



XVIII Colóquio de Usinagem

04 e 05/12/2014

Organização

Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC/UFU

Idealização

Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem - LEPU/UFU

TEXTURIZAÇÃO POR LASER DE FERRAMENTAS EM FGM

Marcelo Bertolete Carneiro, bertolete@hotmail.com¹

Ricardo Elgul Samad, resamad@ipen.br¹

Nilson Dias Vieira Júnior, nilsondv@ipen.br¹

Eder Silva Costa, eder@mecanica.ufu.br²

Álisson Rocha Machado, alissonm@mecanica.ufu.br²

Wagner de Rossi, wderossi@ipen.br¹

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Centro de Aplicações de Laser, Av. Lineu Prestes, 2242, CEP 05508-000

²Universidade Federal de Uberlândia, Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem, Av. João Naves de Ávila, 2121, CEP 38408-902

INTRODUÇÃO

No processo de usinagem a formação do cavaco ocorre sob altíssimas deformações plásticas cisalhantes, em uma pequena área da ferramenta, denominada zona de cisalhamento secundário. As consequências dessas deformações são a elevação da temperatura, possibilidade de aumento das forças de corte e degradação da ferramenta por efeitos térmicos e mecânicos [1]. Contudo, alguns pesquisadores [2, 3] citam que texturizar a região da superfície de saída da ferramenta em uma escala nano ou micrométrica é um meio efetivo de melhorar a usinabilidade, facilitando o movimento de saída do cavaco e, por sua vez, diminuindo as forças de usinagem e o desgaste da ferramenta.

Os lasers de pulsos de femtossegundos, fs, surgem, nesse contexto, como uma nova possibilidade para microusinagem com algumas vantagens. Como a duração dos pulsos é muito curta, os efeitos de zona afetada pelo calor são minimizados, preservando as propriedades do material, além disso, promove uma ablação extremamente localizada que pode retirar material com precisão nanométrica, permitindo a fabricação de estruturas muito pequenas e precisas [4].

Nesse ínterim de desenvolvimento de ferramentas de corte, cabe ressaltar a aplicação de materiais em gradação funcional (“Functionally Gradient Material – FGM”), como uma opção para melhorar as propriedades da ferramenta [5-8]. FGM pode ser entendido como uma nova classe de material, e o seu conceito está relacionado à melhoria de propriedades ou obtenção de funções inovadoras, que não podem ser alcançadas com materiais homogêneos [9]. Mott e Evans [10] definem FGM como um material formado a partir de dois outros distintos, cuja fração de volume de um aumenta em relação ao outro, geralmente, ao longo da espessura da peça, num gradiente que pode ser contínuo ou na forma de camadas.

A rota para a fabricação de FGMs e das principais ferramentas de corte é o processo de metalurgia do pó (PM), que abrange desde a produção do pó, a tomada de forma (compactação), até a sinterização. Esta última etapa trata-se de um tratamento térmico, em geral abaixo do ponto de fusão do principal constituinte do pó, em que as partículas do material metálico ou cerâmico se unem via eventos de transporte de massa formando um corpo sólido com densidade controlada [11, 12].

OBJETIVO

Fabricar ferramentas de corte de metal duro (WC-Co) em gradação funcional com HSS e texturizá-las com laser de femtossegundos para alcançar melhorias tribológicas, como diminuição das forças de corte pela redução da aderência do cavaco sobre a superfície de saída da ferramenta.

METODOLOGIA

Os materiais utilizados para a fabricação de ferramentas de corte em FGM são o metal duro (WC-Co, classe K20 da Sandvik/FRA) e o aço rápido (S290 Microclean da Böhler/AUT). Deseja-se construir um inserto quadrado com pelo menos cinco camadas no substrato, a partir da variação da fração de volume dos constituintes citados, de modo que a ferramenta tenha uma superfície dura e resistente ao desgaste feita de metal duro, porém mais tenaz ao longo da espessura. Os pós para formar as camadas são misturados em meio líquido de álcool isopropílico por duas horas, fazendo uso de elementos de moagem de metal duro em uma taxa mássica de 1:1.

O projeto da estrutura foi feito a partir do modelo termo-mecânico descrito por Ravichandram [13], que estima tensões residuais em FGMs, tornando possível a comparação com o limite de resistência dos materiais, de modo a evitar trincas.

Os inserts estão sendo sinterizados em uma máquina de sinterização por plasma pulsado (“Spark Plasma Sintering – SPS”), modelo 1050, fabricante SPS Syntex Inc./JAP, alocada na EPUSP. Para tanto, moldes de grafite, classe MBIS60X (Morganite/BRA), são utilizados para dar forma às ferramentas. Também se utiliza folha de grafite Grafoil GTB (Morganite/BRA) no contato entre o pó e o molde para evitar adesão e facilitar a extração do sinterizado.

A texturização será feita na camada de metal duro, superfície de saída da ferramenta, através de um laser Ti:Safira de femtossegundos, modelo Femtopower da empresa Femtolasers/AUT, com pulsos de comprimento de onda centrado de 820 nm, largura temporal de 25 fs, taxa de repetição controlada de até 4 kHz e energia de pulso de até 800 μ J.

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta uma análise prévia das tensões residuais de projeto do FGM, na qual se observa que a camada de metal duro (primeira) está comprimida, o que é bom para impedir a nucleação de trincas, enquanto que a extremidade oposta, rica em HSS, está tracionada. Considerando que a literatura traz valor de resistência a tração para o HSS em torno 1100 MPa [14], espera-se que o sinterizado não falhe por tensão residual.

A Figura 2 ilustra um esquema da concepção da ferramenta, em que a superfície de saída é texturizada com laser de femtossegundos, formando canais em “V”.

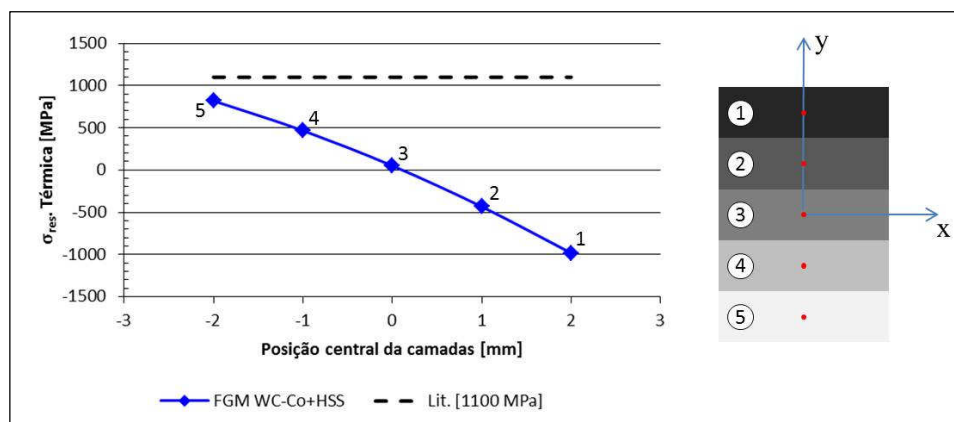


Figura 1. Predição da tensão residual térmica no centro de cada camada do FGM.

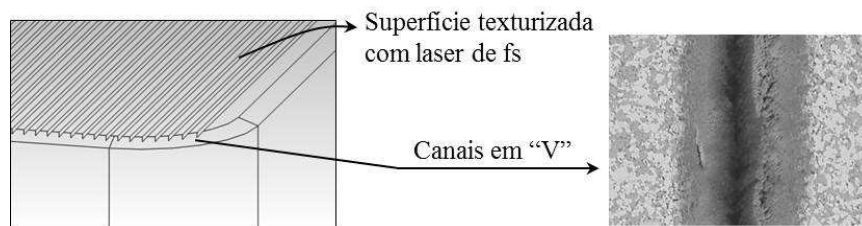


Figura 2. Esquema da ferramenta texturizada com laser de femtossegundos.

CONCLUSÕES

Espera-se obter ferramentas de corte em gradação funcional isentas de trincas de origem térmica, com a superfície de saída texturizada, de modo a possibilitar diminuição das forças de corte.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo fomento a pesquisa processos 150490/2014-3 e 405707/2013-4.

REFERÊNCIAS

- [1] MACHADO, A.R.; ABRÃO, A.M.; COELHO, R.T.; da SILVA, M.B. “*Teoria da Usinagem dos Materiais*”. 1a Edição, São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2009. 371 p.
- [2] KAWASEGI, N.; SUGIMORI, H.; MORIMOTO, H.; MORITA, N.; HORI, I. Development of cutting tools with microscale and nanoscale textures to improve frictional behavior. *Precision Engineering*, 33, p. 248-254, 2009.
- [3] XIE, J.; LUO, M.J.; WU, K.K.; YANG, L.F.; LI, D.H. “Experimental study on cutting temperature and cutting force in dry turning of titanium alloy using a non-coated micro-grooved tool”. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 73, p. 25-36, 2013.
- [4] WANG, X.C.; ZHENG, H.Y.; CHU, P.L.; TAN, J.L.; TEH, K.M.; LIU, T.; BRYDEN, C.Y.; TAY, G.H. “High quality femtosecond laser cutting of alumina substrates”. *Optics and Laser in Engineering*, 48, p. 657-663. 2010.
- [5] NOMURA, T.; MORIGUCHI, H.; TSUDA, K.; ISOBE, K. “Material design method for the functionally graded carbide tool”. *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, 17, p. 397-404, 1999.
- [6] FAN, N.; AI, X.; ZHAO, J. “Stress field analyses of functionally gradient ceramic tool by FEM”. *Journal of Materials Science Technology*, v. 17, n. 4, p. 466-468, 2001.
- [7] JAWORSKA, L.; ROZMUS, M.; KRÓLICKA, B.; TWARDOWSKA, A. “Functionally graded cermets”. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, v. 17, p. 73-76, 2006.
- [8] BERTOLETE, M.C.; MACHADO, I.F.; FREDERICCI, C. “Structural ceramic in functionally gradient”. In: *Proceedings of 18th Plansee Seminar, International Conference on Refractory Metals and Hard Materials*, 3-7 June, 2013, Reutte, Austria.
- [9] Kawasaki, A.; Watanabe, R. Concept and P/M fabrication of functionally gradient materials. *Ceramics International*, 23, p. 79-83, 1997.
- [10] MOTT, M.; EVANS, J.R.G. “Zirconia/alumina functionally graded material made by ceramic ink jet printing”. *Materials Science and Engineering A*, 271, p. 344-352, 1999.
- [11] GERMAN, R.M. “*Sintering theory and practice*”. New York: John Wiley & Sons Inc., 1996. 550 p.
- [12] KANG, S-J.L. “*Sintering, densification, grain growth and microstructure*”. 1st Edition, Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. 265 p.
- [13] RAVICHANDRAN, K.S. “Thermal residual stresses in a functionally graded material system”, *Materials Science & Engineering A*, 201, p. 269-276, 1995.
- [14] TERAOKA, H.; OHKI, T.; OOTA, J.; TOGAWA, M.; TOKUDA, H. “Application of P/M HSS Compound Parts to Steelworks”. In: *Hot Isostatic pressing — Theory and Applications. Proceedings of Third International Conference*, Osaka, Japan, 10-14 June, p. 235-240, 1992.