



XVII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 02 a 06/08/2010 - Viçosa – MG  
Paper CREEM2010-FP-07

## EFEITO DA MICROESTRUTURA DA PEÇA NA USINABILIDADE

Eli Jorge da Cruz Junior, Adriana B. Norcino, Aldo M. Y. Rigatti e Alessandro R. Rodrigues

UNESP, Univ Estadual Paulista, Curso de Engenharia Mecânica  
Campus Ilha Solteira - Centro - CEP 15385-000 - Ilha Solteira - São Paulo  
E-mail para correspondência: eli.jcruz@yahoo.com.br

### Introdução

A usinagem com altas velocidades de corte (“High-Speed Cutting” - HSC) vem sendo desenvolvida principalmente para as operações de fresamento. O renomado Instituto para Gerenciamento da Produção, Tecnologia e Máquinas-Ferramentas (do alemão, “Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen” - PTW), com mais de duas décadas de pesquisa sobre o tema, define usinagem HSC como aquela realizada com velocidades de corte cinco a dez vezes as convencionais. Alguns pesquisadores afirmam que recorrer somente à velocidade de corte tradicional para definir usinagem HSC é insuficiente, sendo necessário considerar o tipo de material usinado e a operação executada.

A pressão específica de corte, definida como a razão entre a força de corte e a área da seção de corte, tem uma relação direta com os resultados da usinagem (Salmon, 1992). Valores altos geram elevadas taxas de transferência de calor e grandes tensões residuais na peça, que podem convergir para uma pobre integridade superficial do produto, enquanto valores baixos resultam em menos danos à peça, indicando qualidade e eficiência da ferramenta de corte (Ersoy, 2004). Vários fatores, como o material da peça, parâmetros de corte e da ferramenta, influenciam na pressão específica de corte. Dentre as características do material pode-se destacar a dureza, que possui uma relação diretamente proporcional aos valores de pressão específica de corte.

### Objetivos

Quantificar a pressão específica de corte no fresamento HSC de materiais com tamanho de grãos distintos e avaliar a sua relação com a rugosidade da peça.

### Materiais e Métodos

Os ensaios foram realizados em um centro de usinagem vertical CNC. A força de corte foi obtida por um dinamômetro piezolétrico. Foi adotado fresamento de topo concordante a seco, com fresa  $\varnothing$  25 mm de duas arestas e insertos de metal duro revestidos com TiN. Adotou-se o avanço por dente de 0,05 mm, a profundidade de usinagem de 0,50 mm e a velocidade de corte de 589 m/min.

Corpos de prova de aço baixo carbono (0,15 %C) com dimensões 10x25x25 mm foram empregados nos testes. O material como recebido (CR) possuía um tamanho de grão ferrítico médio de 10,8  $\mu$ m ( $198 \pm 2,6$  HV) e o com grãos ultrafinos (MG), obtidos por laminação a morno, apresentava um tamanho de grão médio ferrítico de 1,7  $\mu$ m ( $322 \pm 7,3$  HV). Três larguras de usinagem de 2 mm foram realizadas em cada amostra.

A pressão específica de corte  $k_s$  [ $J/mm^3$ ] foi calculada através da Eq. (1) usando o método da integração 1/3 de Simpson.  $F_x$  e  $F_y$  [N] são as componentes vetoriais da força de corte,  $v_c$  é a velocidade de corte [m/min],  $t_c$  é o tempo de corte [s] e  $V_{cav}$  é o volume de cavaco removido [ $mm^3$ ].

$$k_s = \frac{v_c}{V_{cav}} \int_0^{t_c} \sqrt{F_x^2 + F_y^2} dt \quad (1)$$

A avaliação da rugosidade das peças fresadas foi realizada quantitativamente utilizando-se um rugosímetro portátil digital e o parâmetro de rugosidade máxima  $R_y$ . Qualitativamente, a textura superficial da peça foi avaliada recorrendo-se a um perfilômetro ótico.

## Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra o crescimento da pressão específica de corte e a queda da rugosidade da peça fresada com a diminuição do tamanho de grão do material.

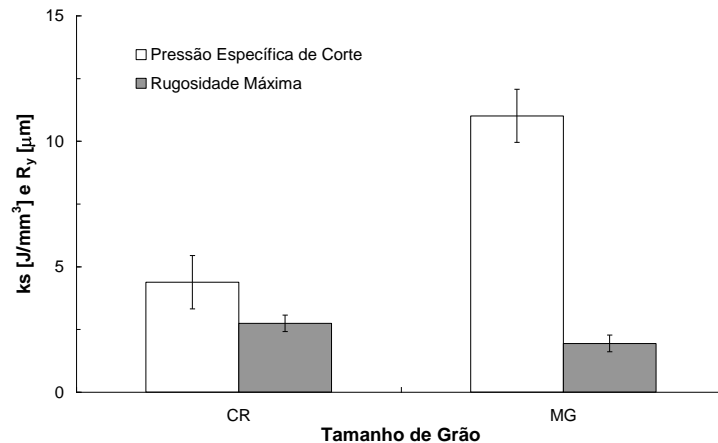


Figura 1 – Influência do tamanho de grão na pressão específica e na rugosidade da peça.

O aumento da pressão específica de corte decorreu da maior dureza do material MG em relação ao CR (+62%), cujo acréscimo foi determinado pelo processo de refino de grão. Ao diminuir a granulometria do material da peça, aumenta-se o número de contornos de grão, que funcionam como barreiras à deformação plástica e, conseqüentemente, aumentam a dureza do material.

A rugosidade máxima foi menor para a amostra MG em comparação à CR (-29%) devido à ação conjunta do refino de grão e do endurecimento da peça. Peças com menores tamanhos de grão e dureza média favorecem o processo de formação de cavaco e a usinabilidade do material. A Figura 2 ilustra imagens tridimensionais da topografia da peça fresada.

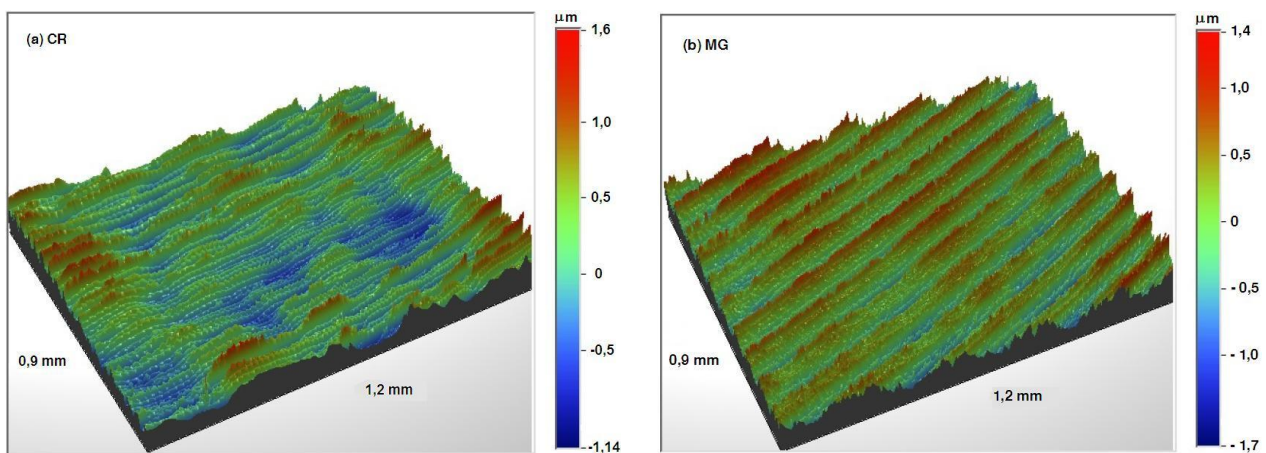


Figura 2 – Rugosidade da peça fresada obtida por perfilometria ótica.

Através de uma área representativa da superfície fresada (0,9x1,2 mm<sup>2</sup>), pode-se verificar que a amostra MG apresenta picos e vales de menor amplitude e mais uniformes, evidenciando a regularidade das marcas de avanço da ferramenta e a estabilidade no processo de formação de cavaco. Este resultado visual ratifica os quantitativos de rugosidade máxima mostrados na Figura 1.

## Conclusões

A diminuição do tamanho de grão da peça eleva sua dureza e, mesmo a usinagem HSC tendo uma dinâmica de corte distinta da usinagem com velocidades mais baixas, a energia específica do material aumentou e a rugosidade da peça diminuiu, seguindo os resultados clássicos da literatura científica.

## Referências

- Ersoy, A., Atici, U., “Performace characteristics of circular diamond saws in cutting of different type of rocks”, *Diamond and Related Materials*, Vol.13, pp.22-37, Amsterdam, NED, 2004.
- Salmon, S.C., “Modern Grinding Process Tecnology”, Editora McGraw-Hill, EUA, 225p., 1992.