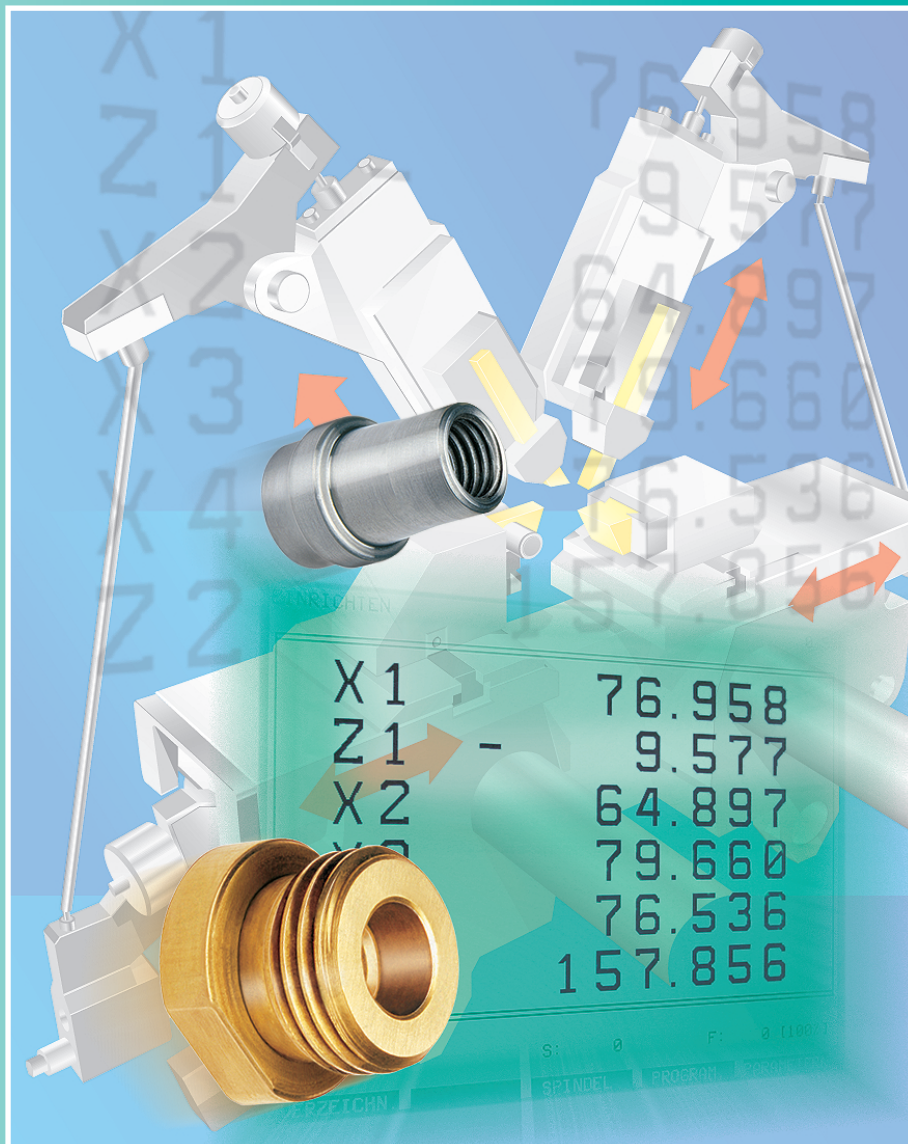


A evolução dos tornos automáticos: do came ao CNC

Engº Alfredo Vergilio Fuentes Ferrari



Índice

Capítulo	Tema	Página
1	Introdução	1
2	O equipamento ideal	2
3	Classificação dos tornos automáticos	3
3.1	Número de fusos	3
3.2	Tipo de cabeçote do fuso	4
3.3	Posição do fuso	6
3.4	Tipos de acionamento	6
4	Formas de alimentação do material bruto	7
4.1	Trabalhos a partir de barra	7
4.2	Trabalhos a partir de peças pré-formadas	8
5	Novos conceitos de construção	10
6	Tornos a Cames ou a CNC?	12
7	Exemplos de aplicação	13
8	A evolução dos comandos numéricos e das ferramentas de corte	16
9	Tendências	17
9.1	Tornos automáticos monofusos de carros múltiplos a cames	17
9.2	Tornos automáticos multifusos a cames	17
9.3	Tornos automáticos CNC de carros múltiplos	18
9.4	Tornos universais CNC clássicos de dois eixos	18
9.5	Tornos automáticos CNC de cabeçote móvel	19
9.6	Centros de torneamento a comando numérico	19
9.7	Tornos verticais CNC	20
9.8	Magazines de alimentação automática de barras e peças	20
9.9	Serviços e apoio tecnológico	20
10	Conclusão	21

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar os diferentes tipos de tornos automáticos existentes no mercado, classificando-os de acordo com as suas características construtivas como, por exemplo, quantidade de fusos e de carros porta-ferramentas, tipos de cabeçotes, posição dos fusos, tipos de acionamento, tipos de carros porta-ferramentas.

O trabalho tem por objetivo esclarecer, também, a correta aplicação de cada tipo de torno automático em função da geometria das peças, suas tolerâncias, tamanho dos lotes e outros parâmetros, sempre tendo em vista o resultado da melhor relação custo x benefício.

O trabalho será apresentado de forma neutra, ilustrada com fotos de equipamentos, seus detalhes construtivos e tabelas, exemplificando planos de trabalho e cálculos de tempos de usinagem.

Um ponto de destaque do trabalho é a comparação entre os tornos automáticos a cames e aqueles a CNC, apresentando as vantagens de aplicação entre um e outro tipo de equipamento.

O trabalho apresentará, também, um histórico que narra a evolução dos primeiros tornos automáticos a cames até os mais modernos e avançados tornos automáticos CNC em uso no mercado mundial, apontando as tendências para as próximas décadas e a influência decisiva no desenvolvimento dos comandos numéricos computadorizados e as ferramentas de corte.

Fig.1 - Torno automático monofuso a cames em 1920.

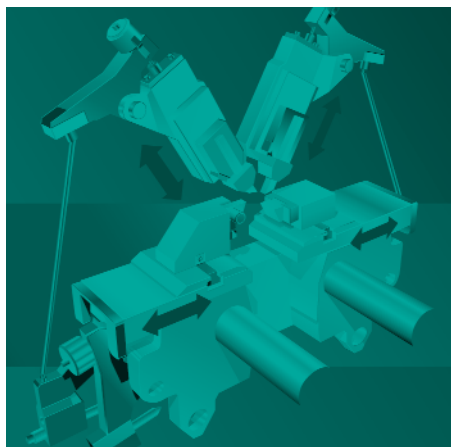
Fig.2 - Torno automático monofuso a cames com guias cilíndricas.

1

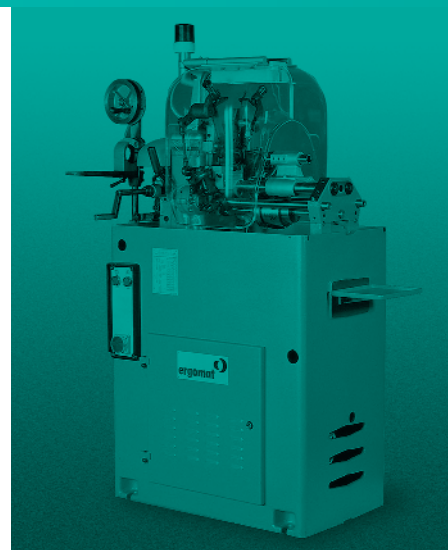
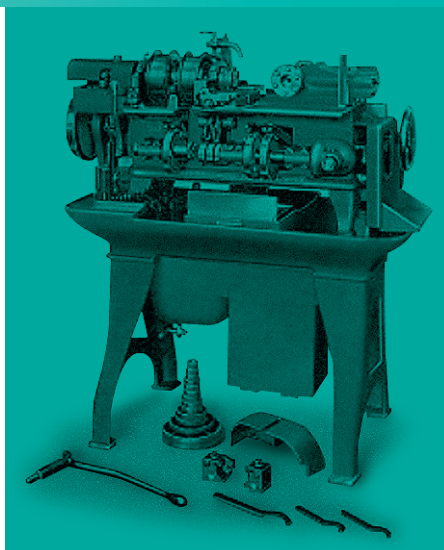
Introdução

O torno automático é uma máquina-ferramenta que possibilita a fabricação de peças de formas cilíndricas automaticamente, de maneira seriada e contínua, ou seja, desde a entrada da matéria prima em bruto até a elaboração do produto final sem interferência humana no processo produtivo.

Os tornos automáticos são aplicados, em geral e de forma extremamente econômica, na produção seriada de grandes e médios lotes. Porém, atualmente, os modernos tornos automáticos a comando numérico permitem a produção econômica de pequenas séries, face ao rápido tempo de preparação da máquina.



Esquema dos carros múltiplos de um torno automático monofuso com guias cilíndricas.



De uma forma geral, as principais vantagens obtidas com a utilização dos tornos automáticos são as seguintes:

• Economia de mão de obra

Basta um operador para cuidar de um conjunto de máquinas. Este número de máquinas assistido por um único operador dependerá do tipo de torno automático, geometria da peça e suas tolerâncias, tipo de material que está sendo usinado, qualidade das ferramentas de corte, habilidade do operador e outros fatores de menor importância.

• Produção constante

Uma vez ajustada a máquina e iniciado o trabalho, pode-se contar no final do turno com aquela quantidade de peças planejadas. Neste caso, os planejadores devem levar em conta um certo rendimento do trabalho para considerar algumas paradas da máquina para troca de barras, ferramentas, manutenções, etc.

• Qualidade constante das peças usinadas

Uma vez ajustada a máquina com os parâmetros de corte otimizados, as peças serão produzidas dentro das tolerâncias e qualidade das superfícies exigidas, devendo-se apenas atentar ao desgaste das ferramentas de corte.

• Desgaste constante das ferramentas de corte

Isto é possível pelo fato de se trabalhar nas condições ideais de usinagem, ou seja, avanços e velocidades de corte ideais, programadas para as diferentes operações e que não variam de peça para peça.

Os primeiros tornos automáticos monofusos acionados por cames para trabalhos a partir de barras foram construídos no fim do século 19, sendo do tipo de cabeçote fixo, com até 5 carros transversais, para os trabalhos de formar, sangrar e cortar, além de um dispositivo revólver para até 6 estações porta-ferramentas de furar e rosquear, deslizando sobre guias planas e permitindo operações simultâneas de diversas ferramentas de corte (Fig.1). No início do século 20, foram construídos na Suíça os primeiros tornos automáticos de cabeçote móvel acionados através de cames para atender às necessidades da indústria relojoeira em franco desenvolvimento. Nesta mesma época foram também produzidos os primeiros tornos automáticos multifusos para atender à usinagem dos grandes lotes exigidos, principalmente pela indústria automobilística.

Os primeiros tornos automáticos monofuso de cabeçote fixo, dotados de carros múltiplos e dispositivo revólver estrela, eram extremamente caros e economicamente inviáveis para a fabricação de peças com geometria mais simples. No início de 1930, foram desenvolvidos os primeiros tornos automáticos de cabeçote fixo acionados por cames com guias cilíndricas e o conceito de construção modular, podendo a máquina básica receber os mais variados tipos de dispositivos adicionais, como opcionais, para atender de forma adequada e econômica às necessidades de usinagem (Fig.2). Este tipo de torno automático a cames é fabricado até os dias de hoje e tido como imbatível para a fabricação de peças seriadas de baixo custo e de médios e grandes lotes.

Já os modernos tornos automáticos a comando numérico nos seus mais diversos conceitos construtivos são máquinas extremamente rápidas e versáteis e que, com a condição de rápida preparação, permitem a aplicação econômica inclusive na fabricação de lotes pequenos.

Os primeiros tornos automáticos monofusos acionados por cames foram construídos no fim do século 19

2 O equipamento ideal

De uma maneira geral, ao se realizar a aquisição de uma máquina-ferramenta, nem sempre aquela de menor preço é a mais conveniente para se realizar o investimento. Ao se adquirir uma máquina-ferramenta, deve-se ter como meta a produção das peças dentro das medidas, tolerâncias e acabamento superficial exigidos, além do menor custo por peça produzida.

Para isto, devem ser analisados e calculados todos os custos envolvidos para a fabricação das peças em questão e que, no final, levarão ao melhor resultado da relação custo x benefício.

Neste caso, os principais pontos a serem levados em consideração são os seguintes:

- *Custo do equipamento - máquina básica, acessórios, forma de pagamento, garantia, transporte, treinamento, etc.*
- *Custo do ferramental de corte.*
- *Custo do meio refrigerante.*
- *Gasto com energia elétrica.*
- *Custos com manutenção e peças de reposição.*
- *Área ocupada pelo equipamento.*
- *Características construtivas da máquina. Isto tem a ver com a sua rigidez, precisão e longevidade.*
- *Tempo do ciclo de usinagem da peça.*
- *Tempo de preparação da máquina.*
- *Grau de acabamento das peças produzidas.*

Deve ser analisada a possibilidade de realizar usinagens completas ou a necessidade de realização de operações complementares em outras máquinas.

**Nem sempre a
máquina de menor
preço é a mais
conveniente para
se realizar o
investimento.**

3 Classificação dos tornos automáticos

Desde a construção dos primeiros tornos automáticos a came no fim do século 19 até os modernos centros de torneamento a comando numérico dos dias de hoje, diversos tipos e conceitos de tornos automáticos foram utilizados pelas indústrias do mundo inteiro.

Portanto, os tornos automáticos podem ser classificados de diferentes maneiras, diferenciadas pela sua forma construtiva.

3.1 - Número de fusos

O fuso principal, também chamado de árvore principal ou veio em Portugal, é o elemento da máquina que fixa a peça a ser trabalhada. Neste caso, os tornos automáticos são classificados em:

- *Monofusos: um único fuso principal (Fig.2).*
- *Bifusos: dois fusos (Fig.4).*
- *Multifusos: os mais utilizados são os de 6 fusos, havendo também tornos de 4, 5 e 8 fusos (Fig.3).*

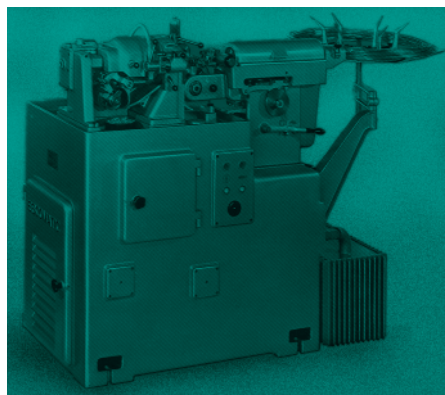
Como já foi dito, os tornos multifusos são aplicados para a fabricação de grandes séries, uma vez que os tempos dos ciclos de usinagem são significativamente menores que aqueles de um torno monofuso para a fabricação de uma mesma peça. Na prática, em média, o tempo do ciclo de usinagem em um torno multifuso com seis fusos é um quinto do tempo do ciclo em um torno monofuso para a fabricação de uma mesma peça.

Fig.3 - Torno automático multifuso e tambor de 8 fusos.



Fig.4 - Área de trabalho de um torno CNC bifuso.

Fig.5 - Torno automático monofuso para trabalhar material em rolos.



3.2 - Tipo de cabeçote do fuso

Os tornos automáticos são subdivididos pela forma de construção do cabeçote que aloja o fuso principal, como dos tipos fixo e móvel.

• Torno automático de cabeçote fixo

Este é o princípio clássico dos tornos em geral, ou seja, uma vez fixada a peça a ser usinada, ela permanece girando em balanço, sendo que as ferramentas de corte se movimentam de forma automática, conforme avanço determinado, para executar a remoção dos cavacos e gerar a geometria ou perfil desejado (Fig. 2).

Como a peça se encontra em balanço, dependendo da geometria da peça a ser usinada, a estabilidade da usinagem poderá ficar comprometida devido à flexão ocasionada pelas forças de corte. Como consequência disto, poderão ocorrer vibrações nas diversas operações e não se conseguindo atingir as tolerâncias e graus de acabamento superficial. Para se minimizar o efeito da condição da peça em balanço, podem ser utilizados dispositivos como contra-ponta e lunetas.

Os tornos automáticos de cabeçote fixo são aplicados tanto para usinagens de peças a partir de barras, quanto para peças pré-formadas, como tarugos cortados ou peças forjadas e fundidas, que são alimentadas e descarregadas automaticamente através de magazines de alimentação (Fig.6).

Em geral, este tipo de torno automático é dotado de 4 ou mais carros transversais para trabalhos de formar perfis, tornear canais e cortar a peça como última operação do ciclo, quando se trabalha a partir de barra. Para as operações de furação, mandrilamento, alargamento e rosqueamento, utiliza-se um dispositivo revólver porta-ferramentas de 4 ou mais estações. A grande vantagem deste conceito de torno automático é a possibilidade de várias ferramentas trabalharem simultaneamente, proporcionando um curto tempo do ciclo de trabalho.

• Torno automático de cabeçote móvel

Os tornos automáticos de cabeçote móvel são aplicados, em geral, na usinagem de peças delgadas, ou seja, quando a relação "comprimento/diâmetro" é muito grande, caracterizando uma usinagem instável e, também na usinagem de peças curtas, porém de alta precisão e/ou grande complexidade.

Por terem sido criados na Suíça, os tornos automáticos de cabeçote móvel são também denominados como tornos automáticos tipo suíço. Na Alemanha são chamados de tornos automáticos para peças longas.

Os tornos automáticos de cabeçote móvel são aplicados exclusivamente para usinagem de peças a partir de barras.

O princípio de funcionamento deste tipo de torno é o inverso dos tornos de cabeçote fixo, pois é a peça a ser usinada que se desloca, girando contra as ferramentas de corte, que permanecem fixas e próximas a uma bucha de guia.

Fig. 6 - Princípio de funcionamento de um torno automático de cabeçote fixo.

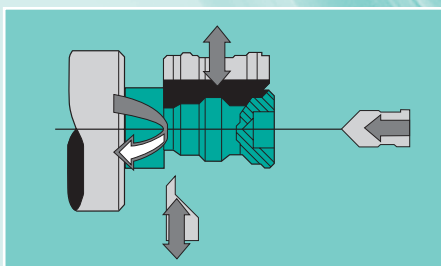
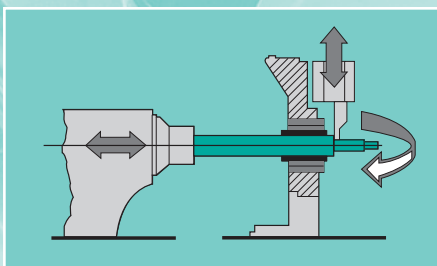


Fig. 7 - Princípio de funcionamento de um torno automático de cabeçote móvel.



Tornos automáticos de cabeçote móvel: precisos e versáteis.

- O cabeçote móvel prende a barra através de uma pinça e inicia o movimento de avanço.
- Uma bucha de guia posicionada coaxialmente em relação à pinça do cabeçote móvel serve de apoio para a barra, que está girando.
- Um conjunto de carros porta-ferramentas com movimento radial está disposto na frente da bucha de guia.
- A ferramenta de corte fixada no carro porta-ferramenta, que está bem próxima da bucha de guia, posiciona-se no diâmetro a ser usinado e, em seguida, o cabeçote móvel inicia o movimento de avanço, gerando a forma da peça, sem problemas de fletir a peça, garantindo uma elevada precisão e um excelente grau de acabamento superficial.
- Após a última operação, que é a de corte, a pinça do cabeçote móvel se abre e este retorna à posição inicial para começar um novo ciclo.

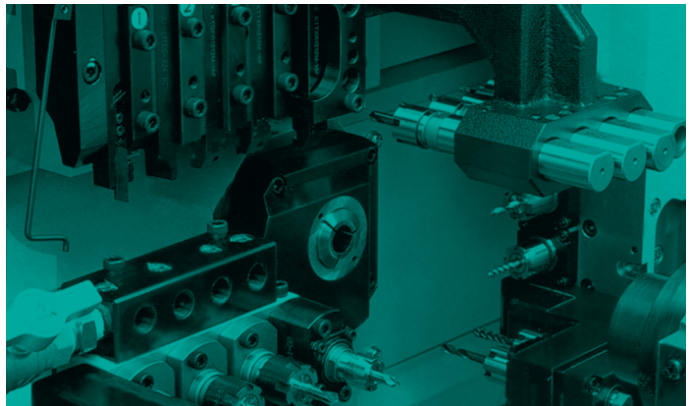
Os modernos tornos CNC de cabeçote móvel são máquinas extremamente versáteis, chegando a ter um elevado número de eixos comandados, além de ter a capacidade de trabalhar com ferramentas giratórias (Fig.8). Com isto, estes verdadeiros centros de torneamento, além de usinar peças delgadas, possibilitam a usinagem de peças curtas de elevada precisão e de geometrias complexas (Fig.9).

Por este motivo, são máquinas cuja demanda está aumentando consideravelmente nas torneiras automáticas. Da mesma forma que os tornos de cabeçote fixo, os de cabeçote móvel também permitem o trabalho simultâneo de diversas ferramentas, conseguindo-se curtos tempos do ciclo de usinagem.

Fig.8 - Torno automático monofuso CNC de cabeçote móvel.



Fig. 9 - Ferramentas fixas e giratórias em um torno automático CNC de cabeçote móvel.



3.3 - Posição do fuso

Quanto à posição dos fusos, os tornos automáticos são classificados como horizontais e verticais.

Os mais utilizados são, sem dúvida alguma, os tornos horizontais monofusos e multifusos para a usinagem de peças a partir de barras.

Porém, está havendo um crescimento na demanda de tornos automáticos verticais de placas com sistemas de carga e descarga das peças usinadas para a usinagem de peças do tipo flange para atender, principalmente, às necessidades da indústria automobilística e de autopeças (Fig.10).

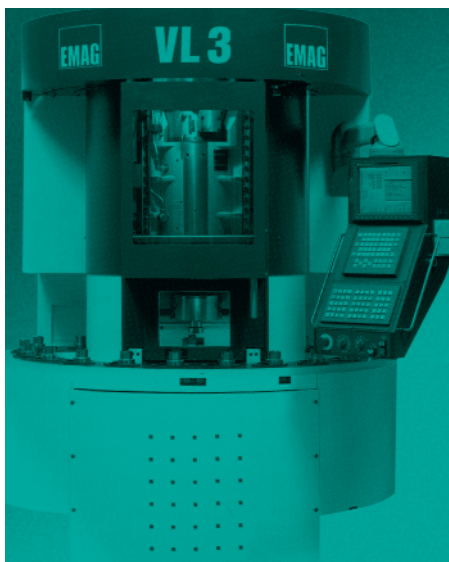
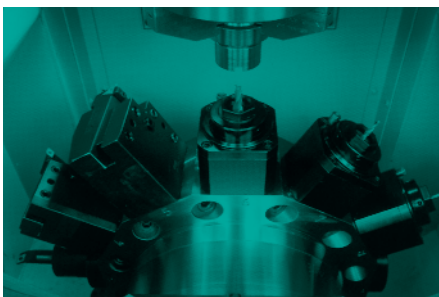


Fig.10 - Torno vertical CNC e área de trabalho.



3.4 - Tipos de acionamento

Hoje em dia os tornos automáticos podem ser subdivididos em dois grupos: os mecânicos com acionamento por cames ou hidráulicos e os a comando numérico computadorizado (CNC).

Apesar de terem sido deixados de ser fabricados em série por questões de custos, ainda existe em funcionamento tornos automáticos com acionamento hidráulico.

Obviamente, a tecnologia do comando numérico substituiu de forma elegante e econômica, os acionamentos hidráulicos pelos sistemas acionados por CNC.

Os tornos automáticos monofusos ou multifusos acionados através de cames são aplicados amplamente na fabricação de grandes lotes, principalmente pelo fato do tempo de preparação ser maior em relação aos tornos CNC equivalentes, porém com um valor menor do investimento a ser realizado.

Já os tornos automáticos a CNC levam, entre muitas outras, a grande vantagem de serem máquinas bastante flexíveis, tendo um tempo de preparação muito rápido se comparados aos equivalentes a cames. Na média, o tempo de preparação dos tornos CNC chega a ser um terço do tempo de preparação dos equivalentes a cames.

Certamente, esta relação depende muito da geometria da peça a ser usinada, quantidade de ferramentas, disponibilidade de programa CNC já otimizado, troca do meio de fixação e habilidade do preparador.

4

Formas de alimentação do material bruto

É de fundamental importância a forma pela qual a matéria-prima é alimentada no torno automático, sendo que neste aspecto três grupos devem ser citados: os trabalhos a partir de barras, de material em rolos e aqueles a partir de peças pré-formadas como tarugos de barras cortados, fundidas, forjadas e sinterizadas.

4.1 - Trabalhos a partir da barra

Este é um ponto em que se deve tomar muito cuidado, quando se quer obter o melhor rendimento do torno automático. Em geral, os trabalhos são realizados com barras de 3,0 m de comprimento e a fixação é feita através de pinças. As barras devem ter uma excelente retilidade para minimizar vibrações, que podem prejudicar, tanto o acabamento superficial e as dimensões das peças, como o funcionamento e a vida da máquina. Outro ponto de fundamental importância é a qualidade superficial das barras, sendo que é altamente recomendável a utilização de barras trefiladas com tolerância h11 ou mais apertada, para que não haja desgaste da pinça de fixação e também evitar

esforços excessivos nos elementos que realizam os movimentos para a fixação como, por exemplo, as garras de sujeição. Barras em más condições de uso fazem com que se limitem as rotações do fuso principal em níveis menores do que as rotações ideais, acarretando menor tempo do ciclo de trabalho, maior desgaste das ferramentas de corte e prejuízo da qualidade superficial. Peças de alta precisão usinadas em tornos automáticos de cabeçote móvel devem utilizar barras retificadas com tolerância mais apertada que a da superfície a ser usinada. Existem, também, os tornos automáticos monofusos, que usinam peças a partir de material em rolos (Fig. 5).

Os principais sistemas para sustentação e avanço de barras são os seguintes:

Alimentadores de barras por gravidade (Fig.11).

São aplicados, em geral, nos tornos automáticos monofusos clássicos, sendo que as barras são colocadas manualmente dentro do tubo de avanço toda vez que a barra anterior é consumida. Um empurrador com uma ponta giratória avança a barra através de uma força gerada por pesos. Tem a desvantagem de não poder trabalhar com altas rotações, principalmente nas barras sextavadas ou materiais como latão e alumínio. A vantagem é de ser uma solução bastante econômica.

Alimentadores hidráulicos de barras (Fig.12).

Como no caso anterior, uma nova barra é colocada manualmente no tubo de avanço sempre que a barra anterior é consumida, porém a força de avanço é aplicada por um pistão hidráulico e a barra gira banhada em óleo. Com isto, tem-se uma série de vantagens em relação ao avanço por gravidade como, por exemplo, girar com maior rotação no fuso principal, proporcionando obter-se maior produtividade, minimizar vibrações, diminuir o nível de ruído, etc. É muito recomendável para trabalhos com barras sextavadas e quadradas, que provocam vibrações. O investimento é maior do que no caso anterior.

Fig. 11 - Alimentador de barras por gravidade.

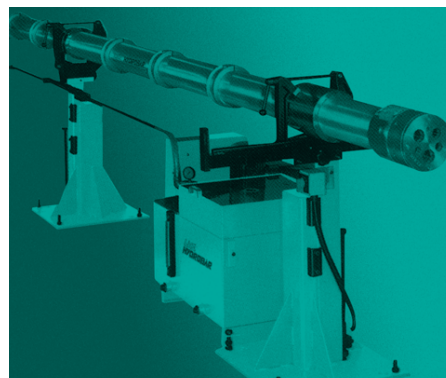
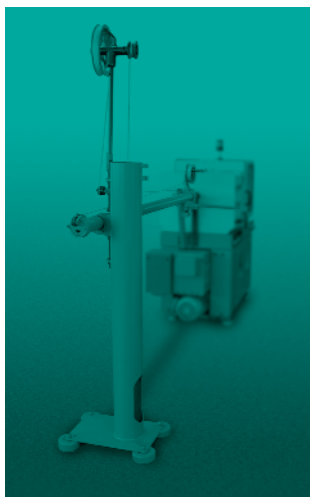


Fig. 12 - Alimentador hidráulico de barras.

Magazines de alimentação automática de barras (Fig.13).

Os magazines de alimentação de barras permitem o armazenamento de diversas barras e a colocação automática da nova barra a ser usinada, após a anterior ter sido consumida, aumentando significativamente o rendimento e a produtividade do torno automático.

É muito recomendado para a usinagem de peças longas e de curto tempo do ciclo, onde as barras são consumidas muito rapidamente e trocadas com muita frequência.

De uma forma geral, os magazines de barra aumentam a produtividade do torno automático, diminuindo o número de operadores, possibilitando, muitas vezes, a máquina trabalhar turnos sem supervisão.

Na Europa, a maioria dos tornos automáticos a cames e a CNC trabalham com magazines de alimentação de barras. O investimento é maior do que nos dois casos anteriores.



Fig.13 - Magazine alimentador de barras aplicado em um torno automático monofuso a cames.

4.2 - Trabalhos a partir de peças pré-formadas

Peças pré-formadas são de uma forma geral fixadas através de placas de fixação ou arrastadores frontais para peças tipo eixo.

Os principais tipos de alimentadores de peças pré-formadas são: Magazines de carga e descarga de peças. Em geral, são conjuntos mecânicos projetados exclusivamente para alimentar um tipo de peça ou uma família de peças semelhantes ou homotéticas. O torno automático fica dedicado à estas peças, deixando de ser flexível. Ideal para séries grandes de peças de até 80 mm de diâmetro. Estes magazines são muito aplicados nos tornos automáticos clássicos de carros múltiplos a cames e a CNC. A figura 14 mostra um magazine para a alimentação de peças cilíndricas curtas. A figura 15 apresenta um magazine para peças longas, que são introduzidas pela parte traseira do fuso principal.

Fig.14 - Magazine para peças curtas em um torno automático a cames.

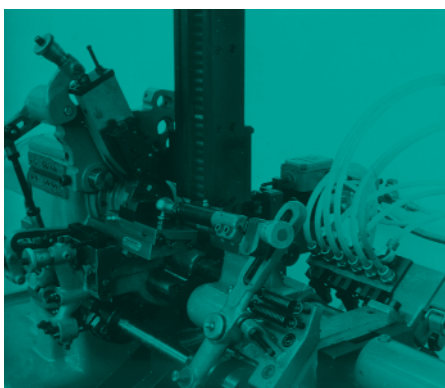
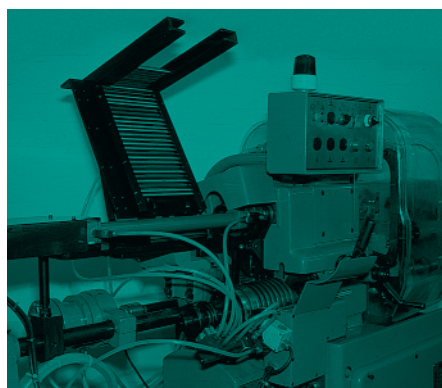


Fig.15 - Magazine para peças longas em um torno automático a cames.



Manipuladores de peças tipo pórtico.

Este tipo de alimentador de peças é, em geral, aplicado em tornos automáticos universais clássicos para usinagens de peças de médio porte do tipo flange ou eixos. Uma mesa rotativa armazena as peças em bruto e também as peças usinadas (Fig.16). Um manipulador aéreo corre montado em uma viga em cima da máquina. Este manipulador dispõe de uma estação de agarre giratória, que possibilita a retirada da peça usinada e a rápida colocação da nova peça em bruto a ser usinada (Fig.17). A peça acabada é transportada através do deslocamento do manipulador até a posição exata para sua colocação na mesa armazenadora das peças.

Fig.16 - Torno universal CNC com manipulador de peças tipo pórtico.

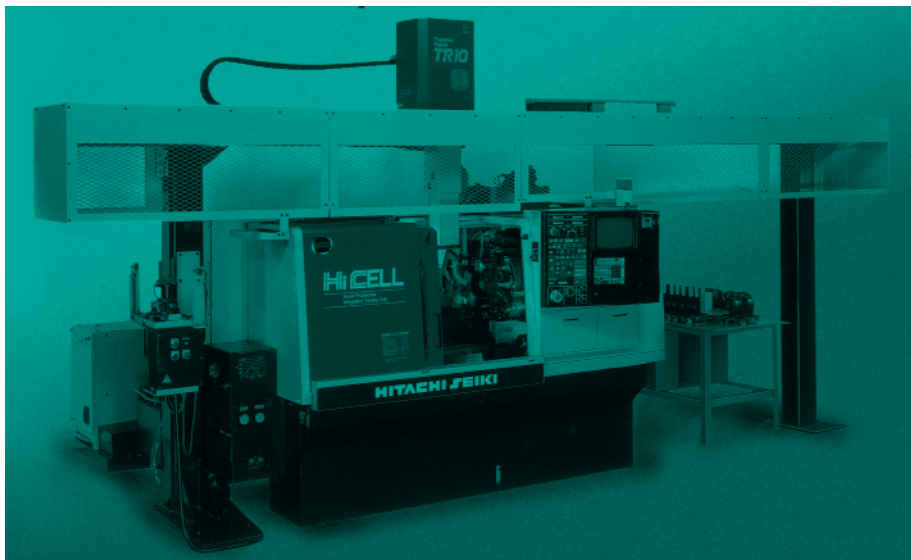


Fig.17 - Estação dupla de agarre do manipulador de peças tipo pórtico.



Robôs articulados

Estes alimentadores são utilizados para a carga e descarga de peças de porte médio do tipo flange em tornos automáticos universais clássicos. A desvantagem em relação aos manipuladores de pórtico é de que ocupam muito espaço na parte dianteira da máquina.

5 Novos conceitos de construção

As modernas máquinas-ferramenta são desenvolvidas tendo-se em vista os seguintes objetivos:

- *Rigidez.*
- *Precisão.*
- *Altas velocidades de avanço e de rotação do fuso principal, visando diminuição dos tempos principais de usinagem.*
- *Altas velocidades de avanço rápido dos carros porta-ferramentas, com o intuito de se reduzir ao máximo os tempos secundários.*
- *Projeto voltado para o conforto operacional e para facilitar os trabalhos de manutenção.*
- *Projeto voltado para atender às exigências de proteção do meio ambiente.*
- *Redução do preço da máquina.*

A grande evolução dos tornos automáticos CNC deve-se fundamentalmente, graças ao emprego de novos materiais e componentes mecânicos, elétricos e eletrônicos.

Na parte mecânica, foram desenvolvidos novos conceitos construtivos e criados novos componentes, que sem dúvida, provocaram uma verdadeira revolução na arte da construção de máquinas-ferramenta como, por exemplo:

- *Tornos universais CNC clássicos com barramento inclinado para melhor distribuição das forças de corte e evacuação dos cavacos (Fig.18).*

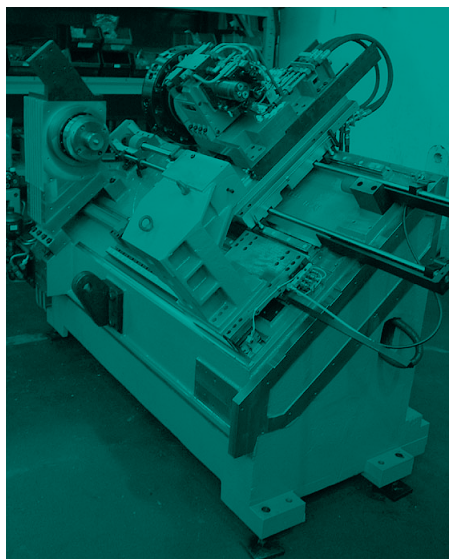
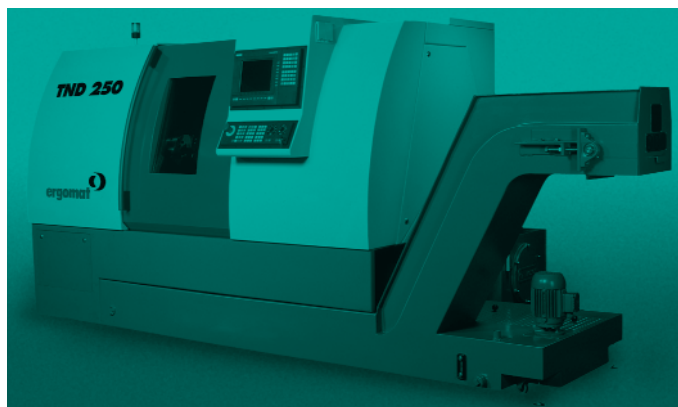


Fig.18 - Torno universal CNC com barramento inclinado, carro cruzado deslizante sobre guias lineares e máquina completa.



- Torres porta-ferramentas com giro de estações consecutivas da ordem de 0,3 segundos.
- Carros cruzados, que deslizam sobre guias lineares de alta precisão, atingindo velocidades de avanço rápido da ordem de 30 m/min.
- Acionamentos para ferramentas giratórias, possibilitando operações de fresamento.
- Tornos com mais de 10 eixos controlados, permitindo a aplicação de diversos carros porta-ferramentas.
- Utilização de rolamentos de alta precisão com lubrificação permanente para atingir elevadas rotações da ordem de 15.000 rpm.
- Contra-pontas deslocáveis, que permitem a realização de usinagens externa e interna no mesmo ciclo de trabalho.

Na parte eletroeletrônica houve, da mesma forma que na mecânica, relevantes progressos, que são citados como segue:

- Comandos numéricos de 32 bits com tecnologia digital.
- Utilização de motores de corrente alternada de frequência variável para o acionamento do fuso principal, que possibilitam a livre programação das rotações com variação contínua.
- Uso de servo-motores de corrente alternada de frequência variável para o acionamento dos eixos lineares e circulares.
- Motores do fuso principal integrados, tipo "Built in", muito usados nos tornos automáticos CNC de cabeçote móvel.
- Sistemas de medição automática das coordenadas das ferramentas de corte, dispensando os métodos de medição destas fora da máquina.
- Sistemas de medição de peças em processo com correção automática de medidas.
- Sistemas de simulação gráfica da peça em processo.

6

Tornos a Cames ou a CNC?

Esta é uma questão básica e fundamental na escolha do torno automático ideal para o trabalho que se pretende realizar. É amplamente sabido que os tornos CNC oferecem uma série enorme de vantagens em relação aos tornos mecânicos, porém nem sempre é a solução mais adequada para determinados trabalhos. Por exemplo, a

usinagem de peças bem simples, como chanfrar e cortar pinos ou tornear rebites a partir de barras em grandes quantidades. Obviamente, a melhor solução para produzir peças simples de baixo custo é um torno automático monofuso a cames, pois o investimento é muitíssimo menor do que um torno CNC.

De uma forma geral, a escolha do tipo de torno automático deve se pautar nos seguintes pontos:

- Geometria das peças a serem usinadas.
- Tolerâncias das peças.
- Grau de acabamento superficial (rugosidade).
- Tipo de material a ser usinado.
- Tamanho dos lotes.
- Verba disponível para o investimento.

Tornos automáticos a cames são geralmente aplicados nos seguintes casos:

- Lotes grandes de fabricação.
- Trabalhos dedicados para um único tipo de peça ou uma família de peças semelhantes.
- Usinagem de peças simples de baixo custo ou de média complexidade.
- Ideal para trabalhos a partir de barras.
- Aplicações com magazines de carga e descarga automática de peças pré-formadas.

Tornos automáticos a CNC são aplicados nos seguintes casos:

- Usinagens de lotes pequenos e médios em geral.
- Séries grandes de peças de média e grande complexidade.
- Usinagem de peças com tolerâncias apertadas e graus de acabamento rigorosos.
- Usinagem de protótipos.
- Otimização de processos para projetar jogos de cames para posterior uso em tornos automáticos a cames.

Apesar do investimento inicial de um torno automático CNC ser maior que o de um mecânico a cames naqueles casos em que a solução técnica aponta para a máquina CNC, as seguintes vantagens devem ser mencionadas para este tipo de máquina controlada numericamente:

- Rápida preparação da máquina.
- Alta flexibilidade do trabalho.
- Conforto operacional.
- Trabalho com parâmetros de corte otimizados - velocidades de corte e avanços de usinagem ideais.
- Fácil e rápida alteração do programa CNC - geometria e tecnologia.
- Possibilidade de correção de medidas através do CNC.
- Altas rotações do fuso principal - tempos de ciclo de trabalho mais rápidos.
- Aplicação de ferramentas de corte de alto rendimento de última geração.
- Menor necessidade de manutenção mecânica.

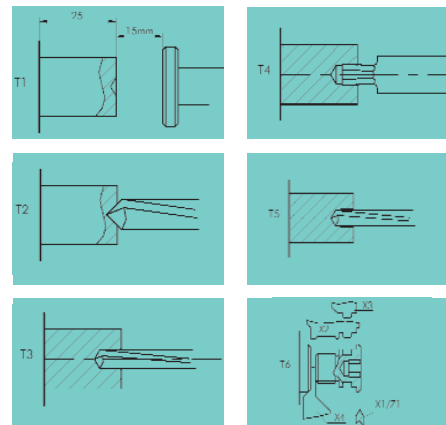
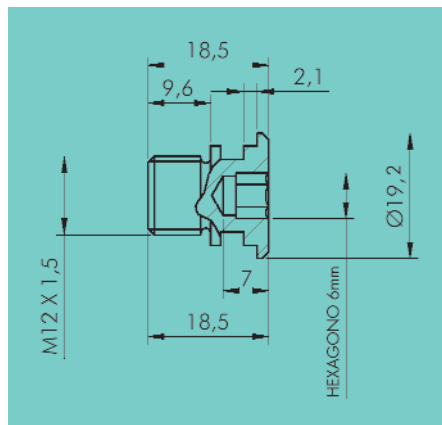
7

Exemplos de aplicação

7.1 - Torno automático monofuso a cames de carros múltiplos

Alumínio - barra
redonda 20 mm

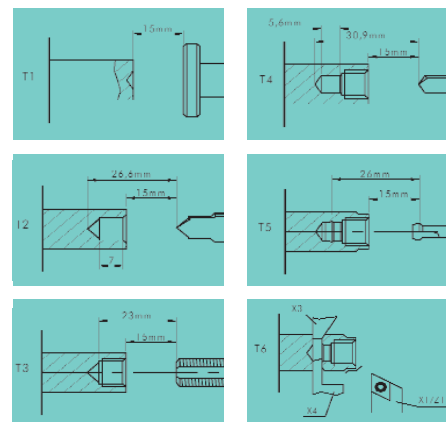
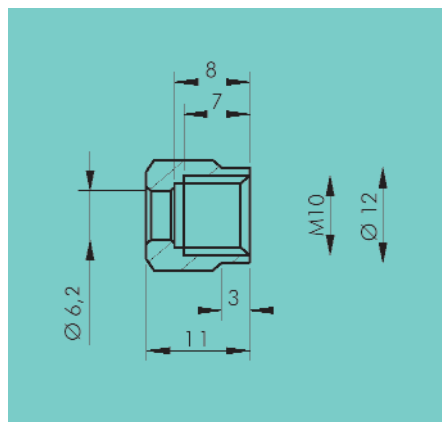
14 seg/peça
257 peças/hora



7.2 - Torno automático monofuso CNC de carros múltiplos

Latão - barra
hexagonal 12,7 mm

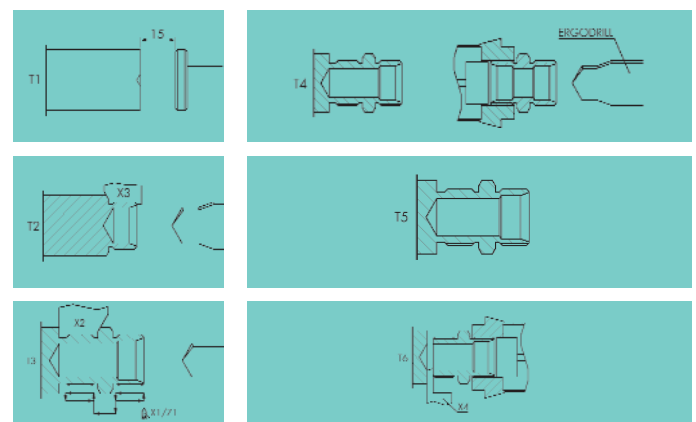
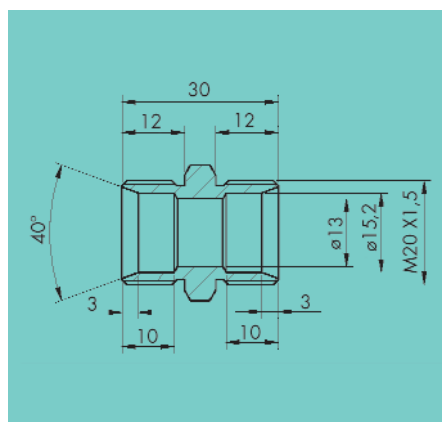
13 seg/peça
277 peças/hora



7.3 - Torno automático monofuso CNC de carros múltiplos

Latão - barra
hexagonal 22 mm

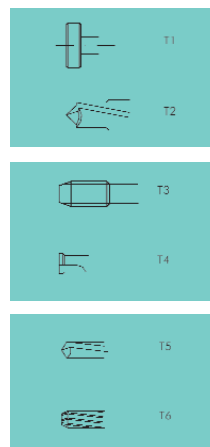
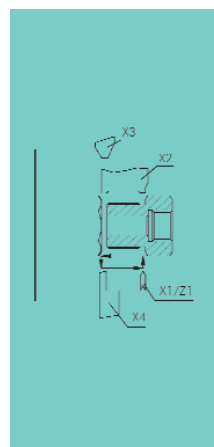
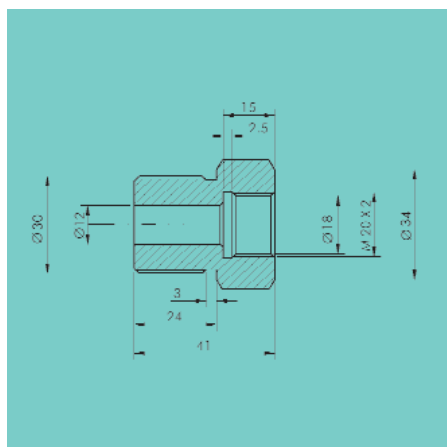
23,8 seg/peça
151 peças/hora



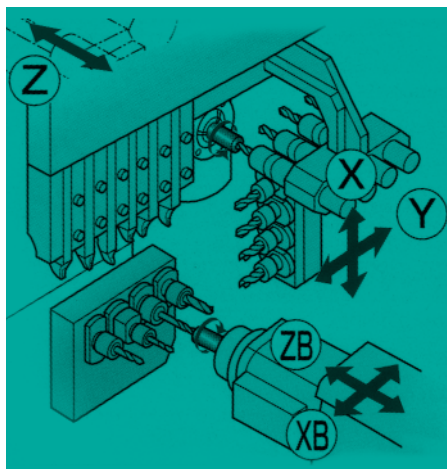
7.4 - Torno automático monofuso CNC de carros múltiplos

SAE 12L14 - barra
hexagonal 35 mm

46 seg/peça
78 peças/hora



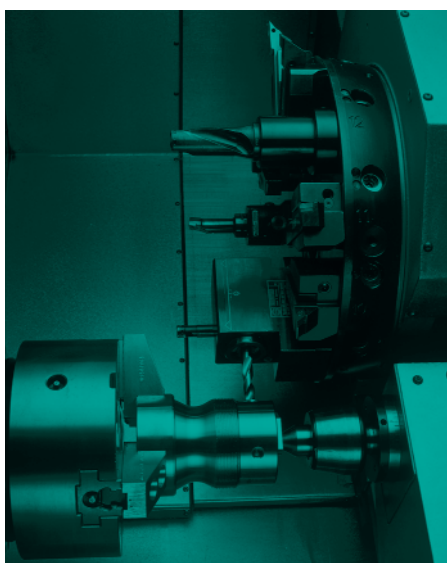
7.5 - Torno automático CNC de cabeçote móvel



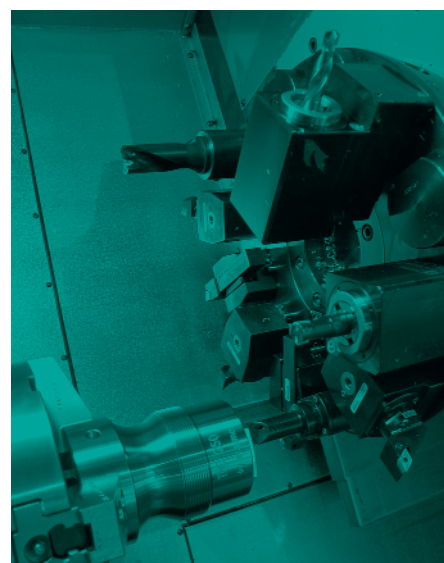
Área de trabalho de um
torno automático CNC
de cabeçote móvel de 7
eixos controlados.

7.6 - Torno universal CNC

Contra-ponta
posicionada

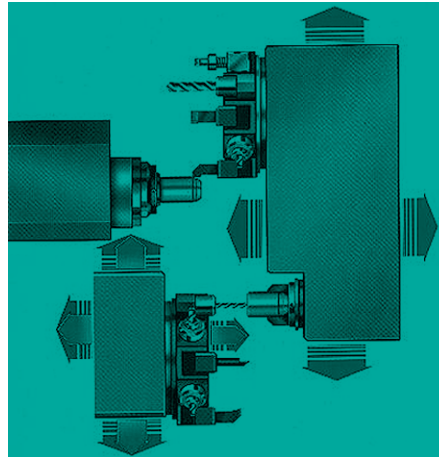
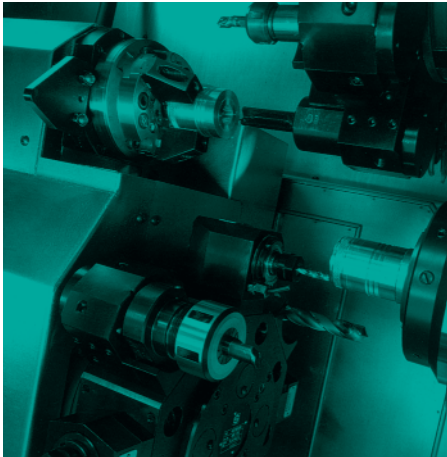


Contra-ponta
recuada



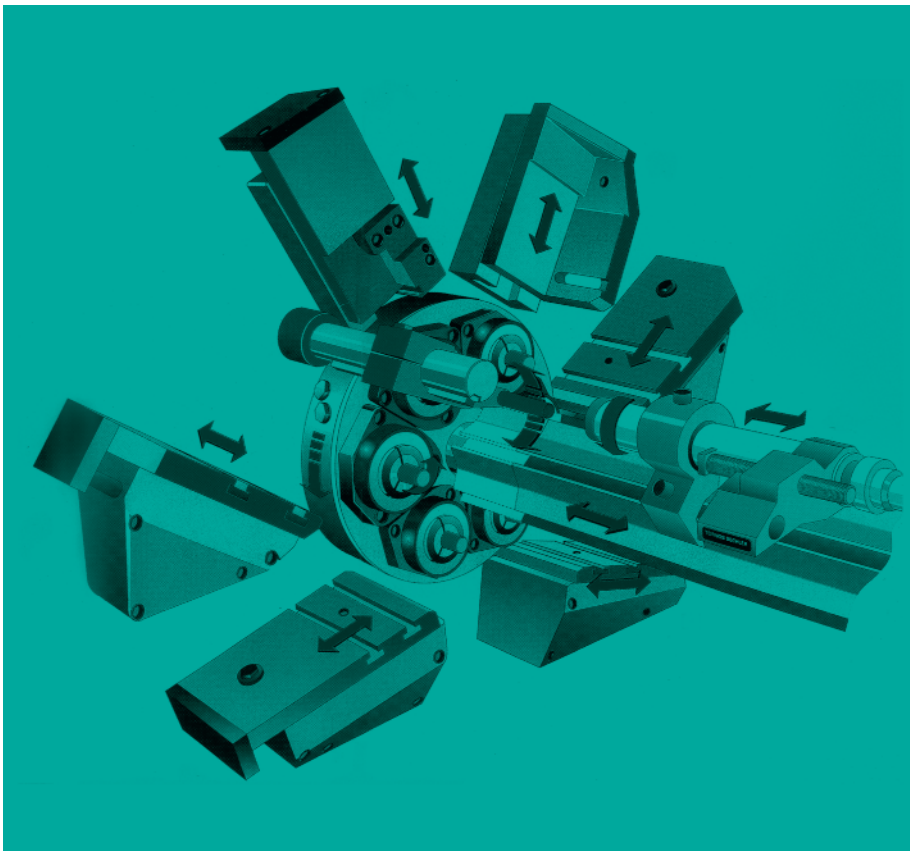
7.7 - Centro de torneamento

Usinagens completas



Dois revólveres, contra-fuso, ferramentas giratórias e eixo C

7.8 - Torno automático multifuso



8

A evolução dos comandos numéricos e das ferramentas de corte

De uma forma geral, os trabalhos de usinagem em série tornaram-se extremamente produtivos, graças à evolução de três elementos: máquina-ferramenta, ferramentas de corte e comandos numéricos. Se hoje existem centros de usinagem com rotações do fuso principal da ordem de 60.000 rpm e tornos automáticos de cabeçote móvel com seus fusos principais girando com 12.000 rpm, é porque as modernas ferramentas de metal duro e cerâmico permitem atingir as velocidades de corte e, por conseguinte, as elevadas rotações dos fusos que elas suportam. De forma análoga, os carros porta-ferramentas de tornos a comando numérico, em geral, conseguem executar torneamentos de perfis complexos em alta velocidade de avanço, ou então, realizar

avanços rápidos da ordem de 30 m/min, é porque os modernos comandos numéricos digitais de 32 bits atingiram um estágio tecnológico que permite tais condições de trabalho. Portanto, a máquina-ferramenta e, em particular, os tornos automáticos tiveram as suas evoluções respaldadas na evolução conjunta dos outros dois elementos. Quanto à ferramenta de corte, é importante salientar que, além dela aumentar a capacidade de arranque de cavaco, ela tem sua vida aumentada, diminuindo os custos de fabricação. Novas ferramentas à base de materiais cerâmicos permitem a usinagem de materiais previamente endurecidos, eliminando com isto operações de retificação, proporcionando a diminuição dos custos de fabricação.

Quanto aos modernos comandos numéricos, além de terem maior rapidez e capacidade de processamento de dados, proporcionam uma série de possibilidades traduzidas da seguinte forma:

- *Enorme conforto operacional.*
- *Os programas podem ser feitos, tanto ao pé da máquina, como no escritório, com o apoio de computadores.*
- *Gerenciamento do trabalho de diversas máquinas interligadas em rede a um computador.*
- *Capacidade de realizar cálculos geométricos.*
- *Realizar simulações gráficas.*
- *Dispondo de banco de dados tecnológico, ou seja, indicando-se o material a ser usinado obtém-se os valores dos avanços e velocidades de corte, além da indicação do tipo de ferramenta de corte.*
- *Sistemas para medição automática das coordenadas das ferramentas de corte.*
- *Sistemas para medição automática de peças em processo.*
- *Sistemas para diagnósticos de falhas.*
- *Capacidade de ampliação do grau de automatização do torno automático, como por exemplo, a sua conexão a magazines de alimentação de barras ou peças, manipuladores de peças do tipo de pórtico, sistemas de medição das coordenadas de ferramentas ou de peças em processo, etc.*

9 Tendências

Apesar de muitas peças metálicas estarem sendo substituídas por materiais plásticos ou por outras tecnologias, a demanda mundial de tornos automáticos continuará crescendo pelos seguintes motivos:

- *Aumento da demanda, devido ao crescimento contínuo dos produtos de consumo e de bens duráveis, liderados pelas indústrias automobilística e de autopeças.*
- *Substituição de tornos antigos de tecnologias ultrapassadas por aqueles mais modernos, que levarão a uma maior produtividade e redução dos custos de produção.*
- *Otimização dos custos de fabricação pela adequação do torno automático indicado para o trabalho da peça em questão. É o caso de peças de geometrias relativamente simples, que são produzidas em centros de torneamento a comando numérico ou outro tipo de torno de alto valor.*
- *Aumento do grau de automatização das tornearias automáticas, visando diminuição de custos.*

Os seguintes tipos de tornos automáticos terão um grande campo de aplicação de acordo com as características do trabalho a ser realizado:

9.1 - Tornos automáticos monofusos de carros múltiplos a cames (Fig. 2)

Estes tornos automáticos são recomendados para a usinagem de peças simples ou de complexidade média, a partir de barras, e com médios ou grandes lotes de fabricação. Sugere-se a aplicação de magazines alimentadores de barras para aumentar a produtividade da máquina. As aplicações deste tipo de torno automático, porém dotado de magazines de alimentação automática de peças pré-formadas serão cada vez maiores. Como já foi dito, a grande vantagem destes tornos automáticos é a rapidez do ciclo de trabalho, face à possibilidade de simultaneidade de operações.

9.2 - Tornos automáticos multifusos a cames (Item 7.8)

Continuarão a ser utilizados na usinagem de peças de média e grande complexidade com precisão, porém na produção de lotes bastante grandes ou, até mesmo, trabalhos dedicados a um único tipo de peça, que justifiquem o elevado valor do investimento. As aplicações são, principalmente, para trabalhos a partir de barras, podendo também ser aplicados com magazines para alimentação automática de peças pré-formadas. Magazines de alimentação automática de barras também são recomendados para aumentar a eficiência da máquina. O tempo de preparação costuma ser minimizado, através do uso de pinças e porta-ferramentas de troca rápida, sendo que estas são pré-ajustadas fora da máquina.

9.3 - Tornos automáticos CNC de carros múltiplos (Fig.19 e 20)

Este é um tipo de torno automático, cuja demanda está aumentando significativamente, principalmente nas usinagens de pequenas e médias séries, onde se exige uma rápida preparação da máquina. Hoje em dia, é muito comum preparar a máquina duas ou mais vezes ao dia, exigindo flexibilidade no trabalho. Neste caso, o torno automático CNC de carros múltiplos substitui com enormes vantagens o seu semelhante acionado por cames, face à rapidez de preparação. A usinagem de grandes lotes de peças de precisão com média ou grande complexidade, também são produzidas de forma econômica nestas máquinas.

Em resumo, os tornos automáticos CNC de carros múltiplos estão proliferando cada vez mais, principalmente na substituição dos tornos automáticos a cames em geral e dos centros de torneamento, e também dos tornos universais CNC clássicos de elevados custos.

Fig.19 - Torno automático monofuso CNC de carros múltiplos.



Fig.20 - Carros múltiplos de um torno automático CNC com 6 eixos controlados.

9.4 - Tornos universais CNC clássicos de dois eixos (Item 7.6)

Por se tratar de tornos de aplicação universal, principalmente na usinagem de pequenas e médias séries, eles são responsáveis pela maior demanda de máquinas CNC no mundo, sendo muito grande o número de fabricantes oferecendo este tipo de máquinas.

Elas substituem, de uma forma geral, os tornos universais e paralelos mecânicos, além dos tornos revólveres convencionais e os automáticos a cames na usinagem de pequenas séries.

9.5 - Tornos automáticos CNC de cabeçote móvel (Fig. 8 e 9)

Este é um tipo de torno automático, cuja demanda está aumentando bastante em todo o mundo. Ele se aplica basicamente na produção seriada a partir de barras de peças longas em geral e curtas de alta complexidade e elevada precisão (Fig.21). O princípio do cabeçote móvel permite a usinagem da peça de forma extremamente estável, garantindo medidas com tolerâncias apertadas e acabamentos superficiais exigentes (item 7.5). Estes tornos automáticos CNC vêm substituir os equivalentes a cames e os centros de torneamento de elevado custo. Eles estão sendo utilizados muito na fabricação de componentes para prótese dentária e de parafusos ortopédicos



Fig.21 - Peças delgadas e complexas de alta precisão produzidas em um torno automático CNC de cabeçote móvel.

9.6 - Centros de torneamento a comando numérico (Item 7.7)

Os centros de torneamento CNC são verdadeiros centros de usinagem, pois além de oferecerem a possibilidade de utilizar-se vários carros porta-ferramentas com elevado número de ferramentas, que podem trabalhar simultaneamente, eles possibilitam a aplicação de ferramentas giratórias para realizar operações típicas de fresadoras, como furações transversais ou axiais, fora do centro geométrico da peça, fresamentos, ranhuras e chavetas.

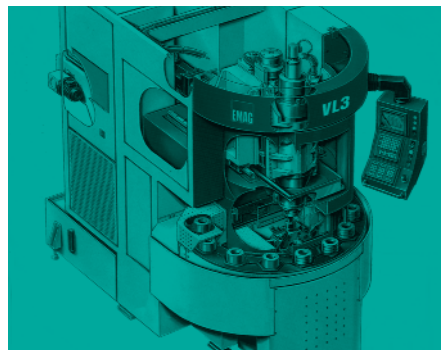
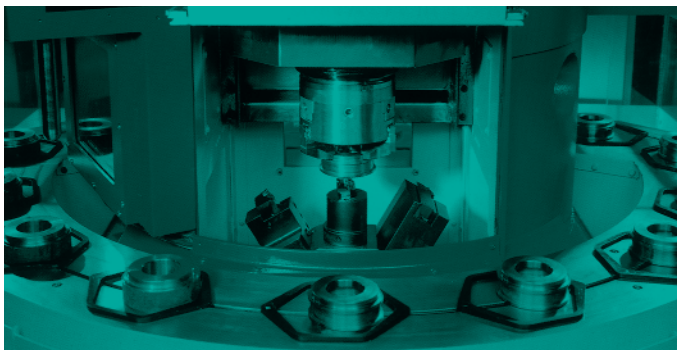
O controle do fuso principal permite tanto o posicionamento correto da peça em posições desejadas para a realização de uma determinada operação, assim como a capacidade de realizar movimentos de avanço de usinagem.

Um contra-fuso ou estação de agarre permite apanhar a peça após o término do primeiro lado para poder executar as operações na outra extremidade da peça. Com isto, peças de extrema complexidade e elevada precisão com curto tempo do ciclo de trabalho são indicadas para serem usinadas por completo neste tipo de máquina. Por outro lado, o investimento é elevado. Por isso, deve-se aplicar esta máquina para lotes de peças complexas de elevado custo, que venham utilizar a plena capacidade operativa da máquina.

9.7 - Tornos verticais CNC (Fig.10 e 22)

Este tipo de torno automático está sendo muito utilizado na fabricação de grandes séries de peças do tipo flange com carga e descarga automática das peças pré-formadas. Eles são muito utilizados hoje em dia pela indústria automobilística e de auto-peças. Este conceito de máquina veio substituir de forma elegante e econômica o dos tornos horizontais CNC clássicos dotados de manipuladores de pórtico ou robôs articulados.

Fig.22 - Sistema tipo carrossel de carga e descarga automática de peças de um torno vertical CNC.



9.8 - Magazines de alimentação automática de barras e peças (Fig.13, 14 e 15)

Estes acessórios estão sendo utilizados cada vez mais nas tornearias automáticas, pois proporcionam uma enorme racionalização no trabalho, levando a interessantes reduções de custos e aumento do conforto operacional. Nos países altamente industrializados cerca de 80% dos tornos automáticos para trabalhos a partir de barras trabalham com magazines, permitindo inclusive trabalhos da máquina em turnos sem supervisão. Apesar do investimento inicial ser um pouco mais elevado, os resultados de suas aplicações são sentidos no curto prazo.

9.9 - Serviços e apoio tecnológico

Uma máquina-ferramenta de primeira linha jamais terá um desempenho ideal se ela não for aproveitada na sua plenitude e se não for assistida tecnicamente de forma adequada ao longo de sua vida.

Para isto, é decisivo o apoio técnico a ser oferecido pelo fabricante da máquina-ferramenta, como por exemplo:

- *Dar informações técnicas a respeito da construção da máquina e de sua capacidade de trabalho antes da aquisição do equipamento.*
- *A instalação da máquina deve ser feita por técnicos especializados, que vão nivelar o equipamento, verificar as condições do fornecimento de energia elétrica, etc.*
- *Deve ser dado um treinamento adequado de operação e programação no caso de máquinas CNC.*
- *O apoio tecnológico é fundamental para os casos de otimização de processos de usinagem como, por exemplo, definição de estratégias e planos de trabalho, indicação do ferramental de corte ideal e seus parâmetros de corte, escolha do melhor meio de fixação, meio refrigerante, etc.*
- *Os manuais técnicos de instalação, instruções de serviço, programação CNC e de peças de reposição devem ser claros e de fácil e rápida localização da informação desejada.*

10

Conclusão

A indústria de manufatura deve ponderar, cada vez mais, ao investir em equipamentos automatizados com o objetivo de se produzir peças sempre com mais qualidade a menores custos.

A interação entre o usuário da máquina-ferramenta e os fabricantes dos equipamentos e das ferramentas de corte deve ser cada vez mais intensa, pois todos estão empenhados na constante busca de evolução tecnológica ideal.

O autor

Eng° Alfredo Vergilio Fuentes Ferrari



- Formado em Engenharia Mecânica pela Escola de Engenharia Mauá em 1970.
- Prêmios "Escola de Engenharia Mauá" e "Metal Leve" de Engenharia Mecânica em 1970.
- Curso de especialização em tornos automáticos monofusos a cames em 1971/72 na Hermann Traub Maschinenfabrik, Reichenbach an der Fils, Alemanha.
- Diversos cursos em máquinas-ferramenta a comando numérico na Alemanha.
- Pós-Graduação em Administração de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas em 1976.
- Curso de Especialização em Marketing Industrial pela Escola de Engenharia Mauá em 1978.
- Introduziu cursos de tornos automáticos a cames na Escola de Engenharia Mauá e Fatec em 1972 e a comando numérico na Sociedade Brasileira de Comando Numérico em 1981.
- Conferencista nos 1º, 2º, 3º e 4º Seminários da Sociedade Brasileira de Comando Numérico em 1981/82/83/84.
- Conferencista no Seminário "Usinagem em altíssimas velocidades de corte" no Instituto Tecnológico de Aeronáutica em 1998.
- Palestras e Conferências sobre Tornos Automáticos Mecânicos e a Comando Numérico na Argentina, Chile, México, EUA e Alemanha.
- Iniciou a carreira como estagiário em 1971 na Traubomatic Ind. Com. Ltda, hoje denominada Ergomat Ind. Com Ltda., ocupando atualmente o cargo de Diretor de Vendas.
- Vice-Presidente da Câmara Setorial de Máquinas-Ferramenta do Sindicato Nacional da Indústria de Máquinas nos períodos de 1994 a 1997 e 2002 a 2003.
- Conferencista no II Congresso "Usinagem 2002" em S. Paulo em Outubro 2002, onde foi apresentado este trabalho.

Ergomat: sempre a melhor solução

■ Assessoria técnica

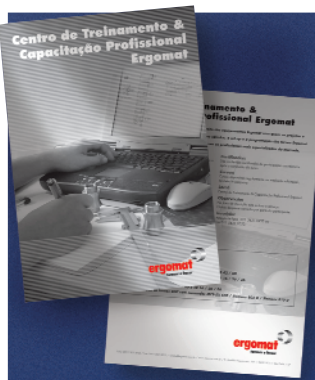
Antes mesmo de sua decisão de compra, a Ergomat oferece os seus serviços para a escolha do equipamento mais adequado para atender às suas necessidades de usinagem de peças.

Estudos econômicos e de viabilidade técnica complementam as ofertas.

■ Treinamento

A Ergomat garante o treinamento de programação, operação e manutenção através de seus técnicos e engenheiros altamente especializados.

Um show-room com máquinas dedicadas ao ensino está disponível para treinar os futuros usuários antes que a máquina seja instalada junto ao cliente.



■ Assistência técnica

A assistência técnica global é uma característica marcante da Ergomat.

Técnicos, engenheiros mecânicos e eletrônicos altamente especializados estão preparados para prestar quaisquer serviços de manutenção.

A organização de estoque e o atendimento garantem o fácil e rápido acesso à peças de reposição.

■ 40 anos de inovação

Fundada em 1962, a Ergomat é sinônimo de seriedade e competência aliadas à tradição de grande potencial inovador. Prova disto é a linha de tornos Ergomat. Da tradicional e respeitada família de tornos automáticos a cames, com mais de 15 mil máquinas produzidas no Brasil e operando nos 5 continentes, às modernas linhas de tornos CNC em uso nos mais exigentes países, como Alemanha, França, Itália, Japão, Suécia e EUA, a Ergomat tem sempre a melhor opção em tornos.



O mercado sabe que, ao adquirir um torno Ergomat, ele recebe, além de um equipamento moderno, produtivo e confiável, uma assessoria técnica competente, treinamento e peças originais garantidas por uma empresa de longa tradição.

Esta é a filosofia de trabalho Ergomat: apoio total e irrestrito aos seus clientes, visando parcerias sólidas e de longa duração. Invista na melhor solução, invista em um torno Ergomat!

Para informações mais completas, solicite o catálogo individual de cada linha e acesse www.ergomat.com.br



ergomat
tornear e fresar

Tel. +55 11 5631.6933 / Fax +55 11 5631.8553 / E-mail vendas@ergomat.com.br / www.ergomat.com.br
Rua Arnaldo Magniccaro, 364 / 04691-902 / São Paulo / SP / Brasil