

GEOMETRIA DAS BROCAS HELICOIDAIS E SUA APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA THE GEOMETRY OF SCREW DRILLS AND THEIR APPLICATION IN INDUSTRY

Bruno Gabriel Morais Moreira¹
Professor Dr. Sandro Cardoso Santos²

1 Graduado em engenharia mecânica, pós-graduado em projeto de estruturas, automação e robótica, discente do curso de mestrado em engenharia mecânica – CEFET-MG. Autor para correspondência: bgsefie@gmail.com

2 Doutor em Engenharia especialista em usinagem, tribologia e projeto de máquinas. Professor Titular do CEFET_MG. Autor para correspondência: sandrocardoso@cefetmg.br

RESUMO:

O processo de furação consiste em um evento de extrema importância nos processos de usinagem dos materiais. Para que esta operação ocorra, o uso de brocas é fundamental. No contexto histórico, as brocas caracterizam-se como uma das mais antigas ferramentas de usinagem desenvolvidas pelo homem, sendo os primeiros registros de ferramentas similares, remontam ao antigo Egito, onde estruturas metálicas cilíndricas com pontas afiadas eram rotacionadas com o auxílio de uma corda e um arco para a produção de furos em madeira ou em materiais de baixa dureza. Atualmente, o emprego das brocas é diverso e o seu uso no contexto industrial é cada vez maior. A geometria deste tipo de ferramenta, sofreu evoluções consideráveis com o desenvolvimento tecnológico, entretanto, as brocas ainda aproveitam o mecanismo de cisalhamento, este por sua vez, caracteriza a furação como um processo de usinagem convencional. No que tange a usinagem de materiais metálicos, os modelos e tipos de brocas podem ser diversos e a sua aplicação estará relacionada com o tipo de operação que será executada. Por este motivo, as brocas helicoidais devem apresentar características geométricas e resistência inerentes ao material da qual são fabricadas. Essas características devem ser tais que, melhor otimizem a resistência a fadiga e a flambagem, durabilidade, e adequação aos parâmetros de corte, com o intuito de promover uma furação eficiente e livre de desvios dimensionais e geométricos, garantindo a precisão e tolerância requerida em projeto. Neste contexto, o presente trabalho busca abordar o design e geometria das brocas helicoidais, promovendo uma discussão acerca do seu crescente uso na indústria mecânica e seus impactos econômicos.

Palavras-chave: Brocas helicoidais, Furação, Geometria de ferramenta, Usinagem de metais.

ABSTRACT:

The drilling process is an extremely important event in the machining processes of materials. For this operation to occur, the use of drills is essential. In the historical context, drills are characterized as one of the oldest machining tools developed by man, with the first records of similar tools dating back to ancient Egypt, where cylindrical metallic structures with sharp ends were rotated with the help of a rope and an arc for producing holes in wood or low hardness materials. Currently, the use of drills is diverse and their use in the industrial context is increasing. The geometry of this type of tool has undergone considerable evolution with technological development, however, the drills still use the shearing mechanism, which in turn characterizes drilling as a conventional machining process. Regarding the machining of metallic materials, the models and types of drills can be diverse and their application will be related to the type of operation that will be performed. For this reason, twist drills must have geometric characteristics and resistance inherent to the material from which they are manufactured. These characteristics must be such that they best optimize resistance to fatigue and buckling, durability, and suitability for cutting parameters, with the aim of promoting efficient drilling and free from dimensional and geometric deviations, guaranteeing the precision and tolerance required in the project. In this context, the present work seeks to address the design and geometry of twist drills, promoting a discussion about their growing use in the mechanical industry and their economic impacts.

Keywords: Twist drills, Drilling, Tool geometry, Metal machining.

1. INTRODUÇÃO

O processo de furação é um dos processos mais comumente encontrados na indústria. Juntamente com o torneamento, é uma das operações mais importantes, envolvendo aproximadamente 33% de todas as operações de usinagem de metal. É realizada normalmente nos últimos estágios de fabricação de uma peça, quando uma grande quantidade de tempo e dinheiro já foi gasta, devendo assim apresentar muita confiabilidade (TONSHOFF e KÖNIG, 1994).

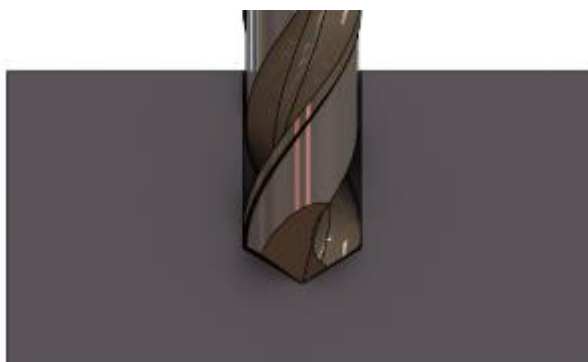
Deste modo, segundo Groover (2007), destaca-se a crescente necessidade da indústria em promover a eficiência em processos produtivos para a obtenção de melhores resultados econômicos. Portanto, aprimorar os métodos de produção é uma questão de sobrevivência para as companhias que desejam alcançar ou manter a vanguarda tecnológica em seu ramo, uma vez que a busca incessante por inovação pode ser a chave para o sucesso, ou o contrário, determinar o fracasso do negócio. Essa tendência de inovar provoca a procura por tecnologias que estejam atreladas ao conhecimento científico disponível. Entretanto, é perceptível que a excelência das pesquisas nessa área nem sempre alcança o ambiente industrial, uma vez que há grandes desafios na determinação dos valores ideais para as condições de usinagem em um ambiente de produção seriada. Dessa forma, a indústria geralmente se limita ao uso de valores sugeridos e que raramente são melhorados por meio da realização de ensaios prévios de usinagem ou critérios de otimização econômica.

2 DESENVOLVIMENTO

Segundo Ferraresi (1970), a furação pode ser definida como um processo mecânico de usinagem destinado a obtenção de um furo geralmente cilíndrico numa peça, com auxílio de uma ferramenta geralmente multicortante. Para tanto, a ferramenta ou peça giram e simultaneamente a ferramenta ou a peça se deslocam segundo uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo principal da máquina. Este processo de usinagem pode-se dividir-se em outras operações principais como:

- a) **Furação em cheio:** É o processo de furação propriamente dito, conforme ilustrado na figura 1. Consiste na abertura de um furo geralmente cilíndrico na peça de forma que se remove, na forma de cavaco, todo material compreendido no volume do furo final. Para a realização de furações com grandes profundidades é necessário o auxílio de ferramenta especial para prolongar o comprimento da broca.

Figura 1 – Representação de furação em cheio, vista em corte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- b) **Escareamento:** Operação destinada a abertura de um furo cilíndrico de pequena profundidade em uma peça já furada. Pode ser realizada com uma broca de diâmetro maior do que o furo ou com o auxílio de uma ferramenta escareador, conforme ilustrada na figura 2.

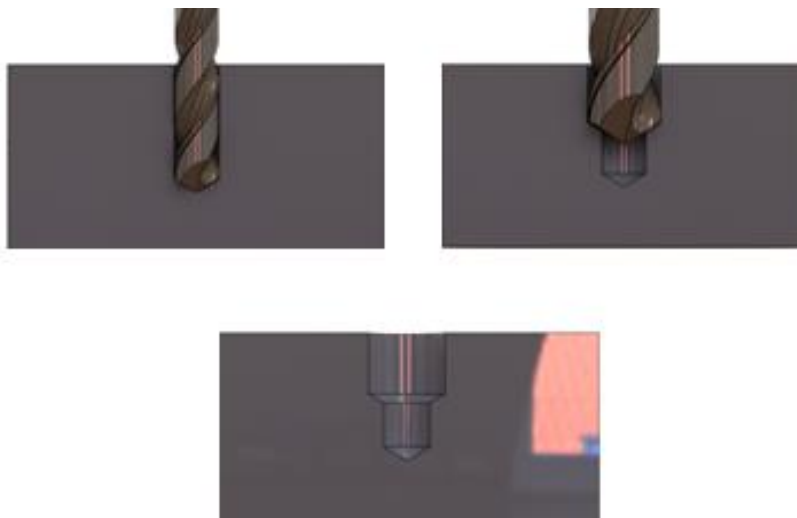
Figura 2 – Representação de escareamento em furo, vista em corte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- c) **Furação escalonada:** Este processo de furação é destinado à obtenção de furos com mais de um diâmetro diferentes conforme a figura 3. Geralmente usa-se brocas especiais escalonada para abertura destes, entretanto é comum na indústria a utilização de brocas helicoidais convencionais combinadas para reproduzir o mesmo efeito.

Figura 3 – Representação de furação escalonada, vista em corte.

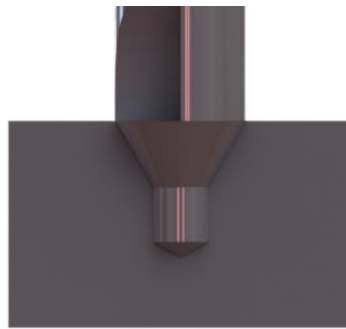


Fonte: Elaborado pelo autor.

- d) **Furação de centro:** É um processo de usinagem inicial, ou seja, é seguido por outros processos de fabricação. Conforme a figura 4, a furação de centro, geralmente é realizada a fim de produzir um pequeno furo para fixação de peças com contrapontos

em tornos, ou mesmo para a abertura de um furo guia para apoiar uma broca posterior.

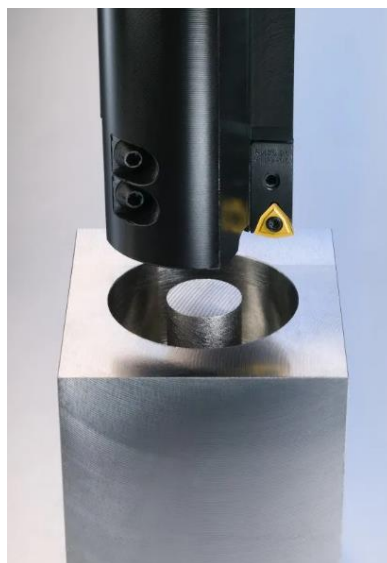
Figura 4 – Representação de furação de centro, vista em corte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- e) **Trepanação:** É um processo de furação pouco aplicado. Consiste na remoção de apenas parte do material compreendido no volume do furo final. O material removido é reduzido a cavaco, permanecendo um núcleo maciço na peça usinada conforme mostrado na figura 5.

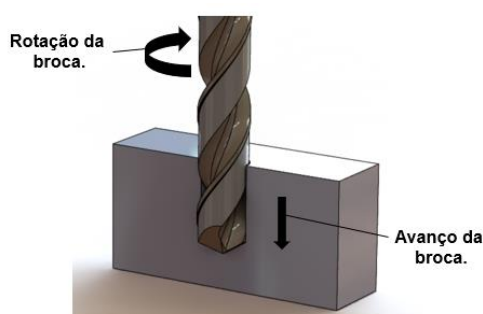
Figura 5 – Representação de furação por trepanação.



Fonte: Sandvik Coromant (2024).

Com relação aos movimentos no processo de furação destacam-se o movimento de rotação da broca em torno de seu eixo e o movimento de avanço da broca em relação a peça que será furada. Os dois movimentos combinados são responsáveis por promover o cisalhamento do material, gerando o resultado desejada no processo de usinagem conforme na representação da figura 6.

Figura 6 – Representação dos movimentos principais da broca, vista em corte.

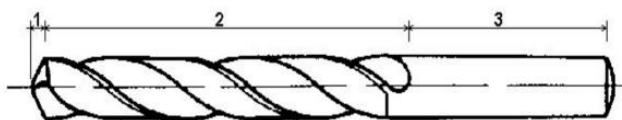


Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Chiaverini (1986), durante o processo de corte do material, os gumes da ferramenta arrancam o material, e o cavaco resultante a medida que é retirado, se enrola em forma de espiral cilíndrica, deslizando pelos dois canais helicoidais da ferramenta. Desta forma, toda a geometria da ferramenta trabalha para a execução perfeita da furação. A parte da broca responsável pelo cisalhamento do material é a sua ponta, onde pode haver dois ou mais gumes cortantes.

A figura 7 apresenta as partes básicas das brocas helicoidais que segundo Watson (1985), é composta por uma ponta (1), corpo (2) e haste (3). Estas partes servem respectivamente para o corte do material, remoção da porção cisalhada e fixação no mandril da máquina operatriz.

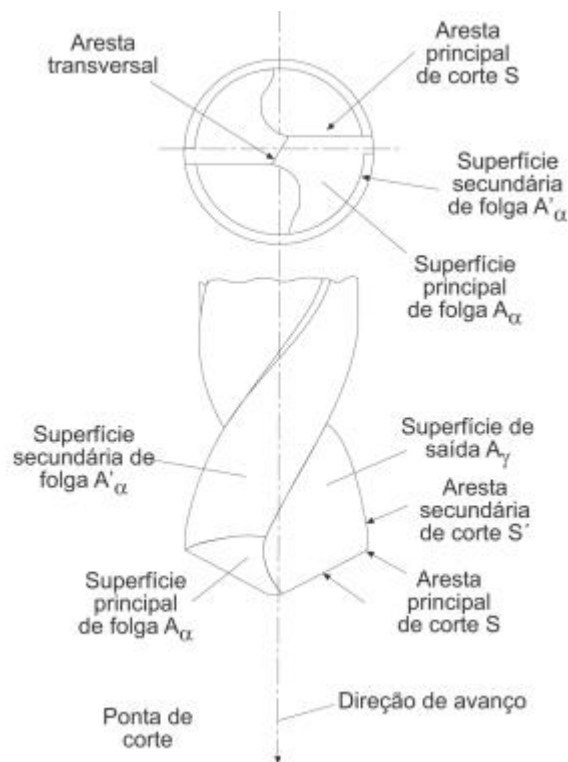
Figura 7 – Partes principais da broca helicoidal.



Fonte: Watson (1985).

Segundo Diniz, Marcondes e Coppini (2014), as brocas podem apresentar as seguintes partes exemplificadas na figura 8:

Figura 8 – Partes principais da broca helicoidal.



Fonte: Diniz, Marcondes e Coppini (2014).

Superfície secundária de folga ($A'\alpha$) — é a superfície da cunha de corte da ferramenta que contém sua aresta de corte secundária e que defronta com a superfície em usinagem secundária.

Aresta principal de corte S — é a aresta da cunha de corte formada pela intersecção das superfícies de saída e de folga principal. Gera na peça a superfície em usinagem principal

Aresta secundária de corte S' — é a aresta da cunha de corte formada pela intersecção das superfícies de saída e de folga secundária. Gera na peça a superfície em usinagem secundária.

Ponta de corte — é a parte da cunha de corte onde se encontram as arestas principal e secundária de corte. A ponta de corte pode ser a intersecção das arestas, ou a concordância das duas arestas através de um arredondamento, ou o encontro destas através de um chanfro.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho discutiu detalhadamente a geometria das brocas helicoidais e sua importância nos processos de usinagem de materiais metálicos. Ao longo da pesquisa, ficou notável que a evolução da geometria das brocas helicoidais está diretamente relacionada às exigências crescentes da indústria por maior eficiência, precisão e redução de custos. A furação é uma das operações mais recorrentes no contexto industrial, representando cerca de um terço de todas as operações de usinagem, o que torna essencial e imprescindível o desenvolvimento contínuo dessas ferramentas.

Ao considerar a complexidade dos processos de furação, percebemos que os avanços tecnológicos na geometria das brocas desempenham um papel crucial na melhoria da qualidade e produtividade das operações. A geometria dessas ferramentas influencia diretamente sua capacidade de realização de cortes eficientes e precisos, evitando o desgaste prematuro, aumentando a vida útil das brocas e reduzindo o tempo de inatividade devido à substituição de ferramentas. Esse aumento de eficiência é fundamental em ambientes de produção seriada, onde qualquer desvio dimensional pode comprometer a qualidade final do produto.

Além disso, uma análise histórica do desenvolvimento das brocas mostrou como a evolução da tecnologia de corte foi acompanhada por mudanças significativas na indústria, desde as ferramentas rotativas simples usadas no antigo Egito até as brocas helicoidais modernas, otimizadas para diferentes tipos de materiais e aplicações. A introdução de novos materiais e tratamentos para brocas, como revestimentos de TiN (nitreto de titânio) e TiAlN (nitreto de alumínio e titânio), ampliou ainda mais a gama de aplicações e a durabilidade dessas ferramentas. O advento da usinagem de alta velocidade (HSM) também impulsionou a demanda por ferramentas capazes de suportar maiores esforços mecânicos e térmicos, o que levou à necessidade de aprimoramentos constantes na geometria das brocas.

Outro aspecto fundamental abordado ao longo deste estudo, foi a diversidade de operações de furação e seus respectivos critérios. Dependendo do tipo de furo a ser realizado, seja ele em cheio, escareado, escalonado ou por trepanação, as brocas devem ser projetadas com características específicas para atender a esses requisitos. A seleção convencional da ferramenta pode resultar em falhas no processo de usinagem, como desgaste excessivo, formação de cavas inadequadas, falhas na remoção de material ou desvios dimensionais. Por isso, a escolha correta da broca e deve-se levar em consideração a operação a ser realizada, e o material a ser furado.

Além dos aspectos técnicos relacionados à geometria da broca, este estudo também destacou os impactos econômicos da utilização dessas ferramentas na indústria. A escolha adequada de brocas com geometrias otimizadas e materiais resistentes tem o potencial de reduzir significativamente os custos de produção, aumentando a eficiência dos processos de furação. A redução do tempo de ciclo de usinagem, a menor necessidade de substituição de ferramentas e a redução do retrabalho são apenas alguns dos benefícios que podem ser coletados quando as brocas corretas são aplicadas em operações de furação. Esses fatores, por sua vez, impactaram diretamente a lucratividade das empresas, principalmente aquelas que operam com grandes volumes de produção.

Por outro lado, também foi mencionado que, apesar dos avanços, a indústria ainda enfrenta desafios na implementação de novas tecnologias relacionadas à geometria das brocas. Embora exista um vasto conhecimento científico disponível sobre o tema, a transferência desse conhecimento para o ambiente industrial nem sempre é rápida. Para enfrentar esses desafios, torna-se essencial a integração mais estreita entre a pesquisa acadêmica e a indústria. A realização de estudos que avaliam a aplicação de novas geometrias de brocas em diferentes tipos de materiais e operações é uma estratégia que pode trazer resultados expressivos para a melhoria contínua dos processos de usinagem. Ensaios práticos em ambientes industriais, em combinação com simulações computacionais, podem fornecer dados mais precisos para otimização das configurações de corte e para o desenvolvimento de brocas com geometria aprimorada, focando na redução de falhas e aumento de durabilidade.

Em suma, o presente estudo ressaltou que a geometria das brocas helicoidais desempenha um papel essencial na eficiência e precisão dos processos de furação. As inovações contínuas no design dessas ferramentas, impulsionadas pelos avanços da ciência dos materiais

e das tecnologias de fabricação, são fundamentais para atender às demandas crescentes da indústria moderna. À medida que a tecnologia avança, espera-se que novas soluções surjam, aumentando ainda mais a produtividade, a qualidade e a competitividade das empresas que utilizam a furação nos seus processos de usinagem.

REFERÊNCIAS

CHIAVERINI, V. **Tecnologia Mecânica: Processos de Fabricação e Tratamento** - Volume II. 2. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 1986. 315.

DINIZ, Anselmo Eduardo; MARCONDES, Francisco Carlos; COPPINI, Nivaldo Lemos. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 9. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2014.

FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: Blücher, 1970.

GROOVER, M. P. **Automation, production systems and computer integrad manufacturing**. Prentice-Hall, Upper Sadle River, p. 840, 2007.

TÖNSHOFF, H. K.; KÖNIG, W. **Machining of holes, development in drilling technology**. Annals of the CIRP, v.43, 1994.

SANDVIK COROMANT. Trepanning. Disponível em <https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/drilling/trepanning>. Acesso em: 13 set. 2024.

WATSON, A. R. **Geometry of Drill Elements**. *International Journal of Machine Tool Design and Research*, Vol. 25, No. 3, 1985.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelo dom da vida e pela inspiração no caminho do conhecimento científico. À Nossa Senhora Aparecida e à Igreja Católica, manifesto minha gratidão pelo constante amparo moral e espiritual, que guiaram minha busca pela verdade e sabedoria.

Aos meus pais, Edson Rosa Moreira e Angela Maria Morais Moreira, e ao meu irmão, Edson Júnio Morais Moreira, agradeço profundamente pelo incondicional apoio moral e incentivo em cada etapa desta jornada.

Ao Prof. Dr. Sandro Cardoso dos Santos, minha sincera gratidão pela confiança depositada, pelo conhecimento compartilhado e pelo constante incentivo à busca pelo saber.



Por fim, estendo meus agradecimentos a toda a equipe pedagógica do CEFET-MG, cuja dedicação e compromisso inabaláveis foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa e para o avanço da ciência no Brasil.