

CONTROLE DO ACABAMENTO DE SUPERFÍCIES FUNCIONAIS POR MICROFRESAMENTO

BRUNA M. S. MORGONI¹, CLEITON L. F. ASSIS²

¹ Técnico em Mecatrônica Integrado ao Ensino Médio, IFSP, Campus Votuporanga, bmsilveira7@gmail.com

² Doutor em Engenharia Mecânica, Docente, IFSP, Campus Votuporanga, fazolocla@ifsp.edu.br
Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.03.03.07-9 Usinagem

Apresentado no
9º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP
11 a 13 de dezembro de 2018 - Boituva-SP, Brasil

RESUMO: A usinagem de precisão possibilita a fabricação de dispositivos micro fluídicos capazes de realizar uma série de reações químicas em volumes reduzidos. Nesse sentido, o microfresamento surge como um processo capaz de produzir microestruturas para estas aplicações. Superfícies funcionais, condicionadas ao controle de escoamento de micro ou nano fluídos são importantes, influenciadas principalmente pela rugosidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar o acabamento de superfícies produzidas por microfresamento, aplicando diferentes estratégias de usinagem e variando a velocidade de corte e o avanço por dente. Microfresas de metal duro de topo reto microusinaram bolsões de entrada e saída de micro fluidos em um aço baixo-carbono de microestrutura homogênea. As superfícies usinadas foram avaliadas com auxílio de microscopia laser 3D. Os resultados indicaram que a mudança de estratégia de usinagem, associada aos parâmetros de corte afetaram o acabamento e o perfil de rugosidade, conforme análise dos parâmetros R_z , R_p , R_v , R_{sk} e R_{ku} . A combinação de estratégias de usinagem com parâmetros de corte apresentou uma boa concordância na geração de superfícies funcionais, com a formação de características específicas para o controle da interação líquido-superfície.

PALAVRAS-CHAVE: Microusinagem; parâmetros de corte; rugosidade; estratégias de usinagem.

FUNCTIONAL SURFACE FINISHING CONTROL BY MICROMILLING PROCESSES

ABSTRACT: Precision machining enables the manufacture of micro fluidic devices capable of performing a series of chemical reactions at reduced volumes. In this sense, micromilling appears as a process capable of producing microstructures for these applications. Functional surfaces, conditioned to the flow control of micro or nano fluids are important, influenced mainly by the roughness. The objective of this work was to evaluate the finishing of surfaces produced by micromilling process, applying different machining strategies and varying the cutting speed and feed per tooth. Carbide micro-endmills machined pockets of micro-fluid inlet and outlet in homogeneous low-carbon steel workpieces. The machined surfaces were evaluated using 3D laser microscopy. The results indicated that the machining strategy change associated with the cutting parameters affected the finish and the roughness profile, according to the analysis of the parameters R_z , R_p , R_v , R_{sk} and R_{ku} . The combination of machining strategies with cutting parameters presented a good agreement in the generation of functional surfaces, with the formation of specific features for the control of the liquid-surface interaction.

KEYWORDS: Micromachining; cutting parameters; roughness; machining strategies.

INTRODUÇÃO

Microsistemas químicos dependem das interações líquido-superfície para assegurarem a funcionalidade do dispositivo. Estas interações são afetadas pela rugosidade da superfície de contato, a qual afeta a molhabilidade (VÁZQUEZ *et al.*, 2014). A molhabilidade é um fator importante no controle das velocidades de escoamento e formação de fluxos monofásicos (TAS *et al.*, 1996).

A aplicação de técnicas de microusinagem poderia contribuir para a formação de características necessárias ao controle das interações líquido-superfície, tais como perfis de rugosidade com predominância de picos ou vales, por exemplo. Estas características poderiam ser determinadas por meio da combinação de parâmetros de corte e estratégias de usinagem (ASSIS, 2015).

Quando superfícies planas são requeridas, o processo de microfresamento surge como alternativa para este fim, possibilitando geometrias complexas, com controle da vazão de microfluidos, aprimorando a função requerida (KURAM e OZCELIK, 2016).

Neste trabalho, superfícies foram produzidas por microfresamento, considerando a variação dos parâmetros de corte e diferentes estratégias de usinagem. Microscopia laser 3D foi aplicada para a avaliação do acabamento por meio de parâmetros de rugosidade, que indicassem mudanças na formação da superfície e descrição do perfil gerado na interação com a ferramenta de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

Os testes de microfresamento foram realizados em um centro de usinagem CNC Kern D-824118, com velocidade máxima de rotação do eixo-árvore de 50000 rpm. Microfresas de topo de metal duro, sem revestimento e com diâmetros de 800 μm foram utilizadas.

Os parâmetros de usinagem avaliados foram velocidade de corte (40 e 100 m/min) e avanço por dente (1,96 e 7,84 $\mu\text{m}/\text{z}$). A profundidade de usinagem de 50 μm foi constante durante os ensaios. As estratégias de usinagem adotadas foram contorno (C), helicoidal (H) e *raster* (R). Todas as operações foram realizadas sem uso de fluido de corte. Entretanto, um sistema de sucção do cavaco foi usado durante as usinagens para evitar o acúmulo de cavaco no interior dos bolsões.

Uma combinação entre os parâmetros de corte e as estratégias de usinagem foi realizada com o propósito de avaliar o efeito das combinações no acabamento de bolsões de entrada e saída de microfluidos em microdispositivos analíticos (Tabela 1). Cinco medidas de rugosidade foram realizadas em cada amostra, sendo que cada experimento de microfresamento foi realizado duas vezes. Os desvios estatísticos das médias foram determinados aplicando um intervalo de confiança de 95%.

TABELA 1. Condições de usinagem dos testes de microfresamento.

Parâmetros de corte	Condições de usinagem			
	C1 (C, H e R)	C2 (C, H e R)	C3 (C, H e R)	C4 (C, H e R)
V_c [m/min]	100	40	100	40
f_z [$\mu\text{m}/\text{z}$]	1,96	1,96	7,84	7,84

O material dos corpos de prova é um aço baixo-carbono de microestrutura homogênea com 0,7 μm de tamanho médio de grão. Imagens das superfícies microusinadas foram obtidas com auxílio de um microscópio confocal laser 3D da marca Olympus, modelo OLS4000. As rugosidades média (R_a), máxima (R_z), ponto médio até altura máxima (R_p), ponto médio até a profundidade máxima (R_v), *skewness* (R_{sk}) e *kurtosis* (R_{ku}) foram aplicadas para a avaliação completa da superfície das amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os gráficos dos parâmetros de rugosidade R_a , R_z , R_p e R_v para as estratégias de usinagem contorno, helicoidal e *raster*. A análise dos gráficos de R_a e R_z indicaram que a estratégia *raster* resultou em menor rugosidade quando comparada as demais estratégias, cujas médias foram equivalentes, com exceção da condição C4, na qual a estratégia contorno apresentou maior rugosidade. As análises de R_p e R_v revelaram o mesmo efeito dos demais parâmetros. Contudo, os perfis apresentaram assimetria, com predominância de picos na maioria das condições de usinagem adotadas, com exceção da condição C3, conforme análise do *skewness* ($R_{sk} < 0$).

Quanto a geometria do perfil de rugosidade, a análise do *kurtosis* indicou a formação de picos rombudos na usinagem com estratégia *raster* ($R_{ku} < 3$). Quanto aos parâmetros de usinagem, a redução

da velocidade de corte tendeu ao aumento da rugosidade, enquanto o avanço por dente não revelou variação aparente. A Análise de Variância (ANOVA) deverá ser aplicada na continuidade desta pesquisa, visando identificar o efeito das variáveis na rugosidade para melhor compreensão do fenômeno.

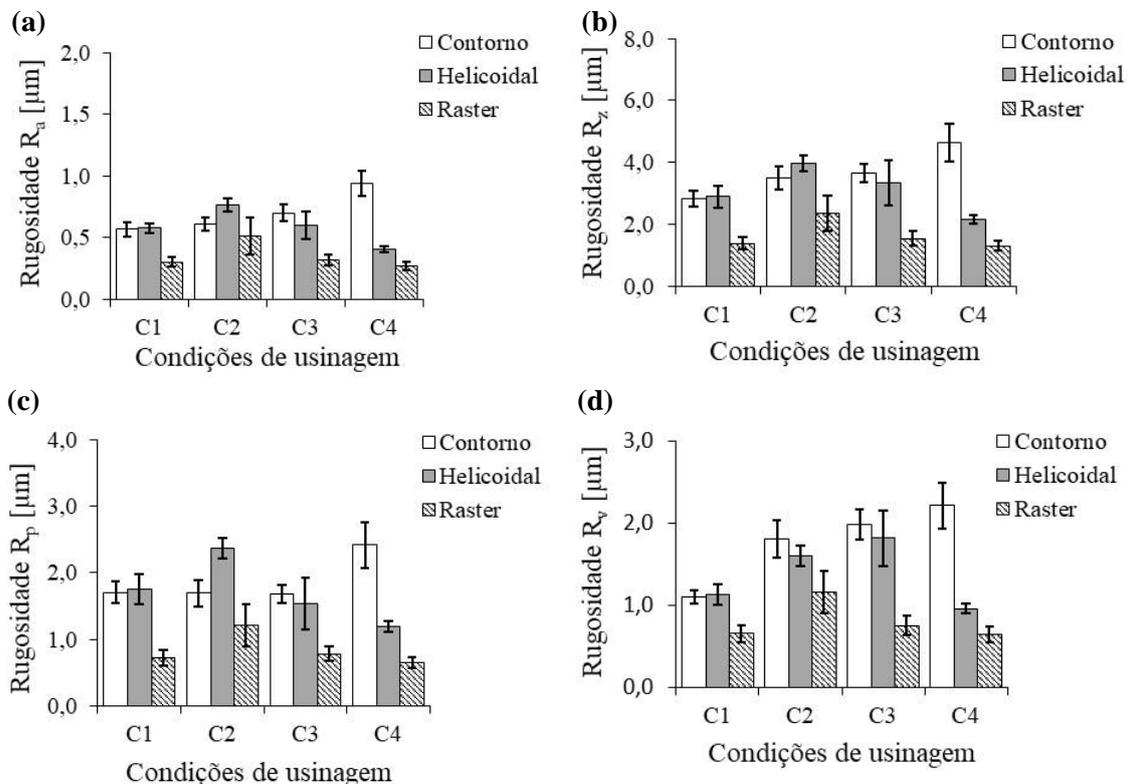


FIGURA 1. Gráficos de rugosidade (a) R_a , (b) R_z , (c) R_p e (d) R_v .

CONCLUSÕES

A combinação de parâmetros de corte e estratégias de usinagem revelou ser uma abordagem consistente para o controle da microgeometria de superfícies geradas por microfresamento. Menores rugosidades foram alcançadas com a estratégia *raster*. Houve predominância de picos na maioria das condições e estratégias de usinagem. Como continuidade desta pesquisa, ferramentas estatísticas serão utilizadas com o propósito de identificar o efeito das variáveis nos resultados, assim como o comportamento de cada variável e respectivas interações nos parâmetros de rugosidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LAPRAS, sediado na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP) pelo uso do microscópio laser confocal 3D e ao IPT de São Paulo pelo uso da microfresadora.

REFERÊNCIAS

- ASSIS C. L.F. (2015). Fabricação de microdissipadores de calor bio-inspirados por microfresamento, Relatório de pós-doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Brasil, 2015.
- KURAM, E.; OZCELIK, B. Effects of tool paths and machining parameters on the performance in micro-milling of Ti6Al4V titanium with high-speed spindle attachment. *Int J Adv Manuf Technol*, v. 84, p. 691-703, 2016.
- TAS T. et al. Stiction in surface micromachining. *Journal Micromechanics and Microengineering*, v. 6, p. 385-397, 1996.
- VÁZQUEZ E. et al. Evaluation of machine-tool motion accuracy using a CNC machining center in micro-milling processes. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 76, p. 219-228, 2014.