

DESGASTE DE MICROFRESAS NO MICROFRESAMENTO DE METAIS DE MICROESTRUTURA HOMOGÊNEA

ITALO R. TRINDADE¹, GUILHERME R. MECELIS², CLEITON L. F. DE ASSIS³

1 Técnico em Mecânica, Bolsista CNPq, IFSP, Câmpus Votuporanga, italo.r.milani@hotmail.com;

2 Docente, IFSP, Câmpus Votuporanga, guilherme.mecelis@ifsp.edu.br;

3 Docente, IFSP, Câmpus Votuporanga, fazolocla@ifsp.edu.br;

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Usinagem – 3.03.03.07-9

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

RESUMO: A microfabricação possibilitou o desenvolvimento de dispositivos miniaturizados com diversidade de funções. Dentre as técnicas, o microfresamento viabiliza a fabricação de dispositivos com alta razão de aspecto e geometrias complexas. Contudo, o desgaste das microfresas nesta escala de usinagem ainda é fruto de investigação científica. Com base nestes conceitos, este estudo avaliou o efeito da resistência mecânica do material da peça no desgaste de microfresas. Os materiais utilizados nos ensaios de microfresamento foram alumínio, aço baixo-carbono, aço inoxidável e titânio com microestruturas homogêneas e de grãos ultrafinos. Foram empregadas microfresas de topo esféricas, com diâmetro de 800 μm e raio de aresta de corte de $2,24 \pm 0,5 \mu\text{m}$. As variáveis adotadas foram avanço por dente (f_z) e profundidade de usinagem (a_p). Imagens em 3D do topo das microfresas foram feitas via perfilometria laser. O microfresamento do alumínio resultou em adesão de material da peça na microfresa, enquanto na usinagem do aço baixo-carbono houve desgaste de flanco. As usinagens do aço inoxidável e titânio causaram lascamentos das arestas de corte. As análises indicaram que quanto maior a resistência mecânica do material da peça mais acentuado é o desgaste das microfresas.

PALAVRAS-CHAVE: microfresamento; microfresa; microcanaís; desgaste.

WEAR OF MICROMILLS DURING MICROMILLING OF HOMOGENEOUS MICROSTRUCTURE METALS

ABSTRACT: Microfabrication has enabled the development of miniaturized devices with a variety of functions. In this sense, micromilling makes it possible to manufacture devices with high aspect ratio and complex geometries. However, the wear of micromills in this machining scale is still the result of scientific research. Based on these concepts, this study evaluated the effect of the workpiece material strength on micromills wear. The materials used in the micromilling tests were aluminum, low-carbon steel, stainless steel and titanium with homogeneous microstructures and ultra-fine grains. Ball-nose micromills with a diameter of 800 μm and a cutting edge radius of $2.24 \pm 0.5 \mu\text{m}$ were used. The variables adopted were feed per tooth (f_z) and depth of cutting (a_p). 3D images of the top of micromills were made by using laser profilometry. The micromilling of aluminum and low carbon-steel resulted in flank wear of the micromills while the micromills used in the machining of stainless steel and titanium showed chipping of the cutting edges. The analyzes indicated that the strength increase of the part material caused more damages and wear of the tools cutting edges.

KEYWORDS: micromilling; micromill; microchannels; Tool wear.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da procura de produtos miniaturizados, foi observado que era mais atrativo adaptar processos de remoção de material para escala micrométrica, principalmente o fresamento (TAKACS; VERÖ; MESZAROS, 2003). O microfresamento baseia-se no processo básico de fresamento, diferenciando-se no tamanho das ferramentas e capacidade de fabricar na escala micro e macro de usinagem (LEE; DORNFELD, 2004). Este processo possibilita a produção com maior flexibilidade de geometrias tridimensionais complexas e pode ser aplicado em diversos tipos de materiais, como ligas metálicas, polímeros e inclusive cerâmicas (KIM; MAYOR; NI, 2004).

Um dos fatores que contribuem para a eficiência do processo de microfresamento é o controle do desgaste das microfresas, visando garantir controle do acabamento e precisão dimensionais (CÂMARA et al, 2012). A norma ISO 3685 (2017) define desgaste em ferramentas como a “mudança de sua forma original durante o corte, resultante da perda gradual de material”. Machado et al. (2009) diz que existem três fenômenos que causam a perda da eficácia da ferramenta na usinagem, são elas, as avarias, o desgaste e a deformação plástica. No microfresamento, um pequeno desgaste pode acabar com metade de uma aresta de corte da microfresa (RAHMAN, KUMAR E PRAKASH, 2001).

Este trabalho avaliou o desgaste de microfresas na usinagem de metais de microestrutura homogênea. O efeito do avanço por dente e profundidade de usinagem foram os parâmetros de estudo. As análises das ferramentas foram realizadas com auxílio de perfilometria laser 3D.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram feitos sem uso de fluido de corte e em centro de microusinagem CNC. Os parâmetros de usinagem definidos como variáveis foram, o avanço por dente (0,56; 1,12; 2,24; 5,60 e 7,84 μm) e a profundidade de usinagem (50 e 80 μm). A velocidade de corte (v_c) foi constante e igual a 50 m/min, com exceção do titânio, usinado com 30 m/min, seguindo recomendações do fabricante das ferramentas de corte. Foram empregadas nos testes microfresas de metal duro, esféricas, com diâmetro de 750 μm e raio de aresta de $2,24 \pm 0,5$ μm . O raio de aresta foi medido com o uso de um microscópio laser confocal 3D OLS4000 da Olympus. Imagens tridimensionais do topo das microfresas após os experimentos foram feitas com auxílio do mesmo equipamento. Quatro metais com microestrutura homogênea de grãos ultrafinos foram utilizados como corpos de prova nos experimentos de microfresamento (Tabela 1). Todos os materiais tinham tamanho médio de grão menores que 1 μm .

TABELA 1. Materiais dos corpos de prova utilizados nos experimentos de microfresamento.

Material	TG* [μm]	Dureza [HV]
Alumínio	1,0	117
Aço baixo-carbono	0,7	216
Aço inoxidável	0,2	470
Titânio	0,3	450

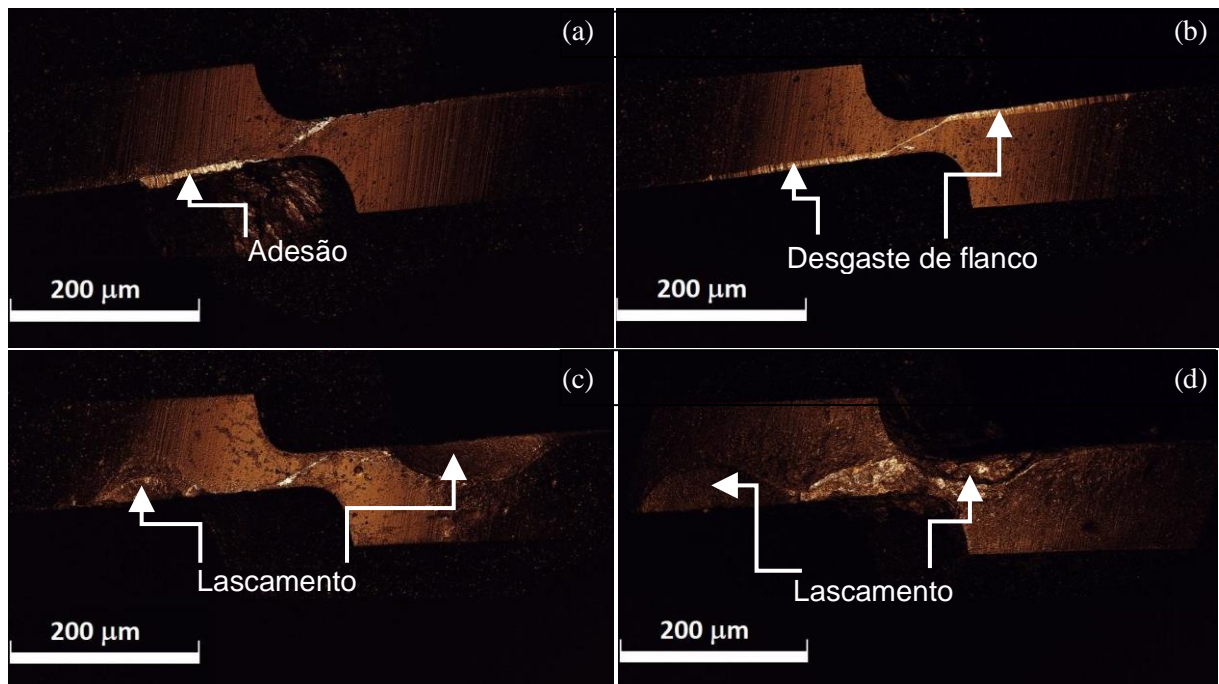
*: tamanho médio de grão

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta imagens do topo das microfresas utilizadas nos ensaios de usinagem. Cada imagem apresenta as arestas de corte de uma microfresa após a usinagem de microcanais com comprimento de 2000 μm cada, usinados com um mesmo valor de avanço por dente e profundidade de usinagem, totalizando 20 microcanais usinados por ferramenta de corte (considerando as réplicas).

Na microfresa que usinou o alumínio houve adesão de material da peça na aresta de corte. O desgaste de flanco foi observado na microfresa que usinou o aço baixo-carbono, em ambas as arestas de corte. As microfresas que usinaram o aço inoxidável e o titânio apresentaram avarias causadas por lascamentos da aresta de corte. O lascamento é comum no corte intermitente de materiais, como no caso do fresamento. Contudo, neste trabalho a avaria identificada ocorreu apenas na usinagem dos materiais de maior resistência mecânica, inferindo o efeito da dureza do material como fator importante na modificação da microgeometria da ferramenta durante o corte.

FIGURA 1. Imagens das superfícies de folga das microfresas após a usinagem do (a) alumínio, (b) aço baixo-carbono, (c) aço inoxidável e (d) titânio com microestrutura homogênea.



Estes resultados sugerem que para o microfresamento de metais com maior resistência mecânica, o uso de microfresas com coberturas específicas seria o recomendado para reduzir desgastes ou avarias excessivas das arestas de corte.

CONCLUSÕES

Este estudo indicou que quanto maior a resistência mecânica do material, maiores são os desgastes ou avarias das arestas cortantes. Materiais com uma menor resistência mecânica são mais suscetíveis a ocorrência de adesão ou desgaste de flanco, enquanto os materiais que possuem maior resistência mecânica tendem a causar avarias, tais como lascamentos das arestas de corte.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LAPRAS, sediado na Escola de Engenharia de São Carlos pelo uso do microscópio laser confocal 3D, ao IPT pelo uso da microfresadora e ao CNPq pelo fomento à pesquisa (Processo 468309/2014-4) e bolsa de iniciação científica (Processo 182027/2016-3).

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR ISO 3685: Ensaio de vida da ferramenta de ponta única para torneamento, 2017.
- CÂMARA, M. A.; RUBIO, J. C.; ABRÃO, A. M.; DAVIM, J. P. State of the Art on Micromilling of Materials, a Review., *Journal of Materials Science & Technology*, vol. 28, nº 8, pp. 673-685, 2012.
- KIM, C. J.; MAYOR, J. R.; NI, J. A Static Model of Chip Formation in Microscale Milling. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. Vol. 126, n. 4, p. 710-718, Nov. 2004.
- LEE, K.; DORNFELD, D. A study of Surface Roughness in the Micro-End-Milling Process. *Laboratory for Manufacturing and Sustainability. Consortium on Deburring and Edge Finishing*. Mai, 2004.
- MACHADO, Á. R.; ABRÃO, A. M; COELHO, R. T.; SILVA, M. B. da. Teoria da Usinagem dos Materiais. São Paulo: Blucher, 2009.
- RAHMAN, M.; KUMAR, S.; PRAKASH, J. R. S. Micro milling of pure copper. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 116, p 39-43, 2001.
- TAKACS, M.; VERÖ, B.; MESZAROS, I. Micromilling of metallic materials. *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 138, nº 1, pp. 152-155, 2003.