



APLICAÇÃO DE FLUIDO DE CORTE SOB MODO CONVENCIONAL, JATO E MISTO NA OPERAÇÃO DE TORNEAMENTO

Luís Jacinto Nalon
Luiz E. A. Sanchez
Célio Losnak
Hamilton José de Mello
Rodrigo Daun Monici
Flávio A. Gusi

Universidade Estadual Paulista – Unesp – Departamento de Engenharia Mecânica
Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/n, CEP 17033-360, Bauru, SP
l_nalon@feb.unesp.br; sanchez@feb.unesp.br; losnak@feb.unesp.br;
hamilton@feb.unesp.br

daun@feb.unesp.br;

***Resumo.** No torneamento pode-se identificar três principais zonas de aquecimento durante a usinagem: no plano de cisalhamento primário, entre o cavaco e a peça; no plano de cisalhamento secundário, entre o cavaco e a ferramenta; e por último, entre a ferramenta de corte e a peça. Apesar das máquinas ferramentas disporem de sistema de aplicação de fluido de corte, muitas vezes a maneira convencional como é aplicado o fluido, sob baixa pressão, não é capaz de atingir eficientemente as zonas de aquecimento na região de corte. Neste trabalho é montado um sistema de aplicação de fluido de corte, num torno convencional, onde o fluido é aplicado em forma de jato sob pressão nas três principais zonas geradoras de calor, separadamente. Depois, é acrescentada a aplicação convencional de fluido juntamente com o jato para, além de alcançar os pontos de aquecimento mais difíceis, envolver toda a ferramenta com o fluido de corte. No ensaio utilizou-se uma bomba de êmbolos (pressão de 2,06 Mpa) dotada de pressurizador e um bico de orifício estreito para a criação de um jato concentrado de fluido de corte. Para cada tipo de aplicação de fluido de corte foram analisadas a vida da ferramenta e a rugosidade da peça, sob as mesmas condições de usinagem, além das formas de cavacos geradas.*

***Palavras-chaves:** fluido de corte, jato de fluido, rugosidade, torneamento, desgaste da ferramenta.*

1. INTRODUÇÃO

De maneira geral, nos processos de usinagem ocorre intensa geração de calor durante a remoção de material através da formação do cavaco. Sabe-se que as três principais zonas de geração de calor na região de corte localizam-se: no contato entre a ferramenta e o cavaco, onde encontra-se o plano de cisalhamento secundário; no contato entre a peça e a ferramenta; e no plano de cisalhamento primário, onde ocorre a mais intensa deformação plástica do material envolvendo a formação de cavaco. Essas zonas de geração de calor são mostradas pela Fig. (1).

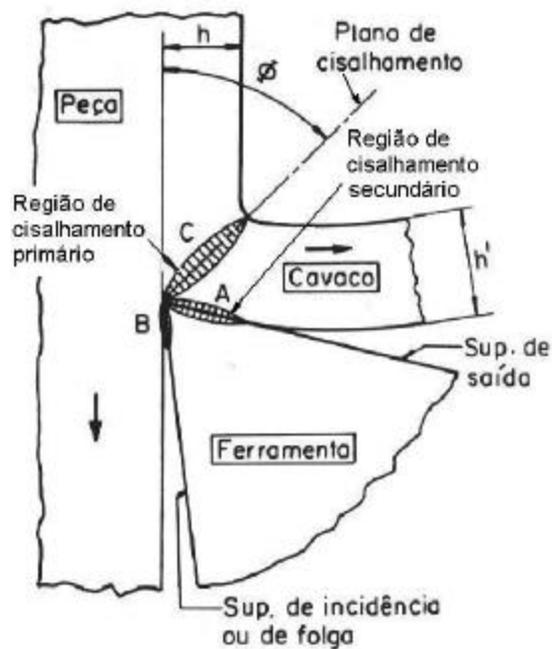


Figura 1. Zonas de geração de calor: (A) zona de atrito cavaco-ferramenta; (B) zona de atrito peça-ferramenta e (C) zona de cisalhamento primário (adaptado de Ferraresi, 1977).

Segundo Heisel (1998), essa geração de calor durante o processo é essencialmente prejudicial à operação de usinagem, uma vez que sob altas temperaturas o desgaste da ferramenta é mais acentuado implicando na diminuição de sua vida e tornando muito difícil a manutenção tanto das tolerâncias dimensionais especificadas para a peça quanto da rugosidade superficial.

A remoção de calor na usinagem é o melhor modo para manter a taxa de desgaste sob controle, conseguido pela utilização do fluido de corte que atua tanto na remoção de calor quanto na lubrificação da interface cavaco/ferramenta através da redução do atrito nesta região, pois a maior parte da energia consumida na usinagem está concentrada na remoção e formação de cavaco (Kovacevic, 1995).

Autores como Cook (1973) e Shaw (1986) apontam não apenas um tipo de mecanismo de desgaste atuando sobre a ferramenta de corte mas vários deles concorrendo ao mesmo tempo, o que dificulta a identificação do desgaste. No entanto, os autores concordam que um mecanismo quase sempre prevalece sobre os demais destacando-se por uma correspondente condição de usinagem selecionada.

Ainda segundo Cook (1973), as taxas de desgaste da ferramenta de corte, tanto de cratera quanto de flanco são devido às altas temperaturas geradas na região de corte, e não das forças de usinagem, dureza da ferramenta ou velocidade de corte, sendo que a velocidade de corte esta relacionada de maneira diretamente proporcional com a temperatura na região de corte.

Além da ferramenta, o excesso de calor também pode atuar sobre a peça produzindo alterações em suas camadas mais externas. Essas alterações podem incluir a mudança microestrutural, com conseqüências diretas na dureza superficial da peça, geração de trincas e em alguns casos tensões residuais em níveis suficientes para a propagação das trincas formadas. Para contornar esses problemas é comum a utilização dos fluidos de corte, os quais tem como funções à refrigeração da ferramenta, da peça usinada e, em menor escala, da máquina ferramenta (Shaw, 1986).

O primeiro fluido de corte empregado em um processo de usinagem foi a água, utilizado em 1894 por F.W.Taylor, com o intuito de refrigerar a usinagem. Com este recurso, Taylor verificou que a vida da ferramenta permanecia inalterada mesmo com um aumento de 33% na velocidade de

corte. Daí em diante, o fluido de corte tornou-se imprescindível em diversos processos de usinagem (Ferraresi, 1977).

Outras funções do fluido de corte se verificam na aglutinação de cavacos em forma de pequenas partículas (pó) geradas na usinagem de alguns materiais, no acabamento da peça pela remoção de cavaco da região de corte e na prevenção da formação de aresta postiça de corte (Momper, 2000).

O desempenho do sistema de refrigeração na usinagem é frequentemente avaliado em função da força de corte, acabamento superficial, desgaste da ferramenta e forma do cavaco. No entanto, Machado & Wallbank (1994) não constataram diferenças significativas no comportamento das forças de usinagem entre diferentes tipos de aplicação de fluido de corte, tal como entre a convencional e na forma de jato.

Diversos autores, como Machado & Wallbank (1994), Seah et al (1995) e Li (1996a,1996b), relatam que a vazão e a direção da aplicação do fluido de corte podem determinar a eficiência das funções de refrigeração e redução de atrito. A maneira mais comum de aplicação do fluido de corte é a convencional, por inundação (também chamada de abundante ou úmida), atuando nas costas do cavaco. Neste caso o calor gerado pelo contato da ferramenta com a peça é extraído via cavaco. Entretanto sob altas velocidades de corte constata-se que o fluido de corte tem sua eficiência diminuída. Este fato pode ser atribuído à maior taxa de geração de calor, a incapacidade do fluido alcançar as regiões a serem refrigeradas e a tendência do cavaco em movimento expulsar o fluido para fora da região de corte.

Com o intuito de aumentar o desempenho das condições de refrigeração na usinagem, Pigott & Colwell (1952), utilizaram a aplicação do fluido de corte sob altas pressões, de aproximadamente 2,5 MPa, onde constatou-se um aumento da vida da ferramenta de 7 a 8 vezes, além da melhora do acabamento superficial e eliminação da formação da aresta postiça de corte.

Neste contexto Machado & Wallbank (1994) empregaram fluido de corte à alta pressão dirigido especificamente entre o cavaco e a ferramenta, obtendo com esse procedimento resultados satisfatórios em relação ao desgaste de cratera e a minimização da formação da aresta postiça de corte. De maneira análoga Li (1995) usou fluido de corte à alta velocidade dirigido entre o cavaco e a peça a fim de remover o calor gerado no plano de cisalhamento de maneira mais eficiente que no sistema convencional, em abundância, o qual originalmente equipa a máquina ferramenta.

Tanto nos trabalhos de Pigott & Colwell (1952) e Mazurkiewicz et al (1989), que posicionaram o bico de aplicação do jato de fluido distante da ferramenta de corte, quanto nos trabalhos de Machado & Wallbank (1994) e Lindek (1991), que aplicaram o fluido através da confecção de um orifício na ferramenta em posição mais próxima à região de corte, observa-se um significativo aumento da vida da ferramenta quando comparado ao método convencional de refrigeração.

Este trabalho tem como objetivo estudar o comportamento da usinagem quando se aplica o fluido de corte sob diferentes posições e maneiras: jato de fluido de corte sob pressão dirigido entre peça/cavaco; cavaco/ferramenta; peça/ferramenta; refrigeração abundante, convencional da máquina; e a refrigeração mista, combinando a refrigeração abundante com o jato de fluido. Para auxiliar o entendimento da operação de torneamento sob estas diferentes formas de aplicação de fluido de corte são avaliadas a rugosidade da peça e a vida da ferramenta em cada situação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos ensaios utilizou-se um torno convencional da marca Romi, modelo Tormax 30 ao qual foi incorporado um sistema de refrigeração de funcionamento à alta pressão, em relação ao sistema de refrigeração original da máquina ferramenta, constituído basicamente de uma bomba de êmbolos da Jacto, modelo MB-42 com vazão máxima de 30 l/min e pressão máxima de 3,43 MPa (35 kgf/cm²), e bico da Spraying Systems, modelo jato sólido H 1/8" USS 0003, com orifício de 1 mm de diâmetro. Ao redor da máquina ferramenta foi construída uma proteção para impedir que o excesso de fluido de corte se espalhasse para fora da máquina e para o interior da caixa de engrenagens, além da instalação de um sistema de reaproveitamento do fluido da máquina

ferramenta para a bomba de êmbolos. O fluido de corte utilizado trata-se de uma emulsão de óleo solúvel com 5% de concentração.

Vários corpos de prova em aço ABNT 1045 laminado, com duas polegadas de diâmetro (50,8 mm) e 300 mm de comprimento, foram presos entre placa e ponta e torneados sob a aplicação de fluido de corte em forma de jato concentrado, com 2,06 MPa de pressão, e dirigido especificamente em cada uma das três principais zonas geradoras de calor na região de corte da ferramenta, com uma vazão de fluido de 2,76 l/min. Em adição a estas três posições de aplicação do fluido, empregou-se também o fluido de maneira abundante utilizando-se o sistema convencional existente na máquina ferramenta, com uma vazão de 3,84 l/min, e por último a combinação da aplicação abundante com o jato dirigido entre o cavaco e a ferramenta. Esta combinação deve-se aos resultados anteriormente obtidos em Sanchez et al (2001), onde observou-se um progressivo desgaste de flanco (V_B) com a aplicação do fluido de maneira convencional e um menor desgaste sob a aplicação do fluido em forma de jato dirigido entre o cavaco e a ferramenta até o momento em que ocorreu uma fratura abrupta da ferramenta.

A montagem do sistema empregado nos ensaios para atingir as zonas de geração de calor é esquematicamente mostrado na Fig. (2).

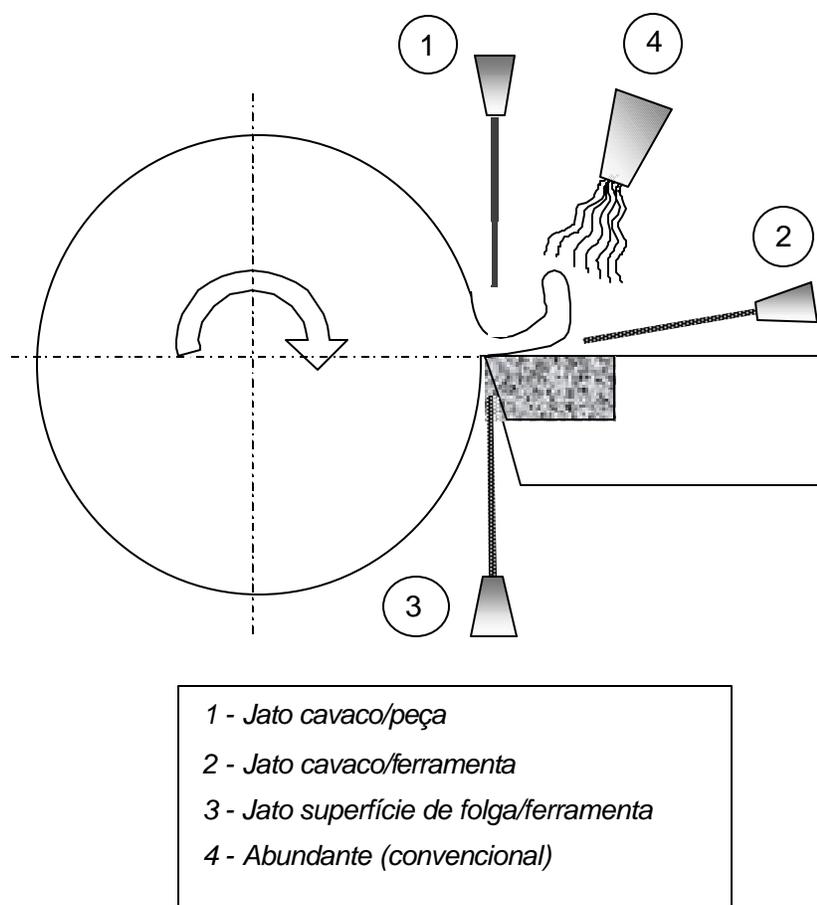


Figura 2. Esquema da montagem dos ensaios.

O modelo do bico capaz de produzir o jato concentrado de fluido foi previamente escolhido em catálogo da empresa Spraying Systems, especializada em sistemas de pulverização e resfriamento de materiais.

Os parâmetros de usinagem como a velocidade de corte, avanço e profundidade de corte foram constantes ao longo de todos os ensaios e escolhidos conforme indicação do fabricante da ferramenta de corte baseado na máxima vida da ferramenta, descritos no “Modern Metal Cutting”

(Sandvik, 1994). A velocidade de corte adotada foi de aproximadamente 250 m/min, avanço de 0,433 mm/rot, e profundidade de corte de 1 mm.

A ferramenta utilizada para o ensaio é uma pastilha de metal duro revestida, de especificação ISO CNMG 120408-P25 com raio da ponta da ferramenta de 0,8 mm, e a rugosidade (Ra) da peça medida com um rugosímetro portátil da marca Mitutoyo.

O procedimento das medições da rugosidade foram efetuadas a cada intervalo de 90 segundos de usinagem, onde utilizou-se o parâmetro Ra (desvio médio aritmético) e um comprimento de amostragem (cut-off) de 0,8mm, enquanto que a cada 154 segundos a pastilha de metal duro foi fotografada em microscópio, com aumento de 25 vezes, para a medição do seu desgaste. Antes do início de cada novo ensaio deu-se um passe de regularização da superfície da peça deixando-as com uma rugosidade inicial bastante próxima uma da outra, em torno de 5 μ m. O critério de fim de vida adotado nos ensaios foi baseado no desgaste de flanco médio da ferramenta (V_B) estipulado em 0,3mm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De uma maneira geral os resultados dos ensaios podem ser visualizados através dos gráficos da Fig. (3) e Fig. (4), onde são mostrados os comportamentos de desgaste da ferramenta e da rugosidade da peça em função do tempo, respectivamente.

No gráfico da Fig. (3) pode-se observar que duas das cinco posições de aplicação do fluido de corte, na direção entre cavaco/ferramenta e peça/ferramenta, tiveram sua vida diminuída acentuadamente em relação às duas outras. Uma delas em especial, a posição cavaco/ferramenta, vinha apresentando desgaste de flanco (V_B) inferior às demais constituindo-se no modo de aplicação por jato mais promissor até seu colapso ocasionado, como sugere seu aspecto, por mecanismos de fratura. Seu pequeno desgaste até este ponto pode ser atribuído à maior capacidade do fluido de corte em alcançar a ponta da ferramenta, onde ocorre a mais intensa geração de calor e neste caso preservada pela ação refrigerante do fluido, além do efeito lubrificante da redução do atrito entre a interface do cavaco e a ferramenta minimizando o desgaste e a temperatura na região de contato entre o cavaco e a ferramenta. No entanto, a refrigeração deu-se numa pequena porção da aresta de corte, em torno do raio de ponta, podendo ter provocado um grande gradiente de temperatura em relação às outras regiões da ferramenta o que pode ter levado à fratura, uma vez que a dilatação térmica na região resfriada é bastante diferente de outras regiões, mesmo imediatamente próximas.

A posição de aplicação do fluido de corte entre a peça/ferramenta apresentou fratura semelhante àquela da posição cavaco/ferramenta, fato que pode ser creditado ao mesmo fenômeno provocado pelo acentuado gradiente de temperatura, uma vez que a região atingida pelo fluido refrigerante é igualmente reduzida frente às outras regiões sob altas temperaturas. Aqui a superfície de saída da ferramenta sofre aquecimento tanto pela ação do calor gerado pela zona de cisalhamento primária quanto pelo atrito provocado pelo contato com o cavaco, ao passo que a região da superfície de folga encontra-se refrigerada pelo jato de fluido.

Quanto a posição de aplicação do jato de fluido de corte entre peça/cavaco, cujo jato atinge as costas do cavaco na região de cisalhamento, nota-se um desgaste tão baixo quanto aquele verificado na posição cavaco/ferramenta com a vantagem da ferramenta não ter sofrido fratura prematuramente abrupta. Neste caso a remoção de calor da zona de cisalhamento parece ter sido eficiente na maior parte do tempo do ensaio (até cerca de 700 s), impedindo a transferência de calor da zona de cisalhamento para a ferramenta e conseqüentemente minimizando o seu desgaste. Após este ponto (cerca de 700 s) o desgaste de flanco aumenta acentuadamente, isto pode ser explicado pelo crescente desgaste da ponta da ferramenta e o correspondente aumento da área de contato com a peça, contudo devido a pobre refrigeração nesta região a ferramenta acaba por deteriorar-se rapidamente, como pode ser visto na fotografia da Fig. (3). O fato desta posição ser a única aplicada por jato sem que ocorra fratura abrupta da ferramenta pode ser creditada à refrigeração do cavaco e não da ferramenta, o que deixa-a livre de gradientes acentuados de temperatura.

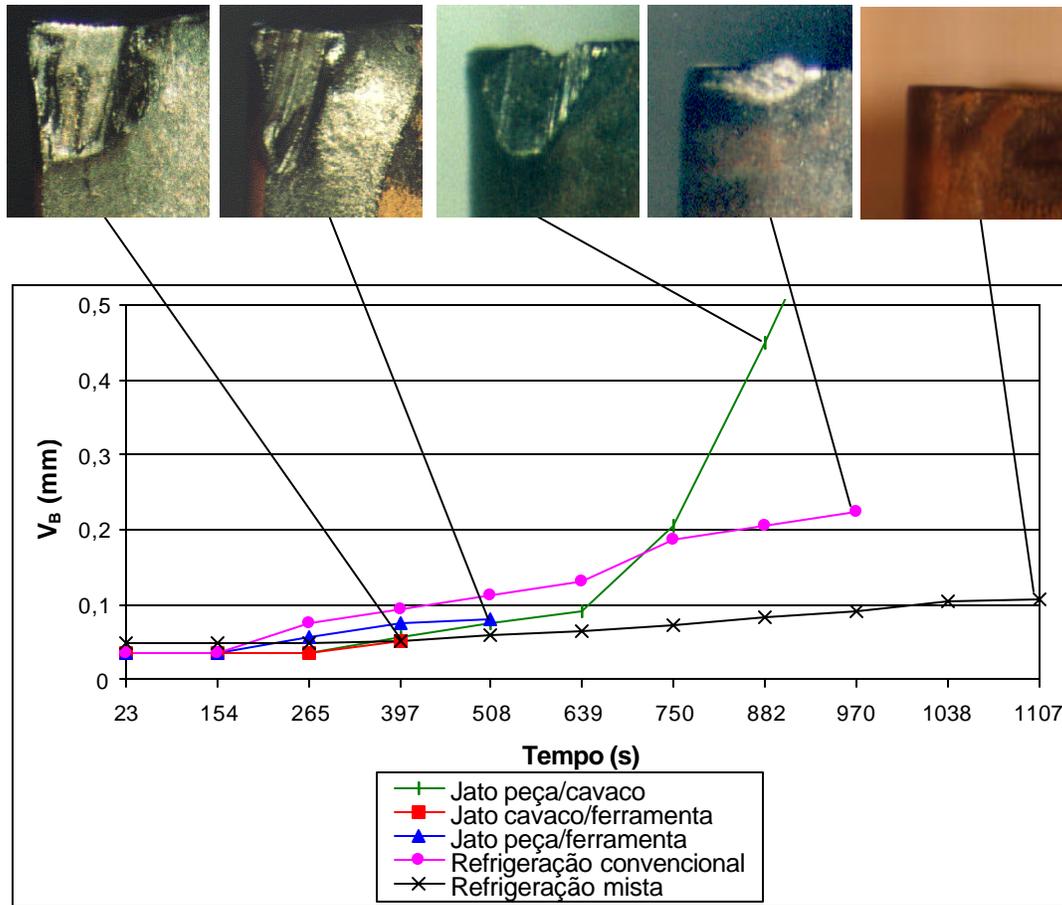


Figura 3. Desgaste da ferramenta sob diferentes aplicações de fluido de corte em função do tempo de usinagem.

Dentre todos os tipos de aplicação de fluido refrigerante o método de refrigeração mista (convencional e jato cavaco/ferramenta) é aquele que produz um desgaste menor e mais uniforme, tomando-se o mais previsível ao longo do ensaio, sem que ocorra aumentos bruscos ou fraturas da ferramenta. A refrigeração convencional também proporcionou um desgaste moderado ao longo do ensaio, apesar de produzir um rápido aumento nos períodos iniciais dentre todas as aplicações. A fotografia da Fig. (3), relativa ao desgaste da ferramenta ao final do ensaio, mostra um desgaste de flanco tipicamente dominado por mecanismos de desgaste abrasivo associado com deformação plástica, notando-se inclusive a formação de uma leve aresta postiça de corte.

A ação moderada do desgaste de flanco propiciada pelos métodos de refrigeração convencional e refrigeração mista em especial, pode ser creditada ao grande volume de fluido que envolve toda a região de corte, atingindo inclusive parte da peça, reduzindo o gradiente de temperatura no corpo da ferramenta. Entretanto, no método de refrigeração convencional o fluido de corte não é capaz de atingir importantes fontes geradoras de calor como a ponta da ferramenta e a interface cavaco/ferramenta. Isso já não ocorre na refrigeração mista onde a capacidade de atingir as principais fontes geradoras de calor é muito maior, proporcionando assim o menor desgaste da ferramenta dentre todas as refrigerações ensaiadas.

Quanto ao acabamento superficial da peça usinada, pode-se observar pelo gráfico da Fig. (4) que a aplicação do fluido de corte pelo método convencional produz os menores valores de rugosidade ao lado daqueles obtidos pela aplicação do jato de fluido na direção da interface cavaco/ferramenta, antes da ferramenta entrar em colapso prematuro. Este resultado pode ser creditado a mais longa

manutenção da geometria da ferramenta, em relação aos outros métodos, como pode ser observado o desgaste de flanco na Fig. (3), refletindo diretamente no acabamento superficial da peça. Isso também se aplica no método de refrigeração mista, apesar dos seus valores de rugosidade serem levemente superiores.

Em um nível mais elevado dos valores de rugosidade, encontram-se aqueles oriundos das aplicações do fluido pelos métodos de jato dirigido entre peça/cavaco e peça/ferramenta, conforme mostra o gráfico da Fig. (4).

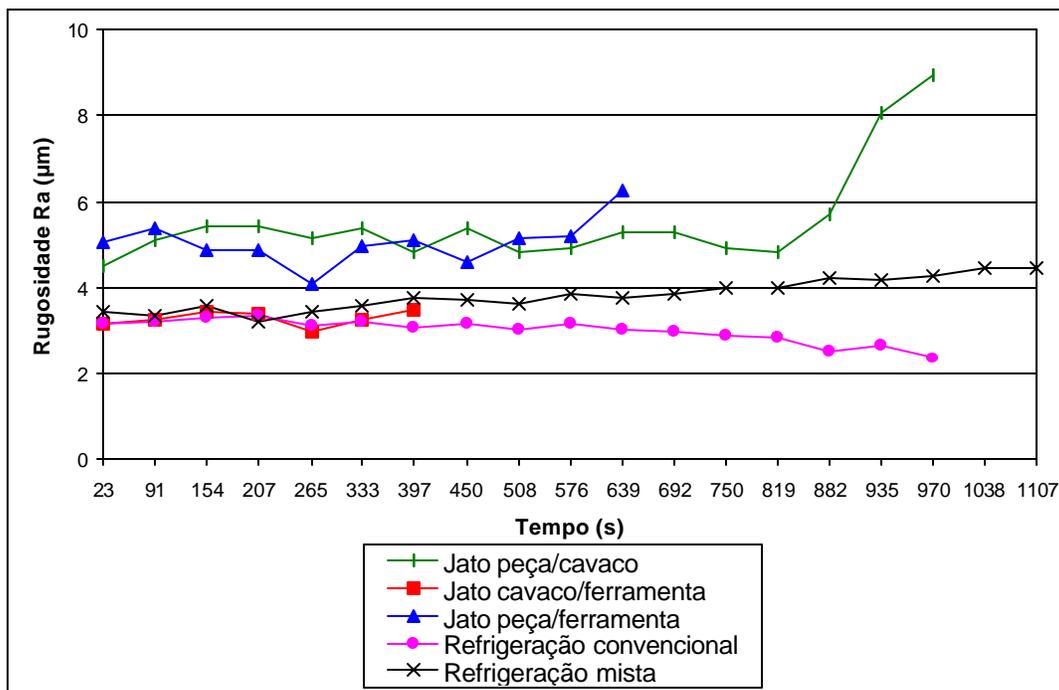


Figura 4. Rugosidade das peças usinadas sob diferentes maneiras de aplicação de fluido de corte.

No entanto, no método jato peça/ferramenta, observa-se que os valores da rugosidade sofrem maiores variações em relação aos demais, fato que pode ser comprovado pela produção de cavacos de forma mista, helicoidal curto e fragmentado, como é mostrado na Fig. (5c).

Como resultado das diferentes maneiras de aplicação do fluido de corte, além de desgastes diferentes da ferramenta de corte, tem-se a correspondente produção de cavacos de formas distintas, como pode-se observar na Fig. (5). Entre os cinco tipos de cavacos produzidos, nota-se que tanto o cavaco da Fig. (5a) quanto da Fig. (5d) são fragmentados mas o primeiro apresenta-se mais claro. Já a Fig. (5c) mostra cavacos tanto de forma fragmentada quanto de forma helicoidal e na Fig.(5b) e (5e) somente cavacos de forma helicoidal, no entanto os cavacos obtidos pela aplicação mista mostram-se mais claro do que na aplicação jato cavaco/ferramenta, indicando menor efeito da temperatura sobre o mesmo.

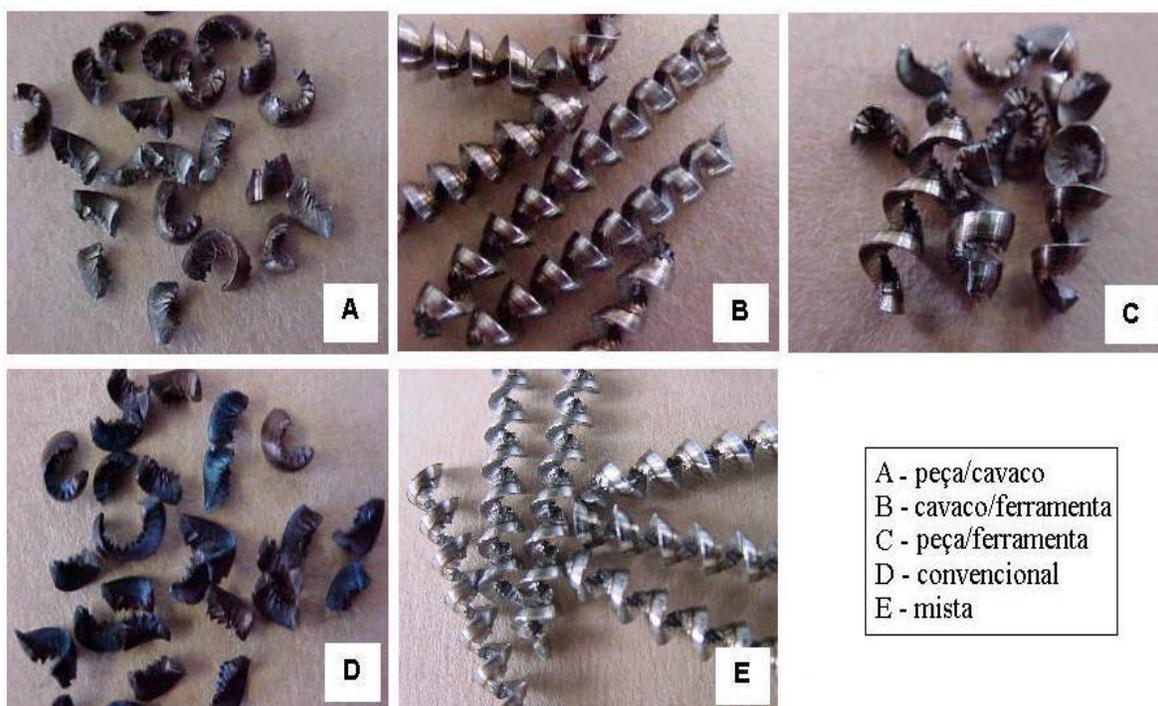


Figura 5. Formas de cavacos gerados por diferentes meios de aplicação de fluido de corte.

4. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos neste trabalho, pode-se resumidamente apresentar as seguintes conclusões:

- A aplicação do fluido refrigerante em forma de jato dirigido em diferentes locais da região de corte produz diferentes resultados no desgaste de flanco da ferramenta (V_B) e na rugosidade das peças;

- A aplicação do fluido de corte através do sistema de refrigeração mista e convencional, original da máquina ferramenta, minimizam os problemas de gradiente de temperatura em toda a ferramenta evitando-se o seu colapso por fadiga térmica associada à fadiga mecânica, sendo mais significativa essa redução quando utilizado o sistema de refrigeração mista;

- O modo de aplicação de jato de fluido de corte dirigido à interface cavaco/ferramenta inicialmente produz o menor desgaste entre todos os métodos empregados neste trabalho, até atingir a fratura abrupta da ferramenta de corte;

- Como consequência das conclusões acima, pode-se concluir que um sistema de refrigeração mista, utilizando-se o método convencional de aplicação de fluido de corte junto com o jato dirigido à interface cavaco/ferramenta, proporcionou o melhor desempenho da refrigeração no torneamento.

- Como sugestões para trabalhos futuros, devido a exigências de normais ambientais, verificar a utilização de outras formas de aplicação que reduzam ou eliminem o fluido de corte, visando um comparativo se isso será possível e analisar os efeitos dos parâmetros de vazão e pressão dos sistemas de refrigeração acima utilizados.

5. AGRADECIMENTOS

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

À empresa *Spraying Systems do Brasil Ltda* pela doação dos bicos utilizados neste trabalho.

À empresa *Máquinas Agrícolas Jacto S.A* pela doação da bomba de êmbolos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cook, N.H., 1973, "Tool wear and tool life", Journal of Engineering for Industry, nov., p. 931-338.
- Heisel, U., Lutz, M., 1998, "Pesquisa de fluidos de refrigeração e de lubrificação", Máquinas e metais, maio, pp. 40-49.
- Kovacevic, R., 1995, "Improving milling performance with high pressure water jet assisted cooling/lubrication", Journal of Engineering for Industry, vol. 117, pp. 331-339.
- Ferraresi, D., 1977, "Fundamentos da usinagem dos metais", Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 751 p.
- Li, X., 1996, "Study of the jet-flow rate of cooling in machining. Part 1. Theoretical analysis", Journal of Materials Processing Technology, vol. 62, pp. 149-156.
- Li, X., 1996, "Study of the jet-flow rate of cooling in machining. Part 2. Simulation study", Journal of Materials Processing Technology, vol. 62, pp. 157-165.
- Lindeke, R.R., Schoening, Jr.F.C., Khan, A.K.; Haddad, J., 1991, "Machining of α - β titanium with ultra-high pressure through the insert lubrication/cooling", transactions of NAMRI/SME, pp. 154-161.
- Machado, A.R., Wallbank, J., 1994, "The effects of a high-pressure coolant jet on machining", Imech, vol. 208, pp. 29-38.
- Mazurkiewicz, M., Kubala, Z., Chow, J., 1989, "Metal machining with high-pressure water-jet cooling assistance - a new possibility", ASME Journal of engineering for industry, vol. III, p. 7-12.
- Momper, F.J., 2000, "Usinagem a seco e de materiais endurecidos", Máquinas e metais, n.º 410, pp. 30-37.
- Modern Metal Cutting - A practical Handbook, 1994, Ed. AB Sandvik Coromant, Sweden, (ISBN 91-972299-0-3).
- Pigott, R.J.S., Colwell, A.T., 1952, "Hi-Jet System for increasing tool life", SAE Quarterly Transactions, vol. 6, n.º 3, p-p. 547-564.
- Sanchez, L.E.A, Losnak, C., Gusi, F.A., Peruzo, L.L., 2001, "Aplicação de fluido de corte em forma de jato na operação de torneamento", XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica.
- Seah, K.H.W., Li, X., Lee, K.S., 1995, "The effect of applying coolant on tool wear in metal machining", Journal of Materials Processing Technology, vol. 48, p. 495-501.
- Shaw, M. "Metal cutting principles", 1986, Ed. Oxford Press, New York, USA, (ISBN 0-19-859002-4).

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

EFFECT OF COOLING JET IN DIFFERENT POSITIONS IN TURNING

Luís Jacinto Nalon

Luiz E. A. Sanchez

Célio Losnak

Hamilton José de Mello

Rodrigo Daun Monici

Flávio A. Gusi

Universidade Estadual Paulista–Unesp–Departamento de Engenharia Mecânica

Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/n, CEP 17033-360, Bauru, SP

l_nalon@feb.unesp.br;

sanchez@feb.unesp.br;

losnak@feb.unesp.br;

daun@feb.unesp.br;

hamilton@feb.unesp.br

Abstract. In turning it's possible to identify three heating land in the cutting land: primary shear plane, between workpiece/chip interface; tool/chip interface; and tool/workpiece contact. Even the machining tools have a cooling system, sometimes the cutting fluid not is possible to reach the heat land, or it's produced a fluid film on the heated parts that obstruct an efficient heat removal. In this works is made a set up with a cooling system which the cutting fluid is applied under high-pressure jet in the three heating land more important on the cutting land. After, is added a cooling system composed by jet in the tool/chip interface and conventional here named mixed cooling. It's used a conventional turn, piston pump (2,06 MPa), a nozzle of orifice thin and samples in SAE 1045. As result is showed a different tool wear, roughness and chip form for each mode of cutting fluid application.

Keywords: cutting fluid, turning, cooling jet, wear, surface finish.