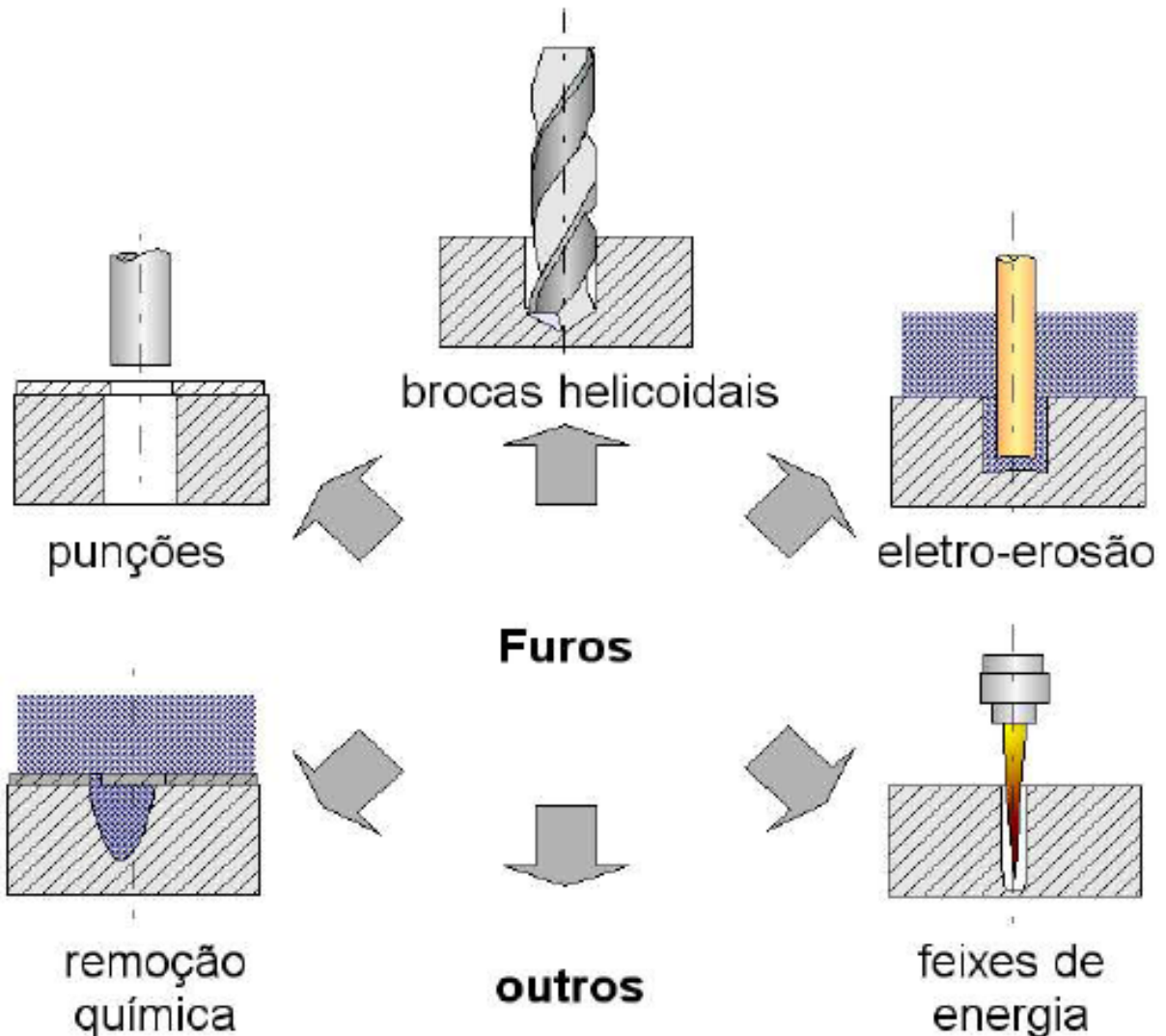


Processos de Fabricação - Furação

Introdução – Formas de obtenção de furos



Definição de furação (usinagem):

A furação é um processo de usinagem que tem por objetivo a geração de furos, na maioria das vezes cilíndricos, em uma peça, através do movimento relativo de rotação entre a peça e a ferramenta multi/monocortante, denominada broca. A continuidade da retirada de material é garantida pelo movimento relativo de avanço entre a peça e a ferramenta, que ocorre segundo uma trajetória coincidente ou paralela ao eixo longitudinal da ferramenta.

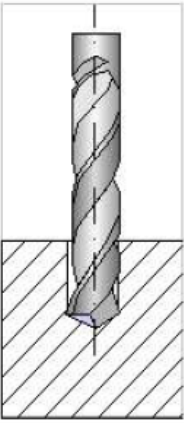
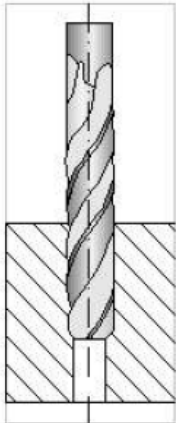
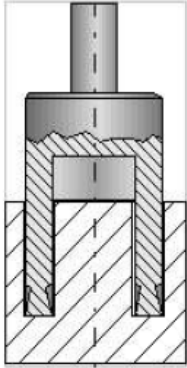
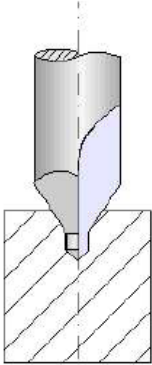
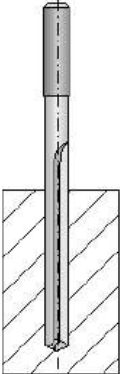
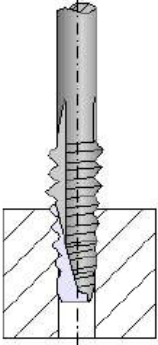
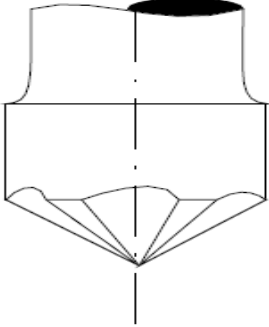
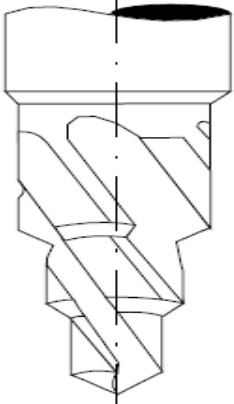
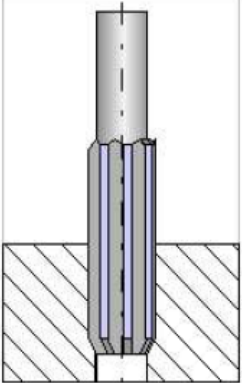
Processos de Fabricação - Furação

Introdução – Formas de obtenção de furos:

- Processo de maior importância - 30 a 40% do total de aplicações dos processos de usinagem
- A broca helicoidal é a ferramenta mais fabricada e mais difundida para usinagem
- A broca helicoidal resulta em furos de baixa qualidade de dimensão (IT11) e forma.
- Existem aproximadamente 150 formas de afiações e uma série de perfis específicos
- Utilização em furos curtos ou profundos
- Utilização na furação em cheios ou com pré-furo
- A velocidade de corte vai de um valor máximo na periferia da broca até o valor zero no seu centro
- Dificuldade no transporte dos cavacos para fora da região do corte
- Distribuição não adequada de calor na região do corte
- Desgaste acentuado nas quinas com canto vivo
- Atrito das guias nas paredes do furo

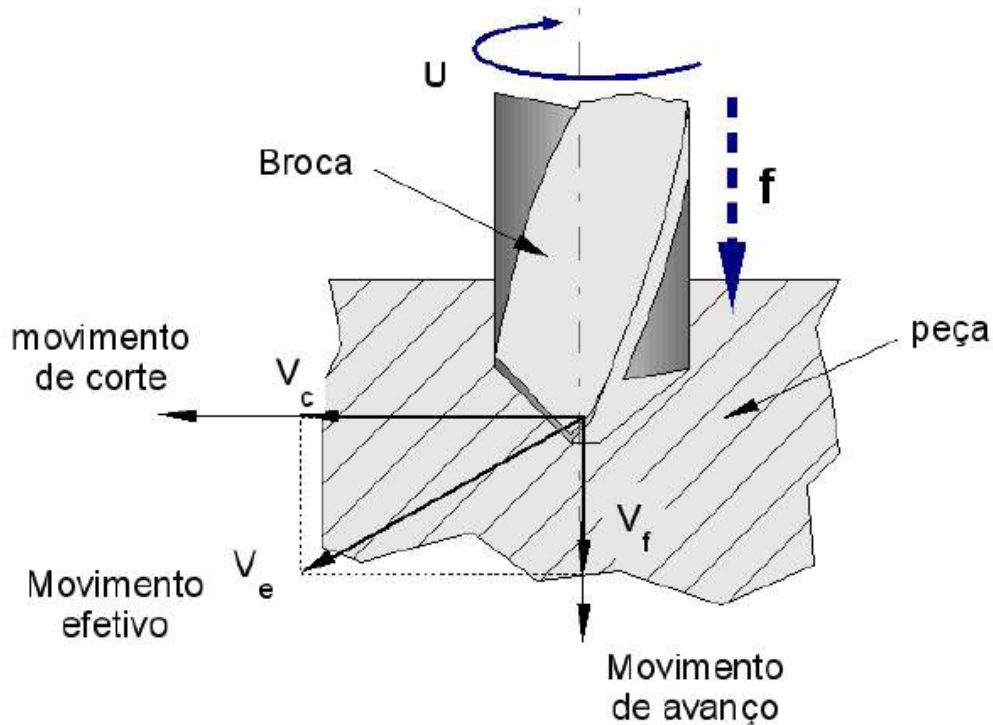
Processos de Fabricação - Furação

Variações do processo de furação com brocas:

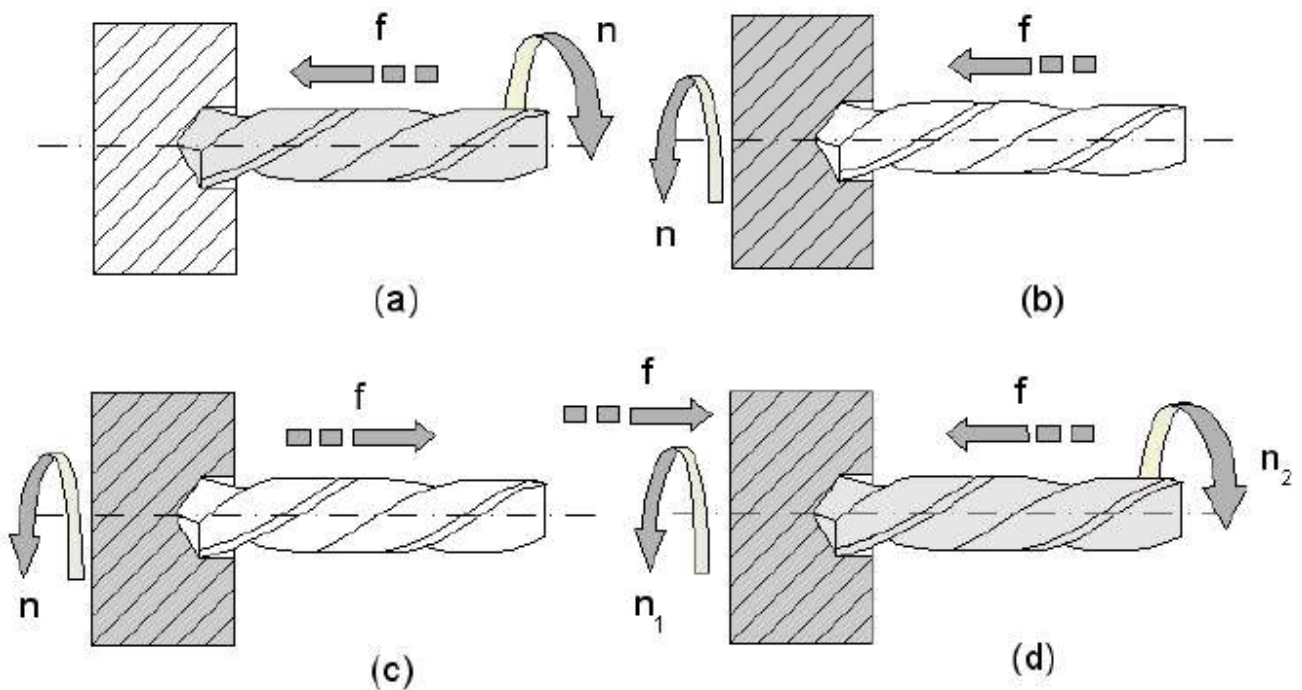
<p>Furação em cheio</p> 	<p>Furação com pré-furo</p> 	<p>Trepanação</p> 
<p>Furação de centro</p> 	<p>Furação profunda</p> 	<p>Rosqueamento</p> 
 <p>Escareamento com ponta</p>	 <p>Escareamento escalonado</p>	<p>Alargamento cilíndrico</p> 

Processos de Fabricação - Furação

Cinemática do processo:

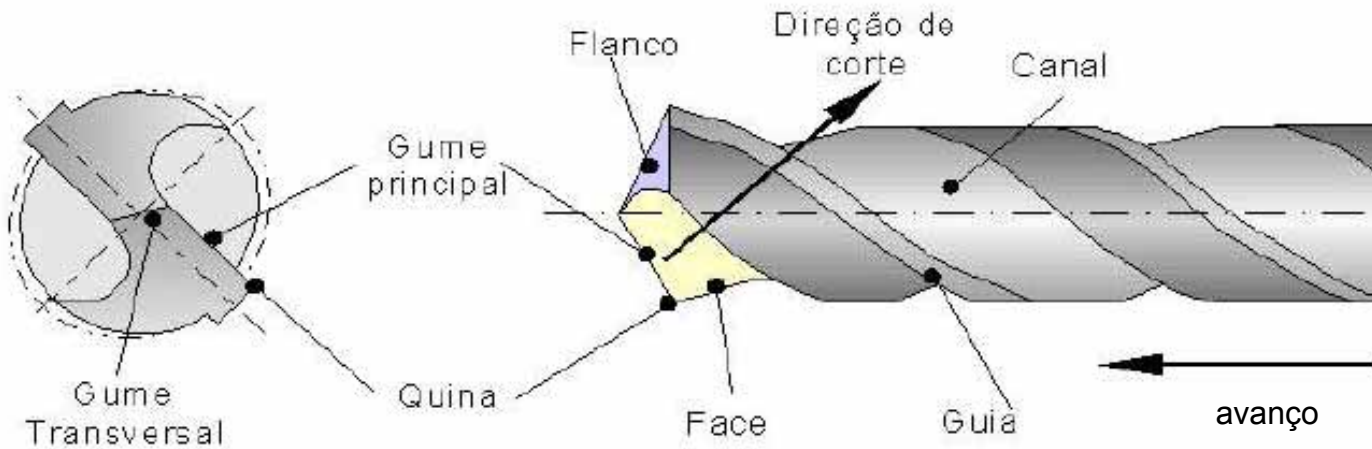


Variações do movimento de rotação e avanço:

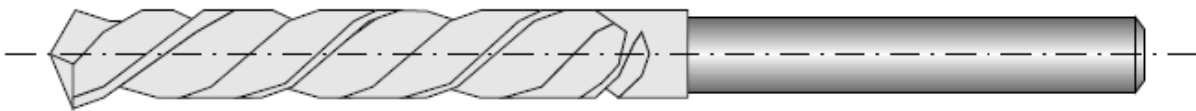


Processos de Fabricação - Furação

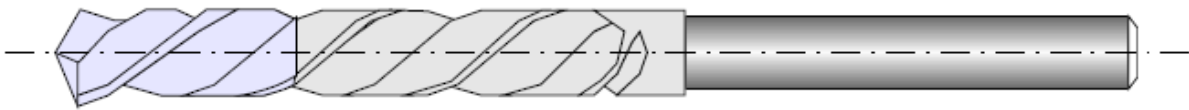
Características das brocas helicoidais:



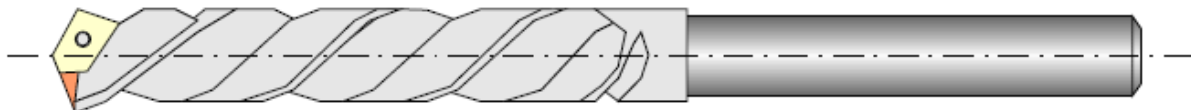
Broca de haste cilíndrica (inteiriça / integral):



Broca de haste cilíndrica (soldada):



Broca de haste cilíndrica (com inserto):



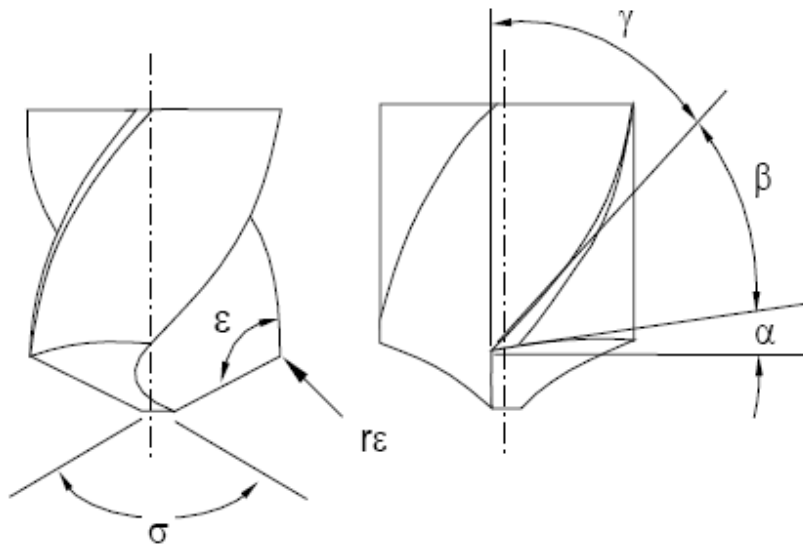
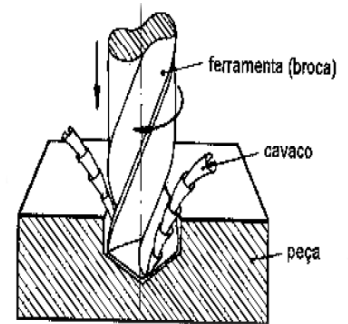
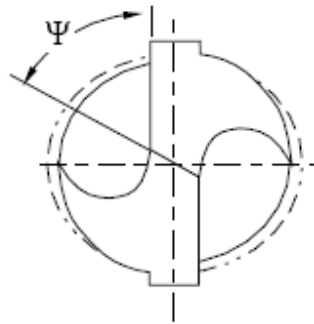
Broca de haste cônica (inteiriça / integral):



Processos de Fabricação - Furação

Geometria das brocas helicoidais:

α = ângulo de incidência
 β = ângulo de cunha
 γ = ângulo de saída
 σ = ângulo de ponta
 Ψ = ângulo do gume transversal
 ε = ângulo de quina
 $r\varepsilon$ = raio de quina



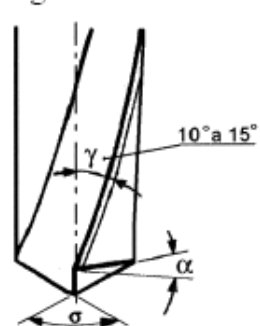
- O gume/aresta transversal é parte integrante da aresta principal, e tem como função estrudar material na direção da aresta principal.
- Gume/aresta principal é a aresta cortante e aponta no sentido de corte.
- O ângulo de incidência ou de folga (α) tem a função de reduzir o atrito entre a broca e a peça e facilitar sua penetração no material, variando entre 6° e 15° , de acordo com o material da peça a ser furada. Quanto mais duro o material, menor deve ser o ângulo de incidência.
- γ tem valor máximo na quina da broca (ang hélice λ) e diminui no sentido de centro da broca, tornando-se negativo na passagem para o gume transversal. Quanto mais duro o material, menor pode ser o angulo.
- Guia: reduz atrito com as paredes e direciona a broca
- Haste: fixação na máquina
- Canal: superfície de saída da ferramenta (retirada de cavaco)
- Canal interno: alimentação do fluido lubri-refrigerante.

Processos de Fabricação - Furação

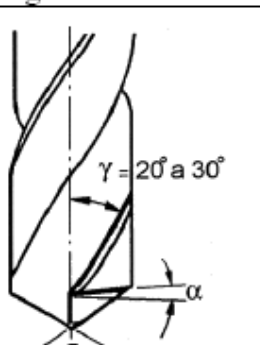
Geometria das brocas helicoidais:

De uma maneira geral as brocas, as brocas são classificadas como H, N e W.

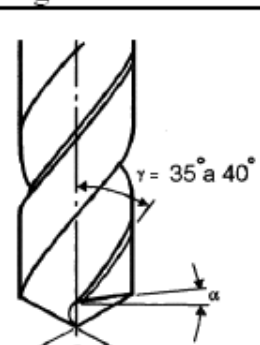
As brocas do tipo H são indicadas para materiais duros, e/ou que produzem cavaco curto (descontínuo).

Ângulos da broca	Ângulo da ponta (σ)	Aplicação
 <p>Diagrama de uma broca tipo H. O ângulo de corte principal γ é indicado como 10° a 15°. O ângulo de ponta σ é mostrado na base da broca. O ângulo de corte secundário α também é indicado.</p>	80°	Materiais prensados, ebonite, náilon, PVC, mármore, granito
	118°	Ferro fundido duro, latão, bronze, celeron, baquelite.
	140°	Aço de alta liga

As brocas tipo N são indicadas para materiais de tenacidade e dureza normais (medianos).

Ângulos da broca	Ângulo da ponta (σ)	Aplicação
 <p>Diagrama de uma broca tipo N. O ângulo de corte principal γ é indicado como 20° a 30°. O ângulo de ponta σ é mostrado na base da broca. O ângulo de corte secundário α também é indicado.</p>	130°	Aço de alto carbono
	118°	Aço macio, ferro fundido, latão e níquel

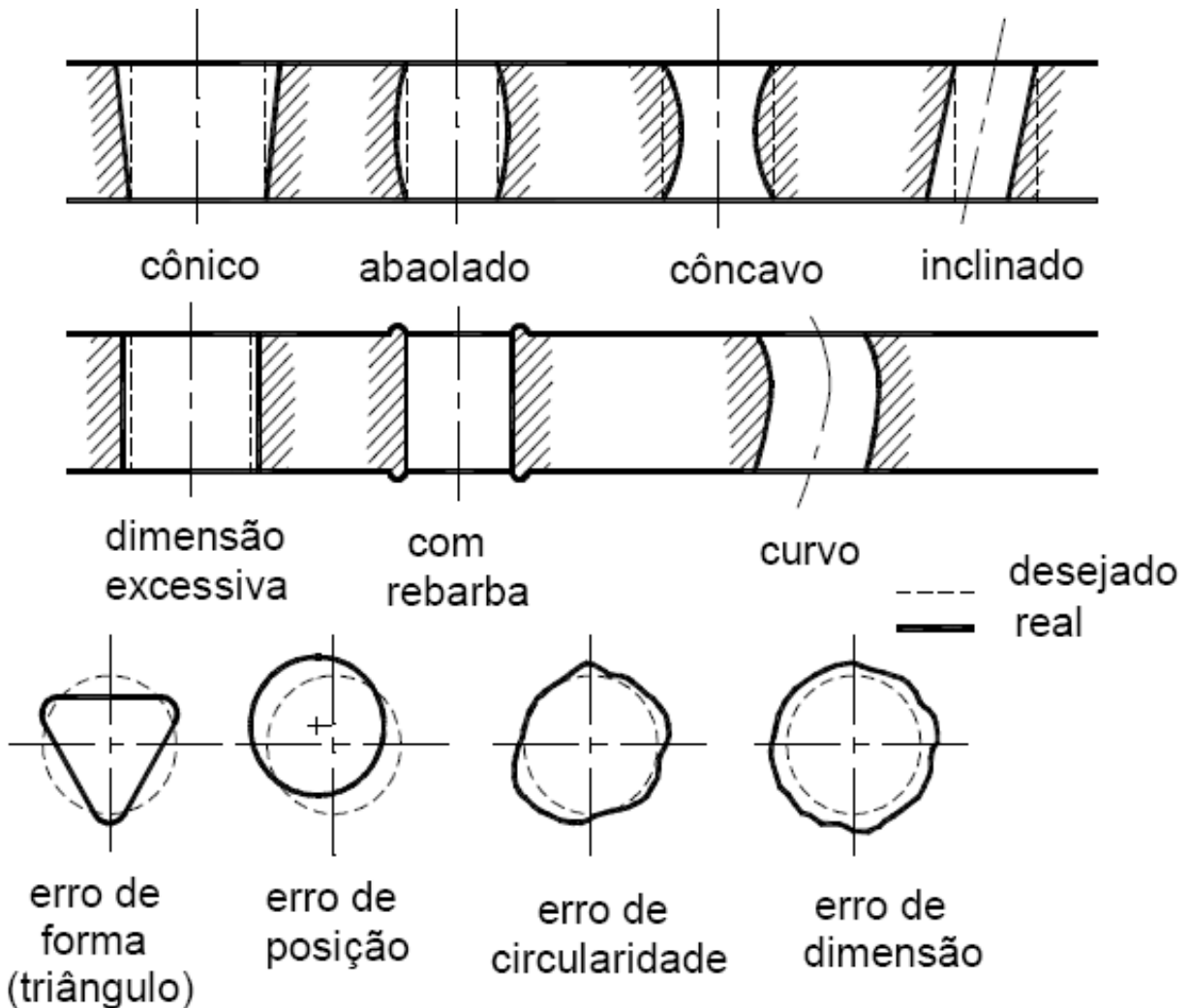
As brocas tipo W são indicadas para materiais macios e/ou que produzem cavaco longo. A tabela destaca maiores informações.

Ângulos da broca	Ângulo da ponta (σ)	Aplicação
 <p>Diagrama de uma broca tipo W. O ângulo de corte principal γ é indicado como 35° a 40°. O ângulo de ponta σ é mostrado na base da broca. O ângulo de corte secundário α também é indicado.</p>	130°	Alumínio, zinco, cobre, madeira, plástico

Processos de Fabricação - Furação

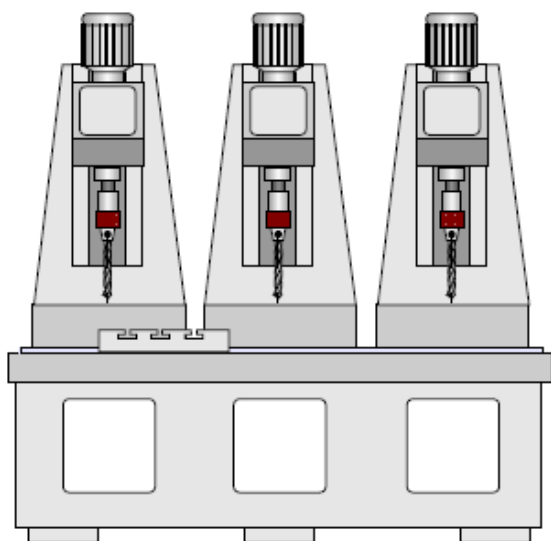
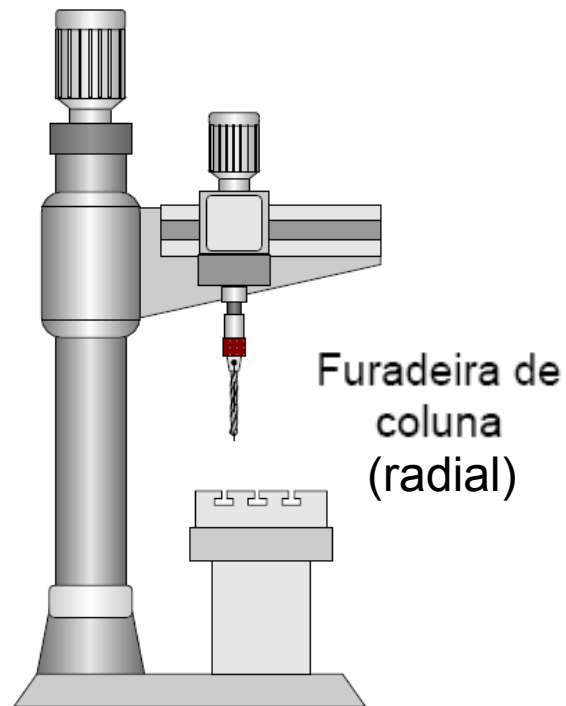
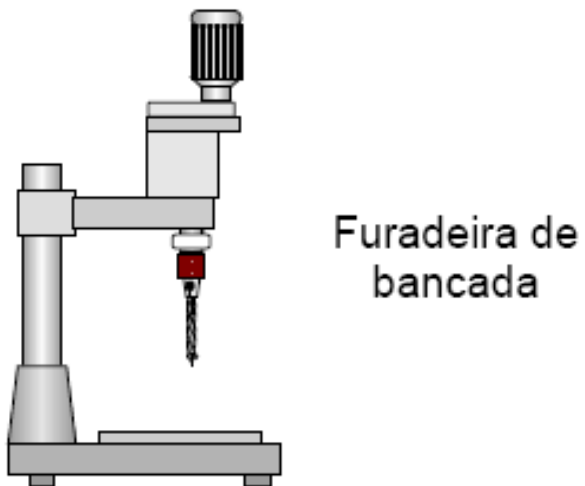
Erros comuns na geometria do furo:

- Erros de forma: diâmetro não uniforme
- Rebarba: rebarba na entrada ou saída do furo
- Erros de posicionamento: deslocamento do centro do furo
- Erros de circularidade: seção circular distorcida
- Erros de dimensão: diâmetro resultante diferente da broca

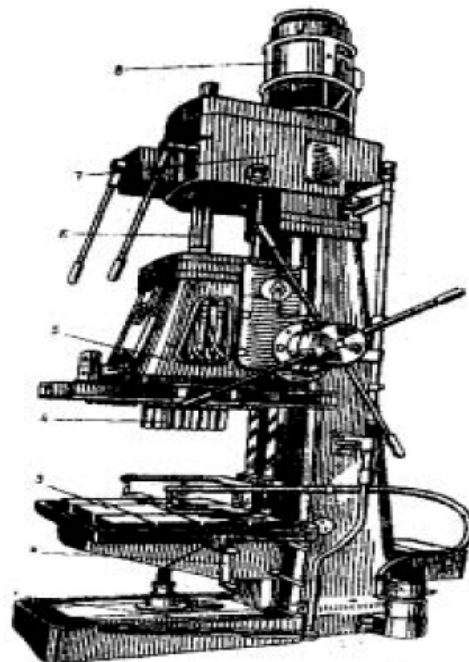


Processos de Fabricação - Furação

Tipo de Furadeira:



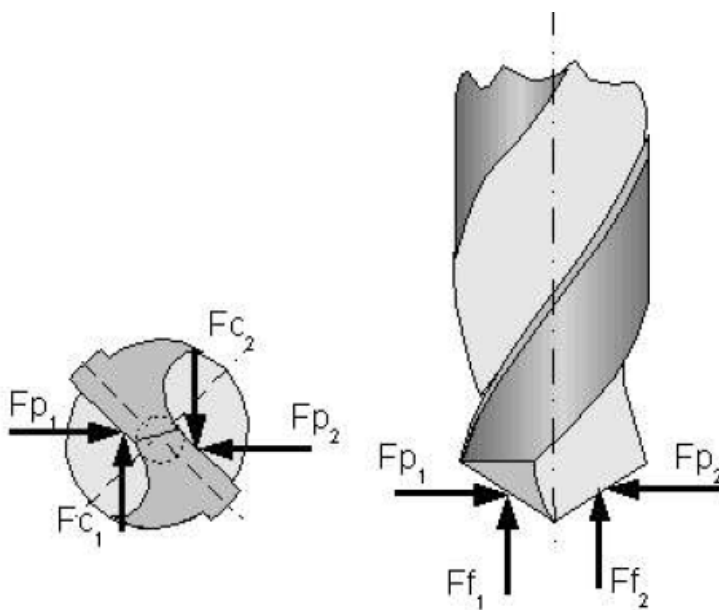
(Furadeira múltiplas colunas)



(Furadeira multifuso)

Processos de Fabricação - Furação

Força em brocas helicoidais:



Força de corte (Fc)

Essa corresponde à parcela da força de corte (F_{ci}) que atua em cada um dos gumes cortantes e é decorrente da resistência ao corte do material usinado, tendo grande influência sobre o momento torçor que atua na furação.

$$F_c = K_c \frac{f d}{4}$$

F_c = Força de corte [N]

K_c = Força específica de corte [N/mm²]

f = Avanço [mm]

d = Diâmetro da broca [mm]

Processos de Fabricação - Furação

Força em brocas helicoidais:

Força de avanço (Ff)

É a resultante da soma das parcelas das reações ao avanço do gume de corte e do gume transversal. Como o gume transversal atua no sentido de extrudar material para os gumes principais, a parcela da respectiva força de avanço pode ser igual ou até mesmo maior que a força de avanço dos gumes principais de corte. É importante conhecê-la para se ter certeza que o eixo da máquina é capaz de suportar a operação.

$$F_f = k_f \frac{f d \operatorname{sen} \frac{\sigma}{2}}{2}$$

F_f = Força de avanço [N]

k_f = Força específica de avanço [N/mm²]

f = Avanço [mm]

d = Diâmetro da broca [mm]

σ = Ângulo de ponta da ferramenta [graus]

Força passiva (Fp)

Atua em uma parcela do gume principal. As forças passivas atuantes nos gumes tendem a se anular mutuamente. É desprezível quando comparada com as forças de corte e de avanço (atuam na direção do raio da ferramenta). Contudo, para afiações assimétricas dos gumes ou mesmo em brocas não simétricas, tais como brocas canhão, BTA e *Ejektor*, essas são importantes.

Processos de Fabricação - Furação

Força em brocas helicoidais:

Momento torçor (Mt)

Resultado das forças atuantes nos gumes principais da ferramenta são responsáveis pelo momento torçor, contribuindo entre 70 e 90% do valor do mesmo.

$$M_t = K_c \frac{f d^2}{8.000} = F_c \frac{D}{2000}$$

Mt = Momento torçor [N.mm];

Fc = Força de corte [N];

Kc = Força específica de corte [N/mm²]

f = Avanço [mm]

d = Diâmetro da broca [mm]

Potência de corte (Pc)

É resultante do produto entre o momento torçor e a velocidade angular da ferramenta.

$$P_c = \frac{M_t n}{9,549}$$

Mt = Momento torçor [N.mm];

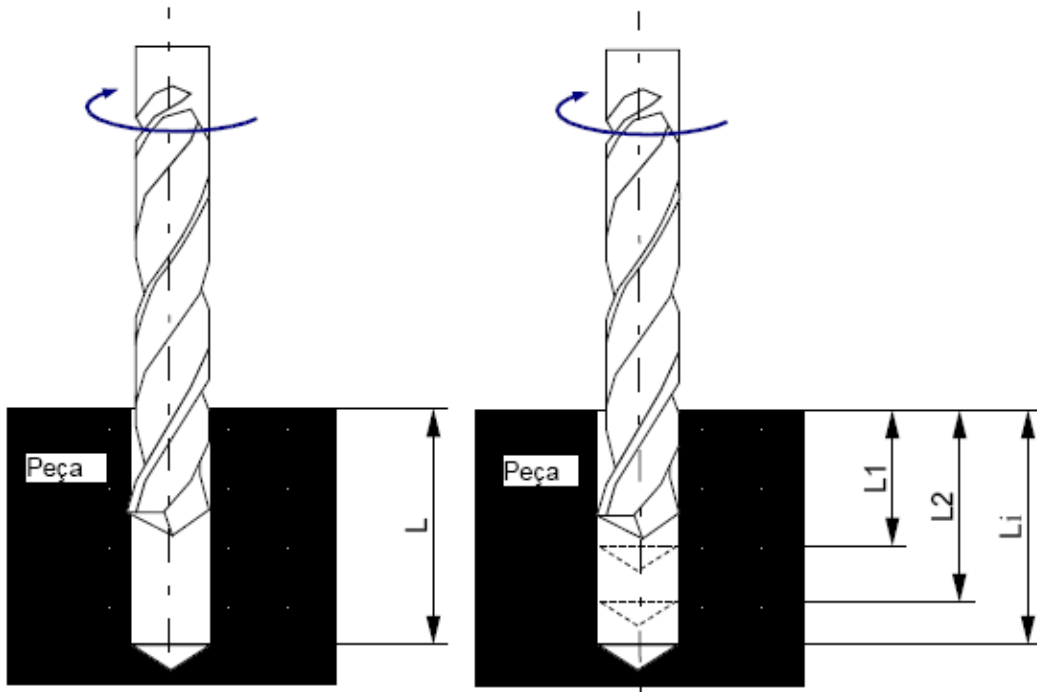
Pc = Potência de corte [kW];

n = rotação [rpm]

Processos de Fabricação - Furação

Furação Profunda:

- $L/D < 5$: uso de brocas helicoidais convencionais com furação contínua
- $L/D > 5$: uso de brocas helicoidais convencionais, com furação em ciclos

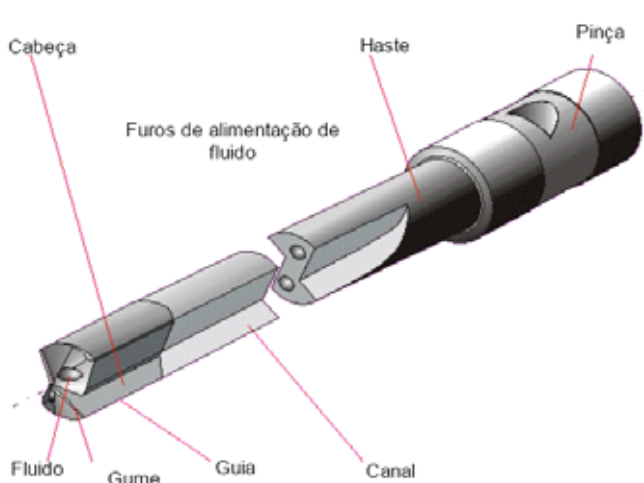


- $L/D \gg 5$: processos específicos, empregando brocas de canais retos, brocas canhão, brocas de gume único, brocas BTA e Ejektor.

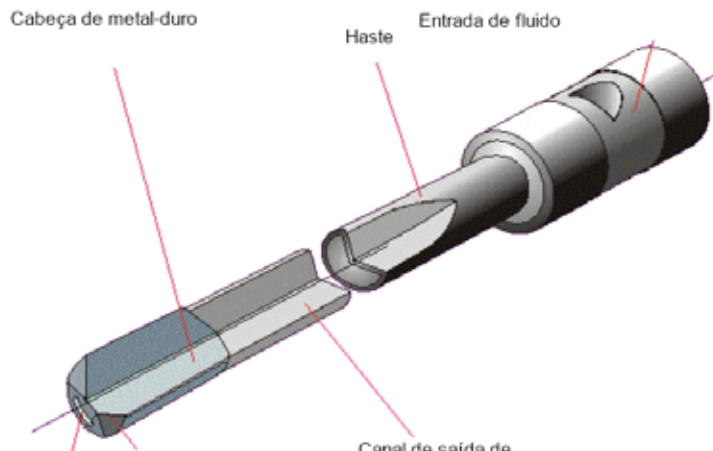
Característica das ferramentas:

- Ferramentas especiais - assimetria na posição dos gumes
- Fluido de corte - alimentação interna - transporte de cavacos
- Cunha em metal duro - altas velocidades de corte

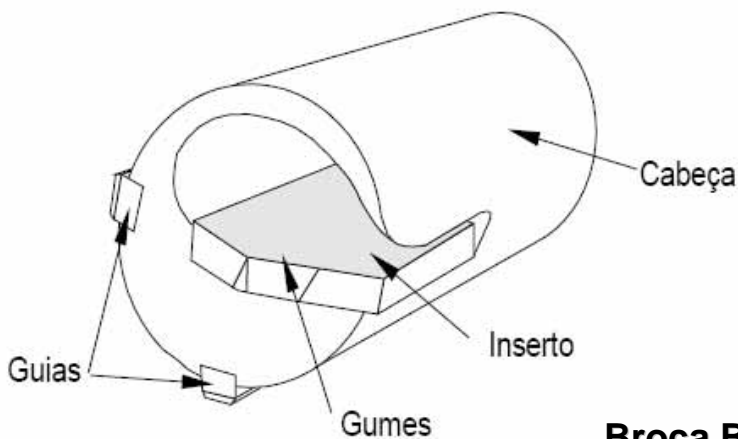
Processos de Fabricação - Furação



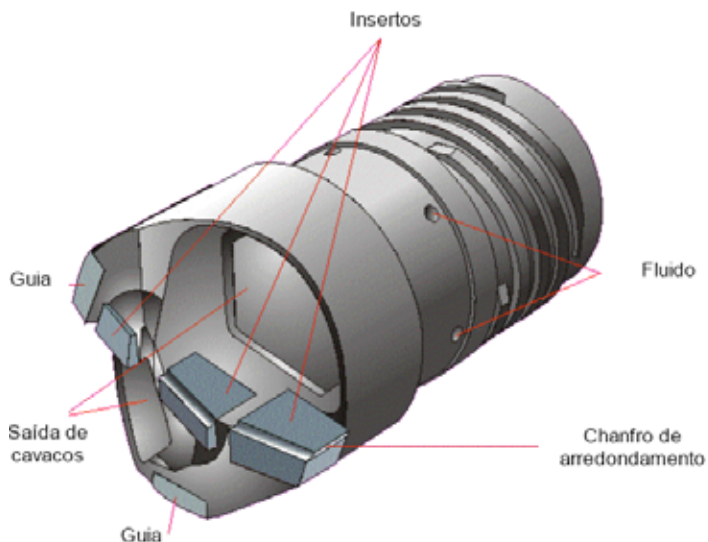
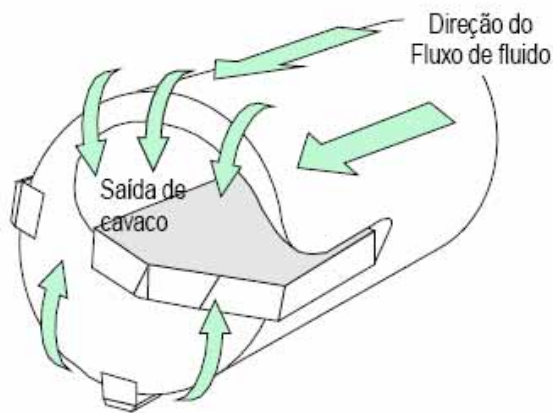
Broca de canal reto



**Broca canhão
(saída externa de cavaco)**



**Broca BTA
(ou broca canhão com saída interna de cavaco)**



Broca Ejetor