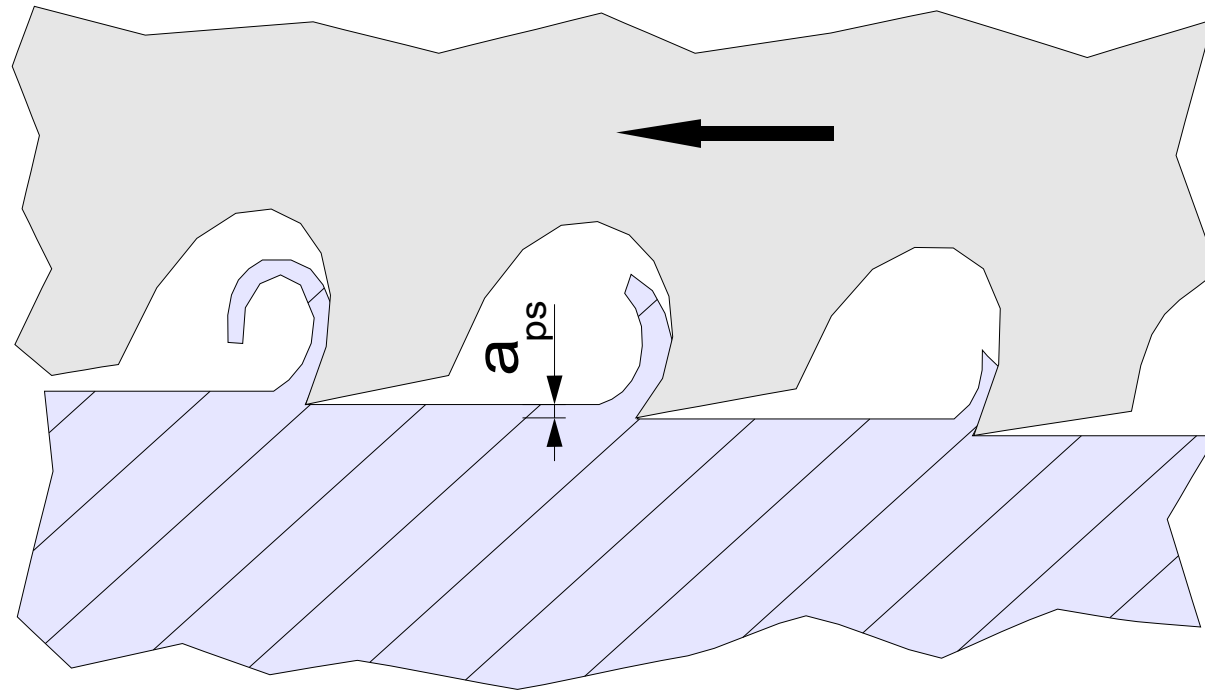


Aula 20

Brochamento

Definição

Brochamento, brochaemento ou brochagem: processo de usinagem onde a remoção de material da superfície de uma peça, ocorre de forma progressiva, pela ação ordenada de gumes de corte, dispostos em série, cada qual disposto em uma profundidade de corte escalonada em ferramentas multicortantes.



Exemplo de brochamento

Generalidades

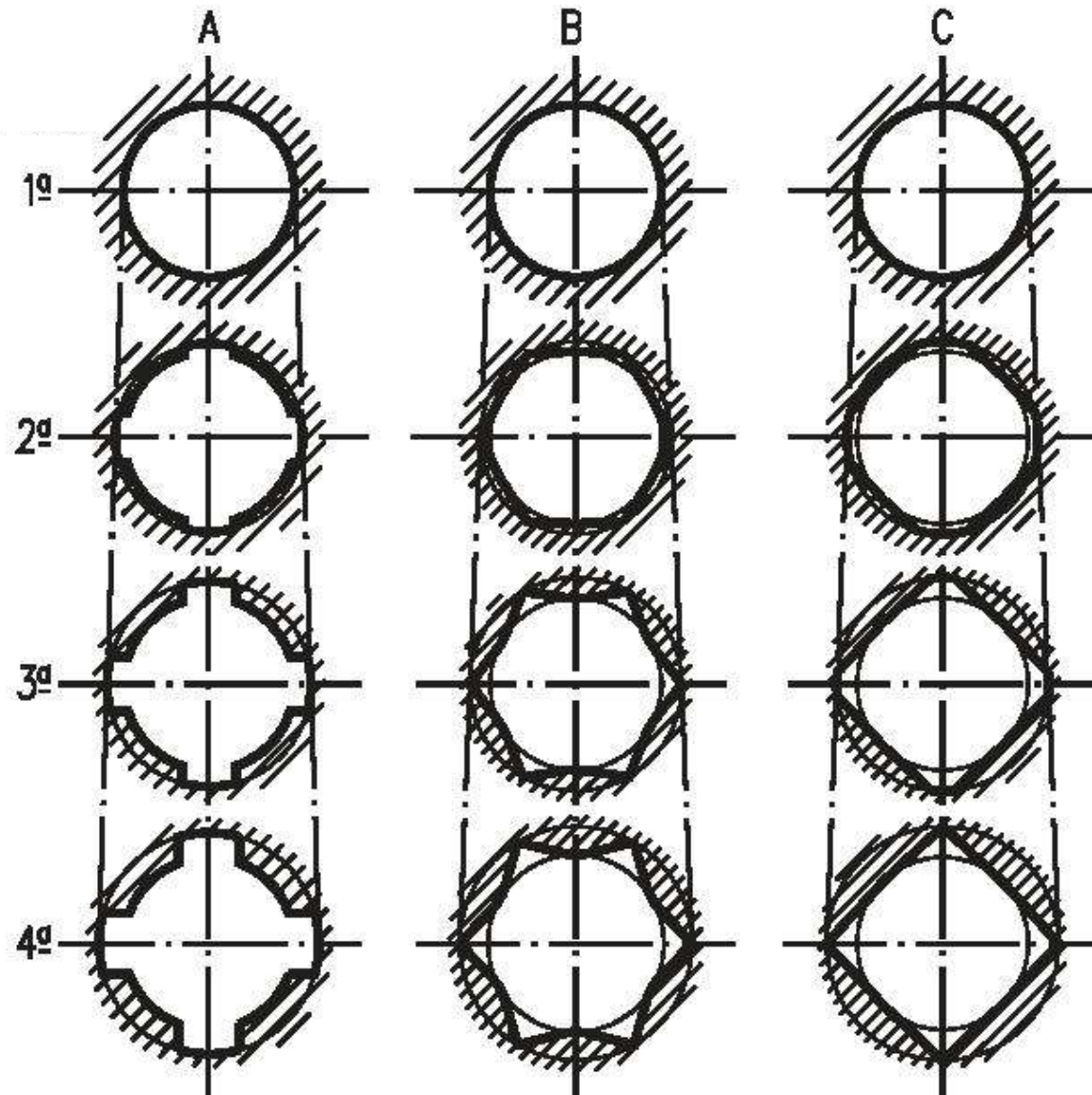
- A transformação de um perfil é feita de forma gradativa, na seqüência de ação de cada um dos elementos de corte da brocha
 - Cada elemento cortante promovem um incremento na profundidade de corte (a_{ps}) ao longo de seu comprimento da brocha
 - As brochas podem realizar uma operação completa de usinagem, desde o desbaste grosseiro até o acabamento
-

Generalidades

- O brochamento permite obter bom acabamento nas peças trabalhadas, geralmente dispensando, operações de usinagem posteriores
 - A profundidade de corte (a_{ps}) podem variar na ordem de 0,06 a 0,15 mm de modo que a necessidade de se remover grandes quantidades de material resultam em um número elevado de dentes, o que leva a necessidade de máquinas com um curso longo
-

Generalidades

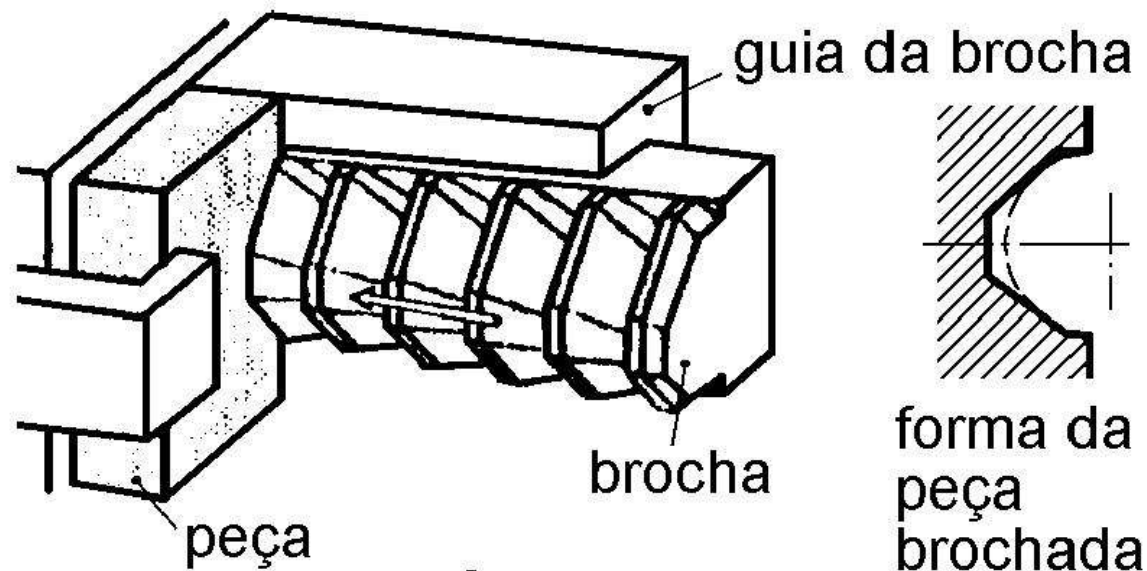
- Brochamento abrir cavidades para chavetas em furos cilíndricos ou o de transformar perfis de furos cilíndricos em perfis acanelados, estriados, quadrados, hexagonais etc.
-

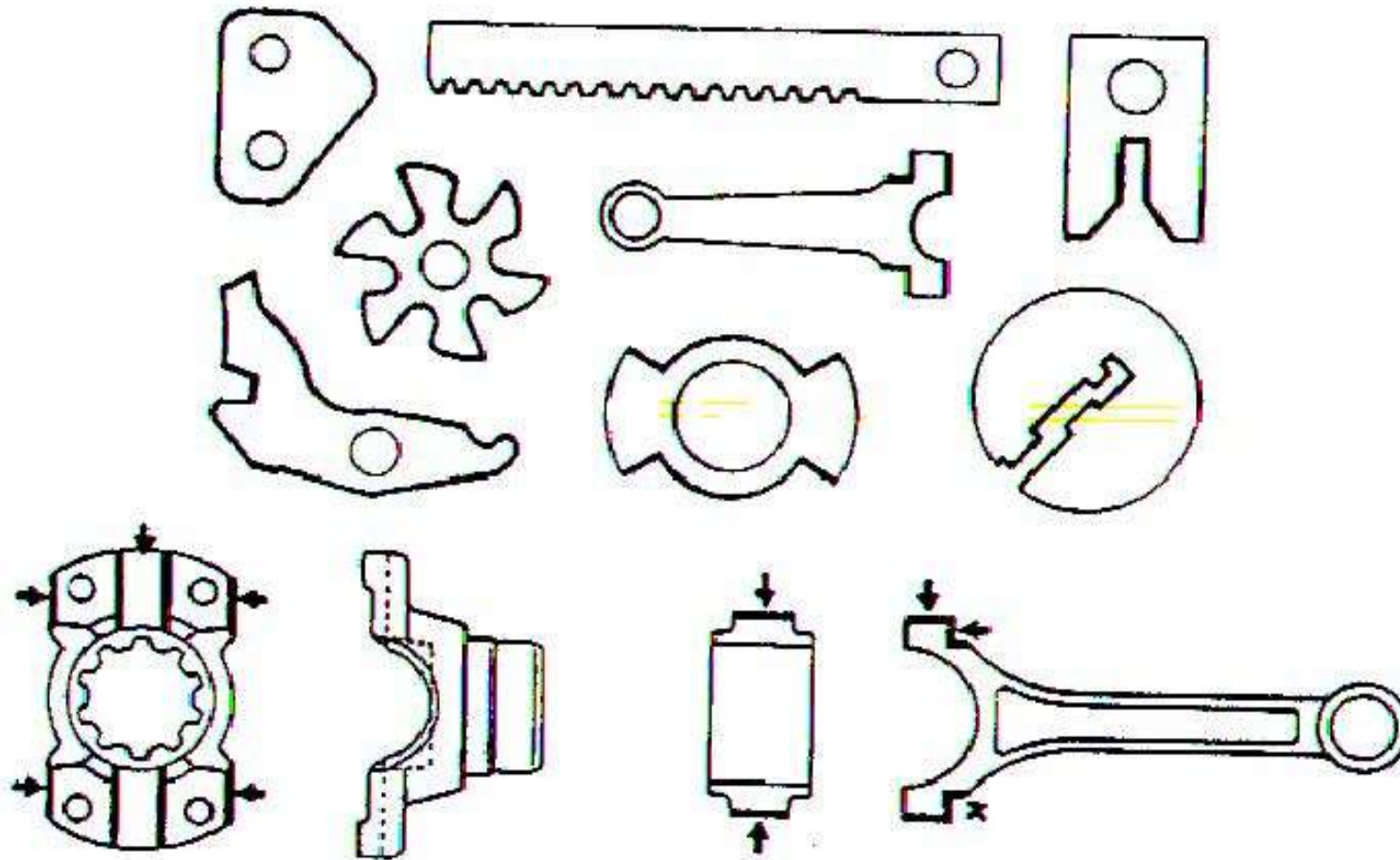


Exemplos de fases da transformação

Tipos de brochamento

Brochamento externo: quando a operação é feita sobre a superfície externa da peça, dando acabamento ou semi-acabamento a seus perfis

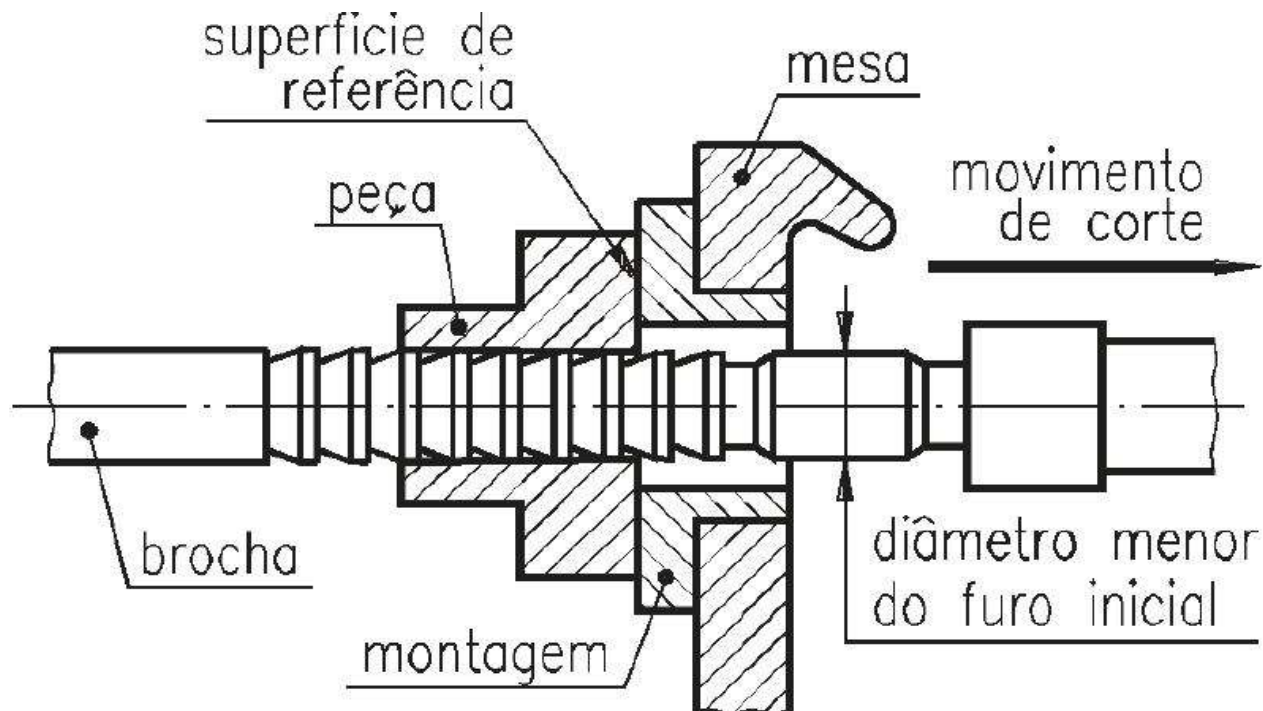


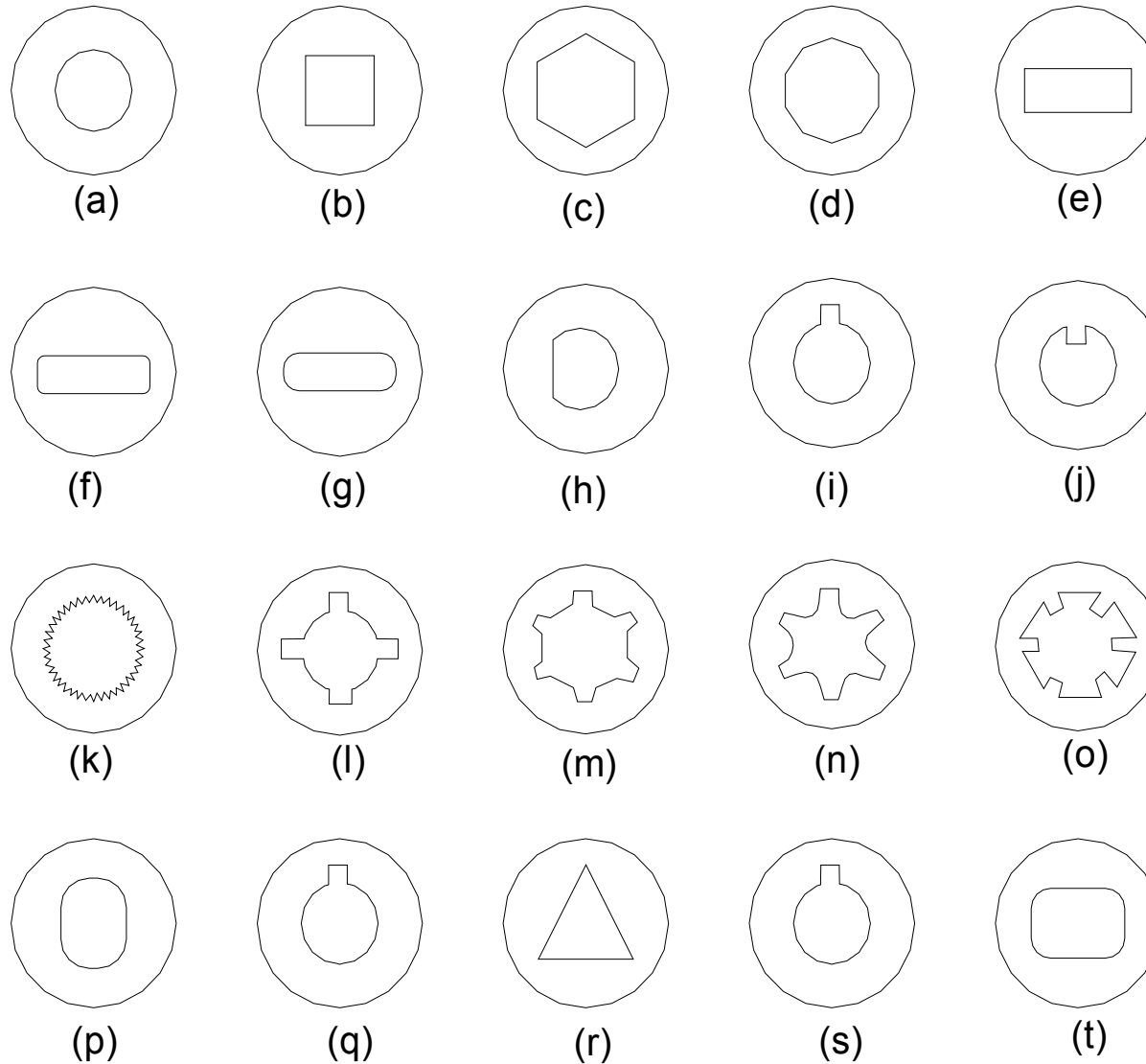


Exemplo de peças usiandas por brochamento externo

Tipos de brochamento

Brochamento interno: quando a operação é feita internamente a peça, permitindo modificar a geometria de um furo vazado





Exemplos de geometrias geradas pelo brochamento

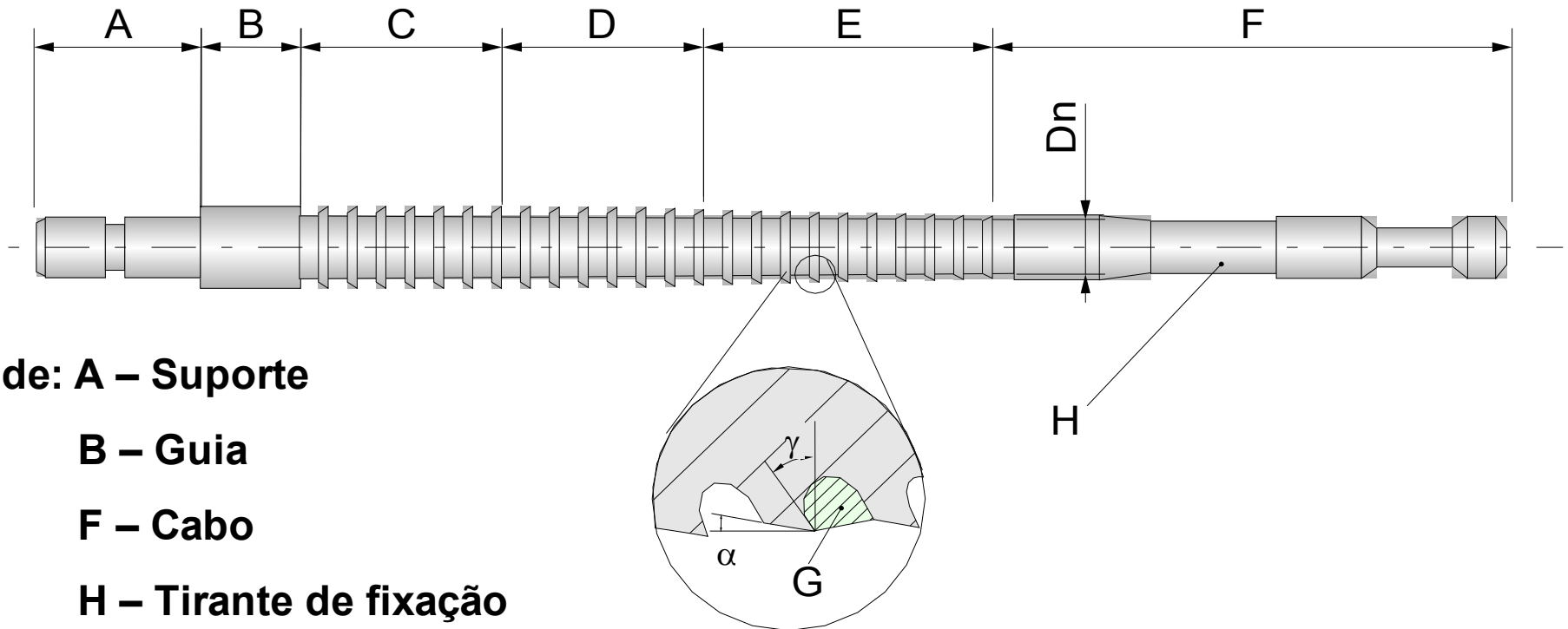
Vantagens do brochamento

- Tolerâncias estreitas de usinagem
 - Bom acabamento superficial
 - Capacidade de produzir formas variadas e complexas externas e internas
 - Vida longa da ferramenta, a produção pode atingir 2.000 a 10.000 peças entre afiações.
-

Vantagens do brochamento

- Produção econômica, o custo da ferramenta é alto porém o custo por peça é baixo.
 - Alta produtividade. a remoção do cavaco é bem rápida pois varios dentes atuam ao mesmo tempo em sequencia continua
 - Operações podem ser realizadas em uma só passada realizando desbaste e acabamento
-

Elementos de uma Brocha



Onde: A – Suporte

B – Guia

F – Cabo

H – Tirante de fixação

C – Dentes de calibração – comprimento cilíndrico

D – Dentes de acabamento – comprimento cônico

E – Dentes de desbaste – comprimento cônico

G – Área de absorção de cavaco ou bolsa de cavacos

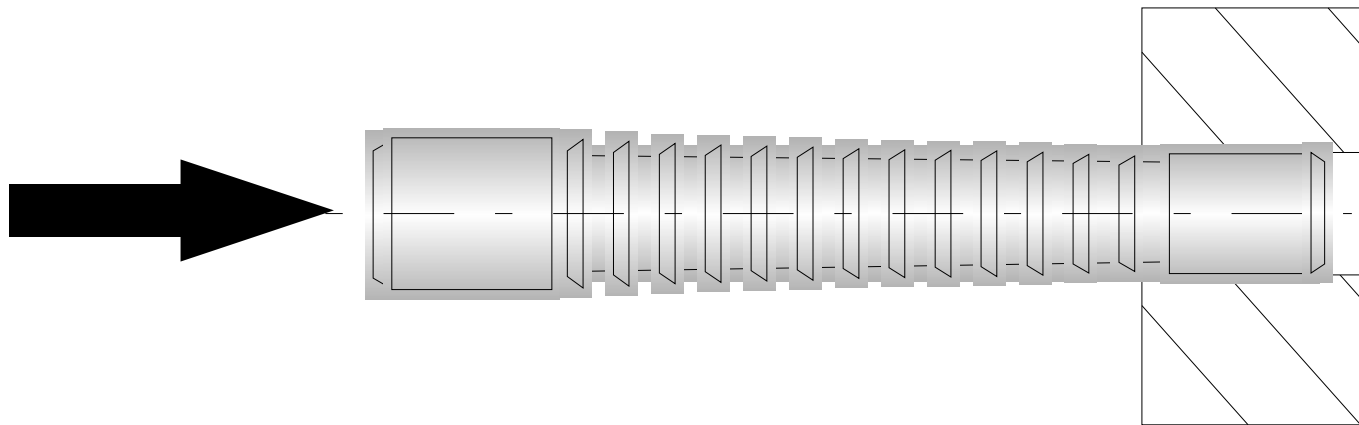
Dn – Diâmetro do núcleo

Desvantagens do brochamento

- Custo da ferramenta
 - Necessidade de máquinas específicas
 - Reafiação da complexa da ferramenta
 - Perda de um elemento cortante pode levar a perda de toda a ferramenta
-

Classificação das Brochas

Brochas de Compressão: São forçadas através do furo, manualmente ou por prensa. São ferramentas curtas para evitar flambagem comprimento max. igual a 25 diâmetros. São utilizadas também para brochamento de furos cegos

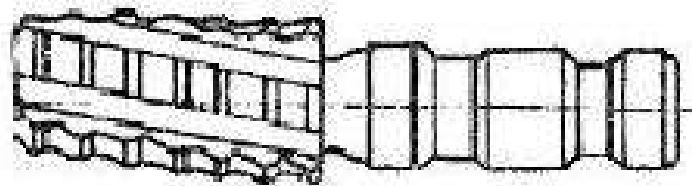
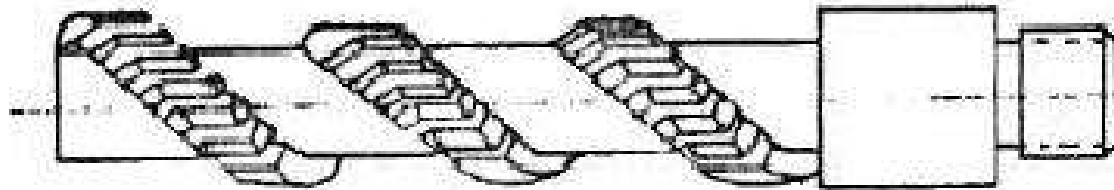


Classificação das Brochas

Brochas de Tração: São puxadas através do furo permitindo um maior comprimento, tendo assim a possibilidade de realizar operações completas de desbaste e acabamento

Classificação das Brochas

Brochas Giratórias: Utilizadas na produção de formas helicoidais (ex: ranhuras de armas)



Classificação das Brochas

Brocha de Sólida

Fabricada em uma só peça em geral de aço rápido incluindo os dentes, são a maioria das brochas internas.

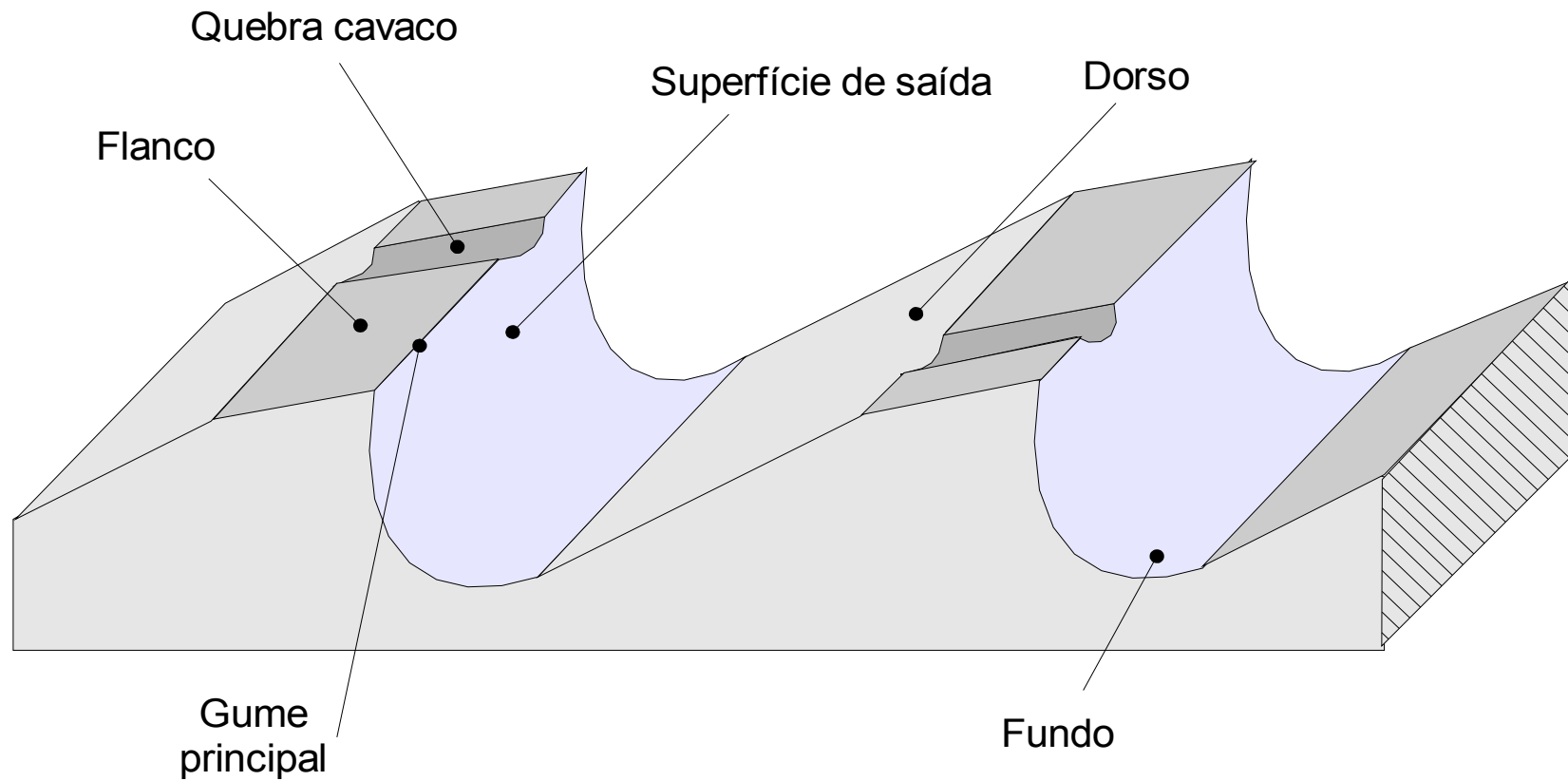
Brochas tipo Pote

É uma brocha de superfície, envolve toda a peça. (ex: eixos ranhurados, engrenagens)

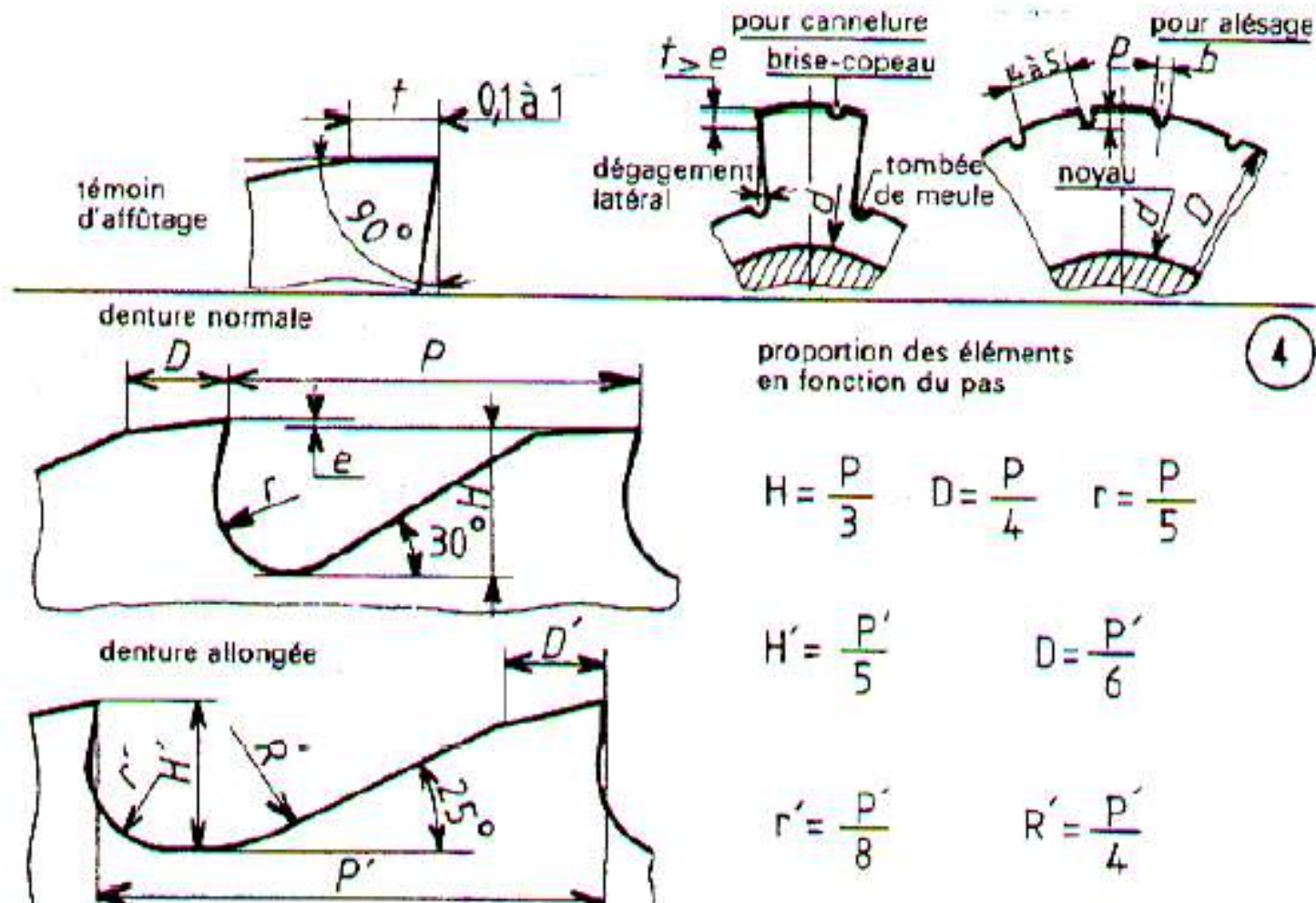
Materiais de brochas

- Aço ferramenta
 - Aço rápido com 5%, 8% e 12 de Co
 - Metal duro
-

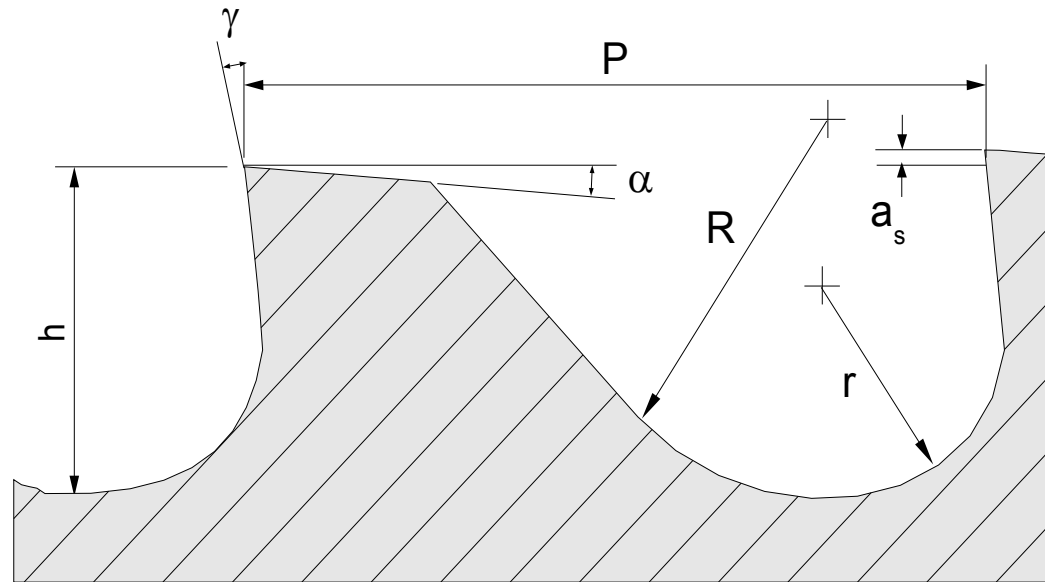
Geometria dos dentes das brochas



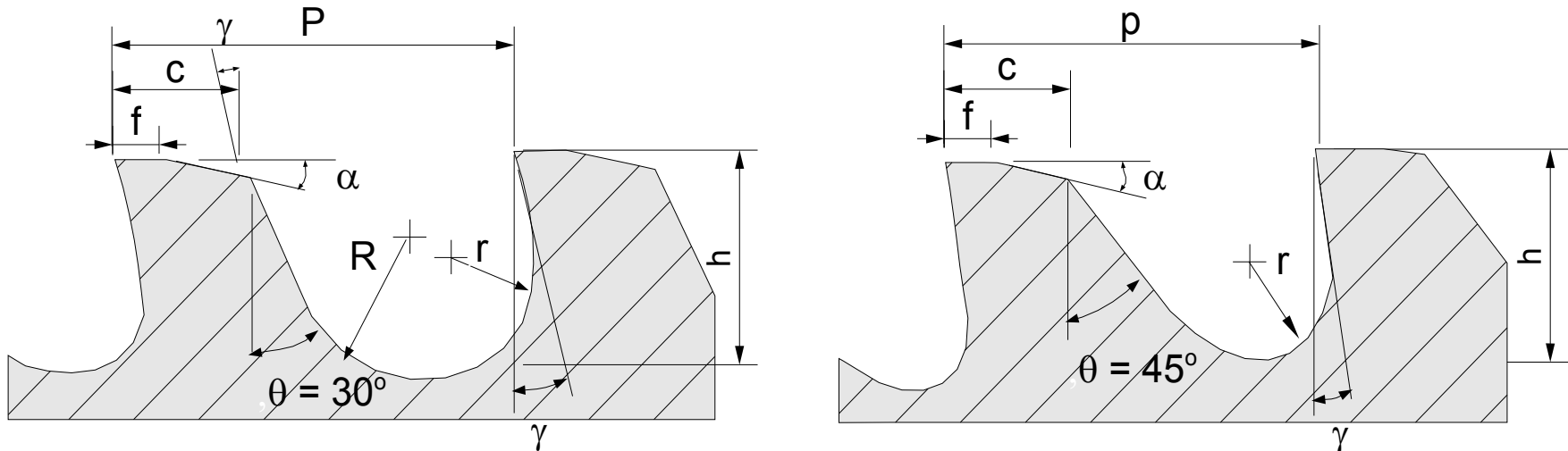
Geometria dos dentes das brochas



Geometria dos dentes das brochas



Geometria dos dentes das brochas



Recomendações de ângulos de incidência α

Recomendações de ângulos de incidência α		
<i>Material</i>	<i>Dentes de desbaste</i>	<i>Dentes de acabamento</i>
Aço	$1,5^\circ : 3^\circ$	$0,5^\circ : 1^\circ$
Ferro-Fundido	$2^\circ : 4^\circ$	$0,5^\circ : 1^\circ$
Bronze e Latão	$1^\circ : 2^\circ$	$0,25^\circ : 0,5^\circ$
Alumínio	$2^\circ : 3^\circ$	$1^\circ : 2^\circ$

Recomendações de ângulos de saída γ

Recomendações de ângulos de saída γ		
Material	Brochamento interno	Brochamento externo
Aço duro	10° a 12°	8° a 12°
Aço de média resistência	14° a 18°	15° a 20°
Aço fundido	10°	10°
Ferro Fundido maleável	7°	7°
Ferro Fundido cinza macio	10°	8°
Ferro Fundido cinza duro	5° a 7°	6°
Latão duro	5°	0° a 5°
Latão macio	10°	12°
Zinco fundido sob pressão	12°	12°
Bronze fundido	8°	0° a 8°
Alumínio fundido sob pressão	20°	20°
Alumínio de laminação (com Cu)	15°	18°
Alumínio de fundição (com Si)	12°	15°
Magnésio fundido sob pressão	20°	20°

Parâmetros para brochamento

Velocidade de corte

A velocidade de corte no brochamento é função do perfil do par material da peça e material da ferramenta, da forma do gume principal, dos ângulos de incidência e saída, da profundidade de corte etc.

Parâmetros para brochamento

Velocidades de corte para brochas de aço rápido

MATERIAL	VELOCIDADE DE CORTE
Aço de 500 a 700N/mm ²	5 – 8 m/min
Aço de 700 a 800N/mm ²	3 – 6 m/min
Aço de 800 a 900N/mm ²	1 – 3 m/min
Ferro maleável	5 – 9 m/min
Ferro fundido	6 – 9 m/min
Latão, bronze	8 – 12 m/min
Alumínio	10 – 14 m/min
Zinco (fundido sob pressão)	20 – 30 m/min
Magnésio	20 – 30 m/min

Parâmetros para brochamento

Fatores de correção para demais materiais de ferramentas

Material da ferramenta	Dureza Brinell do material da peça		
	Até 160	160 - 220	220 - 360
Aço ao carbono	0,5	0,5	0,5
Aço rápido	1,9	1,0	1,0
Aço rápido - 5% de cobalto	1,1	1,15	1,2
Aço rápido - 8% de cobalto	1,15	1,25	1,3
Aço rápido - 8% de cobalto	1,25	1,4	2,0
Stellite	1,6	1,8	2,0
Metal Duro	2,0 – 2,5	2,5 – 3,0	3,5 – 4,0

Observações:

- Utilizar os fatores maiores quando usinar aço, e os menores para os demais materiais
- Esses valores podem ser considerados conservadores, podendo, na prática, ser ultrapassados
- Iniciar preferivelmente com velocidades moderadas

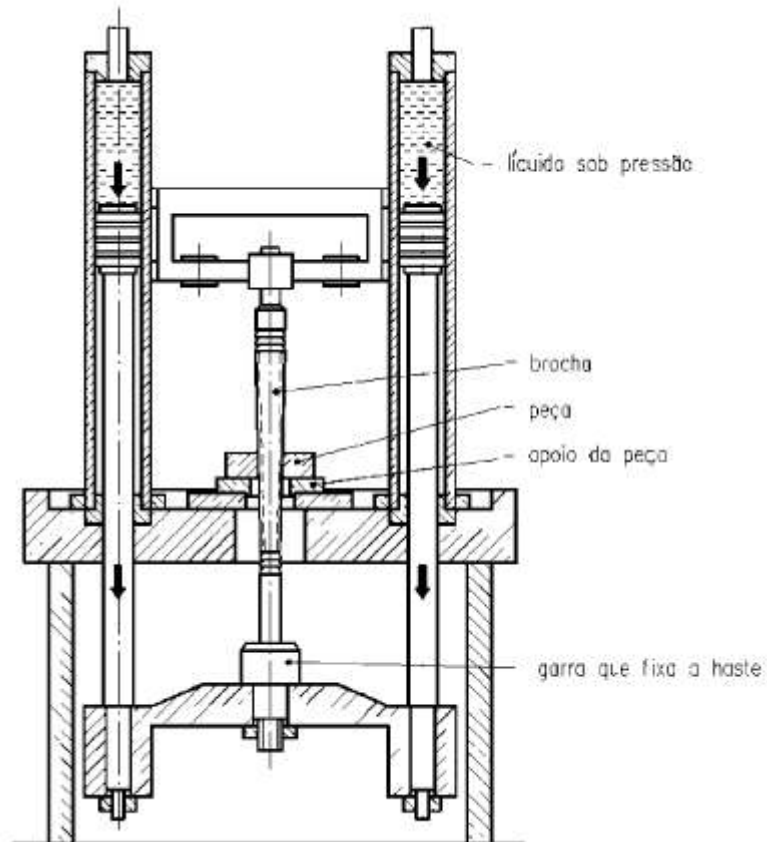
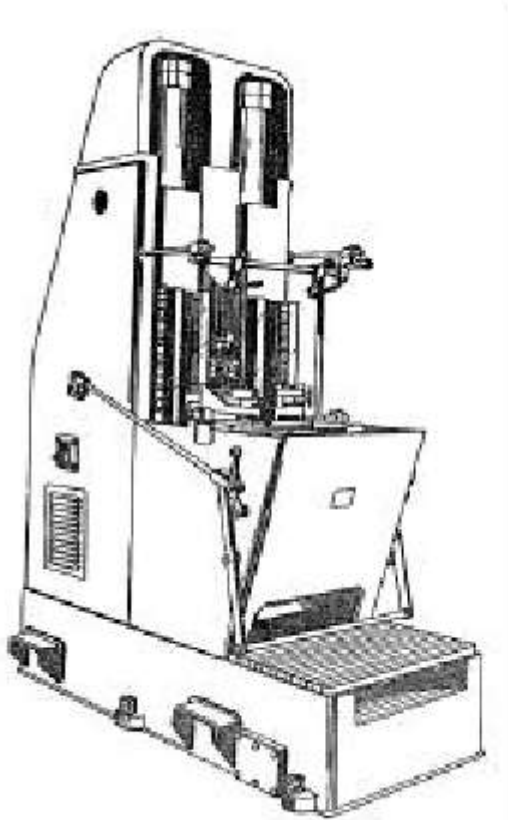
Fluidos de corte para brochamento

Função dos fluidos no brochamento:

- refrigeração
 - lubrificação das cavidades dos dentes da brocha
 - reduzindo o atrito entre cavaco e a ferramenta
 - diminuindo o desgaste
 - remover os cavacos que ficam impregnados nos dentes da brocha
 - aumento da vida
-

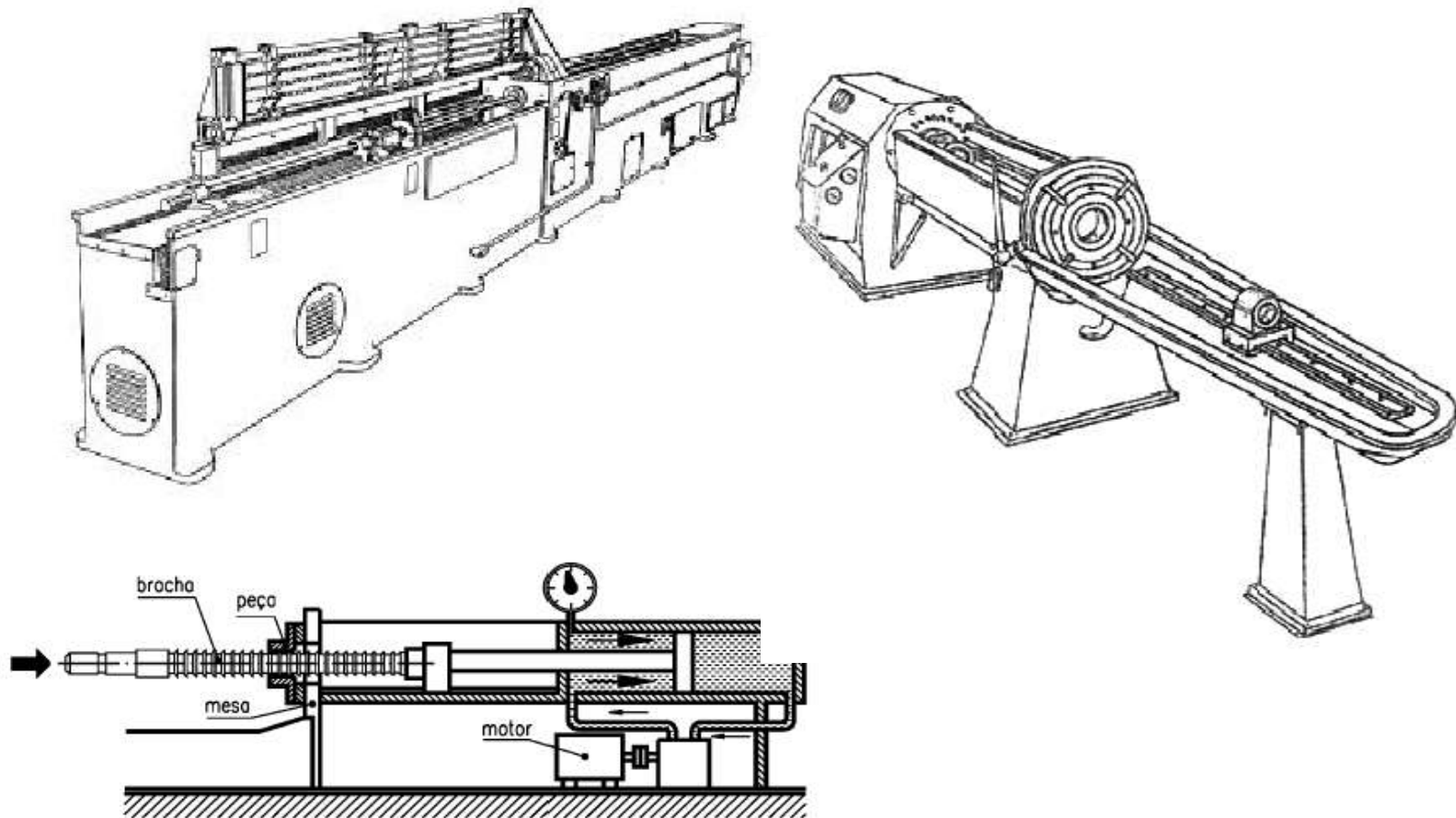
Brochadeiras

Brochadeiras horizontais



Brochadeiras

Brochadeiras verticais



Fim - Aula 20
