



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

EFEITO DA TEXTURIZAÇÃO POR LASER DE FEMTOSSEGUNDOS EM DE SUPERFÍCIES CERÂMICAS SINTERIZADAS POR SPS

Patrícia Alves Barbosa, patricia.a.barbosa@ufes.br^{1, 2}

Pâmella Jureves Esteves, pjesteves_pje@hotmail.com¹

Wagner de Rossi, wderossi@ipen.br²

¹Universidade Federal do Espírito Santo – Centro Tecnológico – Departamento de Engenharia Mecânica – Laboratório de Tecnologia Mecânica, Av. Fernando Ferrari, 514, 29075-910 – Vitória/ES

²Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Centro de Lasers e Aplicações, Av. Lineu Prestes, 2242, 05508-000 – São Paulo/SP

INTRODUÇÃO

Avaliando o cenário atual do mercado de ferramentas de corte, que movimentam bilhões de dólares, e da evolução exponencial da indústria metal-mecânica nas últimas décadas, observa-se que a produtividade tornou-se um fator determinante para a competitividade no âmbito global fazendo com que as linhas de produção do setor ferramenteiro tenham que conviver com a necessidade frequente de inovar tecnologicamente para satisfazer a demanda do mercado [1, 2, 3].

Nesse contexto, as ferramentas cerâmicas à base de alumina (Al_2O_3) com alta resistência ao desgaste, elevada dureza, capacidade de suportar temperaturas elevadas, baixa condutividade térmica e inércia química, têm se mostrado como um grupo competitivo na usinagem de materiais endurecidos, superligas, e materiais ferrosos [4, 5, 6]. Dados levantados por fornecedores de insertos cerâmicos estimam que esse tipo de material de ferramenta vem sendo adotado principalmente por fabricantes de autopeças (36%), serviços terceirizados de usinagem (25%) e empresas da área de fundição (16%), além dos setores de ferramentaria (10%) e montadoras (9%). Dentre os tipos disponíveis, as cerâmicas à base de alumina correspondem a 34% do mercado [7].

No entanto, compósitos cerâmicos sob condições de deslizamento seco, como é o caso da interface cavaco-ferramenta, apresentam sérios problemas relacionados ao atrito e desgaste [5, 8]. Outro ponto fraco das ferramentas cerâmicas à base de Al_2O_3 é sua baixa tenacidade, exigindo o uso de máquinas com alta rigidez e isentas de vibrações [6, 9]. Estas problemáticas evidenciam a necessidade de se investir em pesquisas com o intuito de aperfeiçoar o projeto destas ferramentas agregando valor e/ou reduzindo custos, uma vez que, o custo da ferramenta é composto não somente pelo preço global, mas também pela sua produtividade.

Baseado nisso, novas técnicas avançadas de fabricação tais como a sinterização por plasma pulsado (“*Spark Plasma Sintering – SPS*”), e texturização por laser de pulsos ultracurtos (laser de femtossegundos) são propostas que podem conduzir novas pesquisas para o desenvolvimento de ferramentas de corte cerâmicas com resistência e desempenho melhorados.

A sinterização por SPS é uma técnica ainda experimental no país, que foi desenvolvida para prover uma operação em alta velocidade de materiais inovadores, tais como os materiais em

gradação funcional (“FGMs”), nano compósitos e novas cerâmicas [10, 11]. É observado que o objetivo dos estudos mais importantes em SPS é minimizar o crescimento de grão para preparar materiais nanoestruturados densos através de taxas de aquecimento muito rápidas e tempos de patamar muito curtos [12, 13]. O interesse nesse método tem aumentado devido às vantagens econômicas sobre os métodos tradicionais, garantindo alta reprodutividade, e consequentemente baixa taxa de refugo, economia nos custos relativa a etapas adicionais como usinagem, além de maior produtividade devido ao menor tempo de processamento [14, 15].

O laser de pulsos ultracurtos (femtosegundos) tem aberto novas oportunidades para o processamento de materiais duros, tais como as cerâmicas. Este tipo de radiação é capaz de produzir danos muito mais precisos que lasers convencionais, pois a deposição de energia ocorre em um tempo extremamente curto, possibilitando a retirada de material antes que haja transferência de calor para a rede. Isto elimina qualquer zona afetada pelo calor, e, portanto, minimiza tensões residuais, que poderiam fragilizar a ferramenta se utilizado outros tipos de fontes [16, 17, 18].

OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo investigar o efeito da texturização, por laser de Femtosegundos, em superfícies cerâmicas sinterizadas por SPS, visando aplicação final em ferramentas de usinagem.

METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo proposto serão produzidos corpos de prova de cerâmicas homogêneas à base de alumina ($\text{Al}_2\text{O}_3+30\%v\text{ZrO}_2$) e ($\text{Al}_2\text{O}_3+30\%v\text{TiC}$), pela técnica de sinterização por plasma pulsado (“Spark Plasma Sintering – SPS”), em uma máquina de sinterização por SPS, modelo SPS 1050 fabricada pela Dr. Sinter@Syntex Inc./JAP, a baixo vácuo (~10 Pa), com descarga de corrente elétrica contínua (DC) e aplicação de pressão de uniaxial, com taxa da aquecimento de $100^\circ\text{C}/\text{min}$ e de resfriamento de $80^\circ\text{C}/\text{min}$.

A produção de micro texturas periódicas sobre as superfícies dos compósitos cerâmicos sinterizados será executada em um sistema laser CPA Ti:Safira (Femtopwer Compact Pro CE-Phase HP/HR da Femtolasers) e sistema de controle e movimentação de feixe laser de femtosegundos T3U. As dimensões das texturas (profundidade e espaçamento) serão caracterizadas por técnicas de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e interferometria óptica.

Serão realizados dois tipos de ensaios de caracterização tribológica nas superfícies texturizadas e em superfícies sem texturas, utilizando um sistema de microabrasão com esfera rotativa fixa, uma variante do ensaio “Calowear” desenvolvido por Rutherford e Hutchings [18], empregando esfera de aço inoxidável AISI 304 como contra corpo. Os ensaios de desgaste adesivo serão realizados a seco, enquanto que os ensaios de desgaste abrasivo serão realizados com suspensão de partículas de SiC. O coeficiente de atrito será avaliado a partir de medições da força tangencial e o coeficiente de desgaste calculado a partir de medições do volume de material removido por perfilometria 3D.

RESULTADOS ESPERADOS

Esta proposta apresenta uma característica multidisciplinar, envolvendo diversas áreas do conhecimento, dentre elas a Física, as Engenharias de Fabricação e de Materiais e Tribologia, com foco principal na viabilização de tecnologias inovadoras no país, como a texturização por laser de femtosegundos e sinterização por plasma pulsado, a serem empregadas em ferramentas de corte.

Os dados provenientes deste trabalho permitirão, portanto, consolidar e estabelecer procedimentos de técnicas avançadas de fabricação visando o desenvolvimento e aplicação em uma nova ferramenta de corte cerâmica com desempenho tribológico melhorado e valor agregado.

REFERÊNCIAS

- [1] TRENT, E.M.; WRIGHT, P.K. “*Metal Cutting*”. 4.th. ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2000. 445p.
- [2] DEDALUS CONSULTING. “Cutting Tools: World Markets, End-Users & Competitors: 2010-2015 Analysis & Forecast”, 2011. 500p.
- [3] SUAREZ, M.P. “Influência da Texturização a Laser em Ferramentas de Metal Duro Revestidas na Usinagem do Aço ABNT 1050”. 2012. 168 f. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.
- [4] KUMAR, A.S.; DURAI, A.R.; SORNAKUMAR, T. “Machinability of hardened steel using alumina based ceramic cutting tools”. *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*. v.21, p. 109-117, 2003.
- [5] JIANXIN, D.; TONGKUN, C.; XUEFENG, Y.; JIANHUA, L. “Self-lubrication of sintered ceramic tools with CaF₂ additions in dry cutting”. *International Journal Machine Tools & Manufacture*. v.46, p. 957-963. 2006.
- [6] MACHADO, Á. R. ; ABRÃO, A. M. ; COELHO, R. T. ; DA SILVA, M. B. “*Teoria da Usinagem dos Materiais*”. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011. 397 p.
- [7] MÁQUINAS E METAIS. “Guia III: Fornecedores de Pastilhas Cerâmicas”. *Máquinas e Metais*. n.558, p. 100-102. 2012.
- [8] YOUQIANG, X.; JIANXIN, D.; XIUTING, F; SHENG, Y. “Effect of laser surface texturing on Si₃N₄/TiC ceramic sliding against steel under dry condition”. *Materials and Design*. v.52, p. 234-245. 2013.
- [9] FERRARESI, D. “*Fundamentos da Usinagem dos Metais*”. 14. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011. 751p.
- [10] SPS SYNTEX INC. “Data Sheet: DR. SINTER LAB-Spark Plasma Sintering System”. [200?].
- [11] FUJI ELETRONIC INDUSTRIAL Co., Ltd. Acesso em; 3 Sep. 2013. Disponível em:<<http://sps.fdc.co.jp/>>.
- [12] SHEN, Z.; JOHNSON, M.; ZHAO, Z., NYGREN, M. “Spark Plasma Sintering of Alumina”. *Journal of the American Ceramic Society*. v.85, p.1921-1927. 2002.
- [13] SANTANACH, J.G.; WEIBEL, A.; ESTOURNÈS, C.; YANG, Q.; LAURENT, Ch.; PEIGNEY, A. “Spark Plasma Sintering of Alumina: Study of Parameters, Formal Sintering Analysis and Hypotheses on the Mechanism(s) Involved in Densification and Grain Growth”. *ActaMaterialia*.v.59, p. 1400-1408. 2011.
- [14] TOKITA, M. “Mechanism of Spark Plasma Sintering”, *Proceedings of 2000 Power Metallurgy World Congress, Kyoto, Japan*, p. 729-732. 2000.
- [15] CARNEIRO, M.B.; MACHADO, I.F.; RODRIGUES, D. “Analysis of Sintering Parameters by SPS on Cemented Carbide”. *Advanced Materials Research*. v.223, p. 579-587. 2011.
- [16] MACHADO, L.M.; SAMAD, R.E.; FREITAS, A.Z.; JÚNIOR, N.D.V.; BERRETTA, J.R.; ROSSI, W. “Corte de Metais por Ablação com Pulsos Laser Ultracurtos”. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 4, 2007, Estância de São Pedro, São Paulo: Anais: 4º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO – 4ºCOBEF. São Paulo. 2007.
- [17] WANG, X.C.; ZHENG, H.Y.; CHU, P.L.; TAN, J.L., THE, K.M., ANG, B.C.Y., TAY, G.H. “High Quality Femtosecond Laser Cutting of Alumina Substrates”. *Optics and Laser in Engineering*.v.48, p. 657-663. 2010.
- [18] SAMAD, R.E.; MACHADO, L.M.; JUNIOR, N.D.V.; ROSSI, W. “D-Scan Measurement of the Ablation Threshold and Incubation Parameter of Optical Materials in the Ultrafast Regime”. *Latin American Optics & Photonics*. p. LT2A.1. 2012.
- [19] RUTHERFORD, K.L.; HUTCHINGS, I.M. “A micro-abrasive wear test, with particular application to coated systems”. *Surface and Coatings Technology*.v.79, p. 231-239. 1996.