

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE FERRAMENTA DE CORTE DE CERÂMICA TEXTURIZADA A LASER NO TORNEAMENTO DO FC250

Eduardo Sigler Junior, eduardo.sigler@ufes.br¹

Patrícia Alves Barbosa, patricia.a.barbosa@ufes.br¹

Wagner de Rossi, wderossi@ipen.br²

Tatiana Dias Santana, tatianasantana@usp.br³

Marcelo Bertotele Carneiro, marcelo.b.carneiro@ufes.br^{1,3}

¹Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, CEP 29075-910, Vitória/ES

²Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Centro de Lasers e Aplicações, CEP 05508-000, São Paulo/SP

³Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, CEP 13566-590, São Carlos/SP

Resumo: Ferramentas de corte de cerâmica são utilizadas na usinagem de ferros fundidos, aços ligas e aços endurecidos. As cerâmicas estruturais se caracterizam por possuir elevada dureza à quente, resistência à compressão e inércia química elevada. Estas propriedades permitem que o material tenha elevada resistência ao desgaste. Técnicas de texturização tem sido investigadas em ferramentas de usinagem para diminuir os esforços de corte, o atrito, com o intuito de aumentar vida útil da ferramenta, além de melhorar qualidade na peça usinada. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho de ferramentas de corte de cerâmica a base de óxido alumínio texturizadas por laser, no torneamento de ferro fundido cinzento, que produz cavaco descontínuo. Para tanto, foi gerado um padrão de textura reta e paralela a aresta principal de corte em uma estação de laser de pulsos ultracurtos. As texturas foram caracterizadas em um microscópio 3D óptico. Testes de usinagem foram realizados em um torno CNC, mantendo as condições de corte constante, porém variando as ferramentas em referência (sem textura) e texturizada. Os esforços de corte foram monitorados com auxílio de um dinamômetro. A qualidade da superfície da peça usinada foi avaliada através dos parâmetros de rugosidade R_a (média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento) e R_z (média aritmética da altura máxima do perfil para cinco comprimento de amostragem). A peça de trabalho foi um ferro fundido cinzento (FC250). Cada ferramenta usinou uma barra do mesmo material e dimensão. Os resultados mostraram força de usinagem 7% (54 N) maior para a ferramenta texturizada. Na avaliação da rugosidade, os valores de R_a foram semelhantes para as duas ferramentas avaliadas, enquanto que para R_z a ferramenta texturizada gerou valores 6% (0,46 μm) maiores em relação à de referência. As ferramentas texturizadas não apresentaram lascamento devido aos esforços submetidos a mesma durante as condições de ensaio.

Palavras-chave: texturização, cerâmica, usinagem, esforço de corte, rugosidade

1. INTRODUÇÃO

As ferramentas de usinagem de material cerâmico são muito utilizadas em operações em que se necessita de alta velocidade de corte, alta taxa de remoção, além da vantagem do corte a seco e melhor qualidade superficial da peça de trabalho (Jianxin *et al.*, 2006 e Kumar e Patel, 2019). Sua principal aplicação está no torneamento de aços endurecidos, superligas e ferros fundidos (Kumar *et al.*, 2006).

As cerâmicas utilizadas em ferramentas de corte são consideradas cerâmicas avançadas, que por sua vez podem ser divididas em funcionais e estruturais. As cerâmicas estruturais, de interesse para o trabalho, se caracterizam pelo tipo de ligação química e estrutura cristalina, que ocorre em escala atômica. Estas características definem as propriedades intrínsecas do material como ponto de fusão, módulo de elasticidade, fragilidade, inércia química. Enquanto, que em uma escala maior, microestrutural, esta define, por exemplo, as propriedades mecânicas, tais como, limite de resistência à ruptura, resistência à compressão (Rahaman, 2003 e Otitoju *et al.*, 2020). Graças à combinação de propriedades físicas e químicas as cerâmicas, de maneira geral, apresentam: elevada dureza, resistência à compressão, resistência ao desgaste, e inércia química em altas temperaturas. Logo, tornam-se um material interessante para aplicação em usinagem (Trent e Wright, 2000).

As cerâmicas com aplicação em ferramentas de corte são divididas em dois grupos, a base de: alumina (Al_2O_3) ou nitreto de silício (Si_3N_4) (Machado *et al.*, 2015). A cerâmica branca, utilizada neste trabalho, é composta de alumina com adição de zircônia (ZrO_2) e óxido de magnésio (MgO) como estabilizante, que permite o aumento de sua tenacidade através de um mecanismo de transformação de fase, na qual a zircônia tetragonal metaestável sob ação de um campo de

tensão, se transforma em monocíclica estável, com grande variação de volume, gerando assim tensões compressivas, que dificultam a propagação da trinca (Komanduri e Samanta, 1989; Hutchings, 1992 e Boniecki *et al.*, 2017).

A utilização de texturas em ferramentas de corte como mecanismo para alterações tribológicas na interface cavaco-ferramenta é recente. Porém, alguns estudos têm mostrado que a texturização da superfície de saída em uma escala micrométrica ou nanométrica é um meio efetivo de melhorar o desempenho da ferramenta, diminuindo o atrito, a força de usinagem, a temperatura de corte, o desgaste da ferramenta e até a qualidade da peça (Xie *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2015; Bertolete *et al.*, 2018).

Uma das maneiras de se fabricar texturas é fazendo uso de técnicas de remoção de material. Entre elas destaca-se o uso de lasers de pulsos ultracurtos (Gachtot *et al.*, 2017). Estes lasers caracterizam-se por terem elevada intensidade e pela breve duração dos pulsos (10^{-12} a 10^{-15} s). Como a duração do pulso é menor do que o período de vibração térmica da rede cristalina da maioria dos materiais, a difusão térmica é minimizada ou não existe, como consequência, as texturas feitas por esta técnica, não possuem região fundida e ressolidifica, a zona afetada pelo calor (ZAC) é mínima ou inexistente, assim como o dano microestrutural é mínimo (Kawagesi *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2010 e Samad *et al.*, 2012). Tal característica é importante quando se trabalha com material com baixa tenacidade à fratura, como as cerâmicas.

Portanto, o objetivo deste trabalho é investigar a influência das texturas no desempenho de ferramentas de corte cerâmica, a base de óxido de alumínio, texturizadas com laser de pulsos ultracurtos. Para tanto, foi considerado a avaliação da força de usinagem, rugosidade da peça e integridade da ferramenta, em ensaios de torneamento cilíndrico externo em ferro fundido cinzento (FC250).

2. METODOLOGIA

Ferramentas de cerâmica branca, classe KA30 (Kyocera) com geometria SNGN 120708, tiveram regiões da superfície de saída texturizadas em uma estação de laser modelo 10K (Femtolasers), com laser de pulsos ultracurtos de Ti:Safira, gerados a partir de um amplificador modelo HR (Femtopower). A condição de ablação foi mantida constante em $7 \mu\text{J}$ de energia por pulso, duração dos pulsos de 30 fs e frequência de 10 kHz. As texturas foram canais retos, paralelos a aresta principal de corte. A ferramenta possui quatro arestas de corte por superfície de saída, logo quatro regiões foram texturizadas. Na Figura 1 é ilustrado a ferramenta texturizada montada no suporte CSRNR 2525M 12-4 (Sandvik) e em destaque a região texturizada.

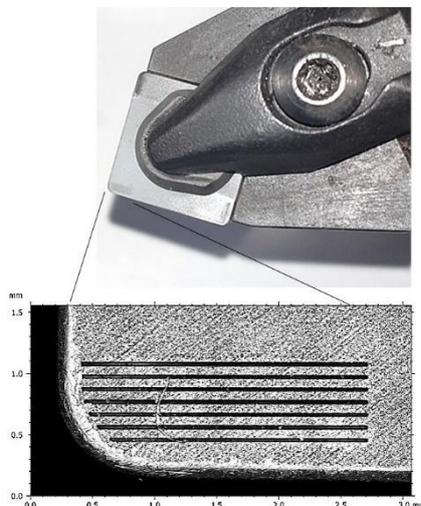


Figura 1. Detalhe do inserto cerâmico (KA30) texturizado.

A textura foi caracterizada quanto a profundidade e largura em um microscópio 3D óptico, modelo CM Explorer (Mahr), com princípio de funcionamento semelhante ao confocal, escaneamento do perfil topográfico e empilhamento das imagens em foco. A avaliação dos aspectos da textura (largura e profundidade) foi feita por estatística descritiva e ocorreu em duas posições diferentes de cada região texturizada (esquerda e direita).

Os ensaios de usinagem foram realizados em um torno CNC Centur 35D (Romi), nas condições de corte v_c 500 m/min, f 0,2 mm/volta e a_p 2 mm. A máquina ferramenta foi instrumentada com um sistema dinamométrico composto de plataforma piezoelétrica modelo 9129, condicionador de sinal modelo 5080A e sistema de aquisição de dados modelo 5697A1 e *software* de aquisição e análise DynoWare (Kistler), ver Fig. 2. Foram adquiridas as componentes de força nas direções ortogonais x , y e z , com taxa de aquisição de 1000 Hz por 20 s. A partir destes dados foi calculada para cada instante de tempo a força de usinagem (F_u), bem como a sua média, conforme Eq. (1). As componentes F_x , F_y e F_z se aproximam dos valores de força F_p (passiva), F_c (corte) e F_f (avanço).

$$F_u = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad (1)$$

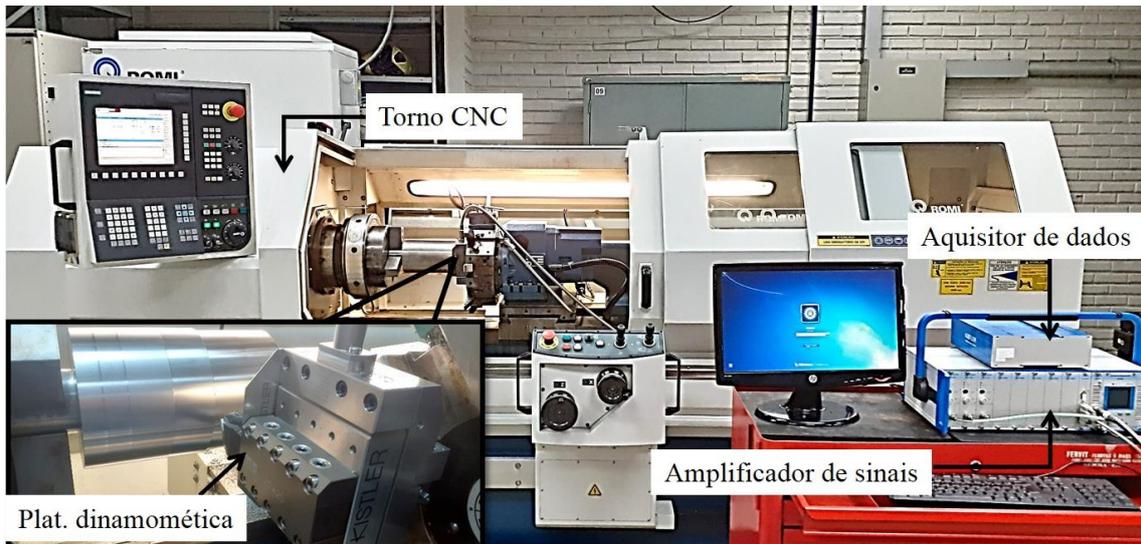


Figura 2. Torno CNC Centur 35D instrumentado com o sistema dinamométrico.

As peças de trabalho foram duas barras cilíndricas de ferro fundido cinzento FC250 (Tupy S.A.), com diâmetro de 138 mm e comprimento de 200 mm. Na Tabela 1 tem-se a composição química do material, que possui estrutura perlítica, com dureza média de 200 HB, limite de resistência entre 250-300 MPa e módulo de elasticidade entre 103-118 GPa. Para a realização dos ensaios foram utilizados dois insertos cerâmicos, um com textura e outro sem textura (ferramenta de referência). As ferramentas foram montadas em um suporte CSRNR 2525M 12-4 (Sandvik), que conferiu uma geometria de corte com ângulo de posição de 75°, ângulo de folga de 6°, ângulo de saída e inclinação de -6°. Cada ferramenta usinou uma barra com dimensões padronizadas. Como as ferramentas possuíam 4 arestas de corte por superfície de saída, executou-se 4 cortes, cada um com uma aresta nova, por um percurso de avanço (L_f) de 40 mm. Cada região de corte permitiu a geração de dados para análise de força e rugosidade.

Tabela 1. Composição química do FC 250 (% massa).

C	Si	Mn	P	S	Cr	Sn	Cu
3,03	2,53	0,46	0,06	0,13	0,11	0,01	0,17

Os parâmetros de rugosidade da peça (R_a e R_z) foram obtidos com um rugosímetro, modelo SurfTest SJ-210 (Mitutoyo), com comprimento de amostragem (cut-off) de 0,8 mm, conforme recomendação da norma ABNT NBR ISO 4288:2008. Para cada trecho de 40 mm usinado, a rugosidade foi avaliada em quatro quadrantes dispostos a 90°.

Após a coleta dos dados de força e rugosidade foi feita uma análise de variância (ANOVA One Way) no *software* Estatística para os dados de força de usinagem (4 observações para cada ferramenta testada) e rugosidade R_a e R_z (16 observações para cada ferramenta testada), considerando nível de significância (α) de 5% e intervalo de confiança (IC) de 95%.

Finalmente, a integridade das ferramentas foi analisada em um estereomicroscópio óptico Nexius Zoom (Euromex).

3. RESULTADOS

Na Figura 3 (a) tem-se uma imagem representativa de duas posições que foram utilizadas para caracterizar os aspectos dimensionais das texturas por microscopia 3D (confocal). Na Figura 3 (b) nota-se que o perfil da textura tem um formato em “V”.

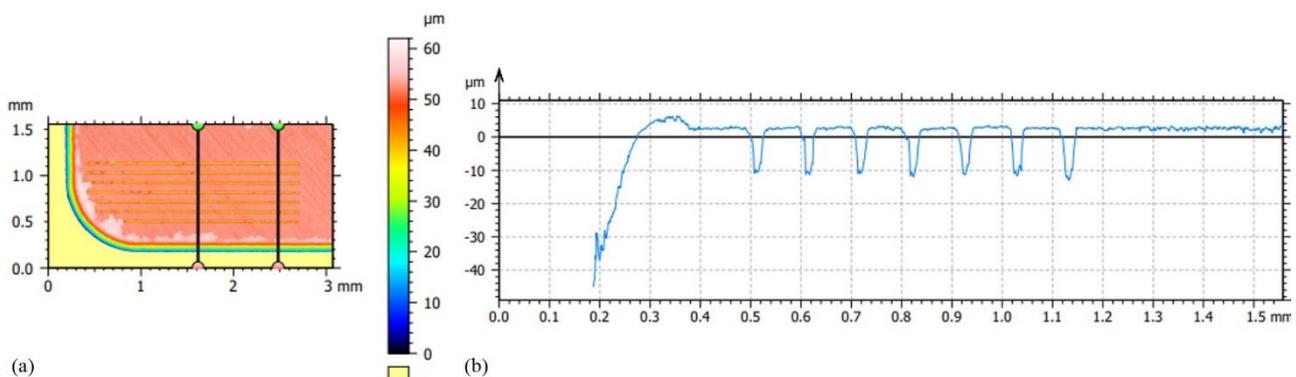


Figura 3. Microscopia 3D. (a) Imagem representativa das posições de avaliação; (b) Perfil em “V” da textura.

Na Tabela 2 tem-se a análise estatística descritiva dos aspectos dimensionais de profundidade e largura das texturas, considerando média, intervalo de confiança (IC), e do desvio padrão.

Tabela 2. Análise estatística descritiva dos aspectos da textura.

Aspectos	N	Média	IC -95% [μm]	IC +95% [μm]	Desvio-padrão [μm]
Profundidade	56	13,408	13,081	13,736	1,223
Largura	55	25,551	24,305	26,797	4,608

O valor médio da profundidade das texturas foi de 13,408 μm , com um IC de 95% variando entre 13,081 a 13,736 μm e desvio-padrão de apenas 1,223 μm . Enquanto, o valor médio da largura das texturas foi 25,551 μm , com um IC de 95% variando entre 24,305 a 26,797 μm , e desvio-padrão de 4,608 μm . A variabilidade dos aspectos dimensionais da textura foi pequena, abaixo de uma dezena de micrometros, isso se deve a qualidade do laser (controle de energia, frequência dos pulsos e óptica), além da precisão de deslocamento do CNC (Samad *et al.*, 2012).

Na Tabela 3 é apresentado a análise de variância (ANOVA One Way) para os dados de força de usinagem (F_u), considerando um nível de significância (α) de 5%. Observa-se que existe diferença estatística significativa entre as ferramentas, pois a significância calculada (p) foi menor do que o critério do teste de hipótese, $\alpha = 5\%$.

Tabela 3. ANOVA para os resultados de força de usinagem (F_u).

Fontes de variação	SQ	Grau de liberdade	QM	F	p
Média	5021518	1	5021518	8295,486	0,000000
Ferramenta	5736	1	5736	9,475	0,021712
Erro	3632	6	605		

Os resultados ficam mais fáceis de serem analisados através do gráfico de efeitos, ver Fig. 4. Nota-se que os valores médios de F_u para a ferramenta texturizada foram 7% maiores do que os de referência. Observa-se que a diferença entre os valores médios para as duas ferramentas foi de 54 N. A diferença é pequena, no entanto ela foi estatisticamente significativa. Noveleto *et al.* (2017) texturizaram ferramentas de cerâmica branca com laser de pulsos ultracurtos em dois padrões de textura paralelo à aresta de corte. Os autores avaliaram o desempenho das ferramentas em torneamento de ferro fundido cinzento e não notaram diferença na F_u entre as ferramentas com e sem textura. Stoeterau *et al.* (2017) texturizaram com laser de pulsos ultracurtos diferentes *dimples* (calotas esféricas) em ferramentas de metal duro. Ao toronar ferro fundido nodular os autores não observaram diferença entre ferramentas com e sem textura nas diversas condições de corte avaliadas. Os resultados de F_u sugerem que no corte de materiais frágeis, que geram cavacos descontínuos, as ferramentas texturizadas não conseguem beneficiar a usinagem. Isso pode estar associado a um fenômeno tribológico conhecido como *clogging effect* (Bijwe *et al.*, 2001). Durante a usinagem a textura pode promover a ancoragem de material da peça sobre a superfície de saída da ferramenta, principalmente, se o material da peça for dúctil. É sabido que essa camada de material aderido é capaz de diminuir o carregamento mecânico, atrito, desgaste e a abrasividade (Gählin e Jacobson, 1999). Tal fenômeno é comumente observado, quando o material macio fica aderido sobre o abrasivo de uma lixa. Logo, acredita-se que o entupimento das texturas por debris seja mais difícil de ocorrer na usinagem de materiais frágeis.

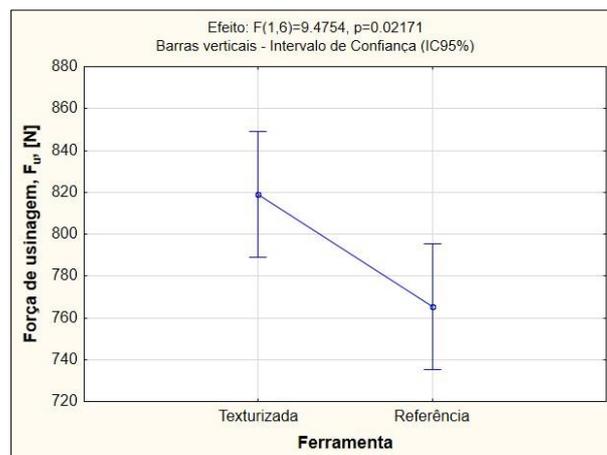


Figura 4. Gráfico de efeito da variável ferramenta sobre a força de usinagem.

Na Figura 5 tem-se o comparativo da média das forças ortogonais para cada ferramenta de corte. Observa-se que para a ferramenta texturizada ocorreu valores de força ligeiramente maiores para as componentes F_y e F_z , que se assemelham às forças F_c (corte) e F_f (avanco), respectivamente. Todavia, nota-se que os desvios-padrão se interceptam, o que sugere que a influência da textura para as condições de corte estudadas está muito próxima da variabilidade da operação.

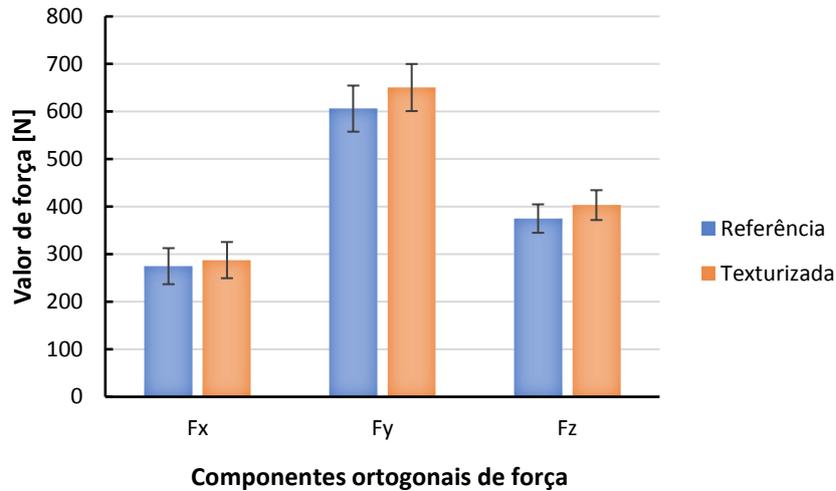


Figura 5. Comparativo da média das componentes de força ortogonais para as ferramentas de corte avaliadas.

Na Tabela 4 é apresentado a análise de variância (ANOVA One Way) com um nível de significância (α) de 5% para os dados de rugosidade para o parâmetro Ra. Observa-se que não existe diferença significativa entre as ferramentas, ou seja, a textura não influenciou o acabamento superficial, considerando o parâmetro Ra.

Tabela 4. ANOVA para os resultados de rugosidade parâmetro Ra.

Fontes de variação	SQ	Grau de liberdade	QM	F	p
Média	86,81996	1	86,81996	39000,96	0,000000
Ferramenta	0,00001	1	0,00001	0,01	0,943721
Erro	0,06678	30	0,00223		

Os resultados ficam mais evidentes analisando o gráfico de efeitos, conforme Fig. 6. Nota-se que os valores médios e intervalos de confiança de Ra obtidos para a ferramenta texturizada e de referência são semelhantes.

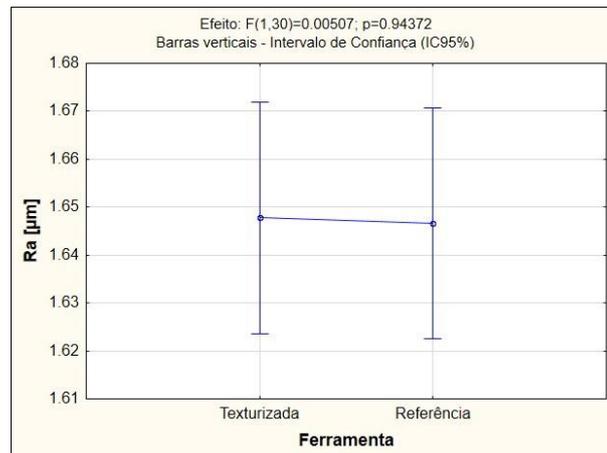


Figura 6. Gráfico de efeito da variável ferramenta sobre a rugosidade Ra.

Na Tabela 5 tem-se a análise de variância (ANOVA One Way), $\alpha = 5\%$, para os dados rugosidade considerando o parâmetro Rz. Verifica-se que existe diferença significativa entre as ferramentas.

Tabela 5. ANOVA para os resultados de rugosidade parâmetro Rz.

Fontes de variação	SQ	Grau de liberdade	QM	F	p
Média	1874,847	1	1874,847	17598,41	0,000000
Ferramenta	1,695	1	1,695	15,91	0,000394
Erro	3,196	30	0,107		

Na Figura 7 observa-se que os valores de Rz para a ferramenta texturizada foram 6% maiores do que aqueles obtidos com a ferramenta de referência. Essa diferença, embora seja estatisticamente significativa, em valores absolutos ela é pequena, de apenas 0,46 μm . A significância estatística está relacionada ao número de observações relativamente elevado ($N = 16$ para cada ferramenta) e ao baixo desvio-padrão, de modo que é arriscado tirar conclusões sobre a origem desta diferença, sendo portanto, necessário, executar mais testes ou realizar outras avaliações.

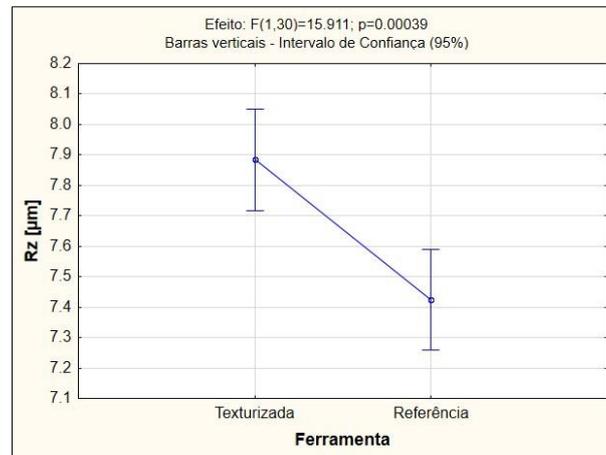


Figura 7. Efeito da ferramenta texturizada e de referência sobre a rugosidade Rz.

Na Figura 8 é apresentada uma microscopia representativa da superfície de saída dos insertos de cerâmica texturizada e sem textura. Através das imagens verifica-se que não há presença de defeitos como lascas nas regiões adjacentes à textura. Isso reforça a qualidade do laser de pulsos ultracurtos em gerar mínimo dano à microestrutura do material (Kawagesi *et al.*, 2009 e Samad *et al.*, 2012). Além disso a figura também sugere que o projeto das texturas, bem como os parâmetros de laser em que foram fabricadas não as fragilizaram para as condições de corte ensaiadas (usinagem convencional), em que experimentaram forças de usinagem em torno de 820 N.

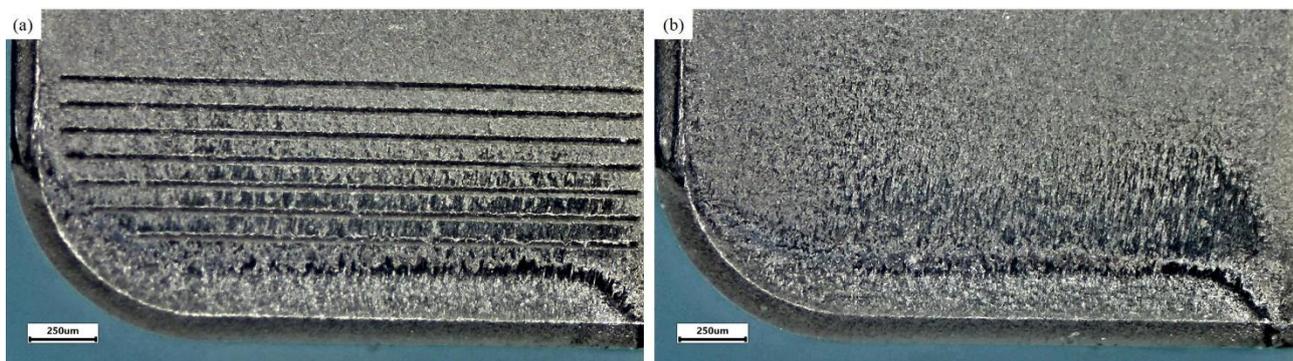


Figura 8. Microscopia óptica. (a) Inserto texturizado; (b) Inserto de referência.

4. CONCLUSÕES

A texturização feita com o laser de pulsos ultracurtos com largura temporal dos pulsos na escala de femtossegundos foi capaz de gerar texturas com perfil em V, com profundidade e largura em escala micrométrica, além de desvio-padrão bastante estreito. Considerando-se as variáveis de resposta, força de usinagem e acabamento superficial, infere-se que os resultados gerados pelas ferramentas texturizadas foram ligeiramente maiores para F_u e Rz, quando comparado com os resultados da ferramenta de referência. Enquanto que para R_a os valores para as duas ferramentas foram iguais. Logo, na melhor hipótese a ferramenta texturizada tem desempenho semelhante à de referência para as condições de corte investigadas. Os resultados também podem estar associados ao material da peça usinado, por ser frágil e gerar cavaco descontínuo, não beneficiou o surgimento do fenômeno tribológico conhecido como *clogging effect*, que poderia ter influenciado nos esforços de corte. Finalmente, não se observou danos nas ferramentas cerâmicas texturizadas após a usinagem.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPES (processos 083/2019, 144/2020 e 280/2022), ao CNPq e a CAPES pelo fomento à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR ISO 4288, 2008. “Especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil-regras e procedimentos para avaliação de rugosidade”, 10 p.
- Bertolete, M., Barbosa, P.A., Machado, A.R., Samad, R.E., Vieira, D.J., Vilar, R. e de Rossi, W., 2018. “Effects of texturing the rake surfaces of cemented tungsten carbide tools by ultrashort laser pulses in machining of martensitic stainless steel”. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 98, pp. 2653-2664.
- Bijwe, J., Indumathi, J., Rajesh, J.J. e Fahim, M., 2001. “Friction and wear behavior of polyetherimide composites in various wear modes”. *Wear*, Vol. 249, pp.715-726.
- Boniecki, M., Gołębiewski, P., Wesołowski, W., Woluntarski, M., Piątkowska, A., Romaniec, M., Ciepiewski, P. e Krzyżak, K., 2017. “Alumina/zirconia composites toughened by the addition of graphene flakes”. *Ceramics International*, 43, pp. 10066-10070.
- Callister, W.D.Jr., 2001. *Fundamentals of materials science and engineering*. John Wiley & Sons, 5th Edition, New York, 524 p.
- Ezugwu, E.O. e Wallbank, J., 1987. “Manufacture and properties of ceramic cutting tools: A review”. *Material Science and Technology*, Vol. 3, pp. 881-887.
- Gachot, C., Rosenkranz, A., Hsu, S.M. e Costa, H.L., 2017. “A critical assessment of surface texturing for friction and wear improvement”. *Wear*, Vol. 372, pp. 21-41.
- Gählin, R. e Jacobson, S., 1999. “The particle size effect in abrasion studied by controlled abrasive Surfaces”. *Wear*, Vol. 224, pp. 118-125.
- Hutchings, I.M., 1992. *Tribology: friction and wear of engineering of materials*. Arnold, London, 272 p.
- Jianxin, D., Tongkun, C., Xuefeng, Y. e Jianhua, L., 2006. “Self-lubrication of sintered ceramic tools with CaF₂ additions in dry cutting”. *International Journal Machine Tools & Manufacture*, Vol. 46, pp. 957-963.
- Kawasegi, N.; Sugimori, H.; Morimoto, H.; Morita, N. e Hori, I., 2009. “Development of cutting tools with microscale and nanoscale textures to improve frictional behavior”. *Precision Engineering*, 33, pp. 248-254.
- Komanduri, R. e Samanta, S.K., 1989, “Ceramics”, ASM Handbook. Machining, ASM International, Vol. 16, pp. 98-104.
- Kumar, A. S., Durai, A.R. e Sornakumar, T., 2006. “Wear behaviour of alumina based ceramic cutting tools on machining steels”. *Tribology International*, 39, pp. 191-197.
- Kumar, Ch.S. e Patel, S.K., 2019, “Effect of duplex nanostructured TiAlSiN/TiSiN/TiAlN-TiAlN and TiAlNTiAlSiN/TiSiN/TiAlN coatings on the hard turning performance of Al₂O₃-TiCN ceramic cutting tools”. *Wear*, 418-419, pp. 226-240.
- Machado, A.R., Abrão, A.M., Coelho, R.T. e da Silva, M.B., 2015. *Teoria da usinagem dos materiais*. Editora Edgard Blücher, 2^a Edição, São Paulo, 409 p.
- Novelato, S.P.G., Bertolete, M., Barbosa, P.A., Machado, A. R., Samad, R.E., Vieira, D.J., de Rossi, W. e Almeida, A., 2017. “Avaliação do desempenho de ferramenta de Corte cerâmica texturizada na usinagem de ferro fundido cinzento”. In *9º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação (COBEF)*, Joinville, Santa Catarina, Brasil.
- Otitoju, T.A., Okoye, P.U., Chen, G., Li, Y., Okoye, M.O. e Li, S., 2020. “Advanced ceramic components: Materials, fabrication, and applications”. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 85, pp. 34-65.
- Rahaman, M. N. Ceramic processing and sintering. M. Dekker, 2nd Edition, New York, 2003.
- Samad, R.E.; Machado, L.M.; Junior, N.D.V. and de Rossi, W., 2012, “Ultrashort laser pulses machining”. In *Laser Pulses – Theory, technology and applications*, Prof. Igor Peshko, editor, InTech, pp.143-174.
- Stoeterau, R.L., Janssen, A. e Mallmann, G., 2017. “Analysis of dimple textured surfaces on cutting tools”. *Journal of Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, Vol. 39, pp. 3989-3996.
- Trent, E.M. e Wright, P.K., 2000. *Metal cutting*. Butterworth-Heinemann, 4th Edition, Boston, 446 p.
- Wang, X.C., Zheng, H.Y., Chu, P.L., Tan, J.L., The, K.M., Ang, B.C.Y. e Tay, G.H., 2010. “High Quality Femtosecond Laser Cutting of Alumina Substrates”. *Optics and Laser in Engineering*, Vol. 48, pp. 657-663.
- Xie, J.; Luo, M.J.; Wu, K.K.; Yang, L.F. and Li, D.H., 2013. “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, pp. 25-36.
- Zhang, K., Deng, J., Xing, Y., Li, S. e Gao, H., 2015, “Effect of microscale texture on cutting performance of WC/Co-based TiAlN coated tools under different lubrication conditions”, *Applied Surface Science*, Vol. 326, pp. 107-118.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF CERAMIC CUTTING TOOL TEXTURIZED BY LASER IN THE FC250 TURNING

Eduardo Sigler Junior, eduardo.sigler@ufes.br¹

Patrícia Alves Barbosa, patricia.a.barbosa@ufes.br¹

Wagner de Rossi, wderossi@ipen.br²

Tatiana Dias Santana, tatianasantana@usp.br³

Marcelo Bertolete Carneiro, marcelo.b.carneiro@ufes.br^{1,3}

¹Federal University of Espírito Santo, Department of Mechanical Engineering, 29075-910, Vitória/ES

²Nuclear and Energy Research Institute, Center for Laser and Applications, 05508-000, São Paulo/SP

³São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, 13566-590, São Carlos/SP

Abstract. *Ceramic cutting tools are used in the machining of cast iron, alloy steel and hardened steel. Structural ceramics are characterized by having high hot hardness, compressive strength and high chemical inertia. These properties allow the material to have high wear resistance. Texturing techniques have been investigated in machining tools to reduce cutting efforts, friction, in order to increase tool life, in addition to improving part quality. Thus, the objective of this work is to evaluate the performance of laser-textured aluminum oxide ceramic cutting tools in the turning of gray cast iron, which produces discontinuous chips. For that, a straight texture pattern was generated and parallel to the main cutting edge in an ultrashort pulse laser station. Textures were characterized in a 3D optical microscope. Machining tests were performed on a CNC lathe, keeping the cutting conditions constant; however, varying the cutting tools in reference (non-textured) and textured. The cutting forces were monitored with the aid of a dynamometer. The surface quality of the machined part was evaluated through the roughness parameters Ra (arithmetic average height) and Rz (ten point height). The workpiece was a gray cast iron (FC250). Each tool machined a bar of the same material and dimension. The results showed a 7% (54 N) greater machining force for the textured tool. In the roughness evaluation, the Ra values were similar for the two evaluated tools, while for Rz the textured tool generated values 6% (0.46 μm) higher than the reference ones. The textured tools did not show any chipping due to the efforts submitted to them during the test conditions.*

Keywords: *texturing, ceramics, machining, cutting force, roughness*