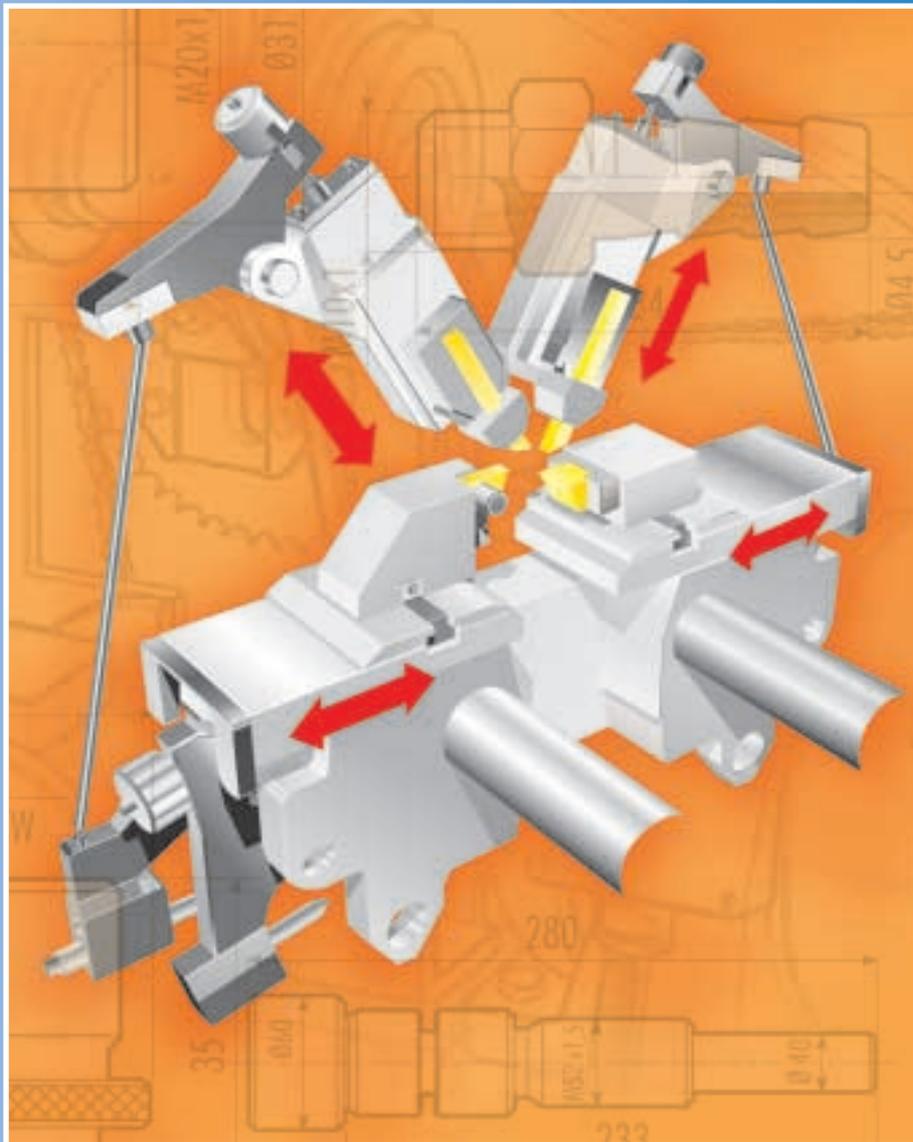


A anatomia dos tornos automáticos de acionamentos mecânicos

Eng° Alfredo Vergilio Fuentes Ferrari



Índice

Capítulo	Tema	Página
1	Introdução	1
	1.1 Generalidades	1
	1.2 O torneamento automático	1
	1.3 Produção constante	1
	1.4 Qualidade constante da peça usinada	1
	1.5 Desgaste constante de ferramentas	1
2	Construção	2
	2.1 Tornos automáticos de cabeçote fixo e cabeçote móvel	2
	2.2 Tornos automáticos multifusos	3
	2.3 Fixação do material	3
	2.4 Torno automático monofuso	4
	2.5 Movimentos dos carros porta-ferramentas	5
	2.6 Avanço do material	5
3	Cálculo de produção e desenvolvimento de cames em torno automático monofuso de cabeçote fixo	6
	3.1 Introdução	6
	3.2 Distribuição dos suportes porta-ferramentas	6
	3.3 O cálculo de produção e desenvolvimento de cames	6
	3.3.1 Determinação da velocidade de giro da árvore principal	7
	3.3.2 Distribuição da ordem das operações	7
	3.3.3 Determinação dos percursos de trabalho	7
	3.3.4 Escolha dos avanços	9
	3.3.5 Cálculo das rotações efetuadas pela árvore principal para cada uma das operações de trabalho	9
	3.3.6 Determinação dos tempos secundários	9
	3.3.7 Cálculo de produção	9
	3.3.8 Cálculo dos graus do came correspondente a cada operação	10
	3.3.9 Representação dos cames	11
4	Operação de corte	12
	4.1 Exemplo de aplicação	12
	4.1.1 RPM da árvore principal	12
	4.1.2 Rotações necessárias	12
	4.1.3 Produção horária	12
	4.1.4 Tempo por peça em segundos	12
5	Operação de cilindrar	13
6	Operação de furar	16
7	Usando o dispositivo revólver-estrela	16
8	Conclusão	17

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar as características construtivas dos tornos automáticos acionados através de cames, sua classificação, assim como o procedimento para se realizar os cálculos de produção horária e desenvolvimento dos cames com exemplos de aplicação.

1

Introdução

Como as demais máquinas-ferramenta, o torno, o mais aplicado dentro desta família de máquinas, é encontrado, hoje em dia, nas mais diversas configurações construtivas, sendo os tornos automáticos responsáveis pela evolução na manufatura de peças seriadas em médios e grandes lotes. Este artigo apresenta a construção, os métodos de trabalho, a programação e os acionamentos diversos, a fim de proporcionar uma orientação dentro deste campo em constante desenvolvimento.

1.1 – Generalidades

O torno automático é uma máquina-ferramenta muito utilizada na produção seriada em função dos curtos tempos dos ciclos de trabalho e da simultaneidade das operações.

As séries de trabalho têm-se tornado cada vez maiores, seguidas de um controle de qualidade muito rigoroso devido às tolerâncias, sempre cada vez mais apertadas, exigidas pelas indústrias em geral. Em situações desta natureza, tem sido necessário estudar-se cuidadosamente a aplicação de tornos automáticos acionados através de cames.

Existe uma série de fatores que determinam a substituição do trabalho manual pelo trabalho automático no torneamento de séries médias e grandes:

1.2 – O torneamento automático

Este não necessita de operador para comandar a máquina, tratando-se de uma vantagem muito grande, pois diminuirá, significativamente, os custos operacionais pela diminuição da mão-de-obra.

1.3 – Produção constante

Uma vez ajustada a máquina, pode-se contar no final do turno de trabalho com a quantidade de peças planejadas. Neste caso, o departamento de controle de produção trabalha com mais segurança, pois a máquina não depende de um operador, que pode falhar ou faltar no trabalho. Os planejadores de produção devem somente ter em conta um certo rendimento do trabalho, que prevê as trocas de barras e ferramentas, além de eventuais manutenções preventivas e corretivas.

1.4 – Qualidade constante da peça usinada

Isto significa que, uma vez ajustado o torno automático, ele trabalhará sempre com os mesmos avanços de usinagem, compatíveis com o material, a operação e as ferramentas de corte. O resultado disto é que a qualidade das peças usinadas é sempre a mesma, devendo-se somente atentar ao desgaste das ferramentas de trabalho, que devem ser trocadas, conforme necessidade. No caso do torno manual, obviamente, os avanços determinados pelo operador variam no decorrer do trabalho, dependendo do seu grau de fadiga, além de ele não identificar o tipo de operação, resultando, assim, uma variação das tolerâncias usinadas.

1.5 – Desgaste constante de ferramentas

Da mesma forma que no caso anterior, o desgaste da ferramenta depende do avanço de usinagem e do tipo de operação. Uma vez, sendo o trabalho automático, o ciclo de desgaste da ferramenta será constante, podendo-se planejar as quantidades de ferramentas de reserva e as suas consecutivas afiações.

Assim, analogamente ao caso anterior, o trabalho feito por comando manual resulta em desgaste incontrolável das ferramentas pelos motivos já explicados.

2 Construção

Os tornos, em geral, podem ser paralelos, verticais, semi-automáticos ou automáticos em seus diferentes conceitos e se baseiam no mesmo princípio de

funcionamento: a peça gira e as ferramentas fixas em seus respectivos porta-ferramentas cortam o material ao entrar em contato com a superfície da peça.

O que fundamentalmente diferencia o torno automático dos outros tipos, é que todo processo de usinagem feito através dos deslocamentos das ferramentas é mecanizado. Uma vez ajustado, o torno automático não requer a intervenção de nenhum operador; o acionamento faz com que cada uma das ferramentas se aproxime da peça em seu devido tempo com velocidade de corte e avanço adequados, e segundo uma seqüência pré-estabelecida. A automatização dos tornos se consegue através de uma série de dispositivos elétricos, mecânicos, pneumáticos, hidráulicos ou combinação destes, figurando como elemento principal, o came, ou outros sistemas.

Ao produzir-se peças, automaticamente, todos os movimentos das ferramentas são programados de modo a reduzir os tempos mortos, ou seja, os tempos durante os quais

não se efetua corte de material. Por isso, os tornos automáticos alcançam rendimentos muito maiores daqueles obtidos por tornos revólver ou de qualquer outro tipo. Por outro lado, o torno automático tem um tempo de preparação mais longo e cada tipo de peça a ser fabricado requer um plano de operações para posterior cálculo de produção e desenvolvimento dos comes, que devem ser feitos por pessoal com conhecimentos de trabalho nestas máquinas.

Sendo a preparação de um torno automático relativamente demorada, a utilização dos tornos automáticos torna-se interessante quando se trata de produzir grandes e médias séries, de tal forma que os tempos de preparação sejam absorvidos no custo total. Portanto, o torno automático foi concebido para a produção de peças iguais, a partir de barras ou pré-fabricadas, com auxílio de aparelhos automáticos de alimentação.

Uma vez preparado o torno e posto em movimento, a barra avança automaticamente através do eixo árvore até um encosto, que determina o comprimento que a peça deverá ter. A seguir, as ferramentas, automaticamente, iniciam a usinagem, uma após a outra, com uma distribuição lógica até realizarem todas as operações necessárias para deixar a peça formada. Duas ou mais ferramentas podem trabalhar simultaneamente, diminuindo os ciclos de trabalho. Quando se trabalha a partir de barras, a última operação é sempre a de corte, que destaca a peça da barra de trabalho.

Após o corte da peça, inicia-se um novo ciclo para a fabricação da peça seguinte, e assim sucessivamente até que se termine a barra e se introduza uma nova.

Fundamentalmente, um torno automático consiste de uma bancada ou base em cuja parte superior são montados o cabeçote, contendo a árvore principal com passagem, onde corre o material de trabalho,

os eixos de comando dos comes, os carros transversais porta-ferramentas, a contra-ponta ou o dispositivo revólver porta-ferramentas.

Os tornos automáticos podem ser classificados quanto ao tipo de construção do cabeçote como *fixo* ou *móvel*. Eles são, também, classificados quanto ao número de fusos, ou seja, *monofusos*, quando possuem um único fuso principal para produzir as peças e *multifusos*, quando possuem mais de um fuso principal. Hoje em dia, existem tornos multifusos de 4 até 8 fusos.

2.1 – Tornos automáticos de cabeçote fixo e de cabeçote móvel

O torno automático de cabeçote fixo é aplicado na usinagem de peças que apresentam relação diâmetro / comprimento com suficiente rigidez para que se possa executar as operações da peça em balanço, com esta sujeitada firmemente na árvore que somente gira com as revoluções necessárias. Desta maneira, as diversas operações se efetuam mediante os

movimentos radiais ou axiais dos distintos carros porta-ferramentas (Figura 1).

O torno automático de cabeçote móvel é aplicado a peças onde ocorre cilindramento, e cujos comprimentos a cilindrar sejam superiores a 3 ou 4 vezes o diâmetro da peça, fato este que apresenta problema no torno automático de cabeçote fixo, pois o excesso de material de balanço torna o processo de torneamento instável.

Fig. 1 - Princípio de funcionamento de um torno automático de cabeçote fixo.

- 1 - pinça
- 2 - barra
- 3 - peça
- 4 - ferramenta de forma
- 5 - ferramenta de cortar
- 6 - broca

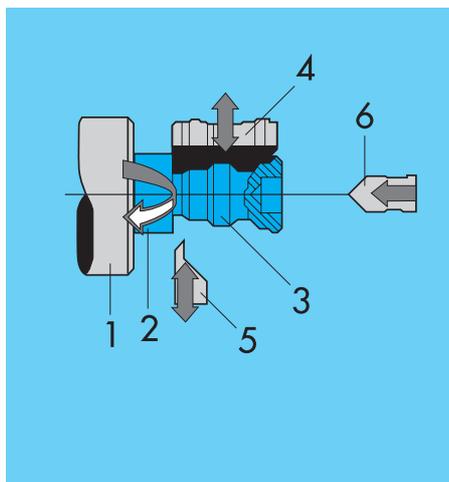
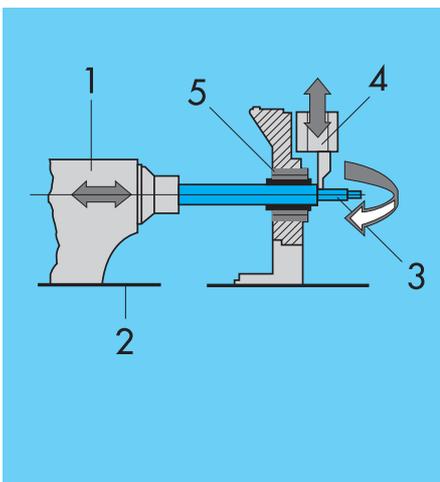


Fig. 2 - Princípio de funcionamento de um torno automático de cabeçote móvel.

- 1 - cabeçote móvel
- 2 - base
- 3 - peça
- 4 - ferramenta
- 5 - bucha de guia



O torno automático de cabeçote móvel consegue usinar, através de sua característica de operação, peças com alta precisão, daí a sua larga aplicação na fabricação de eixos de relógio e demais peças que necessitem tolerâncias apertadas. O primeiro torno automático de cabeçote móvel foi desenvolvido no final do século 19 na Suíça. Daí, estes tornos serem, mundialmente, chamados de "tipo suíço".

A figura 2 apresenta o aproveitamento da mobilidade do cabeçote (1), que arrasta a peça (3) contra a ferramenta (4) que, por sua vez, está somente posicionada para obter-se um diâmetro desejado. Como nos demais tipos de tornos, a árvore principal e a pinça transmitem à barra o movimento de rotação. Simultaneamente, o cabeçote acionado por um came se movimenta longitudinalmente na base (2). A barra empurrada contra a ferramenta passa pelo interior de uma bucha de guia (5). Desta forma, a ferramenta estando sempre bem próxima à bucha de guia, obter-se-á tolerâncias bem apertadas, já que a barra de trabalho sofrerá uma flexão muito pequena e constante, fato que num torneamento longitudinal através do deslocamento da ferramenta não ocorre, agravando-se quando a peça não tem estabilidade suficiente.

2.2 - Tornos automáticos multifusos

Estes tornos foram concebidos pela necessidade de atender maiores produções e obter-se melhores rendimentos. Por estes motivos, eles são vantajosos no caso de se ter de produzir lotes grandes. Por outro lado, representam um investimento bem maior que de um torno monofuso. Este investimento, porém, é justificado em face da altíssima produtividade do torno multifuso.

O torno automático multifuso dispõe de várias árvores principais de trabalho (4 até 8), o que significa que trabalham tantas barras, simultaneamente, quantas forem as árvores principais. De resto, são bastante semelhantes ao torno automático monofuso, já que todos os movimentos de avanço das barras, carros porta-ferramentas, fechamento de pinças, etc., são realizados por intermédio de cames. A figura 3 mostra o tambor de fusos de um torno automático com oito fusos. Basicamente, consiste de um tambor com oito fusos com passagens, através das quais passam as barras, como num torno automático monofuso.

Estes oito fusos giram com a mesma velocidade, sincronizados por engrenagens. Independentemente do movimento de rotação dos fusos principais, o tambor ou conjunto de árvores também gira, porém, não continuamente, mas sim avança de 1/8 de volta (45°), sendo que em cada intervalo de tempo em que o mesmo permanece parado são realizadas as diferentes operações nas barras. Em cada estação, portanto, se realizou uma ou várias operações, de forma que, executado um giro do tambor, a peça estará terminada.



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

2.3 - Fixação do material

O torno automático é, na maioria dos casos, usado para fabricação de peças a partir de barras. Porém, pode ser aplicado na usinagem de peças pré-fabricadas. Neste caso se requer carregadores automáticos, que introduzem a peça na árvore de trabalho automaticamente, para ser sujeitada. A descarga da peça também é automática. Estes carregadores devem ser projetados em função da peça, para a conveniente aplicação no torno automático de concepção seriada. No caso de utilizar-se o torno automático para trabalho de usinagem de barras trefiladas, cuja tolerância no diâmetro externo é h11, usa-se o sistema de sujeição por pinça, cujo acionamento é feito por um conjunto mecânico acionado por came, ou hidraulicamente, sendo o acionamento feito por um cilindro hidráulico com passagem. Não se recomenda a usinagem de barras laminadas, pois estas provocam maior desgaste de pinças e quebra das garras do conjunto de fixação.

A figura 4 exemplifica a árvore principal para trabalho com barras e fixação com pinça acionada mecanicamente.

No caso de peças pré-fabricadas a fixação pode ser feita por pinça ou através de placas de 2 a 3 castanhas acionadas hidráulicamente. A figura 5 demonstra a área de trabalho de um torno multifuso com 6 placas, carros transversais e tambor revólver para trabalhos a partir de barras.

Fig. 4 - Árvore principal para trabalho em barras, fixação com pinça

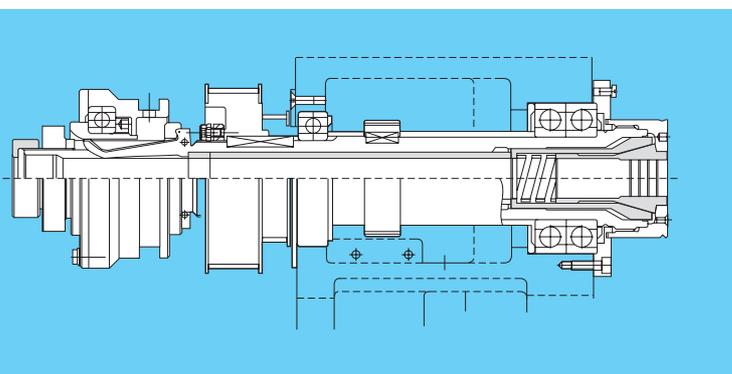
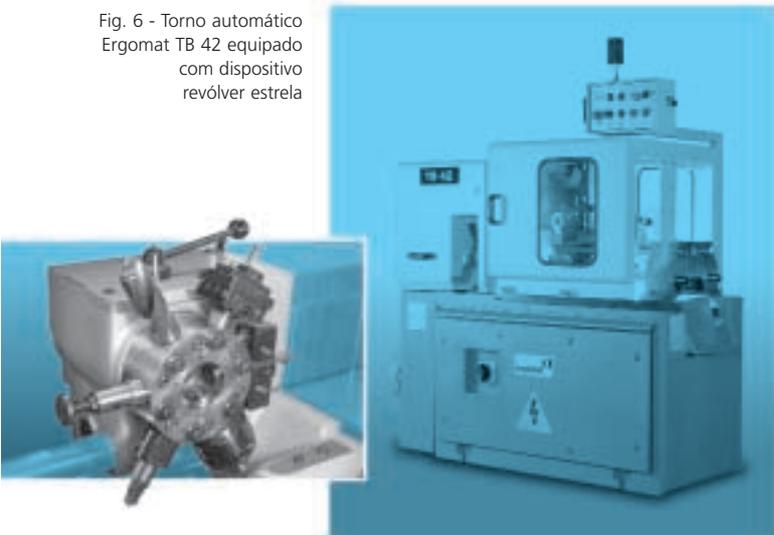


Fig. 5 - Área de trabalho de um torno automático multifuso



Fig. 6 - Torno automático Ergomat TB 42 equipado com dispositivo revólver estrela



2.4 - Torno automático monofuso

Como modelo ilustrativo, serão descritos a construção e o funcionamento de um torno representativo desta classe, numa versão básica, conforme figuras 7 e 8.

Basicamente, o torno automático monofuso é formado por base da máquina, cabeçote com a árvore principal, eixos de comando, eixos de guia, carros porta-ferramentas, dispositivos adicionais, avanço de material, etc. (figura 6). Na base da máquina se situam os espaços para o fluido refrigerante e cavacos, o painel elétrico, transmissões para a árvore principal e eixos de comando, cada qual destes dois últimos com motores independentes.

Sobre a base estão montados o cabeçote da árvore principal e o suporte de apoio no lado oposto e ambos são unidos por dois eixos de guia fixo temperados, retificados e lapidados, para servir de suporte para o dispositivo revólver estrela ou contra-ponta de furar.

Apoiados também entre o cabeçote e o suporte de apoio estão os eixos de comando, onde são fixados os tambores que prendem os cames. Através de um jogo de engrenagens intercambiáveis, faz-se a ajustagem correta da rotação destes eixos de comando, que giram com as mesmas rotações. A cada rotação dos eixos de comando, completa-se um ciclo de trabalho e, conseqüentemente, uma peça usinada. O torno automático dispõe de dois sistemas de acionamento bem definidos: o sistema de acionamento da árvore principal e o sistema de acionamento dos eixos de comando, que fazem girar os cames.

A árvore principal (figura 4) é acionada por motor elétrico e transmissão por correias. Através das mudanças de velocidade pela transmissão e comutando-se os pólos do motor, obtém-se a velocidade desejada da árvore principal.

O sistema de acionamento dos eixos de comando é composto de um motor elétrico com freio que, através de transmissão por corrente, aciona um parafuso sem fim no cabeçote da máquina e que, por sua vez, transmite a rotação aos eixos de comando em posição ortogonal à do eixo do parafuso sem fim. Uma embreagem acionada manualmente permite desacoplar o movimento do ciclo de trabalho até que a embreagem volte a ser acionada.

2.5 - Movimentos dos carros porta-ferramentas

O comando sobre as operações se efetua mediante cames. Cada carro porta-ferramenta e demais órgãos móveis, tais como encosto do material, sujeição do material e outros, têm para si um came. Perpendicularmente à árvore principal situam-se carros transversais e carros verticais que executam operações de sangramento, recartilhado e corte (figura 9). Para as operações de furação, usa-se o contra-ponta de furar ou dispositivo revólver-estrela.

Os cames são fixados em tambores porta-cames montados nos eixos de comando. Os números de rotações por minuto dos eixos de comando são idênticos e o sentido de giro pode ser o mesmo, ou contrário.

O avanço dos carros porta-ferramentas resulta do passo do came e do número de rotações da árvore de comando. Este número de rotações fica determinado, trocando-se as engrenagens intercambiáveis do mecanismo de acionamento do eixo de comando. Portanto, a cada giro dos eixos de comando, tem-se uma peça usinada, determinando o ciclo de trabalho.

De uma maneira geral, para o avanço dos carros transversais e verticais empregam-se cames em forma de disco. Enquanto que para o avanço da contra-ponta de furar e dispositivo de torneamento longitudinal, utiliza-se came de tambor. Em ambos os casos, terminada a operação da ferramenta, o retorno é dado através de um came para esta finalidade ou por mola montada no carro porta-ferramenta.

Fig. 7 - Raio X do torno automático monofuso Ergomat A 25

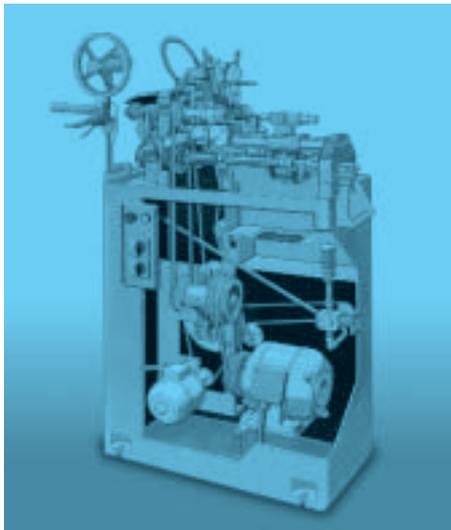


Fig. 8 - Torno automático monofuso Ergomat A 25

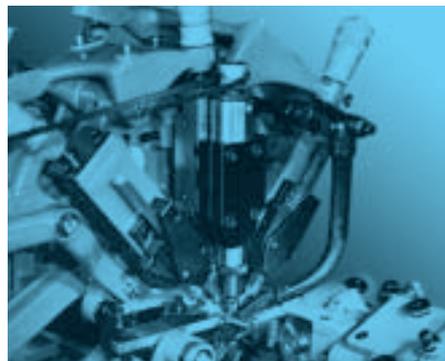


Fig. 9 - Carros verticais de um torno automático de cabeçote móvel

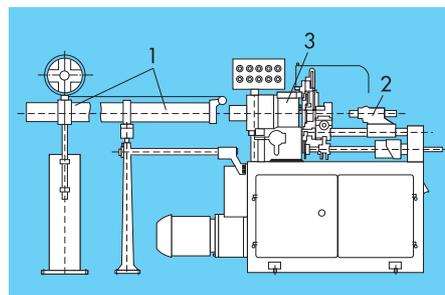


Fig. 10 - Vista de um torno automático monofuso

- 1 - Dispositivo de avanço com contrapeso
- 2 - Contra-ponta de furar
- 3 - Cabeçote

2.6 - Avanço do material

Normalmente, o avanço do material é feito por contrapeso. As barras avançam com a ajuda de um cabo e peso num tubo de guia (figura 10). Uma vez consumida a barra, a máquina desliga-se automaticamente, seguindo um comando elétrico. Existem alimentadores hidráulicos de barras, cuja força para avanço da barra é feita através de um cilindro hidráulico. Existem, também, carregadores completamente automáticos, que executam a retirada do retalho da barra usinada e a introdução da nova barra, automaticamente.

3

Cálculo de produção e desenvolvimento de cames em torno automático monofuso de cabeçote fixo

3.1 - Introdução

Os tornos automáticos de cabeçote fixo se destinam, basicamente, à fabricação de peças de forma suficientemente estáveis para que sua usinagem seja feita em balanço, caracterizando uma *usinagem estável*. A característica principal dos tornos automáticos para a fabricação de peças curtas é o cabeçote fixo. A peça de trabalho se fixa à árvore principal pela pinça e as distintas operações se efetuam segundo a sua forma, mediante os movimentos radiais e axiais dos distintos carros porta-ferramentas.

Os principais tipos de operações que se efetuam num torno automático são os seguintes:

- **perfilamento:** sangrar, formar, cortar
- **cilindramento:** radial, tangencial
- **furação:** normal, profunda
- **rosqueamento:** por corte, por laminação, por penteamento, por fresamento (só latão e alumínio)
- **alargamento e outras**

3.2 - Distribuição dos suportes porta-ferramentas

Em geral, o torno automático monofuso de cabeçote fixo trabalha com 4 carros porta-ferramentas radiais, podendo-se aplicar uma contra-ponta de furar, dispositivo de furar e rosquear, ou então dispositivo revólver-estrela para as operações com movimentos longitudinais em relação à árvore principal.

Os 4 suportes porta-ferramentas radiais são designados como segue:

- Suporte transversal dianteiro — **S₁**
- Suporte transversal traseiro — **S₂**
- Suporte vertical traseiro — **S₃**
- Suporte vertical dianteiro — **S₄**

A sua distribuição é demonstrada pela figura 11.

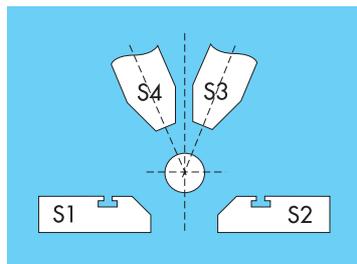


Fig.11
Distribuição dos carros porta-ferramentas transversais.

3.3 - O cálculo de produção e o desenvolvimento de cames

Para a usinagem de uma peça em um torno automático são necessários mecanismos de cames para o acionamento dos diversos carros porta-ferramentas.

A forma da peça a ser usinada e o tempo necessário para a sua produção determinam a forma de cada um dos cames. O cálculo de cames depende de um plano de trabalho, onde se analisam todas as operações requeridas para a usinagem da peça.

Como base para o cálculo, os seguintes fatores devem ser considerados:

- Material a ser utilizado.
- Qualidade da superfície e tolerâncias requeridas.
- Distribuição das diferentes operações nos suportes disponíveis.

Uma vez resolvidos estes pontos inicia-se o cálculo da produção horária e desenvolvimento dos cames. Para simplificar o cálculo é definido o perímetro dos cames em 360° (uma volta completa dos eixos de comando). Assim sendo, distinguem-se os chamados *tempos principais ou produtivos* - expressos em rotações da árvore principal, durante os quais se efetua a retirada de cavacos, e os *tempos secundários ou improdutivos* - expressos em graus de giro dos eixos de comando.

Os tempos principais ou produtivos resultam do cálculo das rotações da árvore principal, que ocorrem em cada operação. As rotações da árvore, que são determinantes para o rendimento, variam segundo a dimensão a ser usinada e o material da peça. Os tempos secundários resultam principalmente do ângulo de giro do eixo de comando expresso em graus. Estes ocorrem nos movimentos de:

- Abrir e fechar a pinça e avançar o material, sendo que para efeito de preparação da folha de cálculo será denominado apenas como *alimentar*.
- Avanço e retrocesso das ferramentas até a sua posição de trabalho ou saída.
- Saída do tope do material.
- Mudanças de posição das estações do dispositivo revólver ou do cabeçote de furar e rosquear.

Para o primeiro item de sujeição da peça, o valor do tempo secundário é constante e vale, em geral, 40°. Assim sendo, para a elaboração da folha de cálculo tem-se os seguintes passos:

3.3.1 - Determinação da velocidade de giro da árvore principal

Esta velocidade em rotações por minuto (rpm) se determina através da velocidade de corte apropriada para o material a ser usinado (tabela 1), levando em conta o tipo de operação que se efetua, chamando de:

- **n** = rotações por minuto da árvore principal (rpm)
- **v** = velocidade de corte (m/min)
- **d** = diâmetro do material (mm)

$$n = \frac{v \cdot 1\,000}{\pi \cdot d} \text{ (rpm)}$$

3.3.2 - Distribuição da ordem das operações

A determinação da ordem das operações depende da peça que será usinada, não se podendo portanto fixar uma regra. Como última operação, deve-se anotar sempre *alimentar*. Tais dados se registram na coluna de *operações* da folha de cálculo.

3.3.3 - Determinação dos percursos de trabalho

Para este fim é fundamental que se conheça as dimensões do produto a ser usinado. Por segurança, deve-se acrescentar ao percurso de trabalho 0,2 a 0,4 mm. Na folha de cálculo, o curso total resultante deve ser anotado na coluna de *percurso* em milímetros (figura 12).

3.3.4 - Escolha dos avanços

Os avanços que serão utilizados dependem de vários fatores, tais como a qualidade do material que se emprega, tolerâncias e qualidades das superfícies, forma das ferramentas, etc. (tabela 1). Estes dados se registram na coluna de **avanço** em milímetros por rotação (figura 12).

3.3.5 - Cálculo das rotações efetuadas pela árvore principal para cada uma das operações de trabalho (tempos produtivos)

O cálculo das rotações produtivas necessárias para a realização de uma determinada operação é feito pela divisão do percurso de trabalho (mm) pelo avanço (mm/rot), valores que devem ser registrados nas colunas **rotações necessárias** e **rotações produtivas**. Rotações necessárias são aquelas que determinam o tempo total de cada operação e rotações produtivas são aquelas que determinam o tempo principal de usinagem.

3.3.6 - Determinação dos tempos secundários

Os tempos secundários são característicos de cada máquina e do tipo de came utilizado, sendo que estes dados são tabelados pelos diversos fabricantes de tornos automáticos (tabela 2) e relacionados com a peça a ser produzida. Os tempos são expressos em graus e são de grande importância para o funcionamento e a otimização do processo idealizado.

3.3.7 - Cálculo de produção

O tempo necessário para a fabricação de uma peça é obtido pela soma dos tempos principais (gerados das rotações produtivas) e dos tempos secundários. Durante um processo de usinagem, onde ocorrem várias operações distintas e simultâneas, o tempo principal para efeito de cálculo é aquele realizado pela operação mais longa. Este tempo é o responsável pela produção na usinagem das peças. Serão somados todos os valores de "rotações produtivas" e também os tempos secundários. Assim sendo, a diferença entre o valor de 360° e a soma dos tempos secundários em graus representará os graus produtivos disponíveis para a usinagem.

Serão chamados de:

- G2** = o tempo secundário em graus
R = as rotações produtivas em graus

Nestas condições a produção em peças por hora num torno automático é:

$$\text{Produção/hora} = \frac{n \times (360 - G2) \times 60}{R \times 360}$$

Note-se que a relação n / R representa a quantidade de peças por minuto que se obteria caso não existissem tempos secundários, ou melhor, se todo o tempo fosse gasto com a remoção de cavacos. No caso da fórmula acima, tem-se a produção horária, descontando-se os tempos secundários.

Tabela 2 – Graus secundários para aproximação e retrocesso dos cames

Tipo de suporte	Abrev.	Graus necessários para cada milímetro	
		Aproximação	Retrocesso
Suporte transversal dianteiro	S1	2,5	1
Suporte transversal traseiro	S2	2,5	1
Suporte vertical dianteiro	S4	2	0,7
Suporte vertical traseiro	S3	2	0,7
Contra - ponta de furar	BP	1	1
Dispositivo de cilindrar	LE	1,5	1
Tope	A	4	1,5

Assim, simplificando:

$$\text{Produção/hora} = \frac{n \times (360 - G2)}{R \times 6} \quad (\text{Peças/hora})$$

A produção a ser ajustada na máquina é a mais próxima da calculada, conforme a tabela das rpm escalonadas da máquina utilizada (tabela 4).

O tempo do ciclo para cada peça em segundos será calculado dividindo-se 3.600 pela produção horária.

3.3.8 - Cálculo dos graus do came correspondente a cada operação

Para a determinação do came é indispensável transformar em graus as rotações necessárias calculadas para cada operação.

Serão designados:

- R_i** = rotação necessária para uma determinada operação
- α_i** = graus do came para uma determinada operação

Assim sendo:

$$\alpha_i = \frac{(360^\circ - G2)}{R} \times R_i$$

Calculam-se, em seguida, os graus necessários e os graus produtivos. A soma de todos os graus produtivos representa o tempo produtivo, ou seja, o tempo onde há retirada de cavaco e vale:

$$G1 = 360^\circ - G2.$$

Os valores calculados são registrados, respectivamente, nas colunas de graus necessários e produtivos (figura 12).

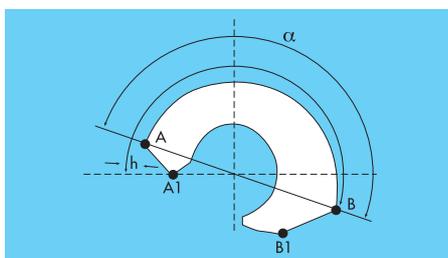


Fig. 13 - Representação gráfica de um came de disco

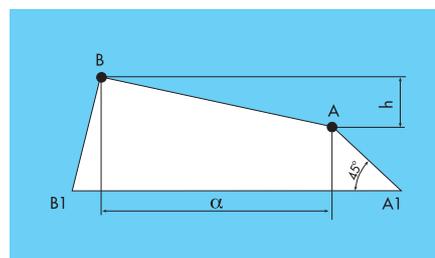


Fig. 14 - Representação gráfica de um came de tambor

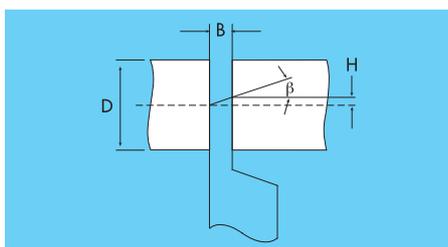


Fig. 15 - Dimensões de uma ferramenta de corte em função da barra de trabalho

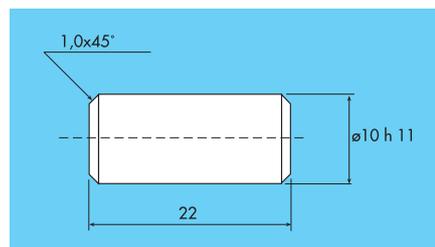


Fig. 16 - Pino cilíndrico, usinado conforme plano de trabalho da fig. 12

3.3.9 - Representação dos cames

Um came fica definido por um *ângulo* α e um percurso h . O ângulo α é calculado da maneira exposta no item anterior. O percurso h é o percurso de trabalho na peça multiplicado pela relação de alavanca do suporte, relação esta que depende de cada máquina.

• Came de disco

A figura 13 mostra a representação de um came de disco. A curva AB é definida pelo percurso h e o ângulo α . Esta curva, ao girar no eixo de comando com velocidade angular constante, transmitirá ao apalpador da alavanca, que aciona o carro porta-ferramenta, uma velocidade retilínea e uniforme, definindo assim o avanço adotado. O trecho AA1 do came determina a aproximação da ferramenta à peça de trabalho. Este trecho da curva é padronizado e existem gabaritos para o seu traçado de acordo com a máquina utilizada. Os valores em graus da aproximação que se deseja dar estão tabelados (tabela 2).

O trecho BB1 do came determina o retrocesso da ferramenta em relação à peça de trabalho. Assim, como o trecho AA1, este também é padronizado de acordo com a máquina utilizada e tem seus valores em graus tabelados (tabela 2) em função do percurso que se quer retroceder.

• Came de tambor

Representa-se um came de tambor conforme figura 14.

Assim, como no caso anterior, o trecho AB do came representa o trecho de usinagem. O trecho AA1 é o de aproximação e não deve ser mais do que 45°. O trecho BB1 é o retrocesso. As retas AA1, AB e BB1 são trechos desenvolvidos no plano de hélices cilíndricas.

Tabela 3 - Dados para dimensionamento da ferramenta de corte

D mm	B m	Medida H (mm) em função de β									
		16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	36°
1-4	1	0,29	0,33	0,37	0,40	0,45	0,49	0,53	0,58	0,63	0,70
4,1-5	1,2	0,35	0,39	0,44	0,49	0,54	0,59	0,64	0,69	0,75	0,84
5,1-8	1,5	0,43	0,49	0,55	0,61	0,67	0,73	0,80	0,87	0,94	1,05
8,1-14	2	0,57	0,65	0,73	0,82	0,89	0,97	1,06	1,15	1,25	1,40
14,1-22	2,5	0,72	0,81	0,91	1,00	1,10	1,22	1,33	1,44	1,56	1,75
22,1-33	3	0,86	0,98	1,10	1,20	1,35	1,46	1,60	1,75	1,87	2,10
32-40	3,5	1,00	1,14	1,25	1,40	1,53	1,70	1,85	2,02	2,20	2,45

Tabela 4 - RPM do fuso principal

POS	A	B
1	550	1.100
2	700	1.400
3	900	1.800
Motor	1.400	2.800

Operações	Tempo - Graus				
	0°	45°	180°	270°	360°
S2 - Pré-cortar					
S4 - Chanfrar					
S1 - Cortar					
S1 - Retroceder					
Alimentar					

Fig.17 - Gráfico representativo do ciclo de usinagem

Tempo produtivo
 Tempo secundário

4

Operação de corte

A operação de corte é executada através de um dos carros radiais com o auxílio de uma ferramenta chamada, também, de bedame de corte. A tabela 3 indica a largura de corte da ferramenta em função do diâmetro do material que está sendo trabalhado (figura 15). A fim de aliviar o esforço e o desgaste da ferramenta de cortar, pode-se usar uma ferramenta de pré-cortar, isto caso haja um porta-ferramenta disponível. O percurso S do corte é dado por:

$$S = \frac{D}{2} + H + (0,2 \text{ a } 0,4 \text{ mm})$$

onde H (tabela 3) é a medida que deve ser vencida, devido ao ângulo da ponta β , em geral 22° . As medidas de 0,2 a 0,4 mm são os acréscimos de segurança mencionados em 3.3.3.

4.1 - Exemplo de aplicação

A seguir será dado um exemplo simples de aplicação para usinagem de um pino cilíndrico com material aço de corte livre Chumbaloy de diâmetro 10 mm (figura 16). Utiliza-se uma ferramenta de pré-corte e o plano de trabalho é conforme a figura 12.

Cálculos efetuados

4.1.1 - rpm da árvore principal

Para o aço chumbaloy (tabela 1) a velocidade de corte está na faixa de 50 a 80 m/min para operação de tornear.

Para a rotação do fuso (tabela 4) de 2 450 rpm, temos:

$$v = \frac{2.450 \times 10 \times \pi}{1000} = 77 \text{ m/min.}$$

4.1.2 - Rotações necessárias

A rotação necessária de cada operação é obtida dividindo-se os respectivos percursos pelos avanços em milímetros por rotação, encontrados na tabela 1:

$$\text{Pré-cortar} \text{ — } R = \frac{3,0}{0,035} = 86 \text{ rotações}$$

$$\text{Chanfrar} \text{ — } R = \frac{1,5}{0,03} = 50 \text{ rotações}$$

$$\text{Cortar} \text{ — } R = \frac{6,2}{0,035} = 177 \text{ rotações}$$

4.1.3 - Produção horária:

Usando a fórmula do item 3.3.7:

$$\text{peças/hora} = \frac{2.450 \times 310}{187 \times 6} = 667$$

A máquina será ajustada com 700 peças/hora (tabela 5).

4.1.4 - Tempo por peça em segundos:

O tempo por peça em segundos é calculado, dividindo-se 3.600 pela produção horária ajustada. No caso deste exemplo:

$$\text{Seg/peça} = \frac{3.600}{700} = 5,14$$

Representação do exemplo feito em gráfico mostra as operações no decorrer do tempo (figura 17).

5

Operação de cilindrar

O dispositivo ilustrado (figura 18) serve para usinar superfícies cilíndricas ou cônicas, sendo que a ferramenta de torneiar se desloca no sentido longitudinal em relação à linha de centro da peça. Pode ser montado sobre o suporte transversal dianteiro ou traseiro. O movimento longitudinal é transmitido por meio de um came de tambor.

O cálculo de produção e determinação dos cames, conforme figura 20, demonstra a seqüência para a usinagem de um pino indicado na figura 21. O material é aço chumbaloy e barras com 16 mm de diâmetro. A máquina utilizada é um torno automático monofuso Ergomat modelo A25.

Tabela 5 - Produção horárias ajustáveis

Aplicação do torno automático monofuso Ergomat A25					
pçs/hora	seg/peça	pçs/hora	seg/peça	pçs/hora	seg/peça
28	128,6	130	27,7	520	6,9
37	97,3	145	24,8	585	6,1
41	87,8	170	21,8	660	5,4
44	81,8	190	19,0	700	5,15
50	72,0	215	16,7	780	4,62
57	63,2	230	15,7	865	4,16
64	56,3	260	13,8	935	3,85
68	53,0	275	13,1	1.040	3,47
75	48,0	305	11,8	1.250	2,88
80	45,0	330	10,9	1.340	2,69
92	39,1	375	9,6	1.500	2,40
98	36,7	420	8,6	1.750	2,06
110	32,7	450	8,0	1.950	1,84
120	30,0	500	7,2	2.100	1,71

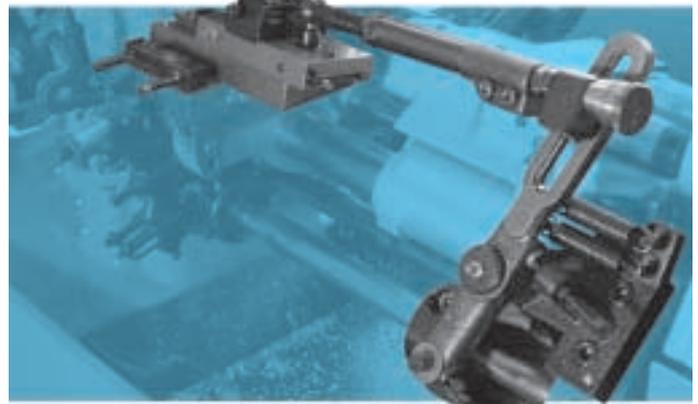
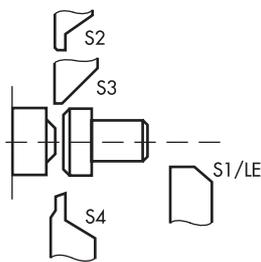


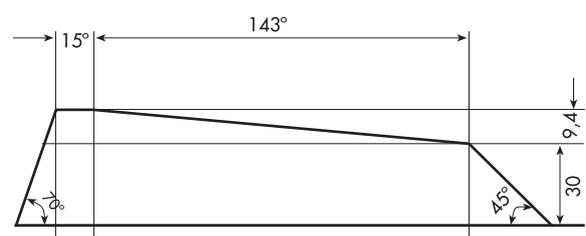
Fig. 18 - Dispositivo de torneamento longitudinal

Fig. 20, abaixo - plano de trabalho em um torno automático monofuso

Tornos automáticos - Cálculo de produção e de Cames



Peça	Pino cilíndrico
Material	Chumbaloy
Bitola	Ø 16mm.
Fuso principal	n = 1800 rpm. v = 90 m/min.
Rendimento	= 260pçs/h.
Tempo da Peça	= 13,8 seg/pç.



Operações	Percurso mm	Avanço mm/rot	Rotações do Fuso		tempo 2 rio	Graus		Came		
			necessárias	produtivas		necessários	produtivos	início	term.	
1	S1/LE - Cilindrar Ø1,0+0,1	14,0	0,08	175	175		143	143	0	143
2	S3 - Chanfrar	1,2	0,02	60	---		49	---	60	109
3	S2 - Pré-cortar (Ø 10)	3,0	0,03	100	---		81	---	57	131
4	S4 - Retroceder	9,0	0,03	300	200		245	163	61	306
5	Alimentar					14			306	320
6						40			320	360
7										
16										
17										
18						375	54		306	

Tornos automáticos - Cálculo de produção e de Cames

		Peça								
		Bucha								
		Material								
		Chumbaloy								
		Bitola								
Ø 14mm.		Fuso principal		n = 1600 rpm.		v = 70 m/min.		Rendimento = 375pçs/h.		
Tempo por Peça = 9,6 seg/pç.										
Operações	Percurso mm	Avanço mm/rot	Rotações do Fuso		tempo 2 rio	Graus		Came		
			necessárias	produtivas		necessários	produtivos	início	term.	
1	BP - Furar Ø 6 ± 0,1	16	0,1	160	160		234	234	0	234
2	BP - Retroceder					28			234	262
3	S2 - Chanfrar	1,0	0,02	50	---		73	---	50	123
4	S1 - Cortar	5,0/1,0	0,03	167	33		244	48	66	310
5	S1 - Retroceder					10			310	320
6	Alimentar					40			320	360
7										
16										
17										
18					193	78		282		

Fig. 24, acima - Plano de trabalho em um torno automático monofuso.

Fig. 25, abaixo - Plano de trabalho em um torno automático monofuso.

Plano de ferramentas TD 36

Peça Conexão	Material Chumbaloy	Bitola Sextavado 22 mm	Fuso principal n = 1.180 rpm v = 70 m/min	Rendimento = 64,5 peças/hora Tempo por peça = 56 seg/peça

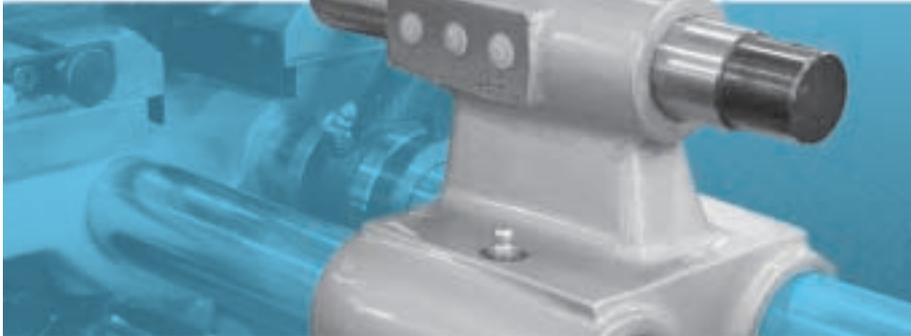
6 Operação de furar

A operação de furar é executada pela contra-ponta de furar (figura 19). O movimento de avanço é feito, em geral, por um came de tambor aplicado diretamente ao corpo do dispositivo. O retorno da contra-ponta é feito por um came de retrocesso.

Um exemplo de cálculo de produção e determinação dos comes, conforme figura 24, para usinagem de uma bucha desenhada de acordo com a figura 22, sabendo-se que o material é aço chumbaloy a partir de barras de 14 mm de diâmetro.

Máquina utilizada: torno automático monofuso Ergomat, modelo A25.

Fig. 19 - Contra-ponta de furação



7 Usando o dispositivo revólver-estrela

A tabela 6 apresenta um plano de trabalho para a usinagem da peça indicada na figura 23, sendo usinada num torno automático, marca Ergomat, modelo TD-36, equipado com dispositivo revólver-estrela, caixa de mudanças de velocidades e porta-ferramentas básicos, cujo processo de trabalho está indicado na figura 25. O tempo do ciclo de usinagem é de 64,5 peças por hora, ou seja, 56 segundos por peça e o material utilizado é o chumbaloy.

A usinagem desta peça exige uma versatilidade muito grande do torno automático, solicitando uma série grande de operações, entre as quais diversas furações, perfilamentos, três rosqueamentos, sendo duas rosas à direita e uma à esquerda.

Neste caso, para o rosqueamento, é fundamental o emprego da caixa de mudanças de velocidade, que permite primeiro, a redução das rpm da árvore principal para trabalhar com a velocidade de corte ideal e, em segundo lugar, comandar a inversão do sentido de rotação desta árvore para saída do macho e do cossinete.

Todas as operações realizadas com os carros transversais para perfilamento, corte e recartilha ficam sincronizadas com as operações executadas pelo dispositivo revólver-estrela. Os trabalhos simultâneos são planejados de tal forma que garantam uma perfeita estabilidade de usinagem, bom acabamento superficial e um tempo de ciclo de trabalho otimizado.

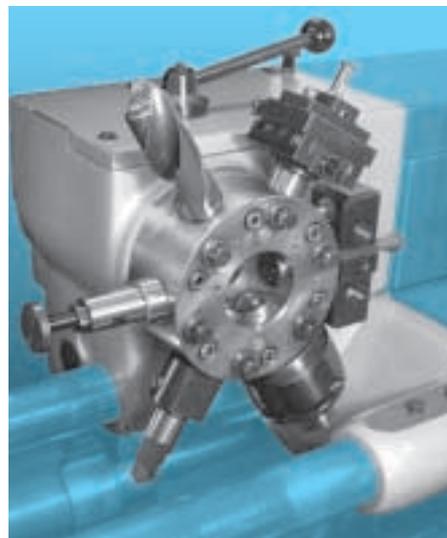


Fig. 26 - Dispositivo revólver-estrela

8

Conclusão

Com o desenvolvimento da indústria de manufatura em geral, o aumento das séries e das exigências quanto à qualidade dos produtos produzidos, a utilização dos tornos automáticos tem sido decisiva no processo evolutivo das empresas.

O grau de automatização é uma busca incessante pelos engenheiros e técnicos de manufatura no sentido de, cada vez mais, atingir-se reduções nos custos de fabricação, racionalização dos trabalhos executados e melhorias na qualidade dos produtos.

Novas tecnologias de controles de máquinas-ferramenta como as de comando numérico computadorizado vem evoluindo a passos largos, principalmente, na produção de pequenas e médias séries, em face da rápida preparação da máquina-ferramenta. Porém, os tornos automáticos acionados através de cames continuarão a ter um grande campo de aplicação na usinagem de grandes séries de peças de pequena e média complexidade.

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 onde foi apresentado este trabalho e 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 2004.
- Conferencista no II Congresso "Usinagem 2002" em S. Paulo em Outubro 2002.

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 5633.5000 / 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