

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

TRABALHO DE FORMATURA

AUTOMATIZAÇÃO DE UM TORNO REVÓLVER

AUTOR:

JORGE HORIKAWA

ORIENTADOR:

PROF. MARCO STIPKOVIC

1980

AGRADECIMENTOS

Ao Professor MARCO STIPKOVIC pelas inestimáveis orientações prestadas.

Ao Engenheiro Alfredo V. Fuentes Ferrari da Traubomatic Indústria e Comércio Ltda, pelas informações e colaborações fornecidas.

À Xervitt Ind. e Com. de Máquinas Ltda. pelo fornecimento de catálogos.

À Ivan Rocha da Silva, pelo trabalho de datilografia.

PREFÁCIO

Milhões de pessoas observam, manipulam e usam diariamente uma variedade incalculável de objetos: utensílios de cozinha, móveis, instrumentos de trabalho, máquinas de calcular, papéis, tecidos, jornais, automóveis, etc. Poucos são porém - aqueles que se detêm num exame atento a fim de intuir como um qualquer objeto possa ter sido realizado.

A fabricação em série de um simples alfinete, ou de um prego, por exemplo, requer máquinas automáticas muito complexas, que custaram inestimáveis sacrifícios por parte de técnicos e industriais.

Qualquer objeto, quando da fabricação em série, requer atenta análise para poder encontrar o processo mais rápido e menos caro para realizá-lo. É preciso dispor, de qualquer maneira, de máquinas especiais que o homem deve inventar e aperfeiçoar.

Assim, o torno automático já tem seu lugar bem estabelecido na nossa indústria, e existe um vivo interesse por muitos, indireta e mesmo diretamente ligados à sua função, de melhor se familiarizarem com um tipo de máquina que exerce influência decisiva na formação do projeto que envolve torneamento.

Pelas razões indicadas elaboramos um trabalho com caráter teórico - prático baseando-se em sistemas já conhecidos de automatização de tornos foi realizado um trabalho de adaptações tomando como ponto de partida um torno revólver, transformando-os em um torno-automático. A partir deste estudo de automatização poderemos melhor familiarizarmos com os princípios - funcionais deste tipo de máquina operatriz.

ÍNDICE

Pág.

VOL.1

CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE TORNOS
AUTOMÁTICOS.

I.1 - Introdução	1
I.2 - Construção	2
I.2.1- Tornos Automáticos de Cabeçote Fixo e Móvel.	4
I.2.2- Tornos Automáticos Multifusos	5
I.2.3- Torno Automático Monofuso.....	16

CAPITULO II - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE TORNOS
REVÓLVER.

II.1 - Introdução	44
II.2 - Tornos Revólver de Castelo Horizontal.....	45
II.3 - Torno Revólver de Castelo Frontal.....	47
II.4 - Algumas Formas de Cabeçotes.....	54

VOL. 2

CAPÍTULO III - CONJUNTO DO CABEÇOTE.

III.1- Potência do Motor	56
III.2- Dimensionamento da Caixa de Mudança	57
III.3- Dimensionamento dos Eixos	64
III.4- Seleção dos Rolamentos	78
III.5- Dimensionamento das Chavetas	83

ÍNDICE

Pág.

CAPÍTULO IV - DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO DE
ACIONAMENTO DO EIXO DE COMANDO

IV.1 - Seleção do Motor.....	86
IV.1.2- Dados	88
IV.2 - Dimensionamento do Par II	89
IV.2.1- Dimensionamento do Par III.....	91
IV.3 - Dimensionamento da Transmissão por Corrente	93
IV.4 - Dimensionamento dos Eixos	96

VOL.3

CAPÍTULO V - CÁLCULO DE PRODUÇÃO E DE CAMES EM TOR-
NOS AUTOMÁTICOS DE CABEÇOTE FIXO.

V.1 - Introdução	106
V.2 - Cálculo de Posição e de Cames	107

CAPITULO V

CÁLCULO DE PRODUÇÃO E DE CAMES EM TORNOS
AUTOMÁTICOS DE CABEÇOTE FIXO

V.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. A caracte-rística principal dos tornos automáticos para a fabricação de peças curtas (ou de forma) é o cabeçote fixo. A peça de traba-lho se fixa à árvore principal pela pinça e as distintas opera-ções se efetuam segundo a sua forma, mediante os movimentos ra-diais e/ou axiais dos distintos carros porta-ferramentas.

São os seguintes os tipos de operações mais importan-tes que se efetuam num torno automático:

- | | |
|------------------|---|
| a. perfilamento | sangrar, formar
cortar |
| b. cilindramento | radial
tangencial |
| c. furação | normal
profunda |
| d. rosqueamento | por corte
por laminação
por penteamento
por fresamento (só latão e alumínio) |

e. alargamento e outros

V.2 - O Cálculo de produção e de Cames.

Para a usinagem de uma peça num torno automático são necessários mecanismos de cames para o acionamento dos diversos 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 estudam todas as operações requeridas para usinagem da peça.

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

- a. Material a ser utilizado
- b. Qualidade de superfície e tolerância requerida
- c. Distribuição das diferentes operações nos suportes disponíveis.

Uma vez resolvidos estes problemas, inicia-se o cálculo dos camos. Para simplificar o cálculo, é definido o período máximo das curvas em 360° (uma volta dos eixos de comando). Assim sendo, distingue-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 participam de cada operação. As rotações da árvore que são determinantes para o ren-

dimento 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:

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

Para o item a 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, seguir-se-ã os seguintes passos:

V.2.1 - Determinação da velocidade de giro da árvore principal.

Esta velocidade (rpm) se determina através da velocidade de corte apropriada, para o material a ser usinado (tab. V.1), e levando-se 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)

Temos que

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} \quad (\text{rpm})$$

V.2.2 - Distribuição da ordem das operações.

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

TAB.V.1 — VELOCIDADES DE CORTE E DE AVANÇO

		M A T E R I A L							
Operação	Alumínio	Latão para torno autom.	Latão Bronze	Chumbaloy	SAE 1112 50 kg/mm ²	SAE 1020 63 kg/mm ²	Aço liga 80 kg/mm ²	Aco tratado 100 kg/mm ²	
Tornear	150-200	100-160	80-140	50-80	50-60	40-50	30-40	20-30	
Furar	70-120	70-120	50-80	30-45	20-30	15-20	10-15	9-12	
Rosquear	30-50	30-50	20-40	9-12	7-10	5-7	—	—	
Cilindrar	0,08 -0,15	0,07 -0,12	0,065-0,085	0,06 -0,08	0,06 -0,07	0,05 -0,07	0,05 -0,065	0,04 -0,06	
Cortar sem pré-corte	0,035-0,05	0,035-0,045	0,03 -0,04	0,02 -0,04	0,025-0,03	0,01 -0,025	0,017-0,02	0,015-0,018	
Cortar com pré-corte	0,05 -0,07	0,04 -0,05	0,035-0,045	0,035-0,045	0,03 -0,04	0,025-0,035	0,02 -0,03	0,015-0,02	
Sangrar	0,03 -0,06	0,02 -0,05	0,02 -0,04	0,015-0,03	0,015-0,025	0,01 -0,02	0,012-0,02	0,01 -0,017	
Formar	0,02 -0,05	0,02 -0,04	0,02 -0,025	0,015-0,02	0,012-0,017	0,01 -0,015	0,01 -0,012	0,007-0,01	
Chanfrar	0,15 -0,20	0,09 -0,14	0,07 -0,13	0,04 -0,09	0,03 -0,07	0,03 -0,06	0,02 -0,05	0,01 -0,04	
Centrar	0,18 -0,22	0,10 -0,15	0,08 -0,14	0,05 -0,14	0,04 -0,08	0,04 -0,07	0,03 -0,06	0,02 -0,05	
Furar Ø 2-4	0,07 -0,12	0,06 -0,14	0,04 -0,08	0,02 -0,05	0,02 -0,04	0,017-0,037	0,01 -0,03	0,008-0,02	
Furar Ø 4-8	0,10 -0,16	0,08 -0,12	0,07 -0,10	0,04 -0,09	0,03 -0,08	0,03 -0,06	0,02 -0,05	0,01 -0,04	
Furar Ø 8-14	0,12 -0,18	0,10 -0,15	0,09 -0,13	0,06 -0,10	0,05 -0,08	0,05 -0,07	0,04 -0,06	0,03 -0,05	
Furar Ø 14-20	0,14 -0,20	0,12 -0,18	0,10 -0,15	0,10 -0,14	0,10 -0,13	0,09 -0,10	0,08 -0,10	0,07 -0,09	
Alargar até Ø 5	0,3 -0,40	0,25 -0,30	0,20 -0,30	0,10 -0,25	0,10 -0,20	0,05 -0,10	—	—	
Alargar Ø 5-14	0,40 -0,80	0,35 -0,70	0,30 -0,60	0,25 -0,35	0,20 -0,30	0,10 -0,20	—	—	

V.2.3 - Determinação dos percursos de trabalho.

Para este fim é fundamental que se saiba 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 "percursos de trabalho em milímetros" figura V.1.

TORNOS AUTOMATICOS – CALCULO DE PRODUÇÃO E DE CAMES

ESQUEMA DA OPERAÇÃO

PEÇA

Pino cilíndrico

MATERIAL

SAE 1112

BITOLA

Ø 10 mm.

FUSO PRINCIPAL

n. 2450 rpm.

v. 77 m/min.

RENDIMENTO

TEMPO DA PEÇA

CURVA DE FURAR OU CILINDRAR

	OPERAÇÕES	PERCURSO mm	AVANÇO mm/rot	ROTAÇÕES DO FUSO		tempo 2 rio	GRAUS		CAME	
				necessárias	produtivas		necessários	produtivos	início	term.
1	Qh- Pré-cortar	3,0	0,035	86	10		143	17	0	143
2	SSv- Chanfrar	1,5	0,03	50	---		83	---	20	163
3	Qv- Cortar	6,2	0,035	177	177		293	293	17	310
4	Qv- Retroceder					10			310	320
5	Alimentar					40			320	360

15										
16										
17										
18					187	50		310		

— Plano de trabalho para um torno automático monofuso, tipo Traub A25

Fig.V.1

V.2.4 - 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, foram das ferramentas, etc. (tab. V.1). Estes dados se registram na coluna de "avanços" em milímetros por rotação (fig.V.1).

V.2.5 - 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 relação entre percurso de trabalho (mm) por avanço (mm/rot), valores que devem ser registrados na coluna "rotações necessárias e produtivas".

V.2.6 - Determinação dos tempos secundários.

Os tempos secundários são características de cada máquina e do came, dados estes tabelados (tab.V.2) e relacionados com a peça a ser produzida. Os tempos para o funcionamento do processo idealizado.

TAB.V.2— GRAUS SECUNDÁRIOS PARA APROXIMAÇÃO E RETROCESSO DOS CAMES

Tipo de suporte	Abrev.	Graus necessários para cada milímetro de	
		Aproximação	Retrocesso
Suporte transversal dianteiro	S ₁	2,5	1
Suporte transversal traseiro	S ₂	2,5	1
Suporte vertical dianteiro	S ₃	2	0,7
Suporte vertical traseiro	S ₄	2	0,7
Contra - ponta de furar	BP	1	1
Dispositivo de cilindrar	LE	1,5	1
Tope	A	4	1,5

V.2.7 - Cálculo de produção.

O tempo necessário para a fabricação de uma peça é - obtido dos tempos principais ou rotações produtivas como também dos tempos secundários expressos em graus. Durante um processo onde ocorrem várias operações distintas, o tempo principal da operação, efetuada simultaneamente com o maior tempo, - entra no cálculo. Este tempo é responsável pela produção na - usinagem das peças. Serão somados todos os valores de "rota - ções 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:

G 2 = o tempo secundário em graus

R = as rotações produtivas em graus.

Nestes termos, a produção em peças por hora num tor - no automático será:

$$\text{Produção/hora} = \frac{n \times (360 - 62) \times 60}{R \times 360}$$

Simplificando:

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

Observe-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 em retirada de cavaco. O tempo para cada peça em segundos será calculado - por : $3600/\text{produção horária}$. A produção a ser ajustada pela má-

quina é a mais próxima da calculada.

V.2.8 - Cálculo dos graus do came correspondente a cada operação.

Para a determinação da curva, é indispensável transformar em graus as rotações necessárias calculadas para cada operação:

Serão chamados:

R_i = rotação necessária para a i^a operação

α_i = graus do came para a i^a operação

Assim sendo,

$$\alpha_i = \frac{(360^\circ - 62)}{R} \times R_i$$

Calcula-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 (fig. V.1)

V.2.9 - Representação de cames.

Um came fica definido por um ângulo α e um percurso h . O ângulo α calcula-se da maneira exposta no item anterior. O percurso h é o percurso de trabalho na peça multi-

plicado pela relação de alavanca do suporte, relação esta que depende da máquina.

a. Came de disco - representa-se um came de disco da seguinte maneira (fig. V.2)

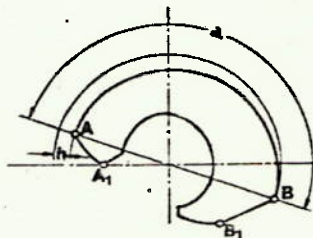


Fig.V.2 — Representação gráfica de um came de disco

A curva AB é definida por h e α define o percurso de usinagem. Esta curva, ao girar no eixo de comando com velocidade angular constante, transmitirá ao apalpador da alavanca - 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. Os valores em graus da - aproximação que se deseja dar estão tabelados (tab.V.2).

O trecho BB₁ do came determina o retrocesso da ferramenta em relação à peça de trabalho. Assim com o trecho AA₁, este também é padronizado e tem seus valores em graus. Tabelados (tab.V.2) em função do percurso que se quer retroceder.

- b. Came de tambo - Representa-se um came de tambor conforme a fig. V.3

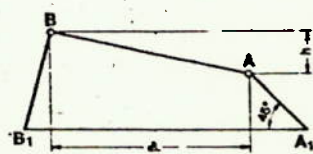


Fig.V.3 — Representação gráfica de um came de tambor

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 incluir mais do que 45°. O trecho BB₁ é o retrocesso. As retas AA₁, AB e BB₁ são trechos desenvolvidos no plano de hélices cilíndricas.

V.2.10 - Operação de corte.

A operação de corte é executada através de um dos carros radiais com o auxílio de uma ferramenta, ou bedame, de corte. A tabela V.3 fornece a largura de corte da ferramenta em função do diâmetro do material que está sendo trabalhado (fig.V.4).

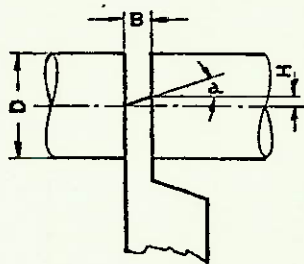
TAB.V.3 — DADOS PARA DIMENSIONAMENTO DA FERRAMENTA DE CORTE

D mm	B m	Medida H (mm) em função de α									
		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

A fim de aliviar a 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 (tab.V.3) é a medida que deve ser vencida devido ao ângulo da ponta α , em geral 22°. As medidas de 0,2 a 0,4 mm, são os acréscimos de segurança mencionados em V.2.3.



Tab.V.4 — Dimensões de uma ferramenta de corte em função da barra de trabalho

BIBLIOGRAFIA

- DUBBEL - Manual do Engenheiro Mecânico - Vol.6 - S.Paulo - HEMUS - 1979.
- ROSSI, M. - Máquinas Operatrizes Modernas -
- STIPKOVIC, M. - Engrenagens - São Paulo - McGraw-Hill, 1973.
- DOBROVOLSKI, V. - Elementos de Máquinas - Moscou - Editorial MIR - 1976.
- FERRARI, ALFREDO V.F. - Anatomia do Torno Automático de Acio namentos Mecânicos - Apostila - 1976.
- ZAMPESE, BORIS - Manual de Elementos de Máquinas - EPUSP - 1976.

CATÁLOGOS DE FABRICANTES:

- TRAUBOMATIC IND. E COMÉRCIO LTDA.
- XERVITT IND. E COMÉRCIO DE MÁQUINAS LTDA.
- SKF ROLAMENTOS S.A.