

Sys 1849248

ESCOLA POLITECNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA
TRABALHO DE FORMATURA

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PROCESSOS
DE FABRICAÇÃO DE FERRAMENTAS
PARTE I - USINAGEM

AUTOR : JAMES SHIMOMOTO
ORIENTADOR : MARCO STIPKOVIC FILHO

SUMARIO

De acordo com a atual perspectiva quanto aos processos industriais em geral, percebemos um gradativo aumento no interesse, por parte dos produtores, no sentido da otimização do processamento de matérias primas, visando a obtenção de produtos finais ou intermediários com menores custos.

Esse interesse, embora antigo, tornou-se mais intenso com a recente crise energética, e a perspectiva do escasseamento das fontes energéticas não renováveis. A economia de materiais processados através de usinagem, conformação e fundição, representa outro meio de redução do custo da peça.

Componentes que há pouco tempo eram obtidos por um dado processo, estão sendo produzidos atualmente por outros, com significativa economia de material, diminuição do tempo de processamento e a consequente diminuição do custo final. Neste espaço vale citar o exemplo da técnica de conformação a frio ou recalque a frio, comparado ao processo de usinagem.

Este trabalho visa, portanto, o emprego da técnica do recalque na fabricação de uma ponta Philips de aparafusar. Neste caso, será feita a descrição do processo de fabricação da peça, utilizando-se exclusivamente a técnica da usinagem, e, posteriormente, serão apresentadas propostas de processos onde serão empregados a técnica do recalque.

Será feito, portanto, uma introdução às características da técnica do recalque, vantagens, descrição das máquinas recaladoras, sequência operacional, etc.

INDICE

pág.

PARTE I - Usinagem.

CAPITULO I	- Descrição da peça.....	1
CAPITULO II	- Descrição do processo de usinagem.....	7
CAPITULO III	- Obtenção dos parâmetros de usinagem...	19
ANEXOS - PARTE I.....		33

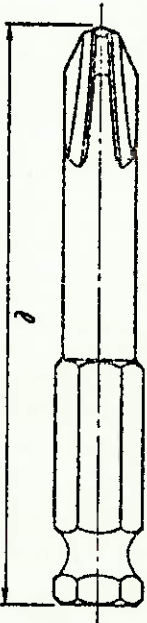
PARTE II - Deformação a frio.

CAPITULO IV	- Descrição do processo de recalque.....	34
CAPITULO V	- Fundamentos da tecnologia da deformação a frio.....	39
CAPITULO VI	- Descrição operacional de uma deformadora a frio.....	50
CAPITULO VII	- Tipos de máquinas utilizadas.....	57
CAPITULO VIII	- Normas para o recalque.....	61
CAPITULO IX	- Ferramental para o recalque.....	72
ANEXOS - PARTE II.....		87
BIBLIOGRAFIA.....		88

CAPÍTULO I
DESCRIÇÃO DA PEÇA

A peça sobre a qual será desenvolvida a descrição de ambos os processos, a usinagem e o recalque a frio, trata-se de uma ponta Phillips, com haste sextavada universal.

As dimensões da peça foram obtidas através das normas DIN 3126, DIN 3128 e DIN 5260. A escolha da forma e dimensões da ferramenta foi feita levando-se em consideração a ausência de restrições ao livre escoamento do metal, que dificultariam a operação de recalque.

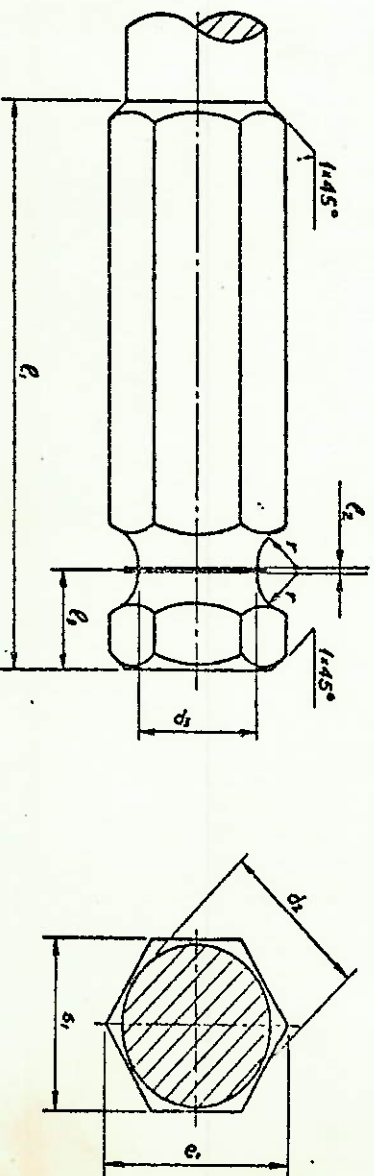


Da norma: FORMA E:

tipo da ponta segundo a norma DIN 5260	l ± 1 (mm)						
	tipo da haste segundo norma DIN 3126						
	A 5,5	C 4	C 6,3	C 8	E 6,3	E 8	E 11,2
0	50	25	25	-	50	-	-
1	50	25	25	32	50	50	-
2	50	25	25	32	50	50	75
3	50	-	32	32	50	50	75
4	-	-	32	38	-	50	75

Tabela 1

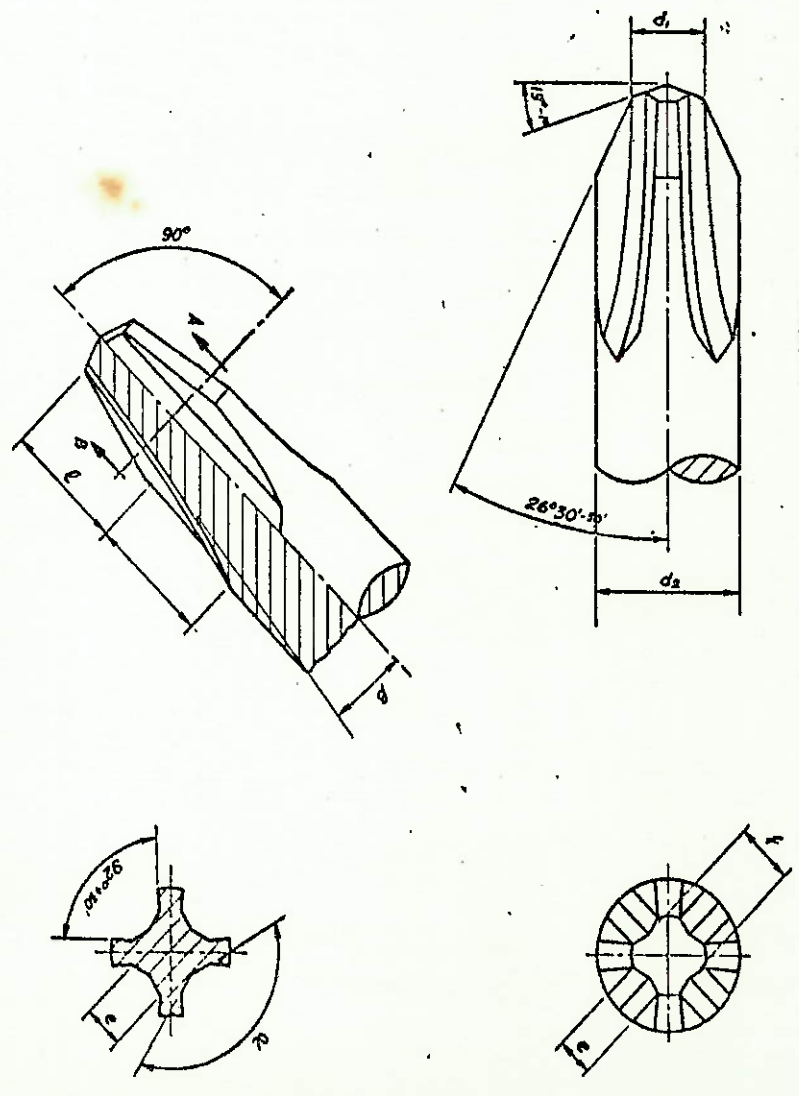
Detalhe da haste (DIN 3126). FORMA E :



FORMA E:

medidas em milímetros.

Detalhe da ponta:



n ²	d ₁	d ₂	e	f	l	α	β
	-0,050		tol.ª	+0,050		+30'	+30'
0	0,838	3	0,290	+0,090	0,559	4	7°
1	1,295	4,5	0,488	+0,050	0,975	4	138° 7°
2	2,311	6	1,077	+0,050	1,514	5	140° 5°45'
3	3,835	8	2,073	+0,050	2,471	8	146° 5°45'
4	5,105	10	2,713	+0,050	3,548	9	153° 7°

O material da peça deve possuir boa usinabilidade e características adequadas para a têmpera e o revenido. O tipo de solicitação da ponta de aparafusar requer tenacidade do material empregado na sua confecção. A escolha do aço empregado foi feita mediante a consulta a livros específicos e a catálogos de fabricantes.

Especificação do aço (AISI-SAE): "0"-1 (DIN 12419).

composição química: C = 0,90%

Mn = 1,00%

Si = 0,25%

Cr = 0,50%

W = 0,50%

têmpera: temperatura ($^{\circ}\text{C}$): 790 a 815 $^{\circ}\text{C}$.

meio: óleo.

profundidade de endurecimento: média.

características gerais: indeformabilidade: muito boa.

tenacidade: regular.

resistência ao desgaste: boa.

resist. ao amolecimento pelo calor: pequena.

usinabilidade: boa.

Aço escolhido segundo catálogo UDDEHOLM : UHB ARNE.

- composição química: C = 0,9%

Mn = 1,2%

Cr = 0,5%

W = 0,5%

V = 0,1%

- dureza Brinell fornecida: 190 - 210.

- tratamento térmico: 790 a 810 $^{\circ}\text{C}$, em óleo.

- dureza RC após revenimento:

$^{\circ}\text{C}$	100	200	300	400	500	600
RC	63	60	56	51	46	41

- aplicação: tipo indeformável (intermediário). A qualidade mais usada dos aços para têmpera em óleo sem deforma-

TABELA 1:
Aços para trabalho a frio ou indeformáveis

Tipo		Composição, %							Tempera			Característicos Gerais				
Aço	Classificação AISI SAE	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	Co	Temperatura °C	Meio	Profundidade de endurecimento	Propriedade de indeformabilidade	Tenacidade	Resistência no desgaste	Resistência ao amolecimento pelo calor	Usinabilidade
De baixa liga e temperáveis em óleo	01	0,90	1,00	0,25	0,50	0,50	—	—	790 — 815	Óleo	Média	Muito boa	Regular	Boa	Pequena	Boa
	02	0,90	1,60	0,25	—	—	—	—	760 — 800							
	07	1,20	0,25	0,25	0,75	1,75	0,25*	—	855 — 885							
De média liga e temperáveis ao ar	A2	1,00	0,50	0,25	5,00	—	1,00	—	925 — 980	Ar	Grande	Excelente	Regular	Muito boa	Regular	Regular
	A4	1,00	2,00	0,30	1,00	—	1,00	—	790 — 870							
	A5	1,00	3,00	0,30	1,00	—	1,00	—	790 — 870							
	A6	0,70	2,00	0,30	1,00	—	1,00	—	790 — 870							
De alta liga e temperáveis em óleo	D3	2,25	0,35	0,35	12,00	—	—	—	955 — 995	Óleo	Grande	Muito boa	Pequena	Excelente	Regular	Pequena
	D6	2,25	0,35	1,00	12,00	1,00	—	—	955 — 995							
De alta liga e temperáveis ao ar	D1	1,00	0,35	0,35	12,00	—	1,00	—	970 — 1010	Ar	Grande	Excelente	Pequena	Excelente	Regular	Pequena
	D2	1,50	0,35	0,35	12,00	—	1,00	—	980 — 1040							
	D4	2,25	0,35	0,35	12,00	—	1,00	—	980 — 1025							
	D5	1,50	0,35	0,35	12,00	—	1,00	3,00	980 — 1040							

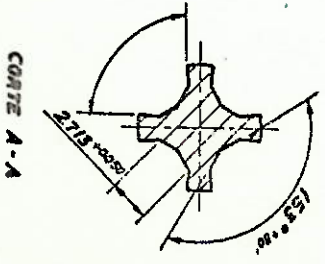
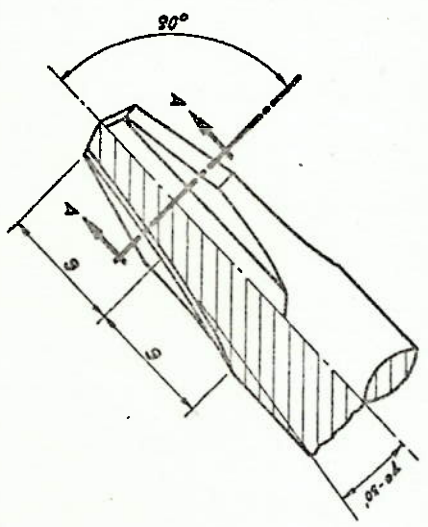
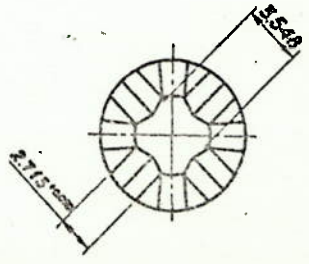
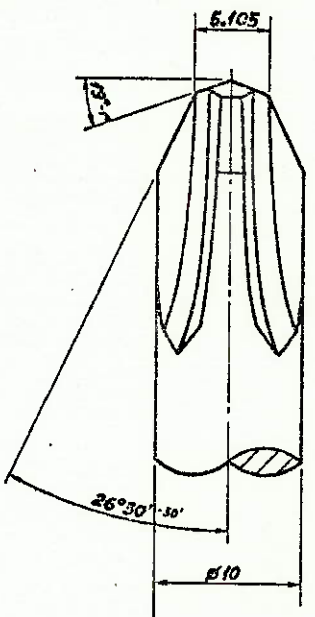
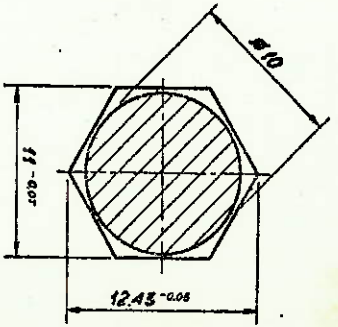
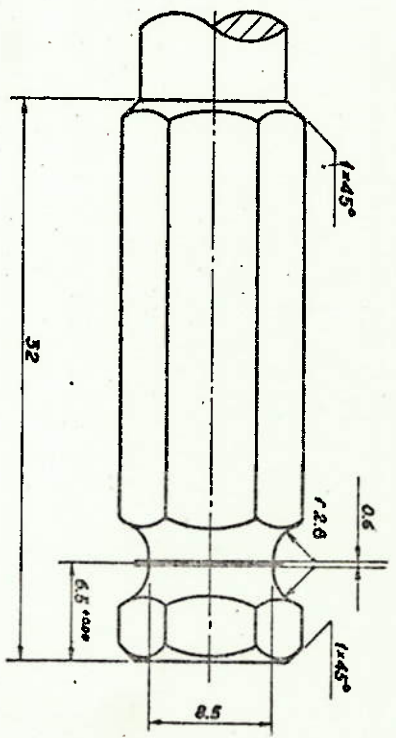
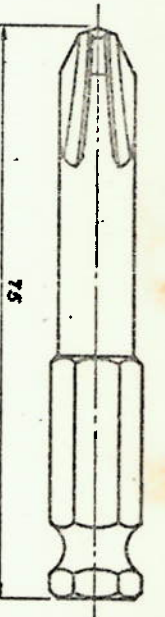
* Elemento opcional. Os aços têm propriedades satisfatórias com ou sem esses elementos.

ções. Tipo universal para os mais variados fins, como por exemplo, machos, cosinetes, fresas, estampos, cunhas, rolletes para rebarbar latas, cilindros, laminadores para ouro e rebarbadores a frio. Também para peças de construção mecânica como engrenagens, guias, pinos, etc.

Tabela 2.

Características dos aços-ferramenta Uddeholm

TIPOS	COMPOSIÇÃO QUÍMICA	Fornecida DUREZA BRINEL	TEMPERATURA °C	DUREZA RC após Revenimento °C						SAE AISI	APLICAÇÕES GERAIS
				100	200	300	400	500	600		
VALAND	C 0,28 X	200	1030							H-21	Aço de alta liga para ferramentas que trabalham em altas temperaturas, extraordinariamente resistente ao calor, conservando dureza e tenacidade em temperaturas elevadas. Matrizes a quente para parafusos, rebolos e pinos, matrizes para fundição sob pressão, de alumínio, latão, etc. Matrizes e moldes para metais em estado dourado ou semi-dourado.
	Cr 3,0 X		1150	52	52	52	51	50	46		
VALVAR	W 9,5 X	220	ÓLEO							H-13	Boa resistência ao calor e alta resistência contra desgaste em temperaturas elevadas. Suporta bom choque e mudanças bruscas de temperatura. Especialmente recomendável para matrizes para fundição sob pressão de metais leves, matrizes a quente para metais não ferrosos, mandris e estiragem de tubos, matrizes para tirar robarbas e ferramentas grandes para trabalho a frio.
	V 0,3 X		AR								
GRANITE	C 0,37 X	180	1000							L-6	Aço com têmpera profunda, grande resistência à abrasão e fadiga e extrema tenacidade após a têmpera para trabalhos a frio como matrizes para cunhagem de talheres e cutelaria, matrizes com impressões profundas. A quente para matrizes de martelo de queda, moldes grandes, para baquelite, plástico, etc.
	Si 1,0 X		1050	52	50	50	52	55	42		
GRANITE	Mn 0,35 X	210	ÓLEO							S-1	Aço com tenacidade extraordinária em combinação com boa dureza. Indicado para talhadeiras, pontas pneumáticas, punções de alta capacidade. Ótima resistência contra choques, por exemplo: martelos e pistões para ferramentas pneumáticas. Também em ferramentas a quente para fundição sob pressão de zinco. REGIN pode, também, ser cementado sem perder suas qualidades.
	Cr 5,30 X		AR								
GRANITE	Mo 1,40 X	220	800							D-6	Aço altamente indeformável indicado para estampas e matrizes que exigem grande capacidade de corte e resistência ao desgaste. Ótimo para punções, matrizes para chapa siliciosa, calibres para não puxar, matrizes para estiragem de tubos, matrizes para cerâmica, facas para tesouras, facas circulares para chapa e fita de aço, etc.
	V 1,00 X		840	59	56	53	49	45	40		



PMC 500 - Trabalho de formatura		Marco
Ponta PHILLIPS nº 4 com haste sextavada		EPUSP

O processo descrito a seguir refere-se a um volume de produção relativamente pequeno, utilizando-se um número limitado de máquinas operatrizes e operadores. Posteriormente se fará a escolha das máquinas que executarão os processos e as ferramentas de corte, de acordo com catálogos de fabricantes.

a) Corte do tarugo:

A primeira etapa de fabricação da peça, consiste no corte de uma barra circular de bitola 1/2", cuja especificação já foi feita, segundo comprimento necessário para posteriores operações de usinagem. Consideraremos nesse caso um sobremetal de 1,0 mm, já prevendo o posterior faceamento do tarugo.

Essa operação de corte pode ser executada através de uma serra mecânica ou de uma guilhotina. Embora a operação com uma guilhotina seja mais rápida em relação à da serra mecânica, optamos pela segunda, visto que a rapidez do corte se constitui em um fator de pouca importância, pois as operações subsequentes, tais como o torneamento do corpo da peça e o fresamento da ponta propriamente dita, se constituem em etapas demoradas, ocasionando descon- tinuidades no fluxo de fabricação.

b) Faceamento do tarugo:

O processo de corte do tarugo confere à superfície corta da uma rugosidade excessiva. Deve-se então executar uma operação de faceamento das extremidades, que constituirão a superfície final da peça. No presente caso, uma das extremidades do tarugo sofrerá a usinagem que lhe conferirá a forma cônica da ponta Phillips não necessitando então da operação de faceamento. A outra se constituirá na extremidade da haste, devendo desse modo ser faceada.

O faceamento será executado por meio de um torno paralelo universal, com o corte feito com o auxílio de pastilhas de metal duro, como mostrado no desenho 1, onde temos:

-peça 1: cabeçote.

2: fuso.

3: assento da pinça.

4: parafuso de posicionamento.

5: pinça.

6: porca de aperto.

7: peça de trabalho.

8: pastilha de metal duro.

9: porta-ferramentas.

Analisando-se o desenho 1, vemos que o posicionamento é feito através do parafuso (4), que atua sobre a extremidade oposta à do faceamento. A porca (6) é então girada no sentido de aperto, forçando os mordentes da pinça (5) sobre a peça de trabalho.

c) Fresamento da haste:

A seção hexagonal da haste é conseguida através da usinagem da extremidade oposta à ponta cônica, utilizando-se duas fre-sas de corte lateral, dispostas paralelamente uma à outra no eixo da fresadora. Essa disposição está representada no desenho 2, onde temos:

-peça 1: fresa.

2: eixo da fresadora.

3: espaçadores.

4: peça de trabalho.

5: porca de aperto.

6: pinça.

7: parafuso de posicionamento.

8: assento da pinça.

9: cabeçote do divisor.

O procedimento do posicionamento e fixação da peça de trabalho é similar ao utilizado na operação de faceamento: com a peça fixa no carro móvel, avança-se estas em direção às fresas por meio do acionamento da alavanca de avanço. Desse modo são fresadas duas faces opostas do sextavado simultaneamente.

Após concluídas as duas primeiras faces, a peça retorna e sofre uma rotação de 120° , através do acionamento da mesa de divisão. Executa-se então o fresamento de mais duas faces. A repetição do procedimento, mais uma vez, conclui a usinagem da haste.

d) Usinagem da ponta cônica:

A conicidade da ponta é feita através da utilização de uma pastilha de metal duro, que se aproxima da peça de trabalho segundo um ângulo de posição χ conveniente. Essa operação poderá ser efetuada em um torno revólver, onde a ferramenta de corte é instalada no castelo de avanço transversal. A limitação do curso da ferramenta é feita por meio de um parafuso de regulagem, localizado no castelo para esta finalidade.

O posicionamento da peça em relação à ferramenta é feita através do posicionador (9) acoplado ao castelo giratório, conforme o desenho 3, onde temos:

-peça 1: cabeçote do torno.

2: fuso.

3: acionador da pinça.

4: pinça.

5: porca.

6: peça de trabalho.

7: pastilha de metal duro.

8: porta-ferramentas.

9: posicionador.

10: bits.

11: dispositivo para referência.

- 12: arruela.
- 13: contra-porca.
- 14: eixo de fixação.
- 15: castelo giratório.

Feito o posicionamento, o posicionador (9) afasta-se para dar espaço à operação de usinagem.

Após a usinagem da extremidade cônica da ponta, executa-se a sua quebra-de-canto, conforme o desenho de especificação da ponta Phillips.

Devido às estreitas correspondências existentes entre as dimensões nessa região, esta operação é executada tomando-se como referência a conicidade da ponta já usinada. Esta etapa é efetuada no torno revólver utilizado na operação anterior. A ferramenta de corte nesse caso, está fixada no castelo giratório, através do dispositivo (11) do desenho 3.

e) Torneamento do pescoço da haste e quebra-de-canto da extremidade da espiga:

Estas operações são executadas em um torno revólver, com as ferramentas de corte instaladas nos castelos de avanço transversal.

O posicionamento e a fixação da peça de trabalho são feitas similarmemente à de operação de torneamento cônico da ponta. Esta etapa é efetuada com o avanço sucessivo de ambos os porta-ferramentas, transversalmente ao eixo do torno, como mostrado no desenho 4, sendo:

-peça 1: cabeçote do torno.

2: fuso.

3: acionador da pinça.

4: pinça.

5: porca.

6: peça de trabalho.

- 7: bits.
- 8: porta-ferramentas.
- 9: posicionador.
- 10: pastilha de metal duro.
- 11: porta-ferramentas.

f) Usinagem do corpo:

Nesta etapa, o corpo da peça adquire o diâmetro final, conforme o desenho de especificação. Esta operação é executada em um torno paralelo universal, com o mecanismo de fixação da peça semelhante ao da operação de faceamento, trocando-se somente a pinça de fixação. Porém, neste caso, o posicionamento é feito através da utilização de um dispositivo (10) instalado na contra-ponta (11), de acordo com o desenho 5, onde:

-peça 1: cabeçote do torno.

- 2: fuso.
- 3: assento da pinça.
- 4: parafuso posicionador.
- 5: pinça.
- 6: porca de aperto.
- 7: peça de trabalho.
- 8: pastilha de metal duro.
- 9: porta-ferramentas.
- 10: dispositivo de centragem.
- 11: contra-ponta.
- 12: suporte da contra-ponta.

Esta operação utiliza-se o avanço longitudinal automático do carro porta-ferramentas.

g) Fresamento da ponta:

Esta operação se constitui na última e mais importante etapa da usinagem da peça. Nela é conferido o formato em cruz da

ponta, através do qual é feito o encaixe na cabeça do parafuso Phillips. A ilustração desta etapa é feita pelos desenhos 6 e 7, onde:

-peça 1: parafuso de posicionamento.

2: manivela de rotação da peça.

3: disco de divisão.

4: pinça.

5: assento da pinça.

6: porca de aperto.

7: peça de trabalho.

8: ponta de lubrificação.

9: espaçador.

10: eixo da fresadora.

11: fresa Phillips.

12: dispositivo para referência.

13: suportes.

14: parafuso de fixação.

15: arruela.

16: porca.

17: base do dispositivo.

18: carro móvel da fresadora.

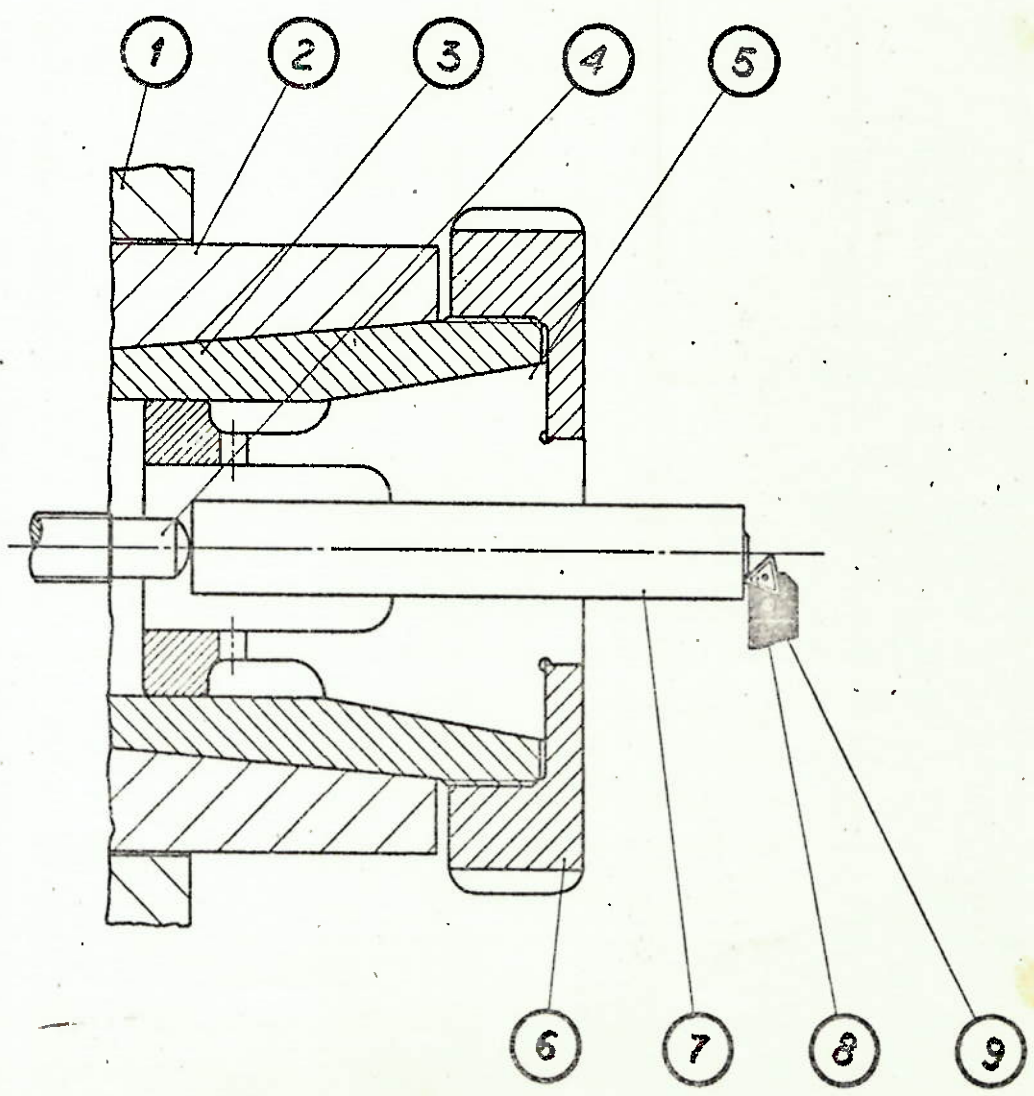
19: chaveta.

A forma final da ponta é feita por intermédio do fresamento de cada sulco, perfazendo um total de quatro. Neste caso, necessita-se de um dispositivo de posicionamento da peça em relação à fresa, que utilize como referência a conicidade da ponta, devido à correspondência entre os sulcos e o cone. Este dispositivo está ilustrado no desenho 6.

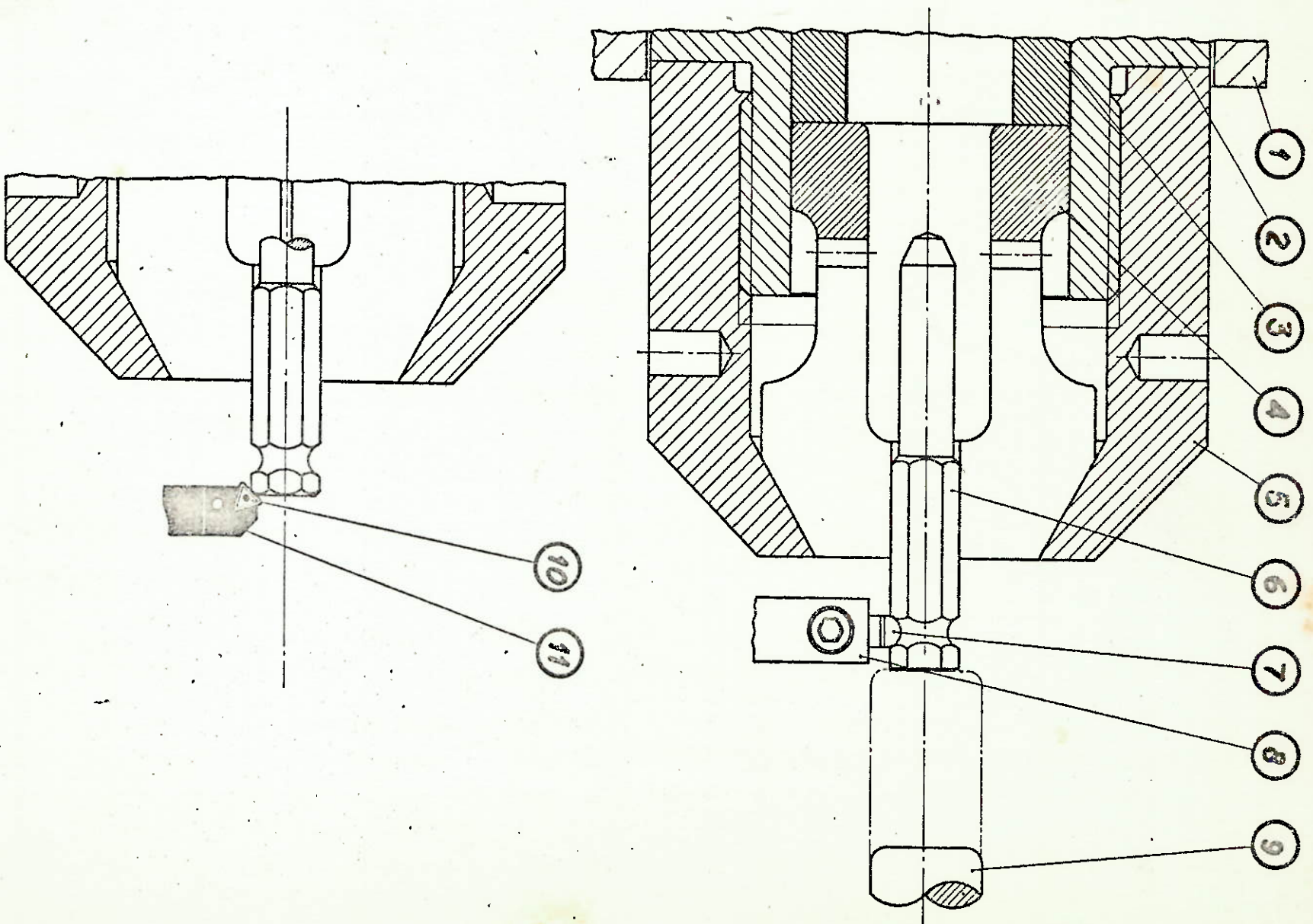
Após a colocação da peça com a extremidade sextavada voltada para o interior da pinça de fixação (4), fecha-se a metade superior do posicionador sobre a metade inferior. Ambas as metades são então forçadas uma de encontro à outra, por meio da ação do parafuso de aperto do sujeitador.

Ajusta-se a peça de encontro ao cone de centragem do posicionador, girando-se o parafuso de deslocamento (1) da peça. É então feita a fixação da peça por meio do aperto da porca (6). O fresamento é então efetuado, após a retirada do sujeitador e a abertura da metade superior do posicionador, permitindo o percurso livre da fresa por sobre a peça.

Devido ao deslocamento angular do eixo da peça de trabalho em relação ao plano horizontal (segundo o ângulo β), a fixação da peça deve ser feita por intermédio de um fixador instalado em uma base inclinada convenientemente. O mecanismo de fixação da peça é semelhante ao da operação de faceamento.



			Marco
PHC 500 - Trabalho de formatura			
	Desenho 1: Faceamento do tarugo		EPUSP



			Marco
PMC 500 - Trabalho de formatura			
Desenho 4: Torneamento do pescoço.			

CAPÍTULO III OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS DE USINAGEM

- a) Descrição da sequência de procedimentos para a obtenção dos parâmetros de usinagem para o torneamento:

A usinagem da peça descrita anteriormente será efetuada em várias etapas e consequentemente sob diferentes condições, levando-se em conta os parâmetros relativos à ferramenta de corte e à máquina operatriz na qual será executada cada operação. Entre essas considerações podemos mencionar o tempo de vida da ferramenta de corte e as operações de mudança de velocidade na saída da caixa de câmbio, mais notadamente nas etapas de torneamento.

O procedimento descrito a seguir foi estabelecido com base em consulta a livros relativos a fundamentos de usinagem e a catálogos de fabricantes de ferramentas de corte e de máquinas ferramentas.

- b) Determinação da classe de metal duro:

A designação da classe de metal duro foi estabelecida levando-se em consideração o material da peça de trabalho, as condições e a natureza da usinagem. Nesta etapa fez-se uma comparação os parâmetros das tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, obtidas na bibliografia, estabelecendo-se a classe de metal duro para cada etapa da usinagem.

- c) Determinação do avanço da ferramenta e da profundidade de corte:

Com a determinação da classe de metal duro, obtêm-se dados de referência relativos ao avanço e à profundidade de corte recomendados para diferentes materiais e condições de corte, através das tabelas 5 e 6. A tabela 6 estabelece valores indicativos dos parâmetros de usinagem correspondentes a uma vida de aresta de

corte próxima a 15 minutos. Além disso, devemos verificar se os valores da profundidade de corte e do avanço satisfazem as relações recomendadas pela tabela 7.

tabela 1.

Classificação dos tipos de metal duro, segundo a norma ISO.

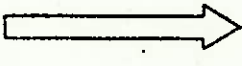
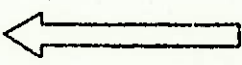
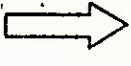
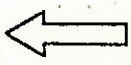
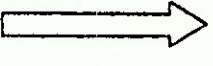
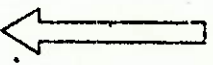
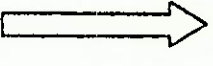
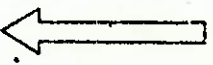
DESIGNAÇÃO ISO	DUREZA E RESIST. AO DESGASTE	TENACIDADE
P 01		
P 10		
P 20		
P 25		
P 30		
P 40		
P 50		
M 10		
M 20		
M 30		
M 40		
K 01		
K 05		
K 10		
K 20		
K 30		
K 40		

tabela 2 - Principais campos de aplicação do metal duro segundo a ISO

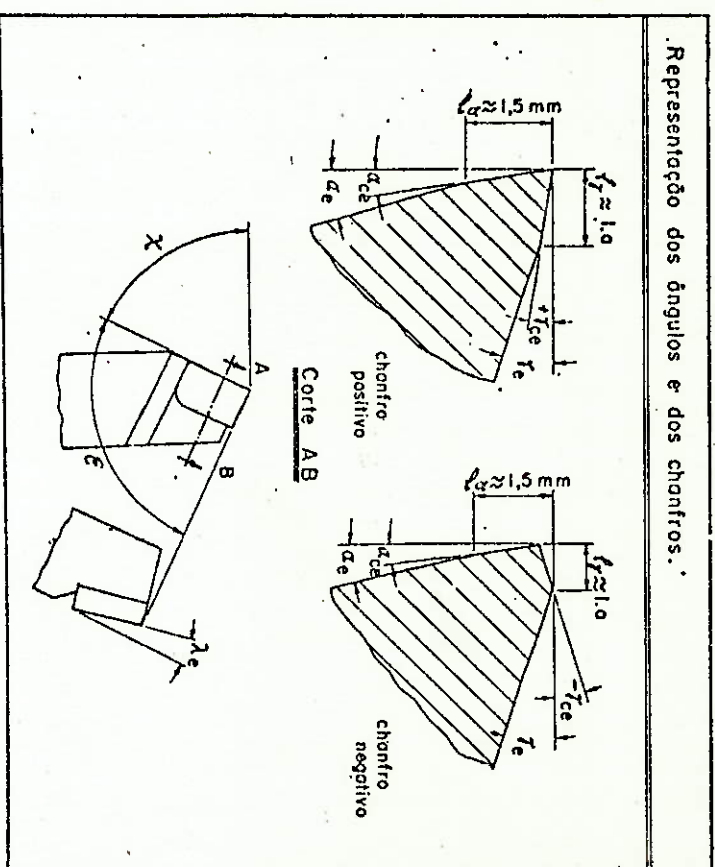
Designação	Campo de aplicação
P01	Operações de acabamento fino, com avanços pequenos e altas velocidades, como torneamento e furação de precisão. Exige máquinas rígidas, isentas de vibração.
P10	<i>Interim</i> — Também para aplicações em que ocorre grande aquecimento da ferramenta.
P20	Operação de desbaste leve, com velocidades de médias e altas e avanços médios. Também em operações de aplainamento com seções pequenas de corte.
P25	Operações de desbaste com velocidades e avanços médios.
P30	Operações com baixas a médias velocidades de corte e seções de corte médias a grandes; torneamento, fresamento, aplainamento.
P40	Operações de desbaste grosseiro e em condições severas de corte, como corte interrompido, mesmo em máquinas sujeitas a vibração; velocidades baixas a médias e grandes avanços e profundidades de corte; torneamento, aplainamento.
P50	<i>Interim</i> ; é o tipo mais tenaz, aplicações em que se usam máquinas obsoletas, onde substitui o aço rápido com grande vantagem.

Para materiais ferrosos de cavaco longo, como aços e ferro fundido maleável

d) Determinação da geometria da ferramenta de corte (ângulos da cunha cortante):

Através da tabela 5 obtemos os valores indicativos do ângulo de folga (α_e), de saída (ϕ_e) e de inclinação da ferramenta (λ_e) utilizada, levando-se em conta as condições de usinagem, o material da peça e a classe de metal duro. Os ângulos mencionados acima estão representados na figura 1.

fig. 1.



e) Determinação da velocidade de corte:

Da tabela 6 obtém-se a velocidade de corte recomendada pelo fabricante, para uma vida de aresta de corte de aproximadamente 15 minutos, adotando-se um avanço da ferramenta, e determinando-se a velocidade recomendada para o tipo de material usinado.

f) Determinação da vida de aresta de corte:

Podemos determinar o tempo de vida da ferramenta para uma dada velocidade de corte. Conhecendo-se a vida da ferramenta cor-

respondente a uma velocidade de corte conhecida, obtém-se o tempo de vida da mesma ferramenta para uma velocidade de corte diferente, através da fórmula de Taylor dada abaixo:

$$\frac{V'}{V} = \left(\frac{V}{V'} \right)^{1/Y} \Rightarrow V' = V \left(\frac{V}{V'} \right)^{1/Y}$$

Do catálogo do fabricante retiramos as velocidades de corte relativas a uma vida de aresta de aproximadamente 15 minutos. Da tabela 8, obtemos o valor do expoente Y da equação acima.

Valores do expoente Y da fórmula de Taylor, segundo o Hütte-Taschenbuch für Betriebsingenieure [7]

tabela 8.

Operação	Expoente Y	Expoente x = 1/Y
Desbaste de aço c/ metal duro P 10 a P 30	0,20 0,17	5 6
Acabamento de aço c/ metal duro P 10		
Desbaste e acabamento de ferro fundido com metal duro K 10 a K 20	0,14 0,10	7 10
Acabamento de aço com aço rápido ...		
Torneamento de cobre e ligas de cobre com aço rápido	0,28 ... 0,33	3,0 ... 3,5
Torneamento de metal leve com aço rápido	0,40 ... 0,50	2,0 ... 2,5

Obtemos: desbaste de aço com metal

duro P10 a P30 : Y = 0,20.

acabamento de aço com aço

rápido : Y = 0,10.

g) Determinação da rotação da máquina ferramenta:

Conhecendo-se a velocidade de corte, calculamos a rotação da peça ou da ferramenta de corte, a partir da distância máxima entre a ponta de corte da pastilha e o eixo de rotação da peça. A rotação é dada através da equação abaixo:

$$n = \frac{V}{\pi d}$$

onde: n = rotação, dada em rpm.

v = velocidade de corte em m / min.
d = diâmetro da peça na superfície usinada em m.

h) Determinação da força de corte:

1 A força de corte obtém-se por meio do critério Kienzle, estabelecido para diferentes materiais e geometria do cavaco.

$$F_c = k_{s1} \cdot v^{1-z} \cdot b$$

sendo: k_{s1} = constante específica do metal a ser usinado, para uma seção de 1 mm de espessura e de largura, obtida a partir da tabela 9.

z = coeficiente angular da curva $k_s \times h$, obtido através da tabela 9.

h = espessura de corte em mm.

b = largura de corte em mm.

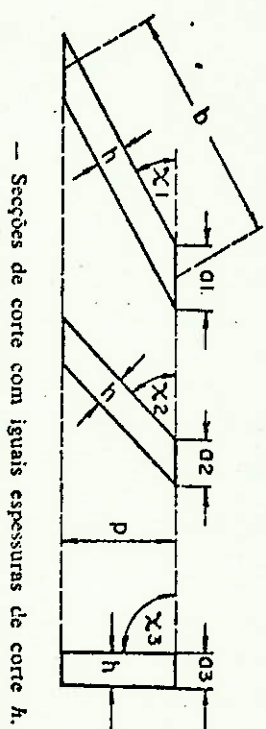
tabela 9.

Constante específica de corte k_{s1} e coeficiente 1-z da fórmula de Kienzle para o torneamento de diferentes materiais [17]¹

Material ²	σ_t (kg/mm ²)	1-z	k_{s1}	k_{s1}^3
St 50.11	52	0,74	199	190
St 60.11	62	0,83	211	200
St 70.11	72	0,70	226	215
CK 45	67	0,86	222	215
CK 60	77	0,82	213	205
16 MnCr5	77	0,74	210	200
18 CrNi 6	63	0,70	226	215
42 CrMo 4	73	0,74	250	240
34 CrNi 4	60	0,79	224	215
50 Cr V4	60	0,74	222	215
55 NiCrMo V64	94	0,76	174	165
55 NiCrMo V65	HB = 352	0,76	192	185
EC Mo 80	59	0,83	229	220
Mechanite A	36	0,74	127	115
Ferro fundido duro	HR _c = 46	0,81	206	185
CG 26	HB = 200	0,74	116	105

1 Para as condições de ensaio vide pág. 186.
2 Para conversão dos materiais da DIN em materiais especificados pela AISI ou ABNT, consultar o apêndice.
3 Valores 5 a 10% mais baixos para o caso de ferramentas com chanfro ($\gamma_c = 6^\circ$ e $\gamma = 12^\circ$, segundo H. Hardt [18]).
4 Recozido.
5 Revenido.

Na figura 2 é dada a geometria do cavaco para diferentes ângulos de posição .



— Seções de corte com iguais espessuras de corte h .

fig. 2.

Obtemos, para as condições dadas:

$$k_{s1} = 210 \text{ kp/mm}^2$$

$$1-z = 0,74$$

i) Determinação da potência efetiva de corte:

Conhecendo-se a força e a velocidade de corte da ferramenta, calculamos a potência efetiva de corte necessária à usinagem por meio da equação:

$$N_e = \frac{F_c \cdot v}{60 \cdot 75}$$

onde: N_e = potência efetiva de corte obtida em CV.

v = velocidade de corte em m / min.

F_c = força de corte em kp.

j) Determinação dos parâmetros de usinagem relativos às relações disponíveis na máquina operatriz:

A partir das rotações obtidas para cada operação de usinagem, determinamos as rotações adequadas na saída da caixa de câmbio da máquina operatriz. A fixação dessas rotações possibilita a obtenção dos parâmetros relativos à condição real de usinagem. Desse modo, teremos a vida da aresta, velocidade, força e p_0

tência efetiva de corte diferentes das calculadas anteriormente, adotando o procedimento inverso.

k) Cálculo dos parâmetros de usinagem:

- k.1) Faceamento do tarugo:

- classe ISO de metal duro: P 10.
- avanço: $a = 0,1 \text{ mm/rot.}$
- profundidade de corte: $p = 0,5 \text{ mm.}$
- geometria da ferramenta de corte: $\alpha_e = 5^\circ$
 $\beta_e = 0^\circ$
 $\lambda_e = 0^\circ$
- velocidade de corte: $v = 180 \text{ m/min.}$
- rotação da peça: $n = 4511 \text{ rpm}$ para $D = 0,0127 \text{ m.}$
- força de corte: $F_c = 10,3 \text{ kp.}$
para: $\chi = 45^\circ$
 $h = 0,07 \text{ mm}$
 $b = 0,35 \text{ mm}$
- potência efetiva de corte: $N_e = 0,4 \text{ CV.}$

- k.2) Usinagem da ponta cônica:

- classe ISO de metal duro: P 10.
- avanço: $a = 0,05 \text{ mm/rot.}$
- profundidade de corte: $p = 11,2 \text{ mm.}$
- geometria da ferramenta de corte: $\alpha_e = 5^\circ$
 $\beta_e = 0^\circ$
 $\lambda_e = 0^\circ$
- velocidade de corte: $v = 200 \text{ m/min.}$
- rotação da peça: $n = 5013 \text{ rpm.}$
- força de corte: $F_c = 130,1 \text{ kp.}$
para: $\chi = 26,5^\circ$
 $h = 0,02 \text{ mm}$
 $b = 11,2 \text{ mm}$
- potência efetiva de corte: $N_e = 5,8 \text{ CV.}$

k.3) Torneamento do corpo:

- classe ISO de metal duro: P 25.
- avanço: $a = 0,2 \text{ mm/rot.}$
- profundidade de corte: $p = 0,7 \text{ mm.}$
- geometria da ferramenta de corte: $\alpha_e = 5^\circ \text{ a } 8^\circ$
 $\phi_e = 12^\circ$
 $\psi_{ce} = -3^\circ$
 $\lambda_e = -8^\circ$
- velocidade de corte: $v = 67 \text{ m/min.}$
- rotação da peça: $n = 2129 \text{ rpm.}$
- força de corte: $F_c = 24,5 \text{ kp.}$
para: $\chi = 45^\circ$
 $h = 0,14 \text{ mm}$
 $b = 0,50 \text{ mm}$
- potência de corte: $N_e = 0,4 \text{ CV}$

OBS: Esta etapa será efetuada com duas passadas da ferramenta de corte sobre a peça de trabalho.

k.4) Torneamento do pescoço:

- avanço: $a = 0,05 \text{ mm/rot.}$
- profundidade de corte: $12,5 \text{ mm.}$
- rotação da peça: $n = 500 \text{ rpm.}$

OBS: Nesta etapa será utilizada uma ferramenta de aço rápido, com o formato adequado para a usinagem do pescoço da haste.

k.5) Fresamento da haste sextavada:

- classe ISO de metal duro: P 25.

- avanço: $a = 0,1$ mm/dente.

- profundidade de corte: $v = 0,42$ mm.

- geometria da ferramenta de corte: $\alpha_a = 5^\circ$ a 8°

$$\hat{\alpha}_a = 12^\circ$$

$$\hat{\gamma}_{ce} = -3^\circ$$

$$\lambda_e = -8^\circ$$

- velocidade de corte: $v = 45$ m/min.

- rotação da fresa: $n = 143$ rpm.

- força de corte: $F_c = 16,0$ kp.

para: $\chi = 90^\circ$

$$h = 0,1 \text{ mm}$$

$$b = 0,42 \text{ mm}$$

- potência efetiva de corte: $N_e = 0,3$ CV.

OBS: Esta etapa será efetuada com duas fresas de faceamento com pastilhas intercambiáveis de metal duro, de acordo com catálogos de fabricantes em anexo.

k.6) Fresamento da ponta:

- avanço: $a = 0,05$ mm/dente.

- profundidade de corte: $p = 5,0$ mm.

- rotação da fresa: $n = 90$ rpm.

Calculamos agora os parâmetros de usinagem relativos às rotações disponíveis nas máquinas operatrizes. Para isso, obtemos dados relacionados a catálogos, fornecidos em anexo.

De acordo com o catálogo NARDINI relativo ao torno 220 M II, temos as rotações do fuso:

97; 140; 195; 300; 480; 727; 990; 1500 rpm.

Do catálogo TRAUB temos, para o torno revólver TH 26:

1000; 500; 340; 170;
2000; 1000; 680; 340;
3000; 1500; 1000; 500;
4000; 2000; 1350; 680 rpm.

onde cada grupo de quatro velocidades são obtidas sem mudança de correia.

Para a fresadora, obtemos do catálogo ROMI relativo à fresadora horizontal U-30:

12 velocidades: 45 a 2000 rpm.

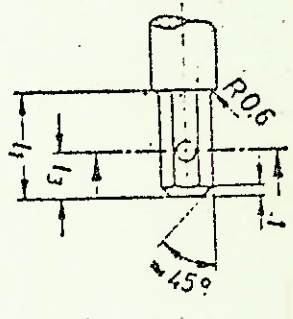
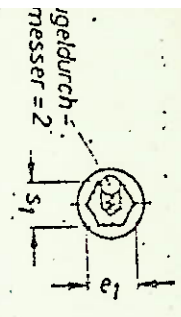
Com as rotações acima, determinamos os parâmetros de usinagem referentes à operação segundo as velocidades disponíveis na máquina operatriz. Desse modo podemos montar a seguinte tabela, levando em conta as características de cada máquina operatriz:

OPERAÇÃO	AVANÇO (mm/rot)	PROFUNDIDADE DE CORTE (mm)	ROTAÇÃO (rpm)	VIDA DA ARBETE DE CORTE (min)
faceamento do tarugo	0,10	0,5	1500	3692
torneamento da ponta	0,05	11,5	1500	20655
torneamento do corpo	0,20	0,7	1500	87
torneamento do pescoço	0,05	12,5	500	-
fresamento da haste	0,10	0,42	170	153
fresamento da ponta	0,05	5,00	90	-

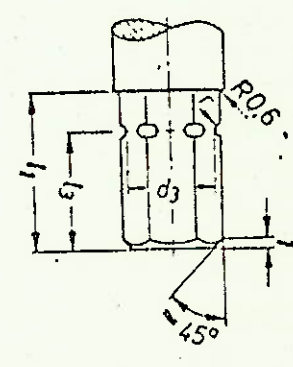
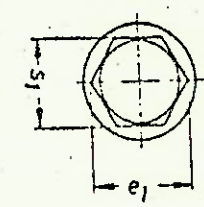
ANEXOS
PARTE I

C*) Außensechskant

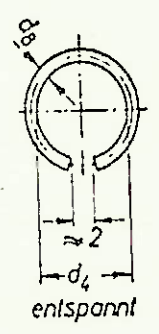
Nenngröße 4



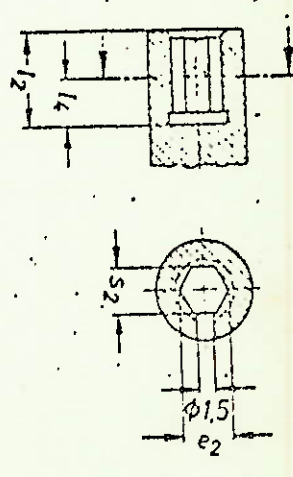
Nenngröße 6,3 und 8



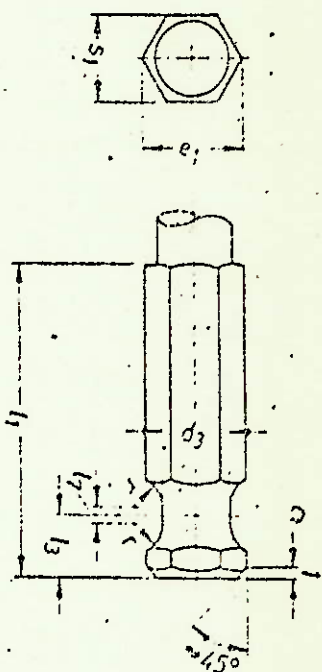
Sprengung zu Innensechskant D 6,3 und D 8



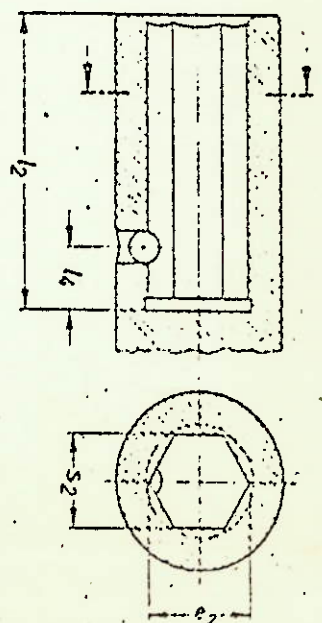
Form D Innensechskant



Form E Außensechskant



Form F Innensechskant



Bezeichnung eines Außensechskantes für Maschinenschrauber-Werkzeuge Form E der Nenngröße 11,2:

Außensechskant E 11,2 DIN 3126

Bezeichnung eines Innensechskantes für Maschinenschrauber-Werkzeuge Form F der Nenngröße 11,2:

Innensechskant F 11,2 DIN 3126

Form	Nenngröße	s ₁		d ₃	e ₁		l ₁	l ₅	l ₇		r	Entsprechendes Zoll-Kurzzeichen für die Sechskantgröße
		max.	min.		max.	min.			zul. Abw.	1,0		
E	6,3	6,350	6,292	4,7	7,18	7,11	25	9,5	±0,09	1,0	2,4	1/16"
	(8)	7,930	7,872	6,3	8,96	8,90	27	5,4	±0,07	1,2		5/16"
	11	11,000	10,930	8,5	12,43	12,35	32	6,5	±0,09	0,6	2,8	—
	11,2	11,112	11,042	8,7	12,56	12,48	31,5					

Erläuterungen

Das Ein- und Ausschrauben von Schrauben wird in zunehmendem Maße maschinell durchgeführt. Bei maschinengetriebenen Schraubwerkzeugen und bei den Antriebsspindeln von Elektro- und Druckluftschraubern erfolgt die Aufnahme u. a. durch Sechskantverbindung. Um eine Austauschbarkeit der Werkzeug-Einsätze und Werkzeugträger für Maschinenschrauben sicherzustellen, ist die Normung der Verbindungssechskante notwendig.

Diese Norm stimmt seitlich in allen Einzelheiten überein mit der von der International Organization for Standardization (ISO) herausgegebenen Empfehlung ISO/R 1173-1970

Assembly tools for bolts and screws; Hexagon drive ends for power tools

Outils de manœuvre des vis et écrous; Hexagones conducteurs pour outils à machine

Verbindungssechskante für Maschinenschrauber-Werkzeuge,

zu beziehen vom Deutschen Normenausschuß, Berlin.

Zusätzlich enthält diese Norm Verbindungssechskante der Nenngröße 11.

Eine Austauschbarkeit zwischen den Nenngrößen 11 und 11,2 ist nicht ohne weiteres möglich. Deshalb sind beide Größen gleichwertig nebeneinander eingebracht. Die Nenngröße 11,2 soll die Austauschbarkeit auf internationaler Ebene sicherstellen, während in Deutschland auf das passende Gegenstück der 11-mm-Verbindungssechskante, die sich in der Praxis auf dem Markt ist, Rücksicht genommen werden muß. Es

wird empfohlen, bei Neukonstruktionen die Nenngröße 11,2 zu bevorzugen.

Um die Beziehungen zwischen den zusammengehörigen Maßen der Außen- und Innensechskante deutlicher hervorzuheben, ist die Norm redaktionell so gestaltet, daß die Maßbuchstaben für die Außensechskante nur mit ungeraden Indizes (1, 3, 5 ...), und die Maße für die Innensechskante nur mit geraden Indizes (2, 4, 6 ...) versehen sind. In der Norm sind nur die Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Verbindungssechskante angegeben. Konstruktive Einzelheiten, z. B. über die Halterung, bleiben dem Benutzer der Norm überlassen. Hauptziel der Norm ist die Austauschbarkeit.

Bei der Stufung der Größen mußte auf bereits bestehende Größen Rücksicht genommen werden. Insbesondere müssen für die Sechskantmaße s_1 und s_2 bei den Formen C bis F die ins metrische System umgerechneten Zollwerte verwendet werden. Für die aus den Sechskantmaßen abgeleiteten Nenngrößen wurden jedoch Normzahlen verwendet. Für Außensechskant s_1 und Innensechskant s_2 wurde die Passung h10/d10 gewählt, wobei das Größmaß von s_1 der Null-Linie entspricht.

Um die Eckemaße gleichmäßig untereinander abzustimmen, wurden sie nach folgenden Gleichungen errechnet

$$e_{1\max} = 1,13 \cdot s_{1\max}$$

$$e_{1\min} = 1,13 \cdot s_{1\min}$$

$$e_{2\min} = 1,13 \cdot s_{2\min}$$

