

DESGASTE EM BROCAS DE AÇO-RÁPIDO NA FURAÇÃO DE AÇO TEMPERADO PARA APLICAÇÃO EM MOLDE ¹

Rodrigo Panosso Zeilmann ²
Maurício Calza ³

Resumo

Devido a crescente industrialização, as indústrias de moldes e matrizes buscam constantemente a melhoria nos processos de fabricação e a redução de seus custos. Nos processos de usinagem, a furação é uma das operações mais utilizadas, onde envolvem severas condições de corte. E ainda, devido ao baixo custo das ferramentas de aço-rápido (HSS), parte das empresas ainda utiliza este tipo de broca na furação de aços classificados como de difícil usinabilidade, principalmente em empresas de fabricação de moldes e matrizes. Com base nessa conjuntura, este trabalho apresenta um estudo sobre o comportamento de desgaste em brocas helicoidais de aço-rápido na usinagem do aço endurecido AISI P20 com dureza entre 36 e 38 HR_c, com diferentes velocidades de corte e condições de aplicação de fluidos de corte, onde se constatou que a velocidade de corte exerce grande influência na vida da ferramenta (número de furos), sendo que entre as condições testadas (12, 20 e 25 m/min) a de 12 m/min realizou em média 110 furos, garantindo vida média superior a 71,56% em relação à v_c de 20 m/min e 93,3% em relação à v_c de 25 m/min.

Palavras-chave: Furação; Emulsão; Velocidades de corte; Aço endurecido.

WEAR IN DRILLIND WITH HIGH-SPEED-STEEL TOOL IN HARDENED STEEL

Abstract

The increasing industrialization, the industries of molds and dies constantly search the improvement in the processes of manufacture and the reduction of its costs. In the machining processes, the drilling is one of the most used operations, where it involves severe cut conditions. However, the low cost of the high-speed steel (HSS) tools, due that some companies uses this type of drill in the drilling of steel classified as difficult machining, specially in mouldmakers companies. On the basis of this conjuncture, this work presents a study on the behavior of wear of high-speed steel drills in the machining of hard steel AISI P20 with hardness between 36 and 38 HR_c, with different cutting speeds, for different cutting fluids applications conditions, where it was evidenced that the v_c exerts great influence in the tool's life (number of holes), being that between the v_c tested (12, 20 and 25 m/min) the v_c of 12 m/min carried through 110 holes on average, guaranteeing superior average life to 71,56% when compared with the v_c of 20 m/min and 93,3% in relation to the v_c of 25 m/min.

Key words: Drilling; Emulsion; Cutting speed; Hardened steel.

¹ Contribuição técnica ao 5º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes, 22 e 23 de agosto de 2007, São Paulo – SP, Brasil.

² Professor do Departamento de Engenharia Mecânica; rpzeilma@ucs.br

³ Bolsista do Departamento de Engenharia Mecânica; calza.m@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Na fabricação de moldes e matrizes há uma elevada competitividade industrial que é caracterizada pela necessidade de redução dos tempos de produção e dos custos. Nesse sentido, os processos de usinagem apresentam importância significativa em termos econômicos. Além disso, os contextos das matrizes envolvem geralmente condições severas de usinagem, principalmente para o processo de furação, que normalmente utiliza máquinas-ferramentas convencionais.

A usinagem tem uma importância significativa dentro dos atuais sistemas produtivos ocupando uma posição de destaque por ser largamente empregado na fabricação de peças.⁽¹⁾ Dentre todos os processos, a furação se destaca pela sua importância e por suas características próprias onde sua compreensão detalhada é extremamente importante nas escolhas dos melhores dados de corte.⁽²⁾

A participação do processo de furação com brocas helicoidais no total dos processos de usinagem é avaliada na faixa de 20 a 25% e, atualmente, a broca está entre as ferramentas fabricadas em maior quantidade e difundidas para a usinagem.⁽³⁾ Dessa forma, são importantes estudos sobre o comportamento em desgaste das ferramentas neste processo e a caracterização dos fenômenos tribológico que ocorrem sob condições severas de variações de velocidades de corte e aplicações de fluidos lubri-refrigerantes (FLR).

A taxa de desgaste depende do material e da forma da ferramenta de corte, do tipo de fluido lubri-refrigerante utilizado e do seu método de aplicação, além dos parâmetros de corte, como velocidade de corte, avanço e profundidade de corte. E, também depende das características da máquina-ferramenta utilizada.⁽⁴⁾ Sendo assim, estudos sobre os mecanismos e os tipos de desgaste que ocorrem nas brocas são considerados importantes para o desenvolvimento de informações tecnológicas para apoio de processos produtivos.

Os problemas de desgaste em ferramentas de corte sempre foram motivos de preocupação, devido ao controle dimensional e à necessidade de parada no processo para troca de ferramentas, significando custos adicionais e perda de produtividade.⁽⁵⁾

Devido ao baixo custo das ferramentas de aço-rápido, parte das empresas ainda utiliza este tipo de brocas na furação de diversos aços, até mesmo os classificados como de difícil usinabilidade. Porém, o aço-rápido, que apresenta menores resistências ao cisalhamento, normalmente requer a utilização de fluido lubri-refrigerante, pois, o calor gerado durante o corte aumenta a temperatura da ferramenta e, assim, reduz a sua resistência mecânica.⁽³⁾ Dessa forma, este trabalho tem por objetivo estudar os desgastes predominantes na ferramenta para diferente velocidade de corte (v_c) e condições de aplicação de fluidos lubri-refrigerantes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios experimentais foram realizados em um Centro de Usinagem Dyna Myte, modelo DM 4500. O corpo-de-prova utilizado foi o aço AISI P20 com dureza entre 36 e 38 HRC, onde foi fixado a zero grau em relação à mesa da máquina-ferramenta. A Tabela 1 mostra a composição química típica do material usinado.

Tabela 1: Composição química típica do aço AISI P20.

C [%]	Cr [%]	Mo [%]	Mn [%]	Si [%]	V [%]
0,35	1,70	0,40	1,10	0,30	0,25

O processo de furação, com brocas helicoidais de aço-rápido, de diâmetro de 6 mm, foi realizado em cheio, sem furo de centro ou pré-furo, com utilização do avanço intermitente (ciclo pica-pau) para facilitar a saída do cavaco, já que foram realizados furos de 30 mm de profundidade (seis vezes o diâmetro da broca), considerados como furos profundos.

Para a utilização de parâmetros tecnológicos de entrada adequados (velocidade de corte - v_c , avanço por gume - f_z e incremento do avanço intermitente - i) realizaram-se pré-ensaios de variação destes parâmetros. A Tabela 2 mostra a variação dos parâmetros de corte testados nos ensaios preliminares.

Tabela 2: Variação dos parâmetros de corte realizada em pré-teste.

v_c [m/min]	f_z [mm]	Incremento i [mm]
10; 12; 15; 20; 25; 30	0,017; 0,030; 0,060; 0,080	1,0; 1,5; 3,0

Após a análise do comportamento de desgaste das ferramentas e da qualidade da superfície dos furos obtidos nos pré-testes, foram definidos os parâmetros de corte para a utilização no ensaio de vida das brocas sob condições de diferentes velocidades de corte. Foram realizados três ensaios para cada condição avaliada para se obter uma maior confiabilidade no processo. A Tabela 3 mostra os parâmetros de corte selecionados para os testes de vida.

Tabela 3: Parâmetros de corte selecionados para os ensaios.

v_c [m/min]	f_z [mm]	Incremento i [mm]
12; 20; 25	0,03	1,5

As brocas foram ensaiadas sob condições de aplicação de fluido em abundância (emulsão com concentração de 10%, pressão de 4 bar e vazão de 500 l/h). Como mostrado em detalhe na Figura 1.



Figura 1: Fotografia com detalhe do ensaio de furação

A avaliação da vida da ferramenta foi realizada com base no desgaste da mesma. Dessa forma, as brocas foram monitoradas através dos critérios pré-estipulados de fim de vida: $VB = 0,20$ mm; $VB_{máx} = 0,60$ mm; ou ainda pela formação de lascamento no gume, considerando o que ocorrer primeiro. Sendo assim, as brocas foram observadas e medidas a cada 2 furos realizados. Para a visualização e medição das ferramentas utilizou-se o Microscópio Estéreo Binocular com Zoom, modelo TNE-10B da marca Entex.

3 RESULTADOS

A Figura 2 ilustra a vida das ferramentas, em número de furos realizados, para diferentes velocidades de corte testadas. Foram testadas três brocas por condição, sendo que para todas as ferramentas ensaiadas, o critério de fim de vida registrado foi o desgaste de flanco máximo, ocasionado pelo grande atrito da quina com a parede do furo e também pela quantidade de adesão formada sobre o mesmo.

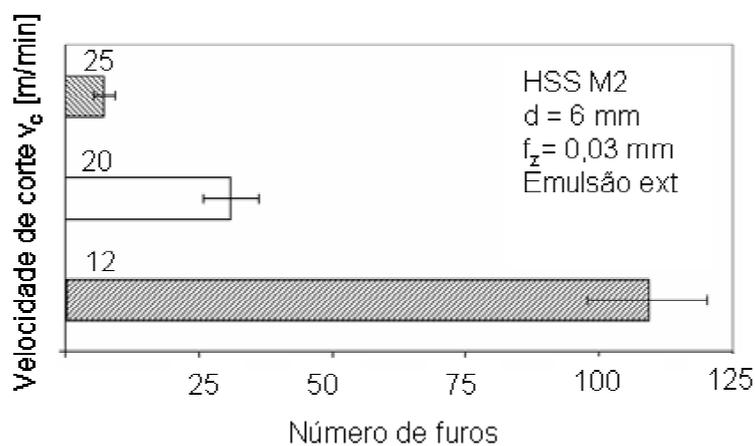


Figura 2: Gráfico de comparações de vida para diferentes velocidades de corte

Pelo gráfico pode-se perceber que a velocidade de corte exerce grande influência na vida da ferramenta (número de furos), sendo que entre as velocidades de corte testadas (12, 20 e 25 m/min) a de 12 m/min realizou em média 110 furos, garantindo vida superior a 70% em relação às demais velocidades testadas.

Para a velocidade de corte de 20 m/min, a ferramenta realizou em média 30 furos. A figura 3 mostra a seguir o desgaste de flanco, tipicamente apresentado nas ferramentas durante os ensaios.

Broca HSS M2
 $d = 6$ mm
 $f_z = 0,03$
 $v_c = 20$ m/min
Emulsão ext

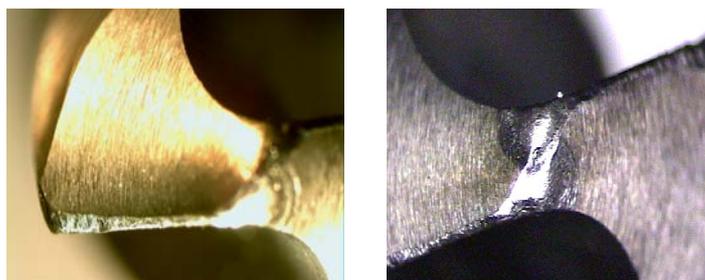


Figura 3: Fotografias de desgaste de flanco na velocidade de 20 m/min

Já para a velocidade de corte de 25 m/min, foram realizados em média 7 furos. O aumento expressivo do desgaste é influenciado principalmente pelo aumento das temperaturas geradas no processo com maiores velocidades de corte (2,5,7). A Figura 4 mostra a seguir o desgaste flanco, predominante nos testes com velocidade de corte de 25 m/min.

Broca HSS M2
d = 6 mm
 $f_z = 0,03$
 $v_c = 25$ m/min
Emulsão ext

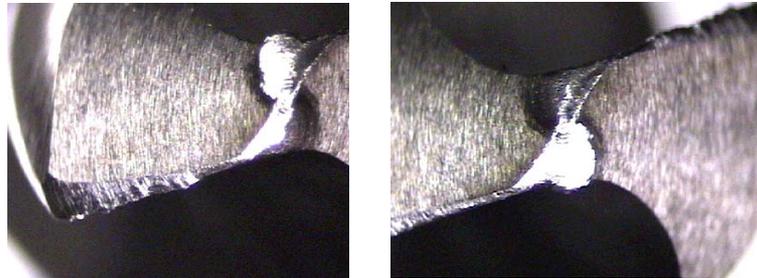


Figura 4: Fotografias de desgaste de flanco na velocidade de 25 m/min

É importante observar que para maiores velocidades de corte foram observadas também maiores quantidades de material aderido sobre o gume e a ponta da broca. Este fenômeno é decorrente do aumento da temperatura, que propicia o mecanismo de adesão.

Nos ensaios decorrentes com a utilização de fluido lubri-refrigerante em abundancia, a quantidade de material aderido sobre o gume e a ponta da ferramenta não foi significativo. No entanto, quando na realização de testes com condições alternativas de aplicação de fluidos de corte, com Mínimas Quantidades (MQF) ou com ar comprimido, foi detectado um aumento considerável das adesões sobre a ferramenta. Isto pode ser explicado pela ausência ou carência do lubrificante e do refrigerante em processo. A Figura 5 mostra duas fotografias com detalhes do flanco principal de duas ferramentas, após a furação com aplicação de ar comprimido e emulsão, respectivamente.

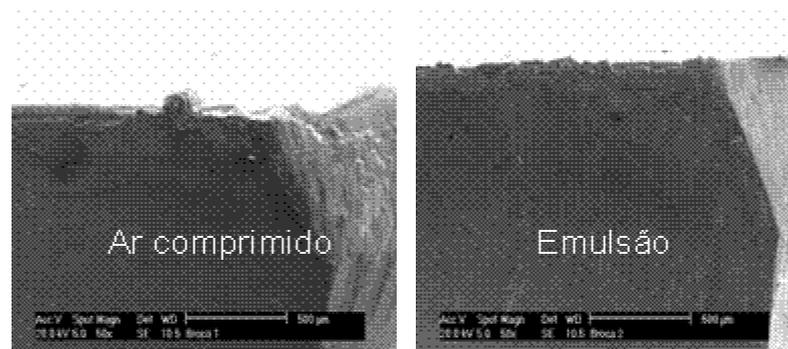


Figura 5: Fotografias com detalhes do flanco principal de ferramentas ensaiadas com ar comprimido e emulsão.

A Figura 6 apresenta um resumo do comportamento da variação da rugosidade média R_a em virtude da diferença da velocidade de corte testada. As medidas foram realizadas no primeiro e último furo de cada broca, e na posição de início do furo (1).

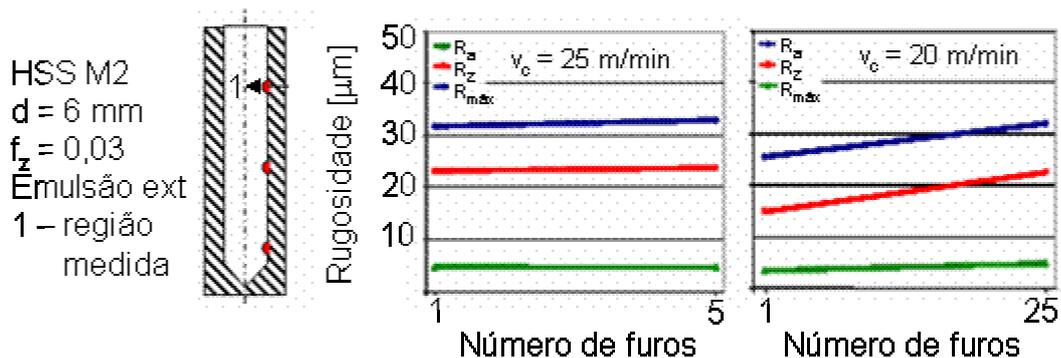


Figura 4: Esquema da posição de medição e curva de comportamento das rugosidades medidas nos primeiros e últimos furos

Os resultados obtidos estão de acordo com os apresentados pela literatura técnica,^(2,5,7) e expressam a relação existente entre a qualidade da superfície usinada e o desgaste da ferramenta de corte.

4 DISCUSSÃO

Comparando os resultados obtidos, pode-se observar que a vida das ferramentas está diretamente ligada ao parâmetro velocidades de corte. Outras condições de usinagem, como a aplicação de fluidos lubri-refrigerantes também influencia os mecanismos de desgaste e, conseqüentemente, sobre a vida das ferramentas.

Em muitos casos a lubri-refrigeração ainda é importante para se obter vidas econômicas de ferramentas e qualidades de superfícies usinadas requeridas em projeto. De acordo com Zeilmann,⁽⁸⁾ em algumas condições de aplicação de fluidos de corte em abundância, os mesmos podem aumentar o desgaste das ferramentas. Este fenômeno pode ser explicado pela função do fluido de corte que impede a ação positiva do calor em facilitar o cisalhamento e corte do material. Como conseqüência, tem-se uma maior sollicitação mecânica abrasiva e um maior desgaste na ferramenta.

5 CONCLUSÃO

Na avaliação dos resultados verificou-se que o parâmetro velocidade de corte tem grande influencia sobre a vida da ferramenta, sendo que entre as velocidades de corte testadas (12, 20 e 25 m/min), substancialmente a velocidade de 12 m/min apresentou maior vida, realizando em media 110 furos, garantindo vida superior a 71,56% em relação à 20 m/min e 93,3% em relação à 25 m/min.

Além disso, também se verificou a aderência de material sobre o gume e sobre a ponta das ferramentas, principalmente em ensaios com redução ou ausência da aplicação de fluidos lubri-refrigerantes, sendo nestes de forma mais significativa.

O perfil do desgaste é refletido na qualidade da superfície usinada, da mesma forma que o acréscimo da velocidade de corte. Nos ensaios aqui discutidos, para maiores velocidades de corte foram obtidas melhoras na rugosidade. E, ao longo do numero de furos, esta rugosidade apresentou um acréscimo.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos integrantes colaboradores da pesquisa do Grupo de Pesquisa em Usinagem (GUS) da Universidade de Caxias do Sul (UCS) e ao CNPq pelo apoio com bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- 1 DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C. e COPPINI, N. L. **Tecnologia da usinagem dos metais**. 3ª ed. São Paulo: Artliber Editora, 2001.
- 2 ZEILMANN, R.P. **Furação da liga de titânio Ti6Al4V com mínimas quantidades de fluido de corte**. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2003.
- 3 MACHADO, A.R., DINIZ, A.E. **Vantagens e desvantagens do uso (ou não) de fluidos de corte**. Revista Máquinas e Metais, n 419, p. 134-151, 2000.
- 4 KALPAKJIAN, S. e SCHMID, S.R. **Manufacturing Engineering and Technology**. 4th ed. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 2001.
- 5 KLOCKE, F.; GERSCHWILER, K. **Trockenbearbeitung - Grundlagen, Grenzen, Perspektiven**. VDI Berichte 1240. p. 1–43, 1996.
- 6 STACHOWIAK, G.W.; BATCHELOR, A.W. **Engineering Tribology**. 2th ed. Butterworth-Heinemann. Woburn, 2001.
- 7 KÖNIG, W., KLOCKE, F. **Fertigungsverfahren. Drehen, Fräsen, Bohren**. Springer-Verlag. 7.Auflage. Berlin, 2002.
- 8 ZEILMANN, R.P., SANTIN, R., CALZA, M. **Desgaste de brocas de aço-rápido sob diferentes condições de aplicação de fluidos lubri-refrigerantes**. Anais do Congresso brasileiro de Engenharia de Fabricação – Cobef, Estância de São Pedro SP, 2007.