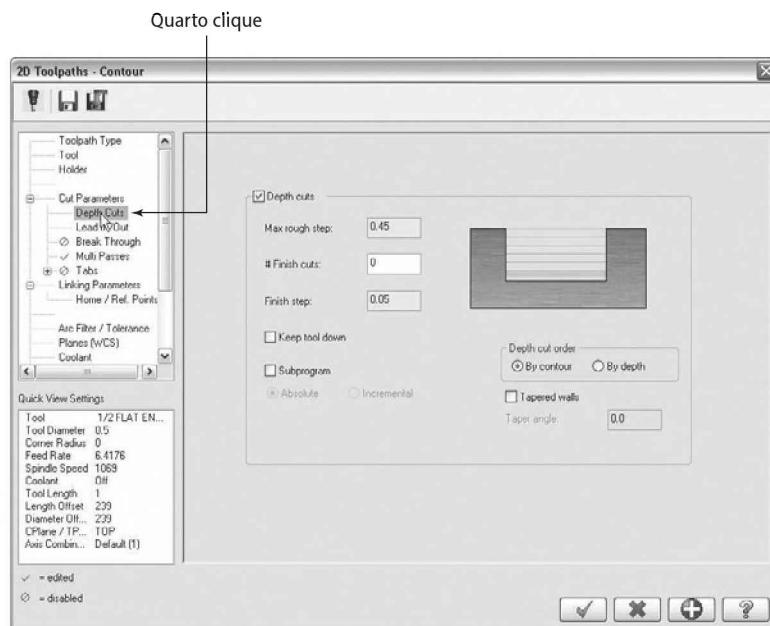


Figura 9-25 Parâmetros de profundidade de corte.

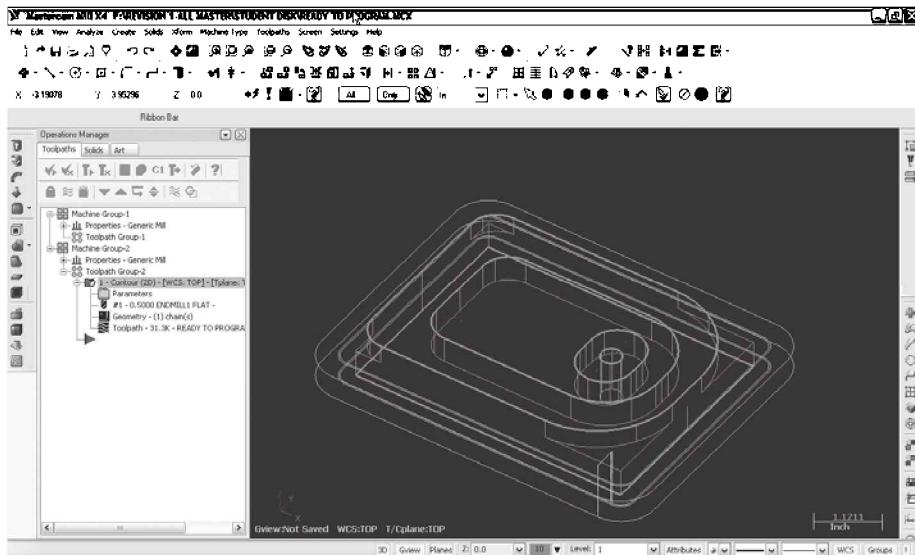


Figura 9-26 Trajetória de ferramenta do Segmento 1– Retângulo externo usinado.

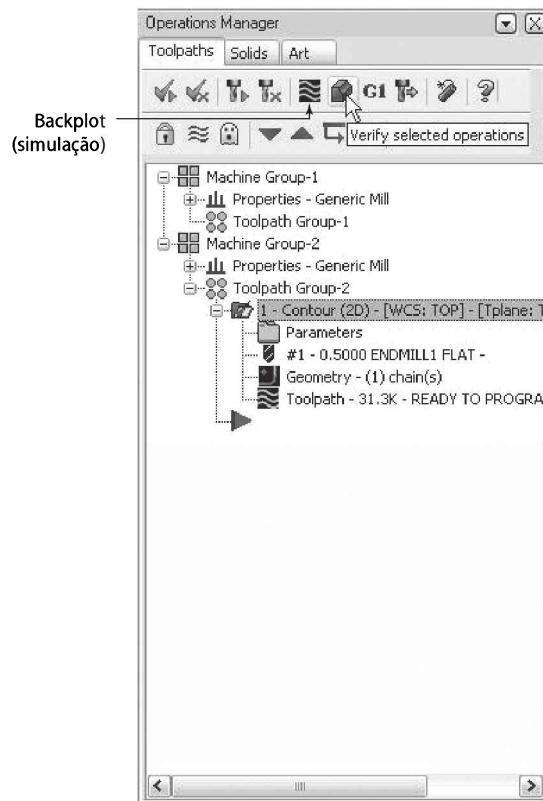


Figura 9-27 Dois tipos de avaliação de trajetória de ferramenta.

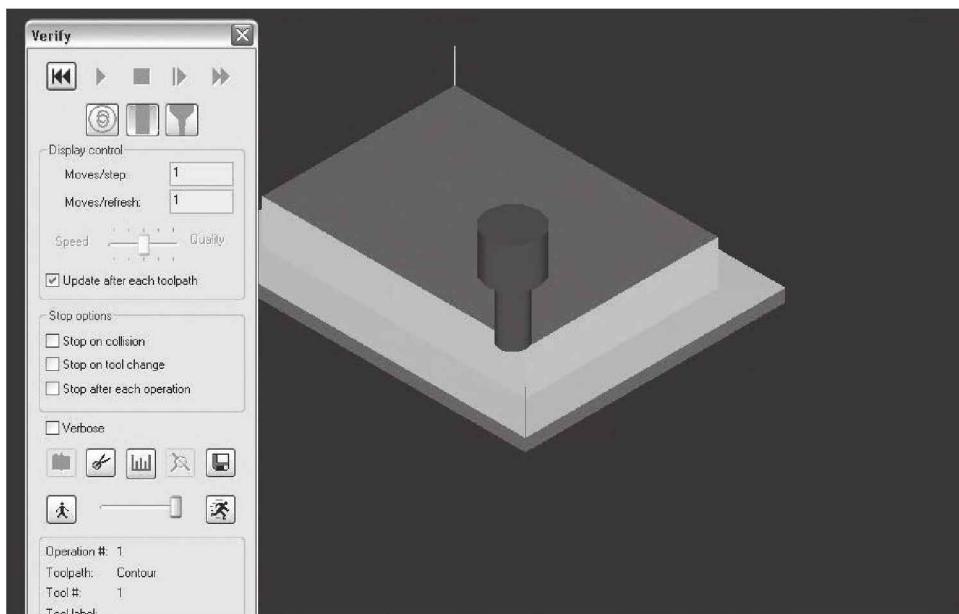


Figura 9-28 Verificação do Segmento 1 utilizando perspectiva isométrica.

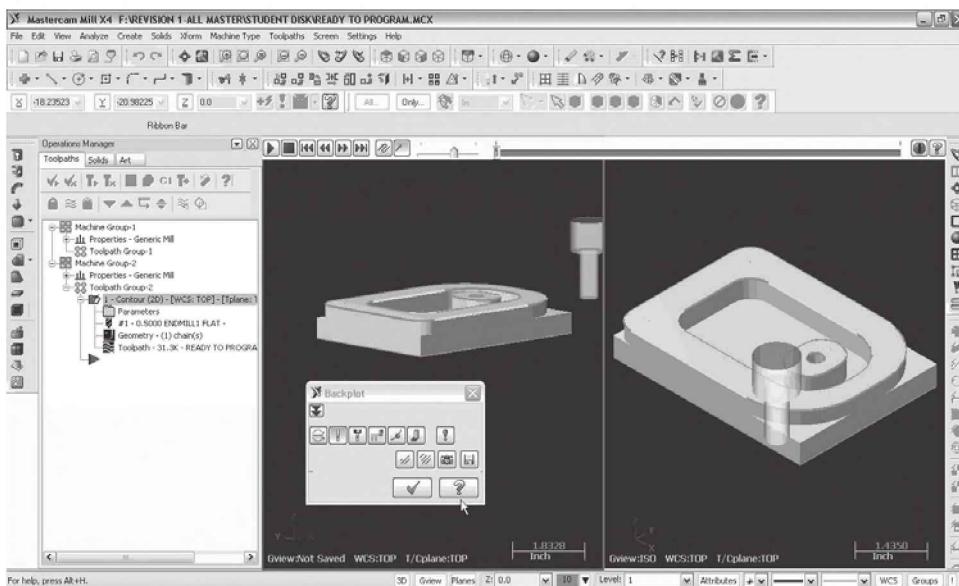


Figura 9-29 Simulação utilizando duas janelas de visualização.

Conversa de chão de fábrica

Alteração dos parâmetros Se, durante uma avaliação, é determinado que algo precisa ser mudado, clique em Parâmetros no Gerenciador de operações e, então, edite as entradas. Observe que, ao mudar um parâmetro, MC-X mostra um X vermelho na Árvore de trajetórias de ferramentas para indicar que o percurso deve ser regenerado para mostrar as mudanças (chamada de “operação suja” pelo MC-X).

Segmento 2 – Retângulo superior

Agora é a sua vez

Agora é hora de programar o contorno superior externo para cortar os raios de canto com 0,355 de profundidade, que completa a forma externa da peça. Este caminho junta-se ao retângulo menor de modo a formar o perímetro externo completo. Note que, neste instante, a profundidade de corte deve ser fornecida por você, uma vez

que o perfil do corte escolhido está em profundidade zero sobre o objeto.

- Você não precisa de passes de corte na profundidade – apenas um passe de profundidade, 0,355 em Z, Figura 9-31, desmarcando a caixa de parâmetro de profundidade de corte.
- Quando o retângulo superior arredondado for encadeado, clique sobre Linking parameters (parâmetros de conexão), como mostrado na Figura 9-30.
- Utilize T01
- Utilize multipasses, Figura 9-31.
2 por 0,250 pol. corte em desbaste
1 por 0,030 pol. passe de acabamento (/) na profundidade final
- Encadear o retângulo superior arredondado SH.
- Após a conclusão, tente verificar ou simular apenas este segmento e, em seguida, ambos os segmentos, destacando os segmentos no Gerenciador de operações.

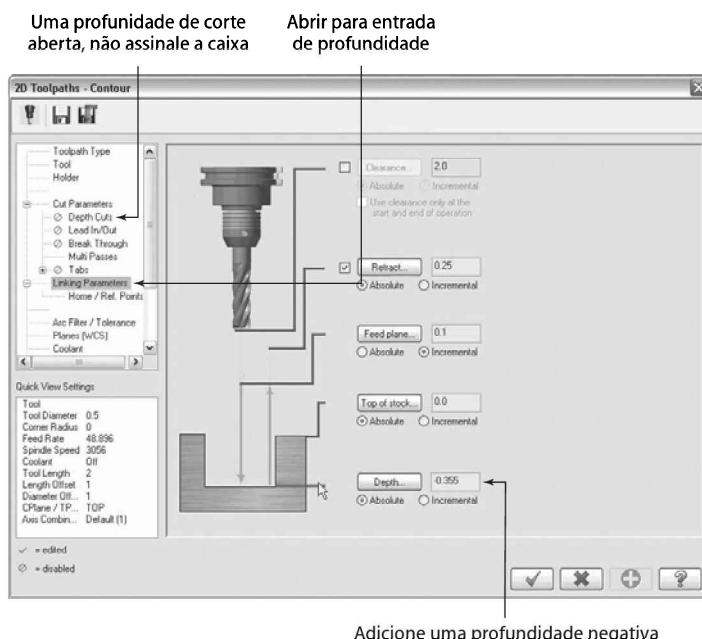


Figura 9-30 Adicionando 0,355 pol. de profundidade de corte usando o Link parameters.

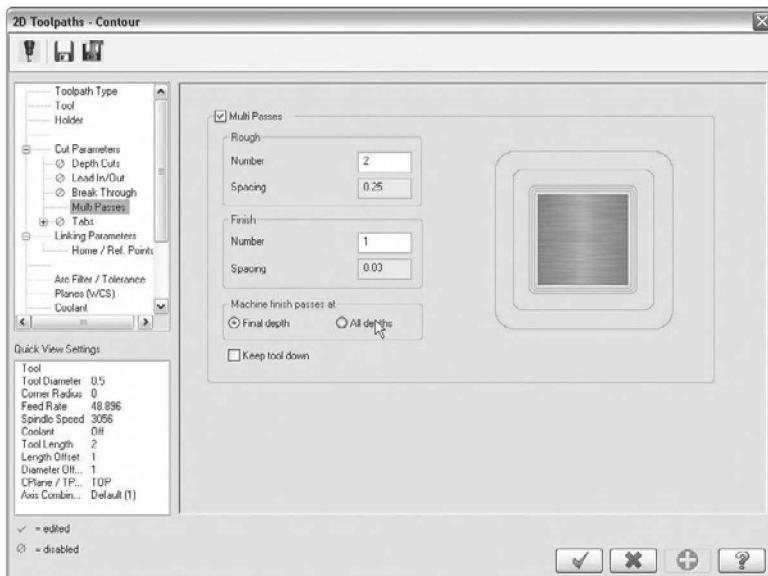


Figura 9-31 Segundo contorno – Parâmetros multipasse.

Depois de completar com sucesso o Segmento 2, sua peça deve se parecer com a da Figura 9-32.

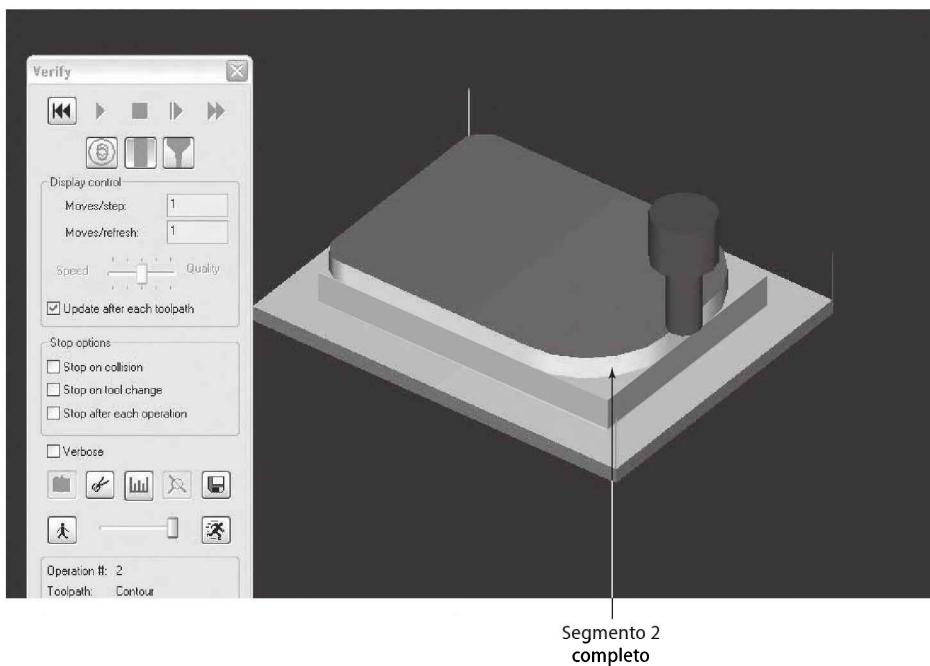


Figura 9-32 Segundo contorno completo.

Segmento 3 – O bolsão de 0,500 de profundidade usando T02

Toolpaths

Bolsão

Encadear o contorno externo – SAH para fresagem concordante no passe de acabamento da parede interna

Fim

Encadear o ressalto – SH para fresar concordante a superfície do ressalto

Fim

OK (página de parâmetros abre)

Tool

Define new 0.375 end mill = T02

Cut parameters (aceitar os valores mostrados na Fig. 9-34)

Lead In/Out (não assinalar a caixa)

Linking parameter

Enter – 0.5 de profundidade

Roughing parameters (entrar como mostrado na Fig. 9-35 – Constant overlap)

OK

Depois de completar o bolsão, sua peça deve se parecer com a da Figura 9-36.

Ponto-chave:

Para definir o percurso do bolsão sem usinar o material do pequeno ressalto de 1,35 pol, devemos selecionar *duas* cadeias (Fig. 9-33), a borda exterior e, em seguida, o ressalto, antes de aceitar as seleções (às vezes, chamado de *desvios de ilha* no trabalho CNC). MC-X reconhece que uma figura fechada dentro de um bolsão é para ser deixada no blank.

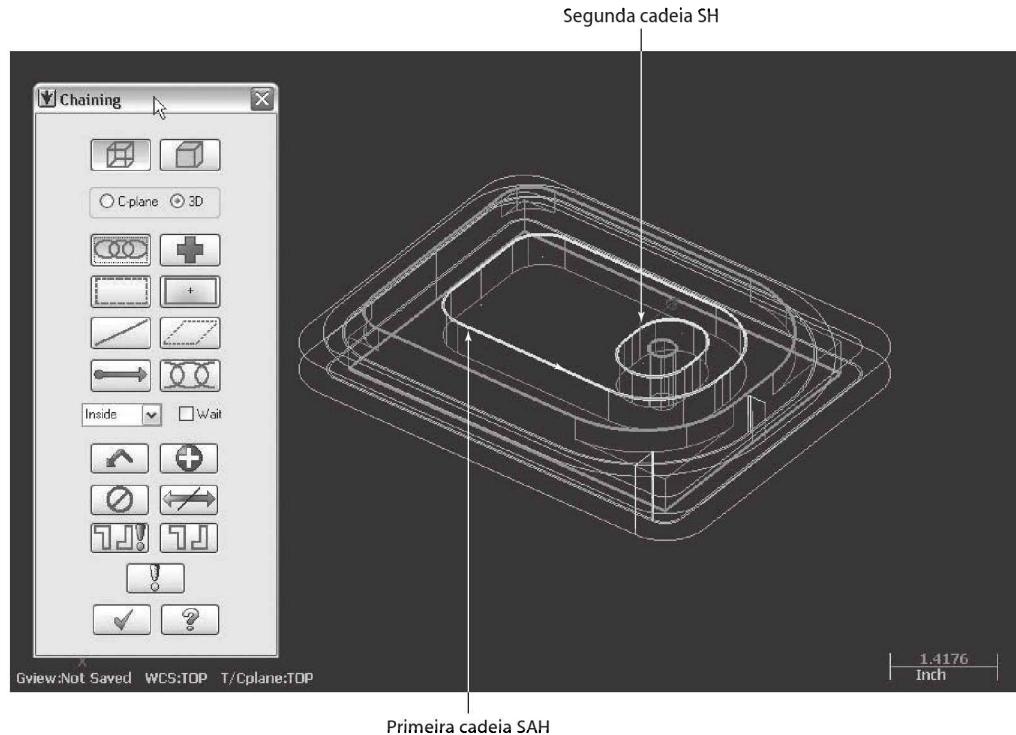


Figura 9-33 Duas cadeias para o bolsão do Segmento 3.

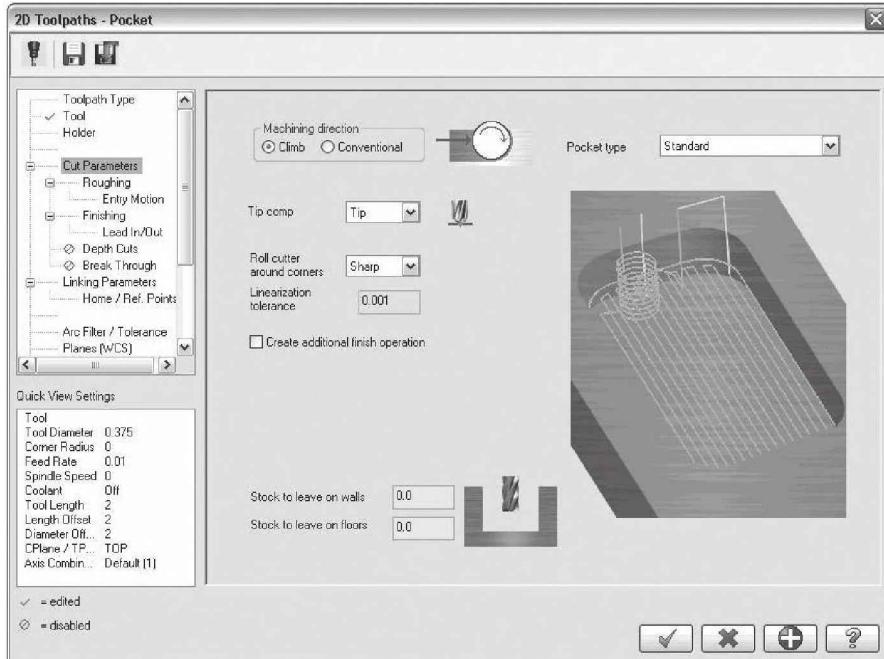


Figura 9-34 Aceite os parâmetros de corte do bolsão.

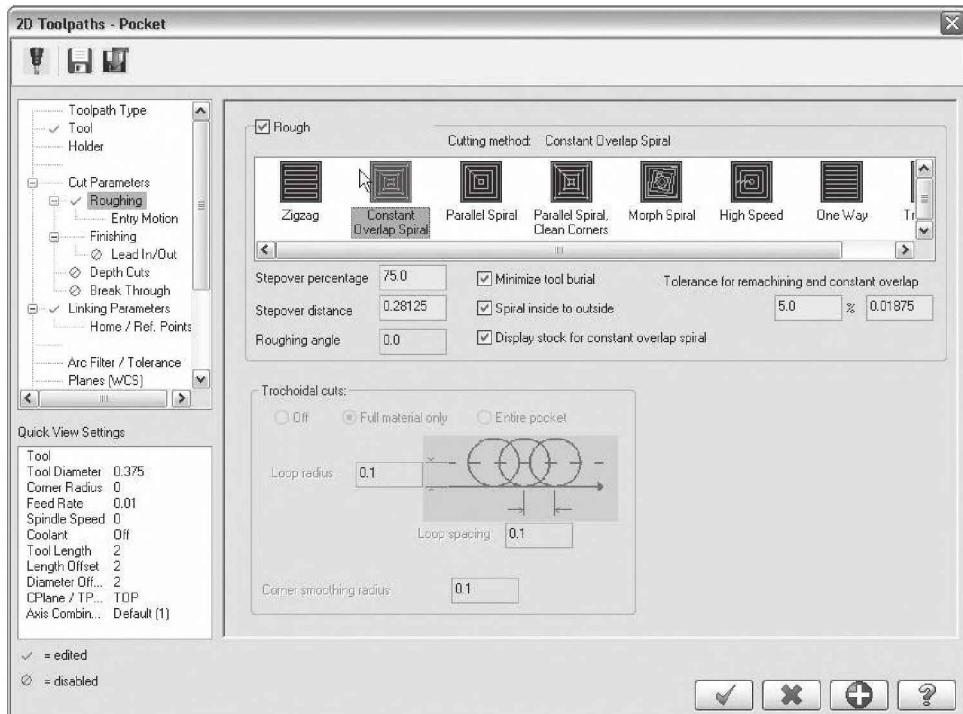


Figura 9-35 Desbastando através de uma superposição constante em espiral.

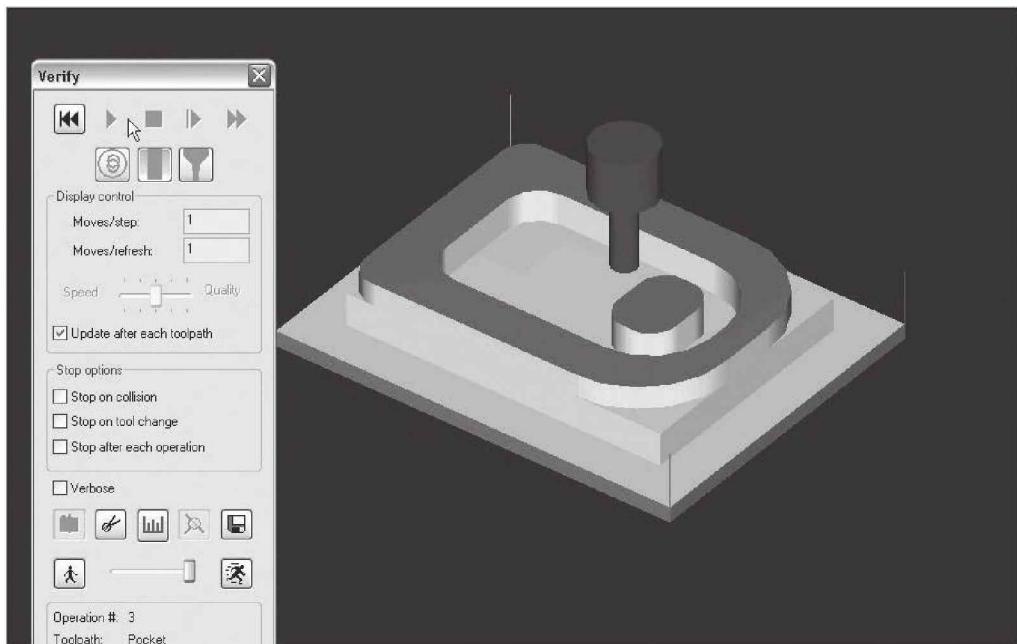


Figura 9-36 Segmento 3 completa o bolsão.

Segmento 4 – Brocando o furo

Agora é a sua vez

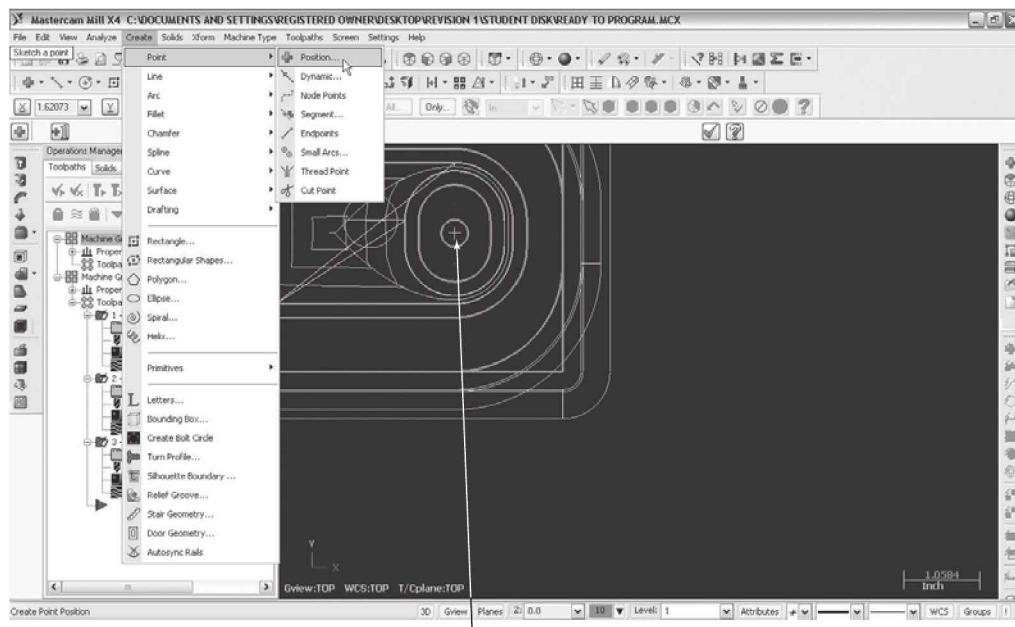
Termine a trajetória de ferramenta brocando o furo.

- Antes de furar, você vai precisar esboçar um ponto no centro do furo e, em seguida, durante a criação da trajetória, selecione-o para definir a localização (Figs. 9-37 e 9-38).
- Defina T03 = broca com 0,375 de diâmetro com pelo menos 2,5" de comprimento de aresta + comprimento de cabo.
- Defina um ciclo de furação com quebra-ca-vaço, conforme Figura 9-39.
- Fure – 1,3 de profundidade ou mais – através do bloco (Fig. 9-40).

Dica da área

Observe que a profundidade de perfuração foi inserida na Figura 9-39 como – 1,3 pol. para percorrer toda a espessura do blank (furo passante). Mas isso significaria apenas que o ponto mais distante da broca iria para a profundidade de – 1,3. Assim, abrindo a calculadora de profundidade e escolhendo uma ponta padrão de 118 graus para uma broca de diâmetro 0,375, é adicionado automaticamente um percurso adicional de 0,0375 para furar até os cantos das arestas. Recurso de economia de tempo!

Parabéns! A trajetória completa da ferramenta foi terminada. Você pode ver o meu como "Finished Toolpath" no material disponível no Ambiente Virtual de Aprendizagem.



Desenhe um ponto

Figura 9-37 Desenhe um ponto na posição mostrada para furação.

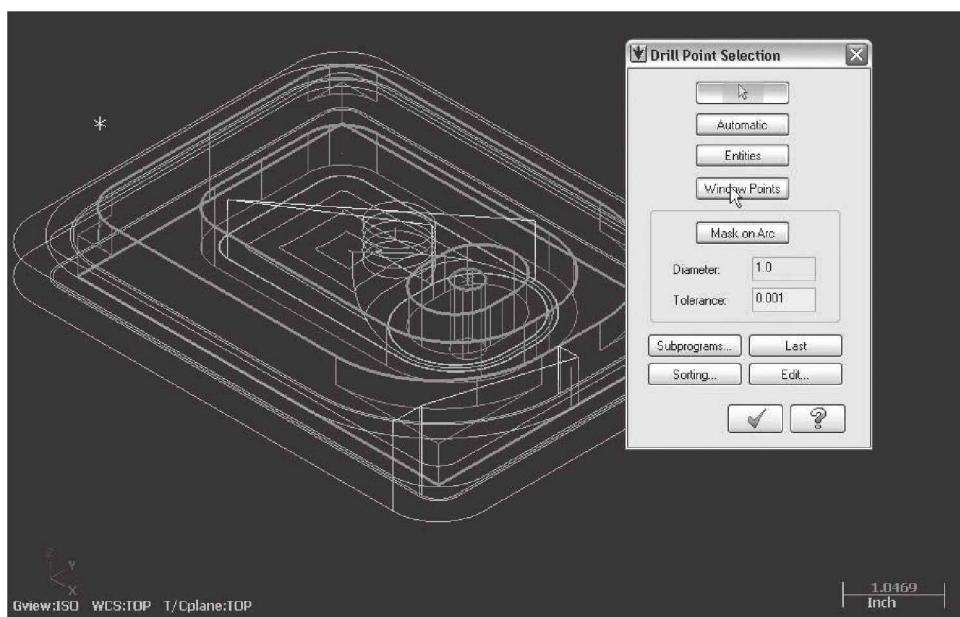


Figura 9-38 Caixa de diálogo para seleção de ponto.

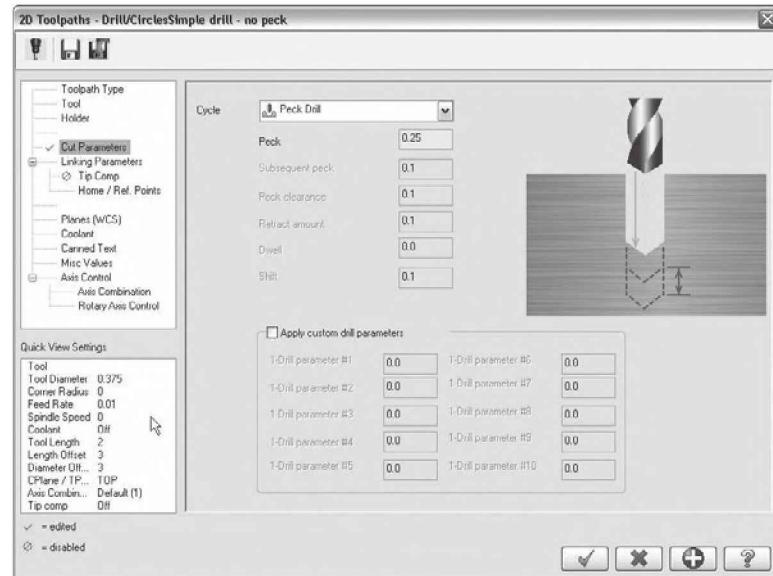


Figura 9-39 Defina um ciclo de furação com quebra-cavaco.

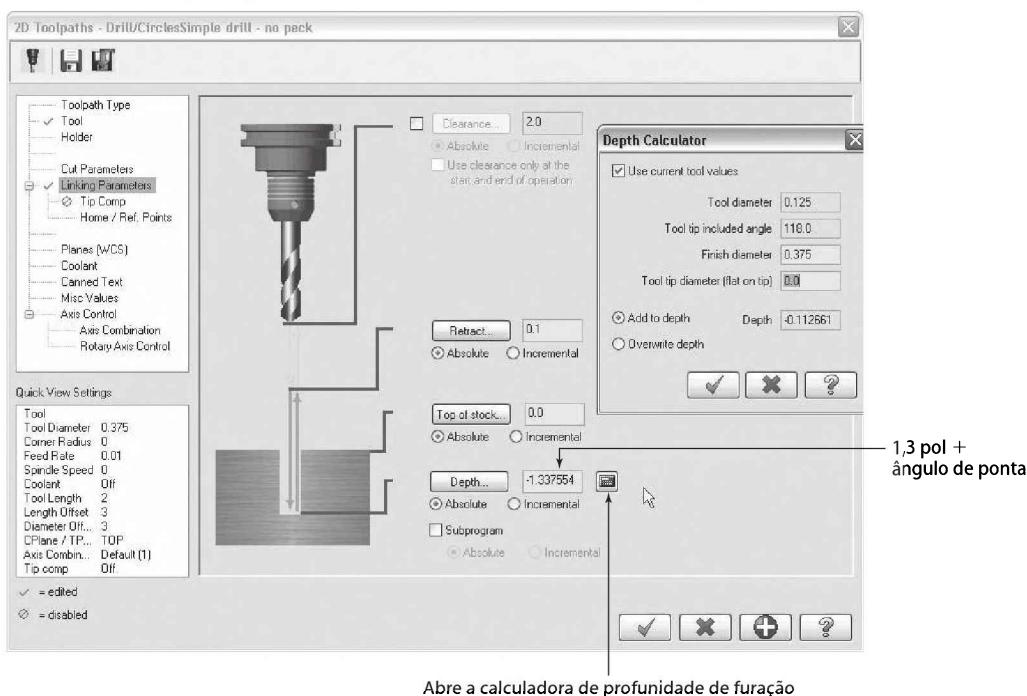


Figura 9-40 Parâmetros de conexão – calculadora de profundidade de furação aberta.

Revisão da Unidade 9-2

Revise os termos-chave:

Desvio de ilha

Trajetória de ferramenta para bolsão, incluindo um ou mais perfis fechados, dentro de um contorno externo, de forma a prevenir a usinagem da ilha durante o ciclo de bolsão.

Furação com quebra-cavaco

Movimento para dentro e para fora de forma a quebrar o cavaco e limpar o caminho durante um processo de furação profunda.

Parada opcional

Quando editado no programa, o operador pode ligar (alterar) a parada de programa ou desligar para paradas não regulares.

Reveja os pontos-chave:

- **Parada opcional M01**

Um comando especial que pode ser desligado pelo operador. Então, o comando CNC salta sobre este e prossegue no programa sem parar.

- O **MC-X** tem uma função especial X-forma que move rapidamente um ponto selecionado, juntamente com todo o sólido, para a origem, criando um local novo para o PZP.
- Quando realizar o encadeamento das entidades para uma fresagem de contorno, sempre frese concordante, se possível, no trabalho de CNC. Olhe para a trajetória pretendida e force a cadeia SH ou ASH para conseguir esse objetivo.
- Quando estiver evitando ilhas em uma trajetória, você deve selecionar cadeias fechadas para defini-las. (Ou você pode fechá-las durante o encadeamento utilizando um utilitário de linha, mas isso não é recomendado.)

Responda

Questões de pensamento crítico

1. Para preparar o desenho, nós rotacionamos o eixo X 90 graus. Por que você acha que isso foi feito?
2. Dado que a tarefa foi concluída a $3,85 \times 5,25$ durante o Segmento 1 para a

profundidade plena de 0,875 pol, eu não poderia ter cortado os arredondamentos de 1,50 e 0,500 pol. do retângulo superior sem ter contornado o retângulo inteiro?

3. Como você poderia ter realizado individualmente os arredondamentos, como na Questão 2? Qual seria o problema potencial em fazê-los individualmente?
4. Comprei barras de 1,25 de espessura para este trabalho. Essa espessura é grande demais? Suponha que a próxima barra padrão seja de 1,00 de espessura. O alumínio é caro. Descobrir quanto sobremetal colocar é sempre uma decisão difícil.
5. Para economizar, você consegue pensar em um plano melhor para evitar consumir muito alumínio para o sobremetal de pegada na morsa?

>> Unidade 9-3

>> Gerenciamento de dados de programa

Nesta lição, vamos realizar duas tarefas: primeiro, vamos discutir o pós-processamento da trajetória da ferramenta desenvolvida na Unidade 9-2 em código interpretável por uma máquina específica, mas, para realmente fazer essa tarefa, sua trajetória deve ser transferida para uma versão completa do Mastercam X – veja a Conversa de chão de fábrica logo após os termos. A segunda tarefa será a de importar um arquivo com modelo sólido do Solidworks e, depois, prepará-lo para a programação CNC. Essas tarefas não são difíceis nem demoradas; o software faz tudo para você.

Termos-chave:

Analizar

Função CAD/CAM que permite que distâncias e ângulos sejam checados quando não estão dimensionados no desenho.

Níveis de revisão

Como qualquer *software*, as melhorias em programas CNC devem ser traçadas rigorosamente, caso contrário, programas cruzados podem se confundir dentro da oficina!

Pós-processamento

Depois que a trajetória da ferramenta está completa, compila-se um conjunto de comandos que possam ser interpretados pela máquina.

Conversa de chão de fábrica

Pós-processando sua trajetória Assim como uma versão do estudante, o programa Mastercam tem uma limitação – ele não vai pós-processar um programa em códigos utilizáveis. No entanto, a boa notícia é que sua trajetória de ferramenta é totalmente válida e pode ser transferida para uma versão industrial do programa e, em seguida, pós-processada. A trajetória criada tem uma extensão .EMCX e será suportada em todo programa completo em sua escola ou seu local de trabalho.

Pós-processando a trajetória

Inicie MC-X

File

Open FINISHED TOOLPATH.mcx

(ou sua trajetória de ferramenta)

Alt-O (pós-processamento no gerenciador de trajetórias de ferramenta)

Toolpaths tab

Machine Group 1

Clique no início da árvore para processar toda a trajetória (Fig. 9-41)

Ponto-chave:

É muito fácil! Em um curto espaço de tempo, o MC-X processou a sua trajetória de ferramenta gerando os códigos de comando dispostos em linhas numeradas e coloridas. Surpreendente para nós, veteranos, que escrevíamos cada linha de código nos “bons velhos tempos” antes do CAM! O que você acabou de fazer teria me tomado horas para calcular as coordenadas e, então, compilar manualmente os códigos!

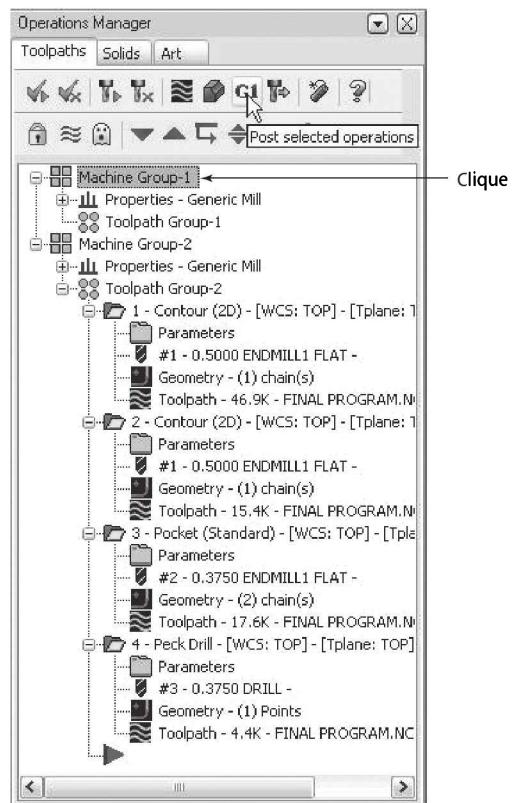


Figura 9-41 Selecione a trajetória completa para processamento.

Clique no botão de pós-processamento G-1

A caixa de diálogo aparece, aceite todas as entradas e valores (Fig. 9-42)

OK

FINAL PROGRAM.NC

A caixa de diálogo aparece, aceite os valores

OK

Neste ponto, o seu programa de código pode ser editado, permitindo a inserção de comentários sobre a preparação, paradas opcionais ou qualquer outra informação vital necessária ao operador quanto à segurança e à exatidão. Observe que qualquer declaração não código está entre parênteses, para dizer ao comando que não se trata de uma instrução – mas de uma observação.

```

;
00000 (FINAL PROGRAM)
(DATE=DD-MM-YY - 25-09-09 TIME=HH:MM - 05:58)
(MCX FILE - C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\REGISTERED OWNER\Desktop\REVISION 1\READY TO PROGRAM.MCX)
(NC FILE - C:\MCAMX4\MILL\NC\FINAL PROGRAM.NC)
(MATERIAL - ALUMINUM TNCH - 2024)
( T1 | | H1 )
( T2 | | H2 )
( T3 | | H3 )
N100 G20
N102 G0 G17 G40 G49 G90 G90
N104 T1 M6
N106 G0 G90 G54 X5.25 Y-.655 A0. S3056 M3
N108 G43 H1 3.25
N110 Z.1
N112 G1 Z-.4225 F24.45
N114 X0. F48.9
N116 G2 X-.655 Y0. I0. J.655
N118 G1 Y1.925
N120 Y3.85
N122 G2 X0. Y4.505 I.655 J0.
N124 G1 X5.25
N126 G2 X5.905 Y3.85 T0. J-.655
N128 G1 Y1.925
N130 Y0.
N132 G2 X5.25 Y-.655 I-.655 J0.
N134 G1 Z-.3225 F24.45
N136 G0 Z.25
N138 Y-.28

```

Figura 9-42 Programa codificado para linguagem de máquina com cabeçalho.

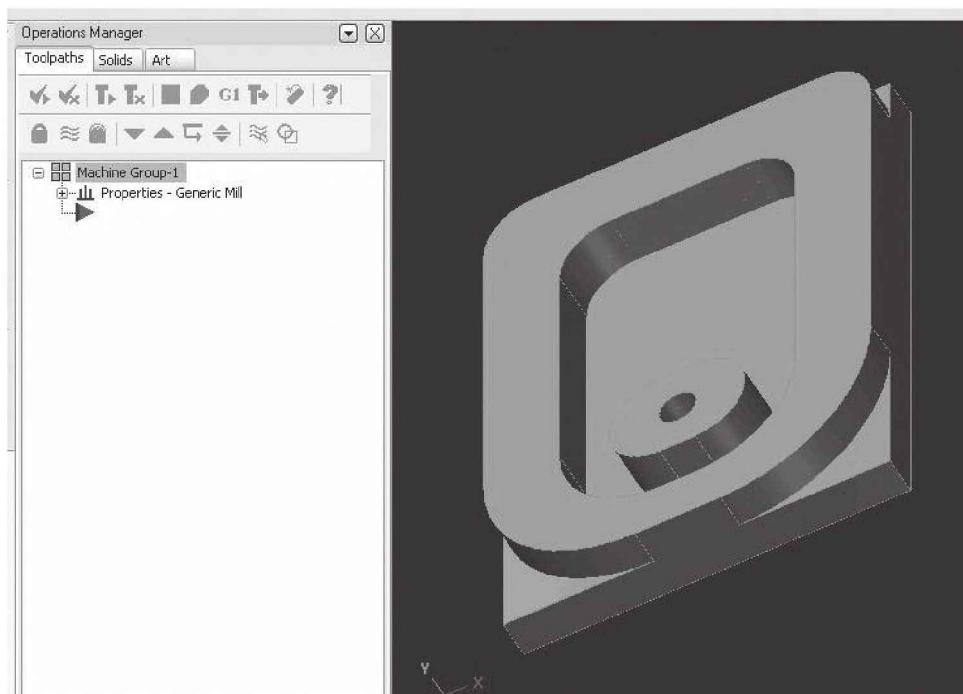


Figura 9-43 O arquivo importado do Solidworks.

Importando um modelo sólido de outro software

Neste ponto, na nossa última atividade do Capítulo 9, você irá importar um modelo sólido para usar como padrão de geometria da peça e, em seguida, prepará-lo para a usinagem. Como uma revisão opcional, você pode escrever uma trajetória completa de ferramenta baseada nele sem usar as linhas de comando.

Inicie o MC-X

File

Edit – Open

Arquivo tipo V = Arquivos do Solidworks
(*.SLDPRT,*.SLDASM)

Nome do arquivo = Sect25-Solidworks
(no Ambiente Virtual de Aprendizagem)

OK

Agora é a sua vez

Faça a revisão da unidade à as questões da Seção "Responda" e as Questões de pensamento crítico primeiro. Em seguida, retorne para preparar este sólido importado, pronto para o plano de trabalho.

- Mude o PZP.
- Apague as linhas de construção indesejadas.
- Proceda para a trajetória de ferramenta e programa CNC. Você pode tentar transmiti-lo para uma máquina em seu laboratório.

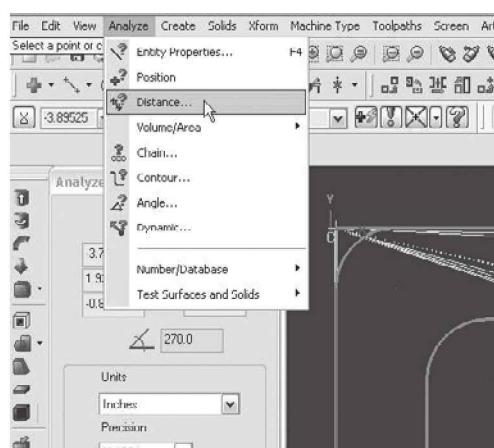


Figura 9-44 Analisando distâncias em um sólido.

Revisão da Unidade 9-3

Revise os termos-chave:

Analisar

Função CAD/CAM que permite que distâncias e ângulos sejam checados quando não estão dimensionados no desenho.

Níveis de revisão

Como qualquer software, as melhorias em programas CNC devem ser traçadas rigorosamente, caso contrário, programas cruzados podem se confundir dentro da oficina!

Pós-processamento

Depois que a trajetória da ferramenta está completa, compila-se um conjunto de comandos que possam ser interpretados pela máquina.

Reveja os pontos-chave:

- Compilar um conjunto de códigos de comando leva apenas alguns segundos, em comparação com aqueles escritos à mão, os quais tomam horas. Mas, mais importante, o CAM nos permite programar formas impossíveis de definir de outra maneira.
- Ao importar um desenho externo, é fundamental que você sempre verifique a exatidão dimensional antes de escrever o código.
- Níveis de revisão nos programas são uma questão crucial para gerenciamento de dados.

Responda

Questões de pensamento crítico

1. O modelo Solidworks está nas dimensões corretas? Verifique as dimensões $3,85 \times 5,25$ pol. Como você pode resolver isso? (Isso não é abordado no exercício.)
2. Por que você acha que os códigos do programa começam na linha número 100 e, em seguida, incrementam-se de dois em dois?
3. Por que um nível de revisão seria necessário em um cabeçalho de programa?
4. Você precisa transformar a orientação do eixo no arquivo do Solidworks? Como você sabe?
5. No modelo sólido, há várias pequenas linhas verticais que não existem no modelo do MC-X. Você pode apagá-las? Por quê?

REVISÃO DO CAPÍTULO

Unidade 9-1

Desenho em CAD Enquanto fizemos o nosso desenho em estrutura de arame e modelo sólido usando os utilitários dentro do Mastercam, nós descobrimos que a transferência para Solidworks é muito semelhante: a criação de um esboço de base, extrudar em um volume sólido, adicionar ou subtrair volume e adicionar detalhes. Com a experiência, você vai ver que, apesar de a geometria *wireframe* ser útil e podemos construir realmente a nossa trajetória de

ferramenta com base nela, os modelos sólidos estão substituindo os *wireframes* na maioria dos desenhos de engenharia. Sólidos oferecem muitas melhorias mais para o ciclo de produção, desde o conceito, o projeto, a prototipagem e a fabricação até a inspeção final, especialmente quando a medição é feita em uma máquina de medição de coordenada (mais informações sobre esse tópico no Capítulo 12 online).

Unidade 9-2

Na semana passada, recebi um telefonema desesperado de um empregador buscando alguém com habilidades em CAD/CAM. Em qualquer lugar onde a manufatura moderna é o centro, projetistas/programadores estão em demanda. É uma carreira gratificante e com constantes desafios.

Você está passando pela formação correta neste caminho. Profissionais devem começar com a experiência de mecânico. Aprender a cortar metal em máquinas convencionais e CNC é um primeiro passo importante. É difícil guiar qualquer *software* CAM, até mesmo um programa tão capaz quanto o

MC-X, para cortar o metal de forma segura e eficiente se você realmente não sabe como fazer isso por si mesmo. Se você achou que as atividades do Capítulo 9 foram desafiadoras, mas gratificantes, e você acha que gostaria de mais, procure sobre treinamentos formais ministrados em escolas técnicas locais e pelos fornecedores de *software* em si. Programas como o Mastercam e o Solidworks oferecem cursos em conjunto com faculdades e em seus centros de treinamento. Você também pode tentar aprender por si mesmo, mas é possível perder os pontos mais delicados do programa ao fazê-lo.

Unidade 9-3

Gestão de dados Assim como na oficina enxuta, onde todas as ferramentas estão no lugar que você precisa delas e todas elas têm seu lugar específico, a gestão de programas CNC da maneira certa pode fazer uma grande diferença na eficiência da oficina (ou pode ser um desastre, se mal administrado). Nós, instrutores técnicos, devemos oferecer uma aula

específica de gerenciamento de arquivos e pastas e sistemas de *backup*. Um bom sistema de arquivo de programas CNC é uma questão de criar um conjunto de regras de conduta (quem faz as edições, como os níveis de revisão são datados, e assim por diante) e disciplinar a si mesmo e os outros a segui-lo.

Questões e problemas

1. A trajetória que nós criamos corta o retângulo inferior externo primeiro e, depois, levanta

e corta o superior. Ao fazê-lo, nós fresamos o contorno de baixo do retângulo superior que

- já foi terminado na dimensão $3,85 \times 0,25$. Você vê uma forma de fazer menos cortes em vazio?
2. Suponha que o tamanho da dimensão de 2,35 pol. seja uma característica fundamental, com uma tolerância muito apertada. Então, você planeja para que uma peça em cinco possa ser medida durante a fresagem. Como você iria editar o programa para conseguir isso?
 3. Em qual ponto do processo CAM você pode editar o programa, inserindo o comando M01 da Questão 2?
 4. Quando nós escrevemos a trajetória de ferramenta para o retângulo superior externo com raios de canto, tivemos que preencher a pro-
 - fundidade Z – 0,355 quando outras profundidades Z foram automaticamente inscritas em seus campos de dados. Por que isso ocorreu?
 5. A questão da profundidade faltando na Questão 4 foi um pequeno detalhe em uma peça simples, como a nossa, mas profundidades confusas podem ser um grande problema em situações do mundo real. Como você pode redesenhar o sólido para resolvê-lo?
 6. Referindo-se à Figura 9-31, linha # 106, e ao apêndice chamado “Códigos G comumente utilizados em Centros de Usinagem”, interprete a linha 106. O que cada código significa?

Pensamento crítico

7. Seria melhor esquadrejar os blocos usinando até $3,85 \times 5,25$ pol. antes que os cortes em CNC sejam feitos? Existem vantagens ou desvantagens em se fazer isso?
8. Observando a trajetória final, explique as linhas espirais no bolsão.
9. Da resposta à Questão 8, nós sabemos que é um mergulho em espiral, mas por que é mais eficiente?
10. Na trajetória da ferramenta, observe os movimentos circulares da ferramenta à medida que se aproxima da superfície externa (Fig. 9-26). O que são eles?
11. Por que eles são desejáveis?
12. Se você não quisesse que o Mastercam adicionasse aproximações ao percurso, como você evitaria que isso acontecesse?
13. Se você seguiu a minha trajetória de ferramenta, a broca desceu em um ciclo de quebra-caçava. Por que isso aconteceu?
14. Verdadeiro ou falso?
15. Descreva o processo de criação geral de um modelo sólido.
16. Verdadeiro ou falso?
Quando estiver extrudando, pode-se definir as condições para ir nos dois sentidos a partir do esboço definido.
17. Em que direção uma extrusão é gerada a partir do esboço base?
18. Uma extrusão pode possuir um ângulo sobre o lado exterior do material quando ele é extrudido? Se sim, como isso se chama?
19. Eu preciso extrudar um bloco quadrado com uma inclinação de um lado, mas não nos outros três lados. Como posso fazer isso?
20. No Mastercam, qual é o nome da operação que transforma a trajetória em um conjunto de códigos de comando interpretáveis pela máquina?

RESPOSTAS DO CAPÍTULO

Respostas 9-1

1. Pelo menos cinco dos seguintes:
 - a) Sistema universal – pode programar muitos comandos de máquinas diferentes.
 - b) Velocidade – o software CAM é rápido se comparado com os códigos escritos à mão ou os sistemas embarcados.

- c) Criatividade – formas Complexas de peças que são impossíveis por qualquer outro meio são fáceis de definir.
 - d) Cálculos simplificados.
 - e) Verificação das trajetórias de ferramenta.
 - f) Existência de modelos CAD.
 - g) O ambiente de escritório.
2. X-Form (termo do MC-X) – Transformar.
3. Falso. Quando estiver extrudando um modelo sólido, pode-se adicionar ou subtrair material a 90 graus em um ou dois sentidos a partir do esboço definido.
4. No Mastercam X, a cor da linha azul indica que a linha está definida, mas não é aplicada, assim, ela pode ser mudada para outro valor.
5. Um modelo sólido tem volume, assim, o programa sabe onde o metal está e que tipo de metal é, para que ele saiba as velocidades e os avanços que devem ser aplicados.

Respostas 9-2

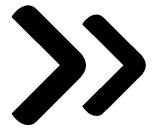
- 1. Fizemos isso para colocar o lado mais longo do blank paralelo à morsa, que é sempre uma boa prática a seguir. Como alternativa, poderíamos ter deixado o desenho sólido como é e montado a morsa paralela ao eixo Y da fresadora.
- 2. Sim, tudo o que foi necessário para finalizar o retângulo superior foram os arredondamentos. Já houve o contorno fresado para as dimensões $3,85 \times 5,25$ pol. no Segmento 1.
- 3. Para cortar os arredondamentos, eles seriam individualmente encadeados. O problema é que podem surgir marcas de ferramentas à medida que a ferramenta toca ou se afasta da peça. Essa é uma consideração secundária se forem usados aproximação e recuo na trajetória.
- 4. Visto que a barra com espessura de 1,00 pol. deixaria apenas 0,125 pol. de pegada na morsa, a peça não seria fixada muito bem.
- 5. Alguém poderia usinar o bolsão inteiro e o perfil superior. Então, virando a peça e segurando-a em mordentes moles usinados para se encaixarem no perfil, pode-se usinar o retângulo inferior. O material poderia ter 1,00 pol. de espessura ou, possivelmente, menos neste novo plano.

Respostas 9-3

- 1. Essa é sempre uma prioridade quando estiver preparando um desenho externo. O modelo foi desenhado exatamente? Fui para *wireframe*, vista de cima.
Analyze
Distance (Fig. 9-33)
Clique nos cantos do retângulo (Responda SIM – é o tamanho correto)
- 2. Para espaços futuros de edição.
- 3. O gerenciamento de dados é uma questão crucial em oficinas CNC. Um novo programa vai para o chão de fábrica e é, muitas vezes, atualizado durante a primeira produção ou uma subsequente. Cada versão editada deve ser monitorada com boas políticas de gerenciamento de dados – quem autoriza e edita programas? Como e onde eles estão armazenados? O cabeçalho do programa é a principal forma de saber que você tem a versão correta. A ordem de serviço para o trabalho deve observar a revisão exata que você deve carregar em seu comando.
- 4. Não – o eixo X é planejado.
Use Alt-F9 para ver o ícone eixo.
- 5. Não, não podem ser apagadas, porque elas são projeções na face sólida. Selecione-as seleciona toda a face ou o esboço da superfície.
- 6. Use material com 1,00 de espessura, termine o contorno superior e frese o retângulo superior, o bolsão e o furo brocado. Em seguida, vire-o, fixe-o em mordentes moles e frese o retângulo inferior e, então, faceie na espessura de 0,875 pol. (Planejamento é um quebra-cabeça que nunca termina – existem outras possibilidades de planejamento para este trabalho também.)

Respostas para as questões de revisão

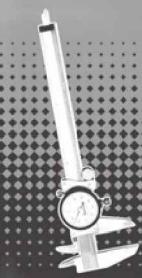
1. Sim, inverter a ordem. Corte o retângulo superior e, em seguida, o mais baixo, programando menos etapas no retângulo inferior. Trata-se de uma trajetória de ferramenta mais eficiente.
2. Adicionar um comando de parada opcional (M01).
3. Após o pós-processamento, quando o editor disponibiliza os códigos interpretáveis pela máquina.
4. Porque o modelo em estrutura de arame sobre o qual a trajetória foi baseada não tinha sido traduzido até a profundidade Z. Somente no sólido isso ocorreu.
5. Ao traduzir o esboço para baixo em Z-0,355, em seguida, extrudando o ressalto (ilha) sólido para cima em vez de para baixo para adicionar o volume.
6. G0 = Movimento rápido
G90 = Programação em coordenadas absolutas
G54 = Deslocamento de ponto zero 1 (localização do PZP na morsa em coordenadas de máquina)
X3,125 Y-1,655 = Destino do movimento rápido.
S3056 = Valor de rpm.
M3 = Fuso no SH.
A = ?
7. Eu diria não. Primeiro, existe uma chance de que seja uma variação, que pode tornar os lados incompatíveis durante a usinagem final, além disso, significaria uma operação extra e manuseio do material pela terceira vez. 1) esquadrejar, 2) usinar a superfície superior, 3) remover o sobremetal de pegada na parte inferior para espessura de 0,875.
8. Eles são uma imersão em espiral, o qual é mais eficiente do que um corte reto para baixo.
9. Mergulho em espiral e rampa (movendo lateralmente enquanto mergulha); ambos permitem refrigerante até a ponta da fresa de topo, e mais: eles permitem que os cavacos se movam para cima e para fora, melhor do que um furo redondo.
10. Eles são cortes de aproximação e recuo.
11. Para evitar marcas de ferramentas do lado da peça de trabalho.
12. Há uma caixa de seleção na página Parâmetros de Contorno depois de aceitar a cadeia de contorno ou elementos; deixá-la desmarcada faz saltar os movimentos de aproximação e recuo.
13. Nós estávamos indo mais fundo do que cinco vezes o diâmetro de corte – o limite usual para furação com quebra-cavaco. Ele quebra o cavaco e ajuda a limpá-lo para fora do furo enquanto deixa o refrigerante atingir a parte inferior.
14. Falso. Porque é uma peça simples de visualizar e não é preciso muito para definir os parâmetros de corte.
15. Desenhe um esboço, extrude uma base, adicione volume como ressaltos e subtraia o volume com operação de corte.
16. Verdadeiro. Ele pode ser configurado por meio de parâmetros para ir em ambos os sentidos a partir do esboço.
17. Sempre a 90 graus a partir do esboço.
18. Sim. É chamado de ângulo de inclinação, um cone.
19. Extruda o bloco sem inclinação e corte o cone como um corpo a ser cortado na extrusão, do lado requerido.
20. Pós-processamento.



>> apêndice I

Tamanhos de furo para rosqueamento (polegada e métrico)

Inch / Metric Tap Drill Sizes & Decimal Equivalents

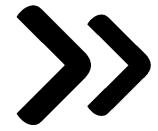


American Made
Starrett
Precision Quality Since 1880

The U.S. Starrett Company • Albany, NY 12203, U.S.A.

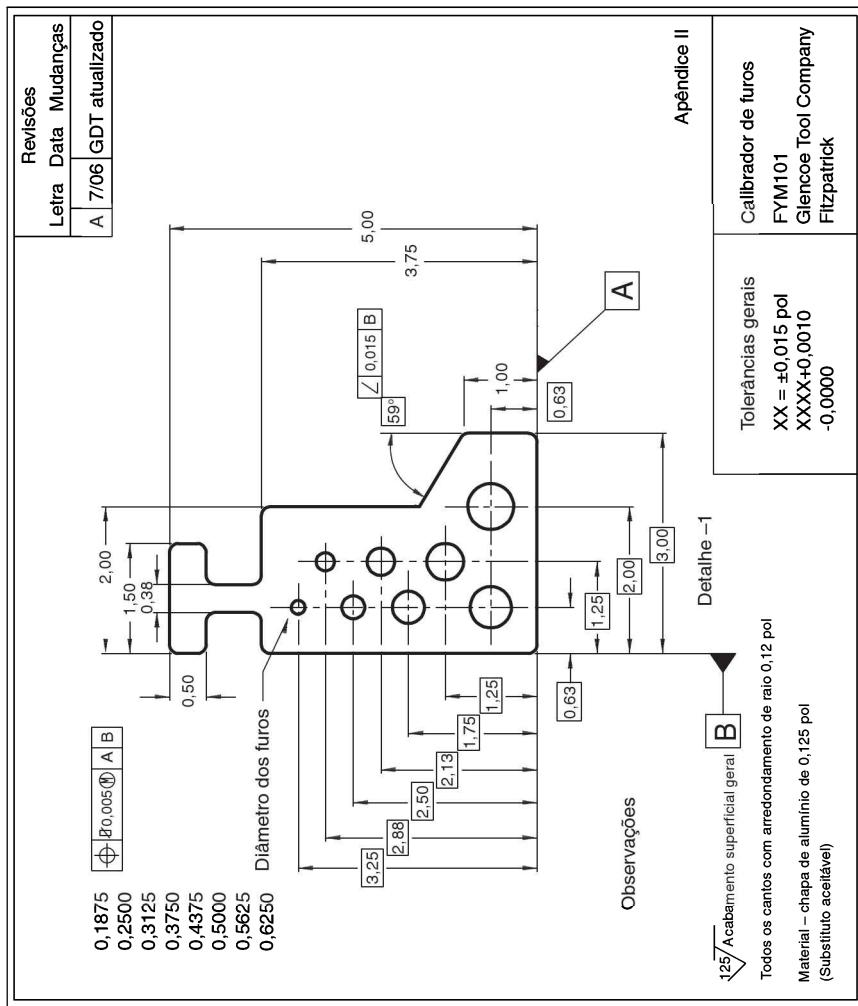
© 2003 U.S. Starrett Company. All rights reserved. Starrett® is a registered trademark of U.S. Starrett Company.

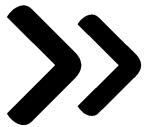
		Inch / Metric Tap Drill Sizes			Decimal Equivalents			Metric Tap Drill Sizes		
		Decimal Equivalent	Tap Size	Fraction or Decimal Drill Size	23 Letter Size Drills	64 Letter Size Drills	Tap Size	Metric Tap	Tap Drill mm	Decimal Inches
NUMBER SIZE DRILLS	80	.0135	9/64	.1406	U	3	.3594	M1.6 x 0.35	1.25	.0492
1	79	.0145	27/64	.1440	U	3	.3680	M1.8 x 0.35	1.45	.0571
64	78	.0156	26/64	.1470	V	8	.3750	M2 x 0.4	1.60	.0630
	77	.0160	25/64	.1495	V	8	.3770	M2.2 x 0.45	1.75	.0689
	76	.0180	24/64	.1520	W	25	.3860			
	75	.0200	5/32	.1540	W	64	.3906			
	74	.0210	22/64	.1562	X	64	.3970	M2.5 x 0.45	2.05	.0807
	73	.0225	21/64	.1570	Y	4040		M3 x 0.5	2.50	.0984
	72	.0240	20/64	.1590	Z	4062		M3.5 x 0.6	2.90	.1142
	71	.0250	19/64	.1610	Z	4130		M4 x 0.7	3.30	.1299
	70	.0260	18/64	.1660	Z	27		M4.5 x 0.75	3.70	.1457
	69	.0280	11/64	.1695	Z	64		M5 x 0.8	4.20	.1654
	68	.0292	17/64	.1719	Z	29		M6 x 1	5.00	.1968
	67	.0310	16/64	.1730	Z	64		M7 x 1	6.00	.2362
	66	.0312	15/64	.1770	Z	31				
	65	.0320	14/64	.1800	Z	64				
	64	.0330	13/64	.1820	Z	33				
	63	.0350	3/16	.1850	Z	17				
	62	.0360	12/64	.1875	Z	36				
	61	.0370	11/64	.1890	Z	32				
	60	.0380	10/64	.1910	Z	64				
	59	.0390	9/64	.1935	Z	19				
	58	.0400	8/64	.1960	Z	39				
	57	.0410	7/64	.1990	Z	64				
	56	.0420	6/64	.2010	Z	5				
	55	.0430	13/64	.2031	Z	41				
	54	.0465	6/64	.2040	Z	64				
	53	.0469	0-80	.2055	Z	11				
	52	.0520	4/64	.2090	Z	45				
	51	.0550	7/32	.2100	Z	16				
	50	.0595	1-64,72	.2118	Z	64				
	49	.0625	2/64	.2210	Z	3				
	48				Z	49				



» apêndice II

Desenho de fabricação do calibrador de brocas





» apêndice III

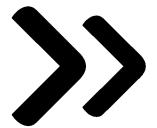
Rotações para furação – Tamanhos comuns de broca para seis materiais

Observações:

- Todas as rotações estão baseadas em ferramentas de aço rápido (HSS).
- Se a máquina não tiver a rpm listada, mude para a rotação imediatamente menor.

- Os dados estão simplificados para aprendizado. Para um listagem completa de letra, número, fração e rpm no sistema métrico, veja o manual de construção de máquinas.
- Ou calcule sua rpm, utilizando a seguinte fórmula simplificada:

Diâmetro	4 × Velocidade da superfície					
	Aço de baixo carbono	Aço carbono revenido	Alumínio	Latão mole	Ferro Fundido	Aço inox revenido
1/8	3.200	2.880	8.000	5.600	3.200	2.880
3/16	2.133	1.920	5.333	3.733	2.133	1.920
1/4	1.600	1.440	4.000	2.800	1.600	1.440
5/16	1.280	1.152	3.200	2.240	1.280	1.152
3/8	1.066	960	2.667	1.867	1.067	960
7/16	914	823	2.285	1.600	914	823
1/2	800	720	2.000	1.400	800	800
9/16	711	640	1.778	1.244	711	711
5/8	640	576	1.600	1.120	640	576
11/16	581	523	1.454	1.018	582	523
3/4	533	480	1.333	933	533	480
13/16	492	443	1.230	862	492	443
7/8	457	411	1.143	800	457	411
15/16	426	384	1.066	747	426	384
1	400	360	1.000	700	400	360
1 1/16	376	339	941	658	376	339
1 1/8	355	320	888	622	355	320
1 3/16	336	303	842	589	336	303
1 1/4	320	288	800	560	320	288



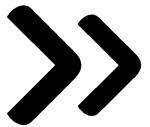
» apêndice IV

Velocidades de corte recomendadas para seis materiais em pés/min

Observações:

- Os números foram adaptados para uma aprendizagem conveniente e segura.
- Com experiência, as velocidades de corte mostradas podem ser excedidas.
- Fixações robustas, refrigerantes e muitos fatores combinados determinam o resultado final.

Ferramenta de corte	Aço de baixo carbono	Aço carbono revenido	Alumínio	Latão mole	Ferro Fundido	Aço inox revenido
HSS	100	80	250 a 350	175	100	80 a 100
Carbeto	300	200	750 a 1000	500	250	200 a 250



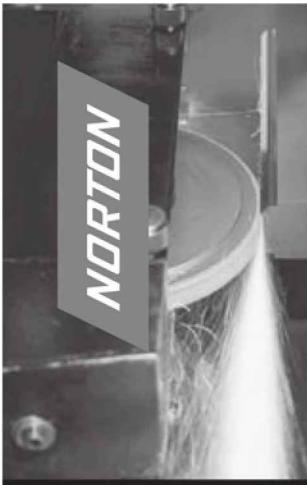
» apêndice V

Superabrasivos

Superabrasives

Grinding Wheel Selection Guide

Surface, Cylindrical, Centerless and ID



Superabrasive Specifications

Surface	DIAMOND SPECIFICATION			CBN SPECIFICATION		
	WET	WET	DRY	WET	WET	DRY
Cylindrical	Carbide Ceramics, Composites Tool Steel (Rc 50+)	ASD150-475899 SD320-R100689	CB100-1089 AZTEC III-100W			
Centerless	Carbide Ceramics, Composites Tool Steel (Rc 50+)	ASD180-475899 SD320-R100680		CB100-899		
ID	Carbide Ceramics, Composites Tool Steel (Rc 50+)	ASD150-475899E ASD150-475899E SD100-R100699 ASD320-4758615	CB150-TBA	B180-H150WI		

Examples of a Typical Specification:

PROBLEM

Burnishing
Diamond or glassed
(excessive heat)

Excessive feed rate
Wheel too small
Wheel too large
Slow work piece interface

Grit size too coarse
Excessive feed rate
Turn wheel, ensure fit and stripping on
mount

POSSIBLE CAUSES

Dress wheel with a dressing stick
Reduce feed rate
Select a finer grit size
Reduce feed rate

SUGGESTED CORRECTIONS

When loaded or glazed
Poor coolant placement

Excessive material
removal rate

POSSIBLE CAUSES

Burnishing
When loaded or glazed
(excessive heat)

Poor coolant placement
Excessive material
removal rate

POSSIBLE CAUSES

Burnishing
When loaded or glazed
(excessive heat)

Poor coolant placement
Select a finer grit size
Apply heavy feed so it reaches
wheel/work

Troubleshooting Guide: Dry Grinding

PROBLEM

Burnishing
Diamond or glassed
(excessive heat)

Excessive feed rate
Wheel too small
Wheel too large
Slow work piece interface

Grit size too coarse
Excessive feed rate
Turn wheel, ensure fit and stripping on
mount

POSSIBLE CAUSES

Dress wheel with a dressing stick
Reduce feed rate
Select a finer grit size
Reduce feed rate

SUGGESTED CORRECTIONS

When loaded or glazed
Poor coolant placement

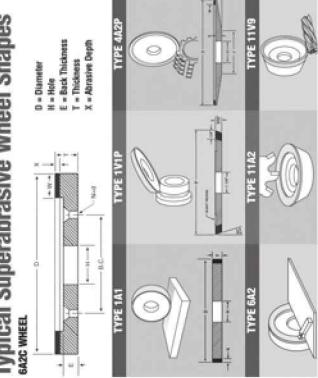
Excessive material
removal rate

POSSIBLE CAUSES

Burnishing
When loaded or glazed
(excessive heat)

Poor coolant placement
Select a finer grit size
Apply heavy feed so it reaches
wheel/work

Typical Superabrasive Wheel Shapes



Diamond and CBN Basics

USE DIAMOND FOR:

- Cemented Carbide
- Glass
- Ceramics
- Fiberglass
- Plastics
- Abrasives

In general, CBN is used to grind ferrous materials, and diamond is used to grind nonferrous materials.

TYPES OF DIAMOND

RESIN BOND PRODUCTS

AMG: A blocky shaped diamond that prevents excessive wear when a high percentage (over 35%) of the area is steel or brass. Used where 1/3 or less of the wheel is steel or brass. A second diamond used mostly on dry applications where no steel or brass is contacted. A second diamond to A20 when grinding 10% carbon, as it improves edge holding ability, 60-600 grit.

AS20: An armored diamond used mostly on dry applications where the wheel no steel or brass is contacted. 60-400 grit.

AMG: An armored diamond, similar to AS20, except three cutting and three grinding 60-400 grit. AS20: An armored diamond used mostly on dry applications where the wheel no steel or brass is contacted. 60-400 grit.

SS: A synthetic diamond suitable for wet or dry grinding when free cutting is desired. 60-400 grit.

VITRILED BOND PRODUCTS

RHM: A diamond used to diamond micro size. Available in micron 40/60 through 24/24. A medium strength diamond specifically manufactured for vitrified bonds. Available in grits 80 through 220.

METAL BOND PRODUCTS

MSD: Commonly used in stone, fragmented shaped diamond for general purpose applications on ceramic, glass and other non-metals.

CB20: A coated CBN crystal that is slightly free cutting than CB5.

CB5: The most durable CBN abrasive, CB5 is a high performance, premium quality, coated CBN crystal used for production grinding, 60-320 grit.

VITRILED BOND PRODUCTS

VS: A strong uncoated CBN commonly used for internal grinding. Available in grits 60 through 400. VCB: A coated CBN crystal, used with resin bond, it provides a free cut. 60- micron sizes.

CB1: A coated CBN crystal having excellent abrasive retention, 60-400 grit.

CB2: A coated CBN crystal that is slightly free cutting than CB5.

CB5: The most durable CBN abrasive, CB5 is a high performance, premium quality, coated CBN crystal used for production grinding, 60-320 grit.

METAL BOND PRODUCTS

MSD: Commonly used in stone, fragmented shaped diamond for general purpose applications on ceramic, glass and other non-metals.

CB5: The most durable CBN abrasive, CB5 is a high performance, premium quality, coated CBN crystal used for production grinding, 60-320 grit.

MSD: Commonly used in stone, fragmented shaped diamond for general purpose applications on ceramic, glass and other non-metals.

CB5: The most durable CBN abrasive, CB5 is a high performance, premium quality, coated CBN crystal used for production grinding, 60-320 grit.

MSD: Commonly used in stone, fragmented shaped diamond for general purpose applications on ceramic, glass and other non-metals.

CB5: The most durable CBN abrasive, CB5 is a high performance, premium quality, coated CBN crystal used for production grinding, 60-320 grit.

TYPES OF CBN

RESIN BOND PRODUCTS

RCB: A strong uncoated CBN crystal, used with resin bond, it provides a free cut. 60- micron sizes.

CCB: A coated CBN crystal that is slightly free cutting than CB5.

CCB: The most durable CBN abrasive, CCB is a high performance, premium quality, coated CBN crystal used for production grinding, 60-320 grit.

VITRILED BOND PRODUCTS

VCB: A strong uncoated CBN crystal commonly used for internal grinding. Available in grits 60 through 400.

CB5: A coated CBN crystal having excellent abrasive retention, 60-400 grit.

CB20: A coated CBN crystal that is slightly free cutting than CB5.

CB5: The most durable CBN abrasive, CB5 is a high performance, premium quality, coated CBN crystal used for production grinding, 60-320 grit.

MSD: Commonly used in stone, fragmented shaped diamond for general purpose applications on ceramic, glass and other non-metals.

CB5: The most durable CBN abrasive, CB5 is a high performance, premium quality, coated CBN crystal used for production grinding, 60-320 grit.

MSD: Commonly used in stone, fragmented shaped diamond for general purpose applications on ceramic, glass and other non-metals.

CB5: The most durable CBN abrasive, CB5 is a high performance, premium quality, coated CBN crystal used for production grinding, 60-320 grit.

Chatter	Wheel out of truth on mount	True wheel, ensure fits not skipping
Wheel will not cut	Glossed by truing Wheel loaded	Dress lightly until wheel opens up Dress quickly until wheel opens up Wheel surface clean Never run wheel with coolant turned off Never run wheel with coolant turned off
Slow cutting	Low feeds and speeds	Increase feed rate, increase wheel speed Apply constant feed rate Excessive dressing Wheel too soft or too hard
Short wheel life	Incorrect coolant flow	Excessive dressing pressure Change grit or grade, use higher concentration
		Use these charts as guides only. Surface finish is affected by a number of variables, i.e., machine type and condition, type of material ground, coolant, wheel size, bond system, etc.

Expected Surface Finish by Grit Size

Use these charts as guides only. Surface finish is affected by a number of variables, i.e., machine type and condition, type of material ground, coolant, wheel size, bond system, etc.

GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME
			METALS	STEEL	
150	24	0.0012" to 0.002"	TYPE 1242	TYPE 1249	TYPE 1519
120	18	0.0016" to 0.002"			
100	16	0.0020" to 0.0025"			
150	14	0.0025" to 0.0030"			
180	12	0.0030" to 0.0035"			
220	10	0.0035" to 0.0040"			
220	8	0.0040" to 0.0045"			
400	7	0.0045" to 0.0050"			
400	6	0.0050" to 0.0055"			
		7 to 8			

GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME
			METALS	STEEL	
150	25	0.0012" to 0.002"	TYPE 1242	TYPE 1249	TYPE 1519
120	19	0.0016" to 0.002"			
100	17	0.0020" to 0.0025"			
150	15	0.0025" to 0.0030"			
180	13	0.0030" to 0.0035"			
220	10	0.0035" to 0.0040"			
220	7	0.0040" to 0.0045"			
400	6	0.0045" to 0.0050"			

GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME
			METALS	STEEL	
150	25	0.0012" to 0.002"	TYPE 1242	TYPE 1249	TYPE 1519
120	19	0.0016" to 0.002"			
100	17	0.0020" to 0.0025"			
150	15	0.0025" to 0.0030"			
180	13	0.0030" to 0.0035"			
220	10	0.0035" to 0.0040"			
220	7	0.0040" to 0.0045"			
400	6	0.0045" to 0.0050"			

GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME
			METALS	STEEL	
150	25	0.0012" to 0.002"	TYPE 1242	TYPE 1249	TYPE 1519
120	19	0.0016" to 0.002"			
100	17	0.0020" to 0.0025"			
150	15	0.0025" to 0.0030"			
180	13	0.0030" to 0.0035"			
220	10	0.0035" to 0.0040"			
220	7	0.0040" to 0.0045"			
400	6	0.0045" to 0.0050"			

GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME
			METALS	STEEL	
150	25	0.0012" to 0.002"	TYPE 1242	TYPE 1249	TYPE 1519
120	19	0.0016" to 0.002"			
100	17	0.0020" to 0.0025"			
150	15	0.0025" to 0.0030"			
180	13	0.0030" to 0.0035"			
220	10	0.0035" to 0.0040"			
220	7	0.0040" to 0.0045"			
400	6	0.0045" to 0.0050"			

GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME
			METALS	STEEL	
150	25	0.0012" to 0.002"	TYPE 1242	TYPE 1249	TYPE 1519
120	19	0.0016" to 0.002"			
100	17	0.0020" to 0.0025"			
150	15	0.0025" to 0.0030"			
180	13	0.0030" to 0.0035"			
220	10	0.0035" to 0.0040"			
220	7	0.0040" to 0.0045"			
400	6	0.0045" to 0.0050"			

GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME
			METALS	STEEL	
150	25	0.0012" to 0.002"	TYPE 1242	TYPE 1249	TYPE 1519
120	19	0.0016" to 0.002"			
100	17	0.0020" to 0.0025"			
150	15	0.0025" to 0.0030"			
180	13	0.0030" to 0.0035"			
220	10	0.0035" to 0.0040"			
220	7	0.0040" to 0.0045"			
400	6	0.0045" to 0.0050"			

GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME
			METALS	STEEL	
150	25	0.0012" to 0.002"	TYPE 1242	TYPE 1249	TYPE 1519
120	19	0.0016" to 0.002"			
100	17	0.0020" to 0.0025"			
150	15	0.0025" to 0.0030"			
180	13	0.0030" to 0.0035"			
220	10	0.0035" to 0.0040"			
220	7	0.0040" to 0.0045"			
400	6	0.0045" to 0.0050"			

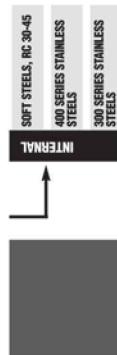
GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME
			METALS	STEEL	
150	25	0.0012" to 0.002"	TYPE 1242	TYPE 1249	TYPE 1519
120	19	0.0016" to 0.002"			
100	17	0.0020" to 0.0025"			
150	15	0.0025" to 0.0030"			
180	13	0.0030" to 0.0035"			
220	10	0.0035" to 0.0040"			
220	7	0.0040" to 0.0045"			
400	6	0.0045" to 0.0050"			

GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME
			METALS	STEEL	
150	25	0.0012" to 0.002"	TYPE 1242	TYPE 1249	TYPE 1519
120	19	0.0016" to 0.002"			
100	17	0.0020" to 0.0025"			
150	15	0.0025" to 0.0030"			
180	13	0.0030" to 0.0035"			
220	10	0.0035" to 0.0040"			
220	7	0.0040" to 0.0045"			
400	6	0.0045" to 0.0050"			

GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME
			METALS	STEEL	
150	25	0.0012" to 0.002"	TYPE 1242	TYPE 1249	TYPE 1519
120	19	0.0016" to 0.002"			
100	17	0.0020" to 0.0025"			
150	15	0.0025" to 0.0030"			
180	13	0.0030" to 0.0035"			
220	10	0.0035" to 0.0040"			
220	7	0.0040" to 0.0045"			
400	6	0.0045" to 0.0050"			

GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME
			METALS	STEEL	
150	25	0.0012" to 0.002"	TYPE 1242	TYPE 1249	TYPE 1519
120	19	0.0016" to 0.002"			
100	17	0.0020" to 0.0025"			
150	15	0.0025" to 0.0030"			
180	13	0.0030" to 0.0035"			
220	10	0.0035" to 0.0040"			
220	7	0.0040" to 0.0045"			
400	6	0.0045" to 0.0050"			

GRIT CONCENTRATION	CERAMICS C Diamond 99%	MAXIMUM DEPTH OF CUT IN MILLIMETERS OR GRIFF SIZE	EXPECTED FINISH		CUTTING TIME



Grit Size

FINISH	GRIT SIZE	STRUCTURE	ABRASIVE GRAIN	RELATIVE ABRASIVE PERFORMANCE	GRIT SIZE	INTERNAL
General Purpose	32 Ra & rougher	70%	TG	10%	32A	SOFT STEELS, RC 30-45
Commercial Finish	12 Ra & finer	60%	SF	30%	32B	400 SERIES STAINLESS STEELS
Fine Finish	10 Ra & finer	50%	SF	37%	32C	400 SERIES STAINLESS STEELS
Very Fine Finish	10 Ra & finer	40%	SF	25%	32D	STRUCTURE
Cone-Firm Holding	1000*	30%	SF	125%	32E	ABRASIVE GRAIN
Cone-Firm Holding	1000*	20%	SF	125%	32F	RELATIVE ABRASIVE PERFORMANCE
Cone-Firm Holding	1000*	10%	SF	125%	32G	GRIT SIZE
Cone-Firm Holding	1000*	5%	SF	100%	32H	INTERNAL

Structure

CHUNK BARS

FINISH	GRIT SIZE	STRUCTURE	ABRASIVE GRAIN	RELATIVE ABRASIVE PERFORMANCE	GRIT SIZE	INTERNAL
General Purpose	32 Ra & rougher	70%	TG	10%	32A	SOFT STEELS, RC 30-45
Commercial Finish	12 Ra & finer	60%	SF	30%	32B	400 SERIES STAINLESS STEELS
Fine Finish	10 Ra & finer	50%	SF	37%	32C	400 SERIES STAINLESS STEELS
Very Fine Finish	10 Ra & finer	40%	SF	25%	32D	STRUCTURE
Cone-Firm Holding	1000*	30%	SF	125%	32E	ABRASIVE GRAIN
Cone-Firm Holding	1000*	20%	SF	125%	32F	RELATIVE ABRASIVE PERFORMANCE
Cone-Firm Holding	1000*	10%	SF	125%	32G	GRIT SIZE
Cone-Firm Holding	1000*	5%	SF	100%	32H	INTERNAL

Grinding Wheel Safety

Subsequently all Norton Company abrasive products must or exceed industry standards as prescribed by ANSI B7.1 Safety Requirements.

PROBLEMS

1. Burn

2. Chatter

3. Wheel Dressing procedures

4. Poor surface finish

5. Not holding form

6. Not holding corner

7. Loading & Glazing

8. Wheel no load

9. Wheel fracture too closed

10. Wheel too hard

11. Wheel fracture too closed

12. Wheel too soft

13. Chatter

14. Poor surface finish

15. Not holding form

16. Not holding corner

17. Loading & Glazing

18. Wheel no load

19. Wheel fracture too closed

20. Wheel too hard

21. Wheel fracture too closed

22. Wheel too soft

23. Chatter

24. Poor surface finish

25. Not holding form

26. Not holding corner

27. Loading & Glazing

28. Wheel no load

29. Wheel fracture too closed

30. Wheel too hard

31. Wheel fracture too closed

32. Wheel too soft

33. Chatter

34. Poor surface finish

35. Not holding form

36. Not holding corner

37. Loading & Glazing

38. Wheel no load

39. Wheel fracture too closed

40. Wheel too hard

41. Wheel fracture too closed

42. Wheel too soft

43. Chatter

44. Poor surface finish

45. Not holding form

46. Not holding corner

47. Loading & Glazing

48. Wheel no load

49. Wheel fracture too closed

50. Wheel too hard

51. Wheel fracture too closed

52. Wheel too soft

53. Chatter

54. Poor surface finish

55. Not holding form

56. Not holding corner

57. Loading & Glazing

58. Wheel no load

59. Wheel fracture too closed

60. Wheel too hard

61. Wheel fracture too closed

62. Wheel too soft

63. Chatter

64. Poor surface finish

65. Not holding form

66. Not holding corner

67. Loading & Glazing

68. Wheel no load

69. Wheel fracture too closed

70. Wheel too hard

71. Wheel fracture too closed

72. Wheel too soft

73. Chatter

74. Poor surface finish

75. Not holding form

76. Not holding corner

77. Loading & Glazing

78. Wheel no load

79. Wheel fracture too closed

80. Wheel too hard

81. Wheel fracture too closed

82. Wheel too soft

83. Chatter

84. Poor surface finish

85. Not holding form

86. Not holding corner

87. Loading & Glazing

88. Wheel no load

89. Wheel fracture too closed

90. Wheel too hard

91. Wheel fracture too closed

92. Wheel too soft

93. Chatter

94. Poor surface finish

95. Not holding form

96. Not holding corner

97. Loading & Glazing

98. Wheel no load

99. Wheel fracture too closed

100. Wheel too hard

101. Wheel fracture too closed

102. Wheel too soft

103. Chatter

104. Poor surface finish

105. Not holding form

106. Not holding corner

107. Loading & Glazing

108. Wheel no load

109. Wheel fracture too closed

110. Wheel too hard

111. Wheel fracture too closed

112. Wheel too soft

113. Chatter

149. Poor surface finish

150. Not holding form

151. Not holding corner

152. Loading & Glazing

154. Wheel no load

155. Wheel fracture too closed

156. Wheel too hard

157. Wheel fracture too closed

158. Wheel too soft

159. Chatter

160. Poor surface finish

161. Not holding form

162. Not holding corner

163. Loading & Glazing

164. Wheel no load

165. Wheel fracture too closed

166. Wheel too hard

167. Wheel fracture too closed

168. Wheel too soft

169. Chatter

170. Poor surface finish

171. Not holding form

172. Not holding corner

173. Loading & Glazing

174. Wheel no load

175. Wheel fracture too closed

176. Wheel too hard

177. Wheel fracture too closed

178. Wheel too soft

179. Chatter

180. Poor surface finish

181. Not holding form

182. Not holding corner

183. Loading & Glazing

184. Wheel no load

185. Wheel fracture too closed

186. Wheel too hard

187. Wheel fracture too closed

188. Wheel too soft

189. Chatter

190. Poor surface finish

191. Not holding form

192. Not holding corner

193. Loading & Glazing

194. Wheel no load

195. Wheel fracture too closed

196. Wheel too hard

197. Wheel fracture too closed

198. Wheel too soft

199. Chatter

200. Poor surface finish

201. Not holding form

202. Not holding corner

203. Loading & Glazing

204. Wheel no load

205. Wheel fracture too closed

206. Wheel too hard

207. Wheel fracture too closed

208. Wheel too soft

209. Chatter

210. Poor surface finish

211. Not holding form

212. Not holding corner

213. Loading & Glazing

214. Wheel no load

215. Wheel fracture too closed

216. Wheel too hard

217. Wheel fracture too closed

218. Wheel too soft

219. Chatter

220. Poor surface finish

221. Not holding form

222. Not holding corner

223. Loading & Glazing

224. Wheel no load

225. Wheel fracture too closed

226. Wheel too hard

227. Wheel fracture too closed

228. Wheel too soft

229. Chatter

230. Poor surface finish

231. Not holding form

232. Not holding corner

233. Loading & Glazing

234. Wheel no load

235. Wheel fracture too closed

236. Wheel too hard

237. Wheel fracture too closed

238. Wheel too soft

239. Chatter

240. Poor surface finish

241. Not holding form

242. Not holding corner

243. Loading & Glazing

244. Wheel no load

245. Wheel fracture too closed

246. Wheel too hard

247. Wheel fracture too closed

248. Wheel too soft

249. Chatter

250. Poor surface finish

251. Not holding form

252. Not holding corner

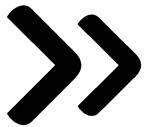
253. Loading & Glazing

254. Wheel no load

255. Wheel fracture too closed

256. Wheel too hard

257. Wheel fracture too closed</h



Créditos

Capítulo 1

1.6: Cortesia de Mike Fitzpatrick; **1.8:** Cortesia de Tyee Aircraft/Everett, WA; **1.10:** Cortesia de Cincinnati Machinery/Cincinnati, OH; **1.14:** Cortesia de Smiths Aerospace-Actuation Systems, Yakima, WA; **1.30:** À esquerda: Aerospace Manufacturing Technologies/AMT/ Arlington, WA/À direita: Contour Aerostructures, Corp/Everett, WA; **1.47:** Cortesia de Bridgeport Machines/Bridgeport, CT.

Capítulo 2

2.2: Cortesia de Hass Automation, Inc.; **2.4:** Cortesia de Wedin International, Inc.; **2.6:** Cortesia de MIT Museum; **2.7:** Cortesia de HAAS Automation, Inc./Oxnard, CA; **2.8:** Cortesia de Mike's Machines/Arlington, WA; **2.9:** Cortesia de Tyee Aircraft/Everett, WA; **2.10:** Cortesia de Bridgeport Machines/Bridgeport, CT; **2.12:** Cortesia de Cincinnati Machinery; **2.13:** Cortesia de Smiths Aerospace-Actuation Systems/Yakima, WA; **2.14:** Cortesia de Hass Automation; **2.15:** © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Fotografia de Prographics at Milwaukee Area Technical College; **2.16, 2.17:** Cortesia de Chip Blaster, Inc.; **2.18:** Cortesia de Contour Aerostructures/Everett, WA; **2.19:** Cortesia de Delta Tau Data Systems; **2.20,**

2.21: Cortesia de Okuma America Corp.; **2.22:** Cortesia de Obuljen & Stäubli Robotics; **2.23:** Cortesia de JFA, Inc./Arlington, WA; **2.24:** Cortesia de Aerospace Manufacturing Technologies (AMT), Arlington, WA; **2.25:** Cortesia de Hass Automation, Inc.; **2.26:** Cortesia de Tyee Aircraft/ Everett, WA; **2.27:** Cortesia de Hass Automation, Inc.; **2.28, 2.29:** Cortesia de Bridgeport Machines/ Bridgeport, CT; **2.30:** Cortesia de Tyee Aircraft/ Paine Field, WA; **2.31:** Cortesia de Tyee Aircraft/ Everett, WA; **2.32:** Cortesia de Okuma America Corp.; **2.33:** Cortesia de Mike Fitzpatrick; **2.34:** Cortesia de Carboloy, Inc./Mesa, AZ; **2.35:** Cortesia de Tyee Aircraft/ Everett, WA.

Capítulo 3

3.2a: Cortesia de Bridgeport Machines/ Bridgeport, CT; **3.2b:** Cortesia de Chavallier Machinery, Inc.; **3.2c:** Cortesia de Haas Automation; **3.3:** Cortesia de Mike Fitzpatrick; **3.4:** Cortesia de Okuma America, Inc.; **3.5:** © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Fotografia de Prographics at Milwaukee Area Technical College; **3.6:** Cortesia de JFA Corporation; **3.7:** Cortesia de Tyee Aircraft/Everett, WA; **3.15:** Cortesia de Contour Aerostructures Corp./Everett, WA; **3.17, 3.18:** © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Lake Washington Technical College, Kirkland, WA.

Capítulo 4

4.9: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Fotografia de Prographics at Milwaukee Area Technical College; **4.16:** Cortesia de Universal Machining/Arlington, WA; **4.19, 4.20:** © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Fotografia de Prographics at Milwaukee Area Technical College; **4.22:** Cortesia de Lake Washington Technical College; **4.23:** Cortesia de Mike Fitzpatrick; **4.24:** Cortesia de Tyee Aircraft/Everett, WA; **4.25:** Cortesia de Tyee Aircraft/Paine Field, WA.

Capítulo 5

5.9: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Lake Washington Technical College, Kirkland, WA; **5.13:** Cortesia de Universal Aerospace/Arlington, WA; **5.15:** Cortesia de Morgan Branch CNC/Arlington, WA; **5.17:** Cortesia de Cincinnati Machine Company/Cincinnati, OH; **5.19:** Cortesia de Contour Industries/Everett, WA; **5.20, 5.21:** Cortesia de Tyee Aircraft/Everett, WA.

Capítulo 6

6.1: Cortesia de ANILAM/Miramar, FL; **6.21:** Cortesia de Northwood Designs, MetaCut View® Software@ [HTTP://www.MetaCutView](http://www.MetaCutView).

Capítulo 8

8.1: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Lake Washington Technical College, Kirkland, WA; **8.8:** Cortesia de Mike Fitzpatrick; **8.9, 8.12:** Cortesia de Haas Automation; **8.22, 8.23:** CNC Software/Mastercam Software; **8.24:** Cortesia de Northwood Designs/Metacut Utilities®, Toolpath Evaluation Software; **8.25:** Cortesia de Universal Aerospace/Arlington, WA; **8.26:** © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Fotografia de Prographics at Milwaukee Area Technical College; **8.27:** Cortesia de Tyee Aircraft/Everett, WA.

CAPÍTULOS ONLINE

Capítulo 10

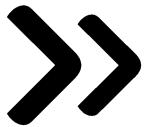
10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6: Cortesia de Flow International, Corp.; **10.7:** Cortesia de Synrad of Mukilteo Washington State; **10.8:** Cortesia de Trumpf Incorporated/Farmington, CT; **10.9:** Cortesia de Synrad Corporation, Washington State; **10.10:** Cortesia de Trumpf Incorporated/Farmington, CT; **10.15, 10.16:** Cortesia de Mitsubishi Division/MC Machinery; **10.19:** Cortesia de Jones Plastic and Mitsubishi Division/MC Machinery; **10.21:** Cortesia de Thomas D. Neary, Inc.; **10.22:** Cortesia de Iscar Metal, Inc.; **10.23, 10.26, 10.27, 10.29, 10.30:** Cortesia de Kennametal, Inc.; **10.35, 10.36, 10.37, 10.38, 10.39, 10.40, 10.41:** Cortesia de Optomec.

Capítulo 11

11.6: Cortesia de Tyee Aircraft/Paine Field, WA.

Capítulo 12

12.1: Cortesia de Haas Automation; **12.4:** Cortesia de Renishaw, Inc.; **12.8:** Cortesia de J.D. Ott Aerospace Machining/Seattle, WA; **12.11, 12.12:** Cortesia de Brown and Sharpe Corporation; **12.13:** Cortesia de J.D. Ott Aerospace Machining/Seattle, WA; **12.14:** Cortesia de Brown and Sharpe Corporation; **12.15:** Cortesia de Renishaw, Inc.; **12.17:** Cortesia de Brown and Sharpe Corporation; **12.18:** Cortesia de J.D. Ott Aerospace Machining/Seattle, WA; **12.25:** Cortesia de Brown and Sharpe Corporation.



Índice

A

Acionamento do eixo CNC (Comando Numérico Computadorizado), 52–60
círculo fechado, 52–54
controlador (CPU), 52–56
erros físicos do servo, 52–56
inicializando um acionamento CNC, 52–53, 57–58
zerando a máquina, 52–53,
57–58
motores de acionamento, 56–57
circuito aberto, 52–53, 56–57
motores de passo, 52–53, 56–57
servomotores, 52–53, 56–57
servomotores de corrente
contínua, 56–57
relés do eixo de acionamento,
54–57
sistemas de realimentação, 52–53,
56–58
tipos de repetibilidade, 53–54
repetibilidade da forma, 53–54
repetibilidade do eixo, 53–54
resolução da máquina, 53–54
translação mecânica do eixo, 55–56
Alimentador de barras automático,
61, 75–81
alimentação sem parada, 74–75
ferramental qualificado, 61, 78–80
interferência da ferramenta e
capacidade da torre, 79–81
mandris hidráulicos, 77–80
pedais de segurança, 78–80
mudando cargas de aceleração,
75–78
cabeçote programável, 77–78
carregador de barras
automático, 61, 76–77
castanhas e suporte entre
pontas, 61, 77–78
cortadores de barra/
carregadores de peças
automáticos, 61, 75–77

torres com ferramentas
múltiplas, 76–77
Alinhamento bruto, 254–255
Alinhamento de morsa para centro de
usinagem, 248–251
monitor do controlador necessário,
249–251
coordenadas da máquina,
249–250
coordenadas de trabalho,
250–251
deslocamento da fixação, 250–
251
distância a alcançar (DAA),
250–251
memória da ferramenta, 250–
251
Alinhamento e coordenação de uma
aresta de corte em um centro de
usinagem, 248–266
configuração da morsa flutuante,
250–258
coordenação no eixo Z, 258–259
calibrando a altura Z, 258–259
método do toque, 249–250,
258–259
verificação e visão da máquina,
259–260
coordenando o PZP em um centro
de torneamento, 259–262
coordenação do diâmetro X,
260–262
coordenação do eixo X, 259–
260
coordenação do eixo Z, 261–
262
método da ferramenta-mestre,
249–250, 261–264
Arredondamento, 306
Associação de Indústrias Eletrônicas
(EIA), 2–3, 185–188
RS267-B (Padrão Recomendado
267-B), 2–3

RS274-D (EIA Recomendação
Padrão 274-D), 184–186

B

Barramento de um torno, 3–6
Botão de emergência, 94–95, 99–102

C

Camadas (níveis no MC-X), 306
Centros de usinagem verticais, 64–68
administração de ferramentas do
CNC, 65–66
armazenamento aleatório de
ferramentas, 61, 65–66
apoio de ferramentas no CNC,
65–68
código de orientação do fuso,
67–68
fusos prisioneiros para retirada
automática, 67–68
pegada de robô, 67–68
especificações para centros de
usinagem, 64–68
tempo entre cavacos, 64–65
troca de ferramentas, 64–65
Chanfrar bordas, 179–180
Ciclos
customizados, 221–222
de fresagem, 228–230
ponto de partida, 222–223,
228–230
rotinas de círculos de furos,
222–223, 228–230
sem geometria de ilhas dentro
dos bolsões, 229–230
de tornos, 224–229
avanços modais, 228–229
ciclos de desbaste de material
e acabamento em um torno,
226–227
combinados, 228–229
de rosqueamento, 224–225

- diferença de comandos, 227–
 229
 distância de aceleração
 obrigatória, 224–225
 falta de controle do operador,
 224–225
 números de endereços da forma,
 222–223, 226–227
 partida determina o sentido do
 quadrante, 228–229
 ponto de partida, 224–226
 rotinas justapostas, 222–223,
 228–229
 sequência de rosqueamento
 com múltiplas passadas, 225–
 226
 fixos (enlatados), 222–231
 poupar tempo, 222–225
 repetição abreviada, comandos
 sequenciais, 222–223
 simplificar de outro modo as
 operações complexas, 223–225
CNC (Comando Numérico
Computadorizado), 93–116. *Ver*
também Operando uma máquina CNC
 chaves de bloqueio, 94–99
 comando CIR (conjunto de
 instruções reduzido), 94–98
 comandos baseados em PC, 96–98
 comandos de suspensão de
 movimento da máquina, 107–109
 fazendo a escolha de suspensão
 correta, 107–109
 parada de eixo, 102–103, 107–
 109
 comandos para preparação e
 operação, 102–112
 comandos principais de partida,
 100–102
 interruptores de segurança,
 100–102
 verificações de inicialização,
 94–95, 99–100
 controles de sobrepassagem,
 102–103, 107–111
 sobrepassagem da rotação do
 fuso, 110–111
 sobrepassagem de movimento
 rápido, 110–111
 sobrepassagem do avanço,
 110–111
 ligando uma máquina CNC, 94–103
 movimento manual de eixos CNC,
 104–107
 chave multiplicadora, 102–103,
 105–107
 chaves de limite, 104–105
 gerador de pulso manual (GPM),
 102–103, 106–107
- jog contínuo, 102–103, 105–
 106
 jog incremental, 102–103,
 105–107
 limites de *hardware*, 102–103,
 105–106
 limites de *software*, 102–106
 movimentos manuais do eixo
 para preparação, 106–107
 referenciando eixos, 104–105
 pré-verificação, 96–100
 fluído hidráulico, 99–100
 fluído lubrificante, 99–100
 nível baixo de refrigeração,
 99–100
 pressão do ar comprimido,
 96–100
 seleção de modo, 103–105
 seleção de vídeo, 108–110
 sequência de treinamento
 programática, 93
 sequência para o operador CNC, 93
 tela de visualização padrão,
 volantes, teclas e chaves, 95–96
 tipos de unidade de comando,
 94–96
- Configuração da morsa flutuante,
 251–258
 alinhamento XY, 250–253
 carregando registros, 253–254
 instrução de ajuste de eixo,
 249–250, 253–254
 coordenação do controlador com o
 PZP XY, 248–254
 estacionando sobre um ponto
 de referência PZP XY em uma
 interseção de canto, 254–257
 acessório para furo de referência,
 255–257
 alinhamento bruto, 254–255
 localizadores de arestas, 256–
 257
 interseções de arestas, 257–258
 orientação da peça, 250–251
 usando o deslocamento da fixação
 em vez de coordenadas de
 trabalho, 248–251, 255–258
- Configurando uma máquina
CNC (Comando Numérico
Computadorizado), 247–299
 alinhamento e coordenação da
 ferramenta de uma aresta de
 corte em um centro de usinagem,
 248–266
 determinando e configurando
 deslocamentos para ferramentas
 de arestas múltiplas, 265–276
 diferenças nas máquinas e oficinas,
 247–248
- operadores líderes ou de
 preparação, 247–248
 testes de programas, 275–284
Controle numérico direto (DNC),
 81–83, 86–88
 alimentação em gotas de
 transferência, 81–83, 86–88
 descarregamento em massa da
 transferência, 81–83, 86–88
Coordenadas absolutas, 11–16
 nos quatro quadrantes, 11–12,
 14–16
 coordenação de eixos CNC,
 12–15
 definição do PZP na máquina,
 12–15
 ponto zero do programa (PZP),
 11–15
 programação em diâmetro,
 15–16
 quadrantes do torno, 15–16
 referências à origem da grade,
 12–14
 referência flutuante completa,
 11–14
- Criação de programas e**
gerenciamento de dados, 81–89
 aprendendo códigos, 82–84
 criação do programa, 85–86
 diferenças no programa, 85–86
 adicionando dados de usinagem
 antes ou depois da seleção do
 caminho, 85–86
 desenho preciso da geometria,
 85–86
 pré ou pós-otimização para
 um determinado controlador,
 85–86
 programas de associação de
 geometrias, 85–86
 enviando programas para o
 controlador, 86–88
 memória ativa ou permanente,
 85–86
 transferência de dados
 (carregamento), 81–83, 85–88
- formas de programas e origens**,
 81–83
 códigos escritos à mão em um
 teclado, 81–83
 interface gráfica embutida
 no controlador da máquina,
 81–83
 programa CAM - acionamento
 gráfico, 81–83
 geometria da peça, 81–85
 desenhos com padrão plano,
 82–84

- geometria em *wireframe*, 84–85, 307–308
modelo sólido, 84–85
importando a geometria, 81–85
padronização, 81–84
códigos EIA/ISO, 81–84
imperfeita, 81–84
linguagem conversacional, 82–84
seleção do elemento da moldura de arame ou do padrão plano, 85–86
- D**
- Desenho geométrico
criação da geometria da peça, 305–306
geometria em *wireframe*, 307–308
Deslocamento do gabarito, 179–180, 182
Deslocamentos para ferramentas de arestas múltiplas, 265–276
compensação do comprimento da ferramenta para fresas, 267–270
autoalimentação do deslocamento de comprimento, 269–270
coordenadas da peça, 266–269, 273–274
deslocamentos de comprimento de fresas de topo, 268–270
diferenças algébricas possíveis no controlador, 268–269
encontrando e armazenando deslocamentos de comprimento, 267–269
configurações para múltiplas ferramentas de tornos, 271–274
comp Z para método da ferramenta-mestre, 273–274
comp Z para método da posição-mestre, 273–274
deslocamento alternativo de material, 266–267, 273–274
deslocamento no eixo X e PZP, 271–273
deslocamento no eixo Z, 273–274
diferenças tanto em X quanto em Y, 271–273
eixo X constante, posição da torre no centro, 272–274
posição de coordenada da máquina, 265–266, 273–274
posição de coordenada da peça, 266–267, 273–274
determinando o deslocamento da ferramenta, 266–269
mudando a compensação de raios para fresagem ou
- torneamento de perfis, 266–267
programa de trajetória da ferramenta ou da peça, 267–269
raio da ferramenta, 266–267
valores de raio introduzidos na memória, 266–267
método de posição-mestre para deslocamentos de comprimento, 270–271
Desvio de ilha, 319–320, 332–333
- E**
- Eixo de avanço, 4–6
Entidade, 306, 316
Entrada de dados manual (MDI), 103–105
Escrevendo comandos de arcos, 203–209
fatores do arco, 203–205
fatores padrão, 203–204
posição atual da ferramenta, 204–205
método de arco polar, 203–204
método de raio, 203–205
arcos maiores que 180°, 204–205
códigos de curvatura, 203–206
diferenças entre controladores – arcos maiores, 204–205
método do ponto de centro (IJK), 203–206
Estrutura de arame, 306, 321–322, 324–325
Eventos surpresas no torno, 135–136
a peça no mandril modifica, 135–136
desafios de ferramentas, 135–136
operações de corte, 135–136
parada opcional, 118–119, 135–136
usinagem extrema, 135–136
Extrusão, 307, 323–324
- F**
- Face de castanha de placa, como batente de trabalho, 159–160
Ferramenta a ferramenta (FAF) tempo de ciclo, 64–65
Ferramentas de corte
programa de contorno de peça, 118–119, 125–126
programa de linha de centro do cortador, 118–119, 124–126
compensação embutida, 124–126
compensação negativa para programas de linha de centro, 118–119, 124–126
- escrevendo programas para linhas de centro, 124–125
seleção do cortador baseada no tipo de programa, 123–124
programas compensados, 118–119, 123–124
tipos e tamanhos das ferramentas de corte, 123–136
Ferramentas de programação CNC (Comando Numérico Computadorizado)
avanço constante em fresagem, 237–238
código de limite de rpm G50, 237–238
escala CAD/CAM e espelhamento, 235–239
escala do eixo, 235–239
fator de contração, 235–239
peças versão esquerda e direita, 235–239
espelhamento de eixo duplo, 239–241
espelhamento do eixo, 235–241
limites de rpm, 237–238
velocidade de corte constante (VCC), comando, 235–241
Ferramentas de programação CNC especiais, 235–241
Ferramentas programadas, 63–64
Fixar métodos e cortar sequências de apuramento direto usando a placa de sacrifício, 165–169
escrevendo o plano, 171
considerando excessos, 171
dimensões e características críticas, 171
nímeros das peças, 171
observando a forma geral da peça e suas características especiais, 171
peça final, 171
ferramentas para fixação de um centro de torneamento, 168–171
mordentes moles ou duros, 169–170
pinças hidráulicas, 169–170
placas hidráulicas de três castanhas, 168–170
sensor de fechamento, 169–171
fixando ferramentas em centros de usinagem, 165–167
morsas de mordentes moles, 165–167
morsas de precisão, 165–167
gabarito de máquina, 167–168
não esqueça a usinagem manual, 171–172

subplaca padrão para usinagem, 167–168
fuso de esferas, 54–56

G

Gabarito com rabo-de-andorinha, 179–180
Geometria pronta para CNC (Comando Numérico Computadorizado), 307–318
adicionando 0,875 de profundidade em Z enquanto copia o retângulo externo, 311–313
arredondar o retângulo superior maior associado, 313–314
arredondar os cantos (*fillet*), 310–311
continuação da extrusão, 316
desenhar os três meios-retângulos, 309–310
espelhar e copiar a imagem, 311–312
extrudar a base sólida, 313–314
extrudar o furo com 0,375 pol. de diâmetro, 318

I

Importar/exportar arquivos, 307
Inferência, 306, 308–309
Instrumentos de medição
eventos surpresas, 135–136
trocas de fixação no meio de programa ou adições, 135–136
uma operação excepcionalmente profunda, 135–136
vibração e ruído podem ocorrer, 135–136
Interrupção de programa, 107–109
Interruptor de segurança, 100–102
localização múltiplas de botões de emergência, 101–102
ostensiva (ação), 94–95, 99–100
parada de meio ciclo (parada automática), 94–95, 99–100
Inversão de trabalho, 159–165
batente de trabalho/batente de eixo, 158–161
mudança de coordenada, 158–161
programa de fresaadora - zero de referência, 160–162
método de toque para configurar a mudança de referência, 158–159, 162
superfície superior, canto inferior esquerdo, 160–162

referência de ferramenta, PZP fora da peça, 158–159, 163–165
placas com castanhas moles ou morsas, 163–165
pontos de localização ou pontos de referência do gabinete, 163–164
referência temporária usinada, 159–160

L

Lógica de ramificação, 26–27, 231–237
diagrama lógico, 230–231
laços, 230–231, 233–235
infinitos, 234–235
inteligentes, 230–231, 233–234
programa sem fim, 234–235
rotina de aquecimento, 234–235
sub-rotinas, 231–234
chamadas de miniprogramas dentro do programa, 231–233
comandos de desvio, 230–233
diferenças de comando, 232–233
sub-rotinas aninhadas, 233–234

M

Magazine de ferramenta, 65–66
Mascaramento, 307
Método da ferramenta-mestre, 249–250, 261–264
deslocamentos de comprimento comparados à ferramenta-mestre, 262–263
repondo a ferramenta-mestre, 262–264
configurando ferramentas duplicadas, 263–264
configurando todas as ferramentas, 263
deslocando a ferramenta-mestre, 262–263
solução com um modelo-mestre, 263–264
Métodos de teste para aprovar um programa, 275–284
comparando os métodos, 283–284
corrida interrompida, 283–284
testes de corridas preliminares, 283
testes de execução, 283–284
em execução, 282–283
paradas opcionais (par opc), 276–277, 282–283
execução a seco, 276–277, 280–283
deslocamentos e raios maiores, 282–283

eixo desabilitado, 276–277, 280–281
ferramentas de corte retidas, 280–282
material ausente, 281–282
material de teste, 276–277, 281–282
teste bloco a bloco, 276–277, 282–283
história do programa e do programador, 275–276
natureza do objeto, 275–276
quantidade e número das peças a serem produzidas, 275–276
teste mais seguro, 276–280
avaliações gráficas, 276–280
programa utilitário de trajetória da ferramenta, 278–280
programas de leitura, 276–277
testes de programas, 276–284
vinculação de telas e análise de superfícies, 276–281
gráficos do controlador CNC para trajetória da ferramenta, 280–281
testes de movimento da máquina, 280–281

Movimento dos eixos, 28–32
interpolação circular, 27–28, 30–32
taxas padrão, 27–28, 30–32
interpolação linear, 27–28, 30–31
movimentação em linha reta, 30–31
sobrepassagem da velocidade de avanço, 30–31
movimento rápido, 27–31
altura de posicionamento rápido, 28–29
distância de retração (R), 27–29
linear versus não linear, 28–31
Mundo dos eixos normalizados, 2–11
eixos de rotação primários A, B e C, 4–8
eixos rotativos de fresagem, 2–7
fresaadora de cinco eixos, 2–3, 6–7
mesa de paletização, 7–8
movimento de rotação positivo ou negativo, 6–8
regra do polegar, 2–3, 6–8
rotação de peça e indexação, 7–8
superfície curva, 6–7
valor de entrada no eixo de rotação, 7–8
eixos de rotação primários X, Y e Z, 2–6
eixo ID em uma máquina CNC, 3–6

- orientação global, 2–4
regra da mão direita, 2–4
três primeiros planos, 2–4
- eixos lineares secundários *U*, *V* e *W*, 8–10
multitarefa, 2–3
superfícies curvas, 8–10
- sistemas de eixos ortogonais, 2–3
- N**
- Número da ferramenta, 65–66
- O**
- Operando uma máquina CNC, 117–156
a informação vital que você deve ter, 119–122
diferenças de uma ordem de serviço padrão, 119–120
observações de operação dentro do programa, 118–120
revisão do programa, 119–120
- ações de operador durante a produção, 141–145
- alarmes do controlador, 138–142
erro de ramificação, 138–141
erros de operador/controlador, 140–141
erros de servo, 138–139
erros de sintaxe e de programas, 138–141
erros físicos e de hardware, 138–139
ver à frente, 138–141
- calculando intensidades de mudança de deslocamento, 147–148
na fresadora, 146–148
para torno, 146–147
- câmera de vídeo, 144–145
- localização do PZP, 121–124
questões de variação introduzidas, 122–124
- medição da dimensão crítica, 144–146
gráfico de controle, 144–146
localizando as dimensões-chave, 145–146
- métodos de monitoramento, 144–146
página de gráfico do controlador, 145
página de posição do controlador, 144–145
- monitoramento e ajuste, 144–149
amaciamento inicial da ferramenta, 146–147
fazendo ajustes, 145–148
- planejamento CNC, 118–138
praticando planos de emergência, 141–142
nível 1 – alguma coisa não está certa, 141–142
nível 2 – um problema é óbvio e irá degradar, 142
nível 3 – um choque completo, 142–143
- problemas e emergências causados pelos operadores, 142–143
cavacos acumulados, 142–143
fluxo de refrigeração direcionado, 142–143
peças carregadas de maneira inadequada, 142–143
tédio, 142–143
usar cortadores muito longos, 142–143
- resolvendo o erro dimensional, 146–147
- tipos e tamanhos das ferramentas de corte, 123–136
- Organização Internacional de Normalização (ISO), 2–3, 185–186
- P**
- Parada de avanço, 107–109
Parada opcional, 320–321
Parâmetros, 222–225
- Planejamento de programação, 157–184
seleção da origem, do quadrante e dos eixos, 158–165
seleção dos métodos de fixação e das sequências de operação, 164–176
- Planejamento e criação da trajetória da ferramenta, 319–320
compilando a trajetória da ferramenta, 324–337
escolhas de planejamento CNC, 320–321
planejamento de preparação, 321–322
transformando a geometria da peça, 322–324
- Planos de emergência, 141–142
nível 1 – alguma coisa não está certa, 141–142
nível 2 – um problema é óbvio e irá degradar, 142
nível 3 – um choque completo, 142–143
- Ponto de partida para o ciclo de torno, 225–226
- Pontos de ramificação, no Mastercam, 306
- Posição da ferramenta, 65–66
- Pós-processamento, 338, 339
- Programa de contorno de peça, 119, 125–126
anexo de raio da ferramenta, 133–134
compensação positiva, 125–126
- controladores de vários níveis de “ver à frente” 118–119, 128–130
- coordenadas geométricas da peça, 125–126
- deslocamento do raio, 118–119, 125–126
- entendendo as diferenças de comprimento nas ferramentas de fresa, 133–135
memorizando comprimento de ferramentas, 134–135
- entendendo o número da ferramenta de corte, 131–134
- ferramenta fantasma, 131–132
- instruções especiais, 134–136
eventos surpresas de freseadoras, 135–136
eventos surpresas no torno, 135–136
- limites inferiores na variação do cortador, 127–128
- limites superiores para o raio do cortador, 127–128
geração *versus* conformação de uma curva, 118–119, 127–128
reentrância, 119, 127–128
- raio das ferramentas e número de comprimento, 133–134
- regra de diâmetro/raio do cortador, 127–128
- seleção do cortador para o torno, 128–131
biblioteca de ferramenta, 130–131
- interferência de flanco da ferramenta, 118–119, 128–131
- orientação da ferramenta, 118–119, 130–131
- seleção do vetor da ferramenta, 130–131
- vetor de inclinação da ferramenta/de abordagem, 118–119, 130–131
- sequência de operações, 134–135
- tipos mais comuns, 125–128
- Programação CAM (Maquinagem assistida pelo computador), 303–346
ambiente de escritório, 304–304
sistema universal, 304
velocidade, 303–304
verificação de trajetórias da ferramenta, 303–304

- compilando a trajetória da ferramenta, 324–337
 criação da geometria da peça, 305–306
 geometria em *wireframe*, 307–309
 geometria pronta para CNC, 307–318
 gerenciamento de dados de programa, 338–342
 passos do processo CAM
 criação das trajetórias de ferramenta, 304–305
 criação e avaliação de programa, 304–305
 gerenciamento de programa, 304–305
 obtenção de um padrão de peça, 304–305
 planejamento e criação da trajetória da ferramenta, 319–324
 cálculos simplificados, 303–304
 criatividade, 303–304
 padrões existentes, 303–304
 Programação da maquinção assistida pelo computador, 303–346
 Protocolo de posição-mestre (PM), 269–270
- R**
- Rampas, 208–213
 projetando, 209–212
 rampas de aproximação, 208–209
 rampas de recuo, 208–209, 212–213
 ultra pequeno, 212–213
 Redigindo programas com compensação, 208–214
 preparando um programa para a compensação, 209–213
 cortador à direita ou à esquerda, 209–210
 deslocamento de raio, 209–210
 deslocamento rápido, 208–209, 212–213
 distância de travamento, 208–209, 211–213
 final da compensação, 211–212
 movimento de transição, 208–209, 212–213
 plano de programa atual em fresadoras, 210
 rampas, 208–213
 Ressalto, 306
 Rotação dinâmica, 311–313
- S**
- Seleção da origem, do quadrante e dos eixos, localização do PZP para torneamento, 158–160
 eixo X na linda de centro, 158–159
 inversão de trabalho, 159–165
 PZP do eixo Z, 158–160
 seleção do PZP, 158–160
 escolhendo a localização do PZP, 158–159
 Seleção de métodos de fixação e das sequências de operação, 164–176
 Seleção de modo CNC (Comando Numérico Computadorizado), 103–105
 modos possíveis, 103–105
 CNC, 102–103
 edição, 103–105
 entrada de dados manual (MDI), 103–105
 jog, 102–103
 memória, 103–105
 passo simples (bloco simples), 102–105
 referenciamento, 102–103
 teclas de *hardware*, 80–105
 teclas de *software*, 80–105
 Seleção de vídeo, 108–110
 gráficos de trajeto da ferramenta, 108–110
 execução de programa *dry run*, 107–109
 monitoramento de programa, 107–109
 programação gráfica, 107–110
 telas de coordenadas de posição, 109–110
 tela de distância a percorrer, 102–103, 109–110
 tela de posição de coordenadas de trabalho, 109–110
 telas de coordenadas de máquina, 109–110
 telas divididas e combinadas, 109–110
 Sensores para toque de ferramenta, 162
 Sentido anti-horário (SAH), 203–204
 Sentido horário (SH), 203–204
 Sistemas CNC (Comando Numérico Computadorizado), 51–92
 acionamento do eixo, 52–60
 criação de programas e gerenciamento de dados, 81–89
 usinagem industrial e centro de torneamento, 59–81
 Sistemas de coordenadas e pontos, 11–28
 convenções em comandos de programa, 20–23
 eliminação de nulos (coordenadas absolutas repetidas), 20–23
 números inteiros obrigatórios, 22–23
 ordem de entrada, 22–23
 regra do nulo absoluto, 20–23
 zeros antes e depois, 22–23
 coordenadas absolutas, 12–16
 coordenadas cartesianas, 12–12
 coordenadas de valores incrementais, 11–14, 18–22
 coordenadas cartesianas, 18–19
 coordenadas métricas, 20–22
 coordenadas relativas, 18–19
 valores incrementais de movimento, 19–20
 coordenadas polares, 11–12
 exatidão das coordenadas, 20–22
 política de seleção de coordenadas, 20–22
 pontos para geometria e/ou referência, 15–19
 Sistemas de realimentação, 52–53, 56–58
 realimentação indireta, 57–58
 limites de hardware, 52–53, 57–58
 limites de software, 52–53, 57–58, 94–95
 realimentação linear direta, 57–58
 sistema de posicionamento absoluto, 54–58
 Suspendendo, 107–109
- T**
- Tecnologia, 301–346
 Tempo ativo, 63–64
 Tempo cíclico entre cavacos (CEC), 61, 64–65
 Tempo morto, 61, 63–64
 Testando um programa, métodos, 275–284
 Trabalho em andamento (TEA), 63–64
 Transferência de dados (carregar), 85–86
 controle numérico direito (DNC), 81–83, 86–88
 alimentação em gotas de transferência, 81–83, 86–88
 descarregamento em massa da transferência, 81–83, 86–88
 descarregamento direto, 81–83, 86–88
 disco padrão, descarregamento manual, 81–83, 86–88
 Troca de peça a peça (PAP) tempo de um ciclo, 61, 63–64

U

Unidade de processamento central (CPU), 52–56
Usinagem CNC (Comando Numérico Computadorizado), 1–299
 combinações de eixo para fresadoras, 31–33
 comando bidimensional, 27–28, 31–32
 comando de duas dimensões e meia, 27–28, 31–33
 comando tridimensional, 27–28, 31–32
 formas geradas com CAM, 32–33
 interpolação cônica, 33
coordenadas, eixos e movimento, 1–49
movimento dos eixos, 27–32
operando uma máquina CNC, 117–156
planejamento de programação, 157–184
 programação de nível 1, 183–220
 programação de nível 2, 221–245
Usinagem industrial e centro de torneamento, 60–81
 a linha do tempo evolutiva, 61–64

alimentador de barras automático, 61, 74–81
centro de usinagem verticais, 64–68
dispositivos de segurança automáticos, 69–74
 controle bloqueado para dispositivos periféricos, 70–72
deslocamentos de ferramentas automáticos, 73–74
sistemas automáticos de afiação da ferramenta, 73–74
luzes de aviso ao operador, 73–74
monitoramento remoto, 69–71
portas automáticas, 69–71
transportadores de cavaco automatizados, 69–72
especificações técnicas para centros de torneamento CNC, 74–75
fusos precisos de alta velocidade, 67–69
 controle de temperatura - óleo do fuso, 68–69
principais fatores, 63–65
 programas inefficientess, 64–65

tempo cíclico entre cavacos (CEC), 61, 64–65
tempo morto de manutenção ativa, 61, 63–64
troca de configuração, 63–65
troca de peça a peça (PAP)
 tempo de um ciclo, 61, 63–64
sistema refrigerantes, 68–71
refrigerante através da ferramenta, 69–71
refrigerante programável, 68–69
refrigerantes de alta pressão, 69–71
refrigerantes de névoa, 68–69
troca de palete de trabalho, 67–68
 dispositivos de preparação do palete, 61, 67–68
lápides, 61, 67–68

V

Velocidade de corte constante (VCC), 208–209
Vises. Ver Configuração da morsa flutuante; Alinhamento da morsa para centro de usinagem