



O PROCESSO DE FURAÇÃO DIANTE DAS TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS DE USINAGEM

Sandro C. Santos¹
Márcio B. da Silva²

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica

(1) scsantos@mecanica.ufu.br, (2) mbacci@mecanica.ufu.br – Uberlândia, MG, Brasil

Resumo. A busca pela melhoria da produtividade conduz os processos de usinagem a duas tendências.. De um lado o custo relativo aos fluidos de corte em relação ao custo total da peça usinada tem motivado o estudo da viabilidade da usinagem a seco. Por outro lado tem-se a usinagem a altas velocidades, que, via de regra, exige a aplicação de grande volume de fluido de corte, fato que caracteriza o ponto de discordância entre as duas tendências. Como ponto em comum a usinagem a seco e a altas velocidades apresentam a exigência de revestimentos para ferramentas com boas propriedades isolantes e materiais para ferramentas resistentes ao calor. As duas tendências justificam a realização de pesquisas que avaliem o efeito da quantidade de fluido de corte e dos revestimentos para ferramentas nos processos de usinagem. Este trabalho reúne os resultados de pesquisas que analisaram a influência dos fluidos de corte e dos revestimentos para brocas, permitindo uma visão geral do processo de furação diante das duas tendências dos processos de usinagem.

Palavras-chave: Furação, Usinagem a seco, Usinagem a altas velocidades (HSC)

1. INTRODUÇÃO

O torneamento, o fresamento e a furação destacam-se como os principais processos de usinagem, no que diz respeito ao tempo total de usinagem e ao número de operações. A figura 1 ilustra essa afirmação.

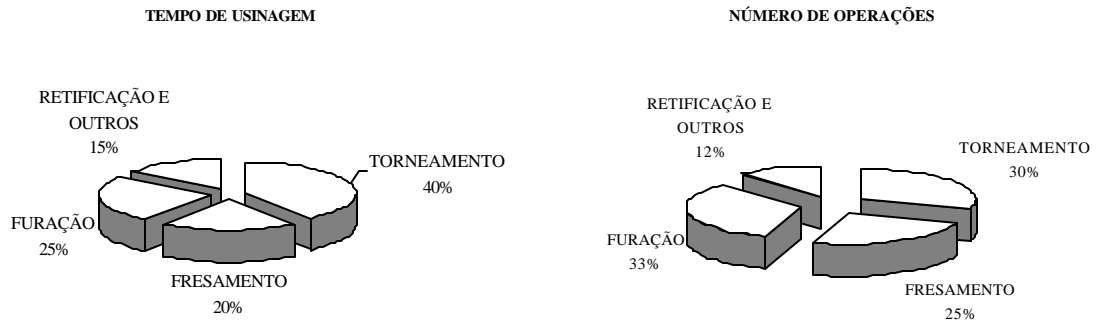


Figura 1 – Participação percentual dos processos de usinagem (Tönshoff, 1994)

O processo de furação passou por uma evolução diferenciada em relação aos processos de torneamento e fresamento. Enquanto o principal campo de evolução do torneamento e do fresamento ocorriam no campo dos materiais para ferramentas de corte, com a introdução do metal duro e das cerâmicas como materiais para ferramentas, obtendo com isso aumentos significativos de produtividade, decorrentes da elevação da faixa de velocidades de corte, a principal inovação observada no processo de furação ocorria no campo da geometria das brocas que, apesar de permitirem aumento na vida das ferramentas e a obtenção de furos com maior qualidade, não possibilitaram o aumento significativo das velocidades de corte, uma vez que o aço-rápido permanecia como o principal material para construção de brocas. A introdução do metal duro como material de fabricação de brocas era impossibilitada pela inexistência de máquinas-ferramenta com potência e capacidade de rotação suficientes para possibilitar a obtenção da faixa de velocidades de corte necessárias. O diagrama da figura 2 mostra a faixa de rotação das máquinas convencionais associado à faixa de diâmetros de brocas normalmente utilizada.

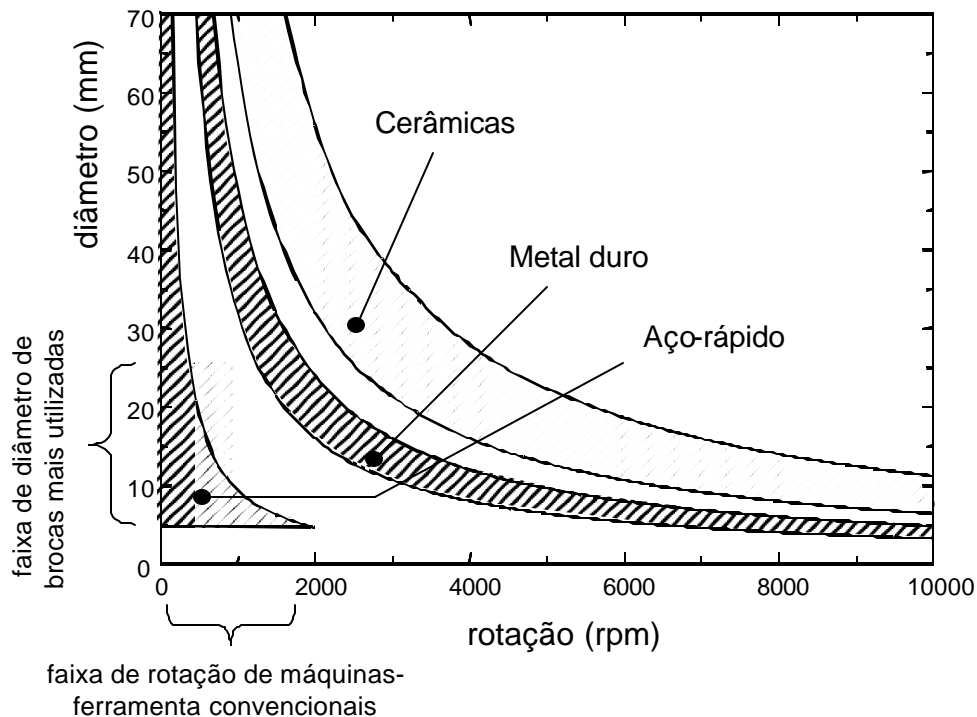


Figura 2 – Diagrama representativo da faixa de velocidades de corte admitidas para diferentes materiais de ferramenta na furação do ferro fundido cinzento

O diagrama da figura 2 mostra que a interseção da faixa de rotação das máquinas convencionais com a faixa de diâmetro de brocas mais utilizada intercepta a faixa ocupada pelas brocas de aço-rápido, uma região intermediária entre as faixas de velocidade do aço-rápido e do metal duro e uma pequena região na faixa de velocidades correspondente às ferramentas de metal duro. Nessa região, porém, a potência requerida passa a ser o fator limitante, o que impede a associação de rotação a diâmetros elevados, já que a potência requerida era superior à normalmente apresentada pelas máquinas-ferramenta convencionais. A utilização de brocas de metal duro e cerâmicas implica no aumento da rotação a valores acima da faixa oferecida pelas máquinas convencionais.

O simples aumento da rotação das máquinas-ferramenta não era suficiente para garantir a introdução de novos materiais para fabricação de brocas. Era também necessário que as máquinas apresentassem boas propriedades de potência e rigidez. O desenvolvimento da tecnologia do comando numérico para máquinas-ferramenta disponibilizou os requisitos de potência, rigidez e capacidade de rotação do eixo-árvore.

O advento das máquinas de comando numérico tornou possível a utilização de brocas de metal duro e cerâmica e como esses materiais já tinham passado por um processo de evolução que já durava algumas décadas, foram logo incorporados ao rol dos materiais utilizados na fabricação de brocas. As vantagens da utilização desses materiais são evidentes, como a redução do tempo de usinagem e o melhor acabamento dos furos, obtidas devido à elevação da faixa de velocidades de corte.

A possibilidade de se utilizar brocas de metal duro e de cerâmica fez com que a furação se recuperasse do atraso que se encontrava em relação aos processos de torneamento e fresamento, no que diz respeito à faixa de velocidades de corte empregada. O estudo do desempenho das brocas de metal duro e de cerâmica criou um vasto campo de pesquisas visando o aproveitamento máximo de suas potencialidades.

A recuperação do atraso tecnológico fez com que a furação seguisse as tendências atuais dos demais processos. Atualmente o desenvolvimento dos principais processos de usinagem seguem a mesma linha. As tendências apontam para o usinagem a altas velocidades (HSM) e para o corte a seco. Essas duas tendências são, a princípio, contraditórias. A figura 3 apresenta os aspectos os aspectos antagônicos das duas tendências.















	USINAGEM A SECO	USINAGEM A ALTAS VELOCIDADES
SAÚDE DO OPERADOR E DANOS AO MEIO AMBIENTE		
CUSTOS COM FLUIDO DE CORTE		
ESFORÇOS NA MÁQUINA-FERRAMENTA		
PRODUTIVIDADE		
FLEXIBILIDADE		
NECESSIDADE DE PROCESSOS DE ACABAMENTO		
LUBRIFICAÇÃO		

Figura 3 – Aspectos contraditórios da usinagem a seco e a altas velocidades de corte

A usinagem a altas velocidades gera uma grande quantidade de calor, o que, via de regra requer a utilização de uma grande quantidade de fluido de corte, expondo o operador a um

ambiente insalubre, devido à presença de vapores e névoas formadas pelo fluido de corte. Os riscos de poluição ambiental também contribuem para a difusão da usinagem a seco.

A eliminação dos custos relacionados à utilização dos fluidos de corte são apontados como vantagem da usinagem a seco, já que esses custos podem representar de 7 a 16% do custo total de manufatura (Klocke et al., 1997).

Na usinagem a seco as solicitações sobre a máquina-ferramenta são menores, por serem adotadas condições de corte menos severas, enquanto na usinagem a altas velocidades as solicitações são elevadas a ponto de a troca anual do eixo árvore da máquina ferramenta ser considerado um procedimento normal (Cselle, 1997).

As vantagens apresentadas pela usinagem a altas velocidades em relação à usinagem a seco estão relacionadas ao aumento da produtividade, da flexibilidade, ao melhor acabamento e menores alterações na integridade superficial das peças produzidas e ao fato de que a presença de grandes quantidades de fluido de corte garante maior proteção para a máquina-ferramenta, principalmente contra corrosão, além de favorecer o transporte dos cavacos.

Apesar do caráter contraditório apresentado pela usinagem a altas velocidades (HSC) e pela usinagem a seco, essas duas tendências apresentam entre si alguns pontos em comum, dos quais podem ser destacados:

- A necessidade da utilização de revestimentos termoisolantes.
- A utilização de materiais para ferramentas resistentes ao calor.

As duas tendências dos processos de usinagem colocam em foco o fluido de corte, cujos custos relacionados à sua utilização têm motivado o desenvolvimento da usinagem a seco ou com mínimas quantidades de fluido de corte e os revestimentos, fundamentais tanto para a usinagem a seco quanto para a usinagem a altas velocidades. A seguir são apresentados resultados de investigações relacionadas à influência dos fluidos de corte e dos revestimentos na furação. O conhecimento do comportamento dos fluidos de corte e dos revestimentos é uma base fundamental para futuras investigações relacionadas à usinagem a seco e a altas velocidades.

2. O DESEMPENHO DOS FLUIDOS DE CORTE NA FURAÇÃO

As exigências das legislações ambientais e trabalhistas têm se tornado mais rigorosas com relação à utilização dos fluidos de corte, o que faz com que os fabricantes busquem o aprimoramento de seus produtos. A busca pelo melhor produto resultou na grande variedade de fluidos de corte disponíveis hoje no mercado.

No processo de furação a formação do cavaco é oculta e o espaço para a sua remoção é restrito aos canais da broca. Isso faz com que o fluido de corte seja também importante na remoção dos cavacos, função considerada secundária para os demais processos de usinagem.

A influência da aplicação de fluido de corte sobre a vida de uma broca depende principalmente dos seguintes fatores:

- Tipo e concentração do fluido de corte.
- Relação comprimento/diâmetro do furo
- Forma de aplicação do fluido de corte.

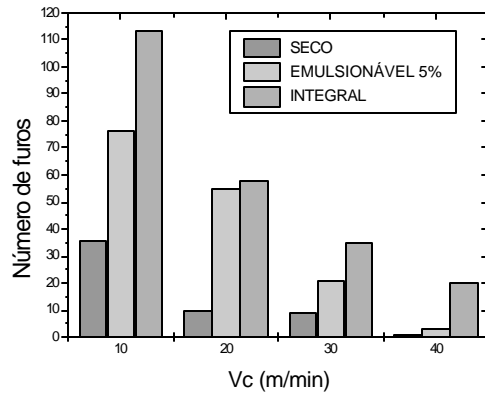
Os gráficos mostrados na figura 4 indicam o melhor desempenho do fluido integral tanto em baixas velocidades na furação com brocas de aço-rápido quanto na furação com brocas de metal duro a velocidades de corte elevadas. A opção pela utilização do fluido integral deve levar em conta os seus prós e contras. Os fluidos integrais apresentam as seguintes vantagens:

- Existem no mercado óleos lubrificantes biodegradáveis, que são menos agressivos ao meio ambiente, o que reduz os custos relativos ao tratamento desses fluidos.

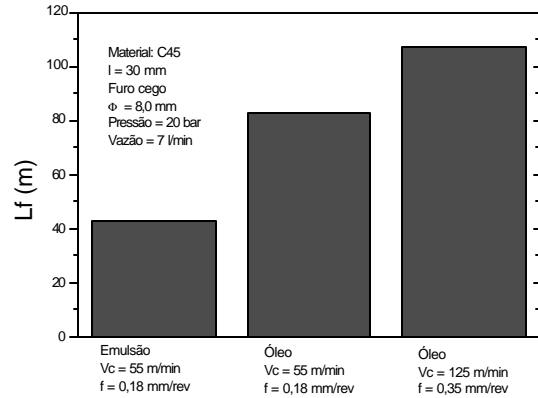
- óleo lubrificante protege a máquina-ferramenta.

Como desvantagens pode-se citar:

- Necessidade de realizar a limpeza das peças após a usinagem.
- Necessidade de instalação de equipamentos de proteção contra incêndio.
- Baixo poder de refrigeração, embora isso não tenha sido de importância primordial nos resultados apresentados na figura 4.



Material: Aço ABNT 8640
Furos cegos, l/d = 3
Brocas de aço-rápido
Afição padrão
Fonte: Sales et al., 1998



Brocas de metal duro integral com canal interno para refrigeração.
Fonte: Cselle, 1997

Figura 4 – Desempenho de diferentes fluidos de corte na furação

A influência dos fluidos de corte tende a ser mais pronunciada com o aumento da relação profundidade x diâmetro do furo. As curvas apresentadas na figura 5 ilustram essa tendência. O aumento da relação comprimento/diâmetro provoca queda na vida da ferramenta em ambas as condições, porém a queda no desempenho da ferramenta é maior no corte a seco. Esses resultados mostram que para a furação profunda, a aplicação de fluido de corte é benéfica.

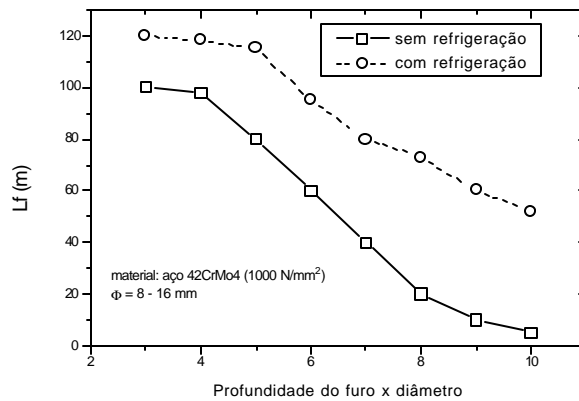


Figura 5 – Influência da relação profundidade x diâmetro do furo na vida brocas de metal duro integral na furação a seco e com lubrificação interna. (Cselle, 1997)

As formas de aplicação do fluido de corte no processo de furação são:

- Externa.
- Interna (através de canais internos nas brocas).
- Pulverização.

A eficiência da aplicação interna de fluido de corte depende da pressão e da vazão de injeção dos fluidos de corte que, por sua vez, dependem do diâmetro da broca e do material

da peça. A figura 6 mostra a comparação entre o desempenho de uma broca de metal duro integral em diferentes condições de aplicação do fluido de corte. A pressão do fluido é considerada mínima quando atinge um valor que garante à ferramenta uma vida superior à verificada na condição de aplicação externa. A pressão é dita “boa” quando a vida da ferramenta corresponde a 80% da vida obtida na condição ótima. Já a condição ótima corresponde ao valor cujo aumento da pressão não reflete no aumento da vida da ferramenta, ou seja, a partir de um determinado valor, a vida da ferramenta tende a permanecer constante com o aumento da pressão e esse valor corresponde à pressão ótima.

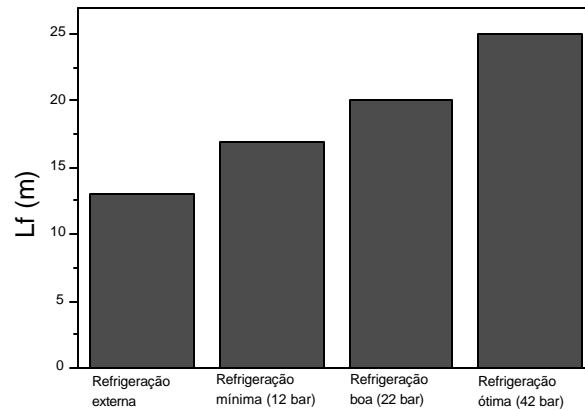


Figura 6 – variação da vida de uma broca de metal duro integral em função da pressão de refrigeração. $\phi = 15$ mm, $l = 4.d$, $V_c = 90$ m/min, $f = 0,25$ mm/ver (Cselle, 1997).

3. OS REVESTIMENTOS

A utilização comercial de ferramentas de corte revestidas teve início em 1969, pela Sandvik (Suh, N. P., 1976 e Hatschek, R. L., 1983) e a sua aplicação em brocas ocorreu no início da década de 80 pela Ghüring (Suh, N. P., 1976). O revestimento de brocas de aço-rápido encontrou resistência devido ao baixo custo das ferramentas. O bom desempenho das ferramentas revestidas (em torno de 140% superior) fez com que essas ferramentas tivessem seu uso difundido.

Os revestimentos têm por finalidade modificar as propriedades da superfície das ferramentas através da aplicação de camadas de materiais resistentes ao desgaste (TiN, TiCN, TiAlN, CrN ou PCD), com boas propriedades lubrificantes (MoS_2) ou que reúnem ambas as propriedades (WC/C). Os tipos de revestimento mais difundidos são o TiN, o TiAlN e o TiCN. O TiN é o revestimento mais antigo entre os utilizados atualmente, por isso o seu processo de aplicação é o mais conhecido e controlado. É o revestimento mais indicado para a situação em que se tem diversos materiais a serem usinados com a mesma ferramenta. O TiAlN é indicado para a usinagem de materiais abrasivos, como o ferro fundido e as ligas Al-Si. Já o TiCN apresenta a característica de a camada de revestimento sofrer lascamento superficial sem atingir o substrato da ferramenta, o que faz com que a ferramenta apresente bom desempenho na usinagem de materiais de alta tenacidade como os aço-liga. Os chamados revestimentos multicamadas (camadas alternadas de TiN e TiAlN) surgiram recentemente e apresentam resultados promissores. A figura 7 apresenta resultados de desempenho de diferentes tipos de revestimento na furação de ferro fundido e aço-liga.

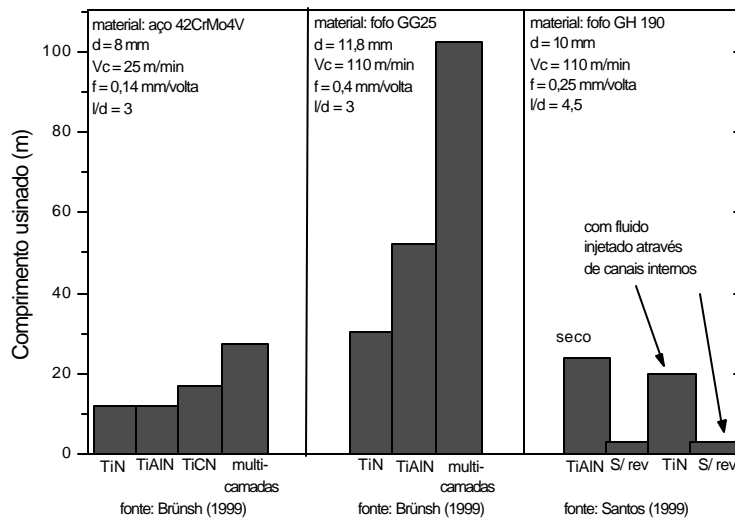


Figura 7 – Desempenho dos revestimentos na furação de ferro fundido e aço liga

Os resultados apresentados na figura 8 mostram que o revestimento multicamadas apresenta melhor desempenho na furação de dois os materiais diferentes, o que indica que o aumento da utilização desse tipo de revestimento depende apenas da redução do custo.

Um aspecto negativo relacionado à utilização de ferramentas revestidas é a necessidade da aplicação de um novo revestimento após a reafiação da ferramenta. Os gráficos da figura 8 mostram a comparação de desempenho de brocas revestidas e não revestidas. De acordo com os resultados apresentados na figura 8A, a diferença de desempenho entre as brocas novas e reafiadas é tão mais próximo quanto menor a velocidade de corte.

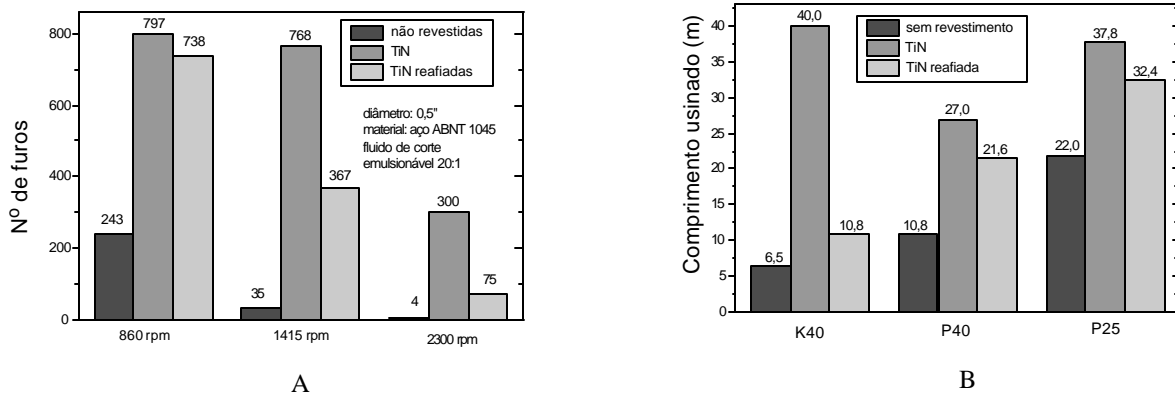


Figura 8 – Desempenho de brocas revestidas novas, reafiadas e não revestidas

A – Hatschek, 1983 B – Cselle, 1997

A figura 8B mostra os resultados de diferentes classes de metal duro na furação de aço forjado 38MnV35. Na furação com brocas de metal duro da classe K40, a vida da ferramenta reafiada apresentou queda de 73% em relação à ferramenta nova. Já as ferramentas das classes P40 e P25 apresentou diferença de vida de 20% e 14%, respectivamente. Esses resultados são justificados pela melhor resistência à craterização do metal duro da classe P (Cselle, 1997). A possibilidade de se utilizar brocas revestidas sem a necessidade da aplicação de um novo revestimento contribui para o aumento da utilização das brocas revestidas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados mostram que os fluidos de corte contribuem de forma marcante para o aumento da vida da ferramenta. Pode-se concluir, com isso, que apesar da tendência de se eliminar a aplicação de fluido de corte nos processos de usinagem, essa decisão deve ser fundamentada em uma análise criteriosa. O desempenho dos revestimentos os qualificam como fundamentais para o aumento do campo de aplicação da usinagem a seco e a altas velocidades.

REFERÊNCIAS

- Brünsch, M., 1999, Seminário: Furação Promoção: Ghuring Brasil LTDA., São Paulo
- Cselle, T., Seleção e Aplicação de Brocas de Materiais Duros, Guhing Brasil Ferramentas Ltda. São Paulo 1997, 85 pag.
- Hatschek, R. L., 1983 Coatings: Revolution in HSS tools American Machinist, march, pp 129-143
- Klocke, F., Eisenblätter, 1997, G. Dry Cutting, Annals of the CIRP, vol 46/2, pp. 519-526
- Sales, W. F., Machado, A. R., Mello J. D. B., 1998, Influência do Fluido de Corte no Desgaste de Brocas de Aço-Rápido, IV Seminário de Desgaste, São Paulo
- Santos, S. C., Machado, A. R., 1999, Furação de Ferro Fundido Cinzento com Brocas de Metal Duro Integral, Dissertação de Mestrado Apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, 115 p.
- Suh, N. P., Coated Carbides, Past, Present and Future, 1976, International Conference on Hard Materials Tool Technology, Carnegie-Melon University, Pittsburgh, Pennsylvania, 22-24, pp. 118-143
- Tönshof, H. K., Spintig, W., König, W., Neises, A., 1994, Machining of Holes, Developments in Drilling Technology, Annals of the CIRP, vol. 43., pp. 551-561

***Abstract.** The search for better productivity is conducting the cutting processes to two directions: dry and high speed cutting. The cost of cutting fluids relative to total cost of machining have motivated the study of the feasibility of dry machining. In the other hand, high speed cutting, in general, claim for high volume of cutting fluids. The common point of dry machining and the high speed cutting is the need for coatings with good thermal properties and tool materials with elevate heat resistance. These justify researches that study the influence of cutting fluids and coatings in the performance of the cutting tools. This paper presents the results of works that relate the influence of the cutting fluids and the coating for drills. An overview is given of drilling operation in facing two tendencies in cutting processes.*