

Aplicação de brocas de aço-rápido na usinagem a seco do aço AISI P20

Tool wear in dry machining of AISI P20 steel

Rodrigo Panosso Zeilmann

Prof. Dr. Eng. Mec., Universidade de Caxias do Sul
Caxias do Sul, RS, Brasil CEP 95070-560
rpzeilma@ucs.br

Tiago Vacaro

Bolsista, Universidade de Caxias do Sul
Caxias do Sul, RS, Brasil CEP 95070-560
tvacaro@ucs.br

Resumo

Na atualidade, a usinagem sem fluido de corte constitui um dos tópicos mais debatidos da indústria metal-mecânica. O elevado custo dos fluidos, problemas ecológicos ligados ao ambiente de trabalho e à destinação de resíduos, assim como a saúde dos trabalhadores, têm estimulado a eliminação ou restrição do uso de fluidos lubri-refrigerantes. As pesquisas do processo de furação buscam adaptar condições de corte e situações específicas para realização de usinagem sem fluido de corte. Dessa forma, este trabalho relata um estudo dos efeitos da ausência do uso de fluidos de corte em ferramentas de aço-rápido HSS M2, na usinagem do aço AISI P20. Para o desenvolvimento dos ensaios foram utilizadas brocas helicoidais DIN 338, com dois gumes, sem revestimento. As brocas apresentaram principalmente os mecanismos de abrasão e adesão. A ausência do fluido de corte tornou o processo bastante severo, submetendo as ferramentas a elevadas solicitações térmicas.

Palavras-chave: furação, usinagem a seco, **Key words:** drilling, dry machining, wear mechanisms. mecanismos de desgaste.

Abstract

Actually, machining without cutting fluid is one of the most discussed topics of the metal-mechanical industry. The high cost of fluids, ecological problems in the work environment and the destination of wastes, as well the health of workers, have encouraged the removal or restriction of the use of cutting fluids. The research of the drilling process seeks to adapt cutting conditions and circumstances to perform machining without cutting fluid. Thus, this paper reports a study of the lack's effects of cutting fluids in high-speed-steel tools HSS M2, in machining of steel AISI P20. For the development of tests were used twist drills DIN 338, with two edges, uncoated. The drills had mainly the mechanisms of abrasion and adhesion. The absence of the cutting fluid became the process quite severe, subjecting the tools to high thermal solicitations.

1. Introdução

A usinagem a seco é o atual estado-da-arte do processo de arranque de cavacos. Com o aumento da confiabilidade dos atuais processos de desenvolvimentos de máquinas e ferramentas, aumenta a diversidade e complexidade de peças que podem ser usinadas a seco (Schmidt *et al.*, 2006).

Materiais de difícil usinabilidade impõem solicitações extremas sobre o material da ferramenta, com a exigência de forças elevadas, altas pressões de contato e temperatura, além de intenso ataque químico. Em alguns processos, os aços-rápidos ainda são muito utilizados na produção de ferramentas de corte, em virtude da sua tenacidade relativamente alta e pela possibilidade da manufatura econômica de geometrias complexas (Hogmark e Olsson, 2006).

Segundo Weingaertner *et al.* (2002), a usinabilidade e as propriedades termomecânicas do material da peça influenciam fortemente a viabilidade tecnológica e econômica da usinagem a seco. O material adequado para usinar nesta condição deve ter baixa condutividade térmica, alta capacidade calorífica e alta densidade. Além disso, novos parâmetros de usinagem devem ser empregados. O aumento da velocidade de corte e avanço diminuem o tempo de contato entre a peça e a ferramenta, o que também aumenta a produtividade. Mas este aumento no fluxo de cavacos pode prejudicar a saída dos mesmos.

A retirada do fluido de corte de um determinado processo de usinagem faz com que desapareçam as funções básicas realizadas pelo fluido: refrigeração, lubrificação e transporte de cavacos. Portanto, é necessária a introdução de medidas adequadas que compensem a ausência destas funções. Para isso, deve-se fazer uma análise pormenorizada das condições de compatibilidade entre os diversos fatores envolvidos, assim como o entendimento das complexas relações que unem o processo, a ferramenta, a peça e a máquina-ferramenta (Teixeira, 2001). A complexidade destas relações pode ser observada no diagrama causa/efeito apresentado na Figura 1.

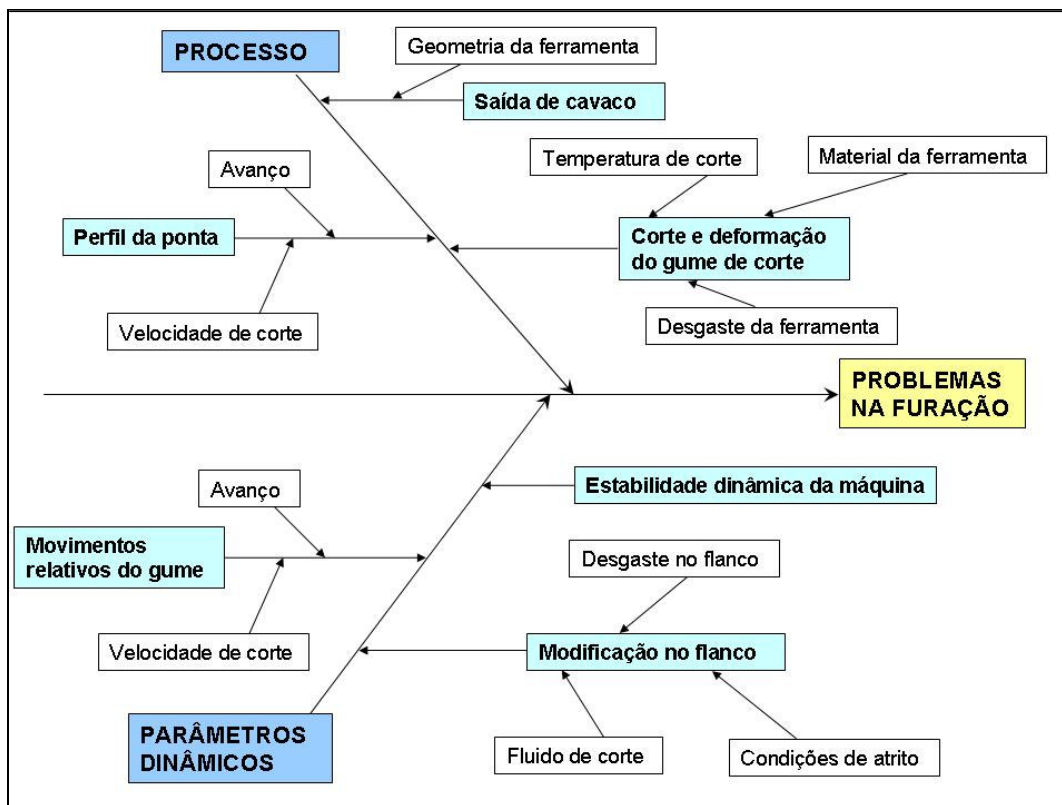


Figura 1: Diagrama causa/efeito da furação (fonte: adaptado de Patiño et al., 2006).

Temperaturas de usinagem mais altas têm muita influência na formação dos cavacos. Isto pode resultar na formação de cavacos em forma de tiras (fitas) ou emaranhados. Em operações de furação, altas temperaturas no cavaco podem obstruir a sua remoção do furo e, em casos extremos, resultar no bloqueio dos canais da broca e na quebra da ferramenta. As altas temperaturas na usinagem sem fluido de corte podem afetar a forma, a precisão dimensional e a estrutura sub-superficial dos furos (Klocke e Eisenblatter, 1996).

Devido à deformação do material e ao atrito na superfície de saída da ferramenta, mais de 90% da energia mecânica do processo de corte é transformado em energia térmica no gume. A área de formação do cavaco e a zona de contato entre o cavaco e a superfície de saída da ferramenta são consideradas como as fontes principais de calor. A distribuição da temperatura no sistema é influenciada pela condutividade térmica do material e do revestimento da ferramenta. A temperatura da ferramenta será mais baixa quanto mais calor ficar retido no cavaco e na área de formação do cavaco. Isto afeta a formação dos cavacos, do mesmo modo que a posição e a largura da zona de contato na superfície de saída da ferramenta (König *et al.*, 1992). A ferramenta de corte (sem revestimento) fica sujeita a uma tendência para a formação de gume postiço de corte, e conseqüentemente maior desgaste.

Conforme Miranda (2003), os efeitos da eliminação do fluido de corte nas ferramentas são intensos, uma vez que os mecanismos de desgaste são ativados com o aumento da temperatura. A elevação da temperatura acontece pela falta de refrigeração, beneficiando a ocorrência de deformações plásticas, adesões, difusão, oxidação e aumento do atrito peça/ferramenta/cavaco. A conseqüência destes efeitos é uma redução significativa na vida da ferramenta.

O comportamento de desgaste da ferramenta de corte é diretamente proporcional às solicitações mecânicas e térmicas às quais o gume encontra-se submetido. Para o processo de furação, estas condições se intensificam com a eliminação do fluido lubri-refrigerante do processo (Zeilmann, 2003).

É conhecimento consolidado que as ferramentas de aço-rápido, em geral, não possuem resistência mecânica suficiente para operações severas de usinagem, principalmente na usinagem a seco de aços endurecidos. No entanto, este trabalho não tem por objetivo avaliar a viabilidade da aplicação comercial da furação a seco com este tipo de ferramenta, mas sim analisar os efeitos da ausência do uso de fluidos de corte sobre o comportamento de desgaste das ferramentas nesse tipo de operação, e dessa forma contribuir para o aprofundamento do conhecimento sobre a usinagem a seco e suas conseqüências sobre o processo como um todo.

2. Materiais e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido pelo Grupo de Usinagem (GUS), grupo de pesquisa vinculado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade de Caxias do Sul.

Os ensaios experimentais foram realizados em um Centro de Usinagem Dyna Myte, modelo DM 4500, com rotação máxima de 6.000 rpm e potência de 7,5 kW.

O material do corpo-de-prova utilizado foi o aço AISI P20, com dureza entre 36 e 38 HRC, e o mesmo foi fixado a zero grau (0°) em relação à mesa da máquina-ferramenta. Este aço possui características importantes como alta resistência mecânica e ao desgaste.

As ferramentas utilizadas no processo de furação foram brocas helicoidais de aço-rápido (HSS) M2, conforme norma DIN 338, com diâmetro de 6 mm e sem revestimento.

Foram feitas operações de furação em cheio, de furo passante, sem pré-furos ou furos de centro, e utilizando avanço intermitente (ciclo pica-pau), com incremento de 1,5 mm, para facilitar a quebra e a retirada do cavaco. As brocas foram fixadas com relação comprimento/diâmetro (l/d) de 10 e a profundidade dos furos realizados foi de 5 vezes o diâmetro da ferramenta (30 mm), condição considerada pela literatura como furo profundo.

A avaliação de vida da ferramenta foi realizada com base no desgaste da mesma. Dessa forma, as brocas foram monitoradas através de critérios pré-estipulados de fim de vida: $VB_{\max} = 0,60$ mm ou lascamento do gume, considerando o que ocorresse primeiro. Para a visualização e medição das ferramentas, utilizou-se um Estereoscópio Trinocular de Medição Universal, modelo TNE-10B, da marca Entex.

Os parâmetros de corte utilizados no ensaio foram definidos com base em ensaios realizados anteriormente pelo Grupo de Usinagem (GUS). Os parâmetros utilizados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de corte utilizados no ensaio de furação.

Velocidade de corte v_c	Avanço f_z [mm]	Incremento i [mm]
7; 20	0,017; 0,03	1,5

3. Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta um gráfico com o comportamento de vida das ferramentas, em número de furos realizados, para os diferentes parâmetros de corte utilizados. Foram testadas três brocas para cada condição, sendo que para todas as ferramentas ensaiadas, o critério de fim de vida registrado foi o desgaste de flanco máximo.

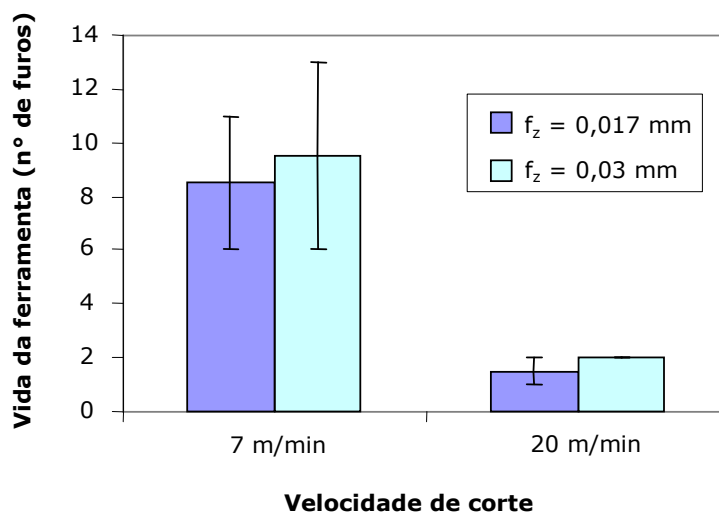


Figura 2: Gráfico representativo da vida das ferramentas em número de furos usinados.

Nas condições ensaiadas com $v_c = 7$ m/min, os resultados encontrados usando $f_z = 0,017$ mm e $f_z = 0,03$ mm foram bastante semelhantes, sendo ligeiramente melhores para $f_z = 0,03$ mm (em torno de 12%), o que recomenda a utilização do maior avanço por gume. Tal situação se repetiu para $v_c = 20$ m/min. Esse comportamento é explicado pelo fato de que, com o menor avanço, é maior o tempo de usinagem, o que provoca maior atrito da ferramenta com a peça e o conseqüente aumento da temperatura da ferramenta, gerando maior desgaste.

A Figura 3 ilustra o desgaste de flanco das ferramentas para a condição de avanço $f_z = 0,017$ mm, após usinagem com velocidades de corte de 7 e 20 m/min.

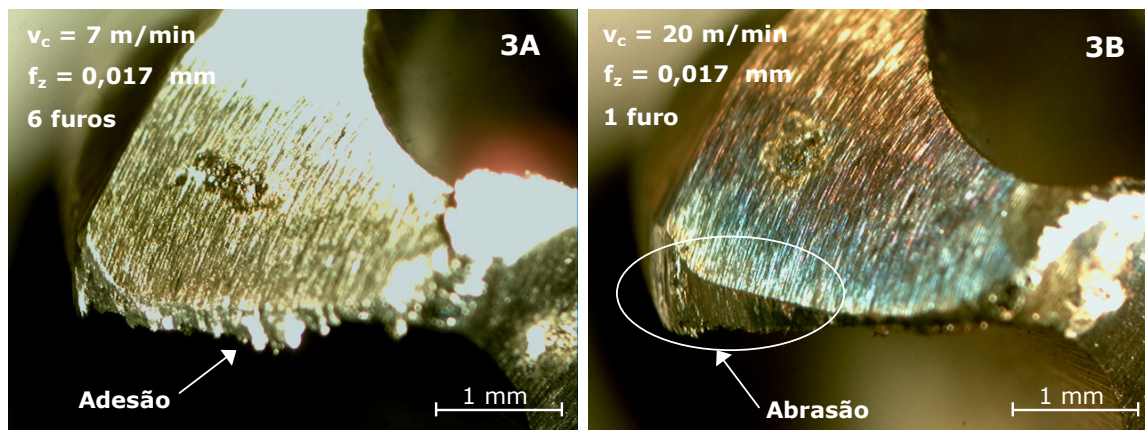


Figura 3: Desgaste de flanco da ferramenta na usinagem com diferentes parâmetros de corte.

Na Figura 3A é possível visualizar a aderência de material no flanco e no gume transversal da ferramenta. Na usinagem a seco tem-se a condição de corte mais severa da furação, devido à maior temperatura, ocasionada pelo atrito cavaco/ferramenta e guia/parede do furo. Dessa forma, as solicitações térmicas às quais o gume da broca é submetido são mais acentuadas, sendo os mecanismos de abrasão e adesão predominantes na formação do desgaste de flanco. A Figura 3B corrobora o grau de severidade

térmica a que a ferramenta foi submetida, pois associada ao desgaste acentuado observa-se uma clara alteração na coloração do gume.

A Figura 4 ilustra o desgaste de flanco das ferramentas para a condição de avanço $f_z = 0,03$ mm, após usinagem com velocidades de corte de 7 e 20 m/min.

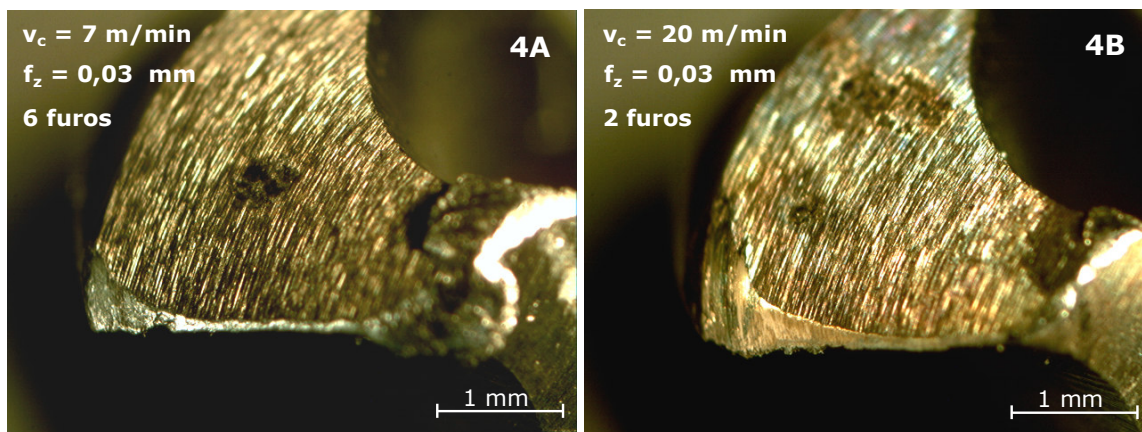


Figura 4: Desgaste de flanco da ferramenta na usinagem com diferentes parâmetros de corte.

Na Figura 4A observa-se menor aderência de material no flanco em relação à condição em que foi utilizado $f_z = 0,017$ mm. Já na figura 4B, nota-se um elevado desgaste de flanco, ocorrido devido à elevada severidade do processo a seco, para este tipo de ferramenta. Além disso, percebe-se um arredondamento da quina da broca. A quina é a região de maior velocidade de corte e, dessa forma, maior temperatura encontra-se apoiada em menos massa que o restante do gume. Assim, apresenta pior dissipação de calor e a solicitação térmica é mais severa. A Figura 5 mostra o comportamento de desgaste típico (representativo) para a usinagem com diferentes condições de avanço, para a velocidade de corte $v_c = 7$ m/min.

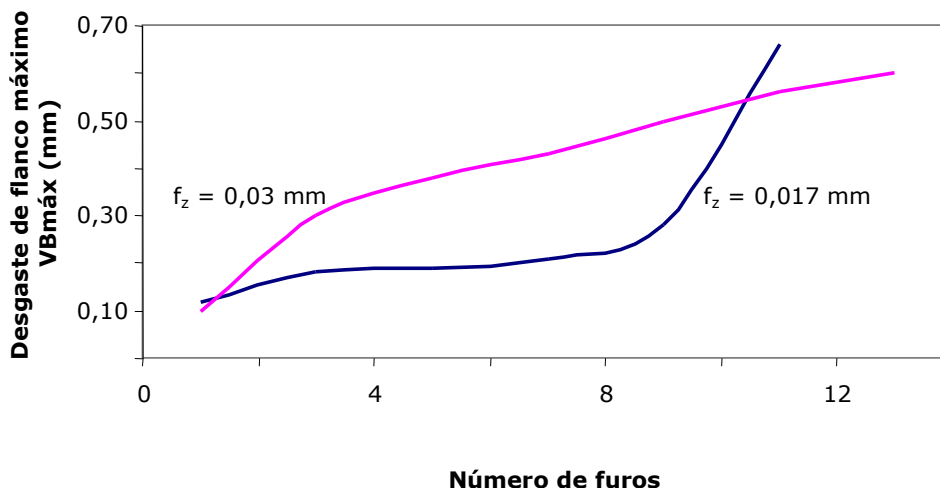


Figura 5: Gráfico representativo do desgaste de flanco máximo VB_{\max} das ferramentas em número de furos usinados, para diferentes parâmetros de corte.

Pode-se observar que a ferramenta que usinou utilizando o maior avanço apresentou um comportamento de desgaste típico, no entanto em um patamar mais elevado de estabilidade de desgaste. Já a ferramenta que usinou com o menor avanço apresentou um menor patamar de estabilidade de desgaste até o nono furo. Após este, ocorreu um aumento drástico de desgaste da ferramenta. Apesar de o menor avanço remover uma seção menor de material, exigindo menores esforços mecânicos, o tempo de atrito entre a ferramenta e a peça é maior, aumentando a temperatura do processo, o que por sua vez diminui a resistência mecânica da ferramenta, provocando seu colapso.

4. Conclusão

Conforme os resultados encontrados neste trabalho, a ausência das funções primárias dos fluidos de corte tornou o processo bastante restrito, principalmente pela necessidade de redução dos parâmetros de corte, o que prejudica a produtividade do processo. Os principais mecanismos de desgaste observados foram a abrasão e a adesão, e o parâmetro velocidade de corte apresentou uma influência muito significativa sobre a vida da ferramenta. Já o parâmetro avanço não influenciou significativamente os resultados de vida da ferramenta. Os resultados encontrados para os valores de avanço testados foram bastante semelhantes, o que recomenda a utilização do maior avanço, permitindo melhor produtividade.

Para se obter sucesso na usinagem a seco, cada caso deve ser analisado individualmente, do ponto de vista técnico e econômico, para se determinar onde essa condição pode ser aplicada.

Referências

- HOGMARK, S.; OLSSON, M. 2006. Mecanismos de desgaste no aço-rápido. *Revista Máquinas e Metais*, **491**:28-49.
- KLOCKE, F.; EISENBLATTER, G. 1996. Trockenbohren und Feinbohren in Stahl. *Wissenschaftliche Berichte FZKA-PFT*, **177**:159-202.
- KÖNIG, W.; FRITSCH, R.; KAMMERMEIER, D. 1992. New Approaches to Characterizing the Performance of Coated Cutting Tools. *CIRP Annals*, **41**(1):49-54.
- MIRANDA, G.W.A. 2003. *Uma Contribuição ao Processo de Furação sem Fluido de Corte com Broca de Metal Duro Revestida com TiAlN*. Campinas, SP. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 160 p.
- PATÍÑO, C.E.R.; MARCICANO, J.P.P.; SOUZA, G.F.M. 2006. Análise da probabilidade de desgaste de brocas helicoidais. *Revista Máquinas e Metais*, **484**:178-193.
- SCHMIDT, J.; FLEISCHER, J.; PABST, R. 2006. Transferência de calor no processo. *Revista Máquinas e Metais*, **491**:82-93.

TEIXEIRA, C.R. 2001. *Benefícios ecológicos da redução e eliminação de fluidos de corte nos processos de usinagem com ferramentas de geometria definida*. Florianópolis, SC. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 153 p.

WEINGAERTNER, W.L.; SCHROETER, R.B.; TEIXEIRA, C.R.; CASTRO, P.R.A. de. 2002. Brocas helicoidais de aço-rápido na furação com MQL e a seco. *Revista Máquinas e Metais*, **438**:128-141.

ZEILMANN, R.P. 2003. *Furação da liga de titânio Ti6Al4V com mínimas quantidades de fluido de corte*. Florianópolis, SC. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 207 p.

Submissão: 12/08/2008
Aceite: 14/09/2008