

## ANÁLISE QUALITATIVA DA FORMAÇÃO DE REBARBAS NO MICROFRESAMENTO

RAYANE B. AZEVEDO<sup>1</sup>, RAYSSA B. AZEVEDO<sup>2</sup>, CLEITON L. F. ASSIS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Cursando técnico em Mecânica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Votuporanga, [rayane.borborema99@gmail.com](mailto:rayane.borborema99@gmail.com).

<sup>1</sup>Cursando técnico em Mecânica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Votuporanga, [rayssaazevedo.ra@gmail.com](mailto:rayssaazevedo.ra@gmail.com).

<sup>3</sup>Doutor em Engenharia Mecânica, Docente, IFSP, Câmpus Votuporanga, [fazolocla@ifsp.edu.br](mailto:fazolocla@ifsp.edu.br)  
Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.03.03.07-9 Usinagem

Apresentado no  
8º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP  
06 a 09 de novembro de 2017 - Cubatão-SP, Brasil

**RESUMO** O microfresamento é um processo de usinagem interessante para a fabricação de dispositivos multicanais, os quais podem ser aplicados em sistemas microfluidicos de troca de calor ou de microreações químicas. Contudo, com a redução da escala de usinagem, a formação de rebarbas passa a ser um aspecto crítico do processo, e estudos visando reduzir as rebarbas sugerem que o uso de materiais de grãos ultrafinos como material da peça seria uma alternativa de solução. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar qualitativamente a formação de rebarbas no microfresamento de metais com grãos ultrafinos. Foram utilizados alumínio, aço baixo-carbono e aço inoxidável nos experimentos. A velocidade de corte foi mantida constante, enquanto cinco valores de avanço por dente e duas profundidades de usinagem foram aplicados. As análises foram feitas em um microscópio laser 3D. Os resultados indicaram que o alumínio e o aço baixo carbono apresentam menos formação de rebarbas que o aço inoxidável. Apesar do refino de grão do material da peça, outros fatores, como a resistência mecânica também estariam afetando o mecanismo de formação de rebarbas.

**PALAVRAS-CHAVE:** : microfabricação; microfresamento; rebarbas; microestrutura homogênea.

## QUANTITATIVE ANALYSIS OF BURR FORMATION IN MICROMILLING

**ABSTRACT:** The micromilling is an interesting machining process for the manufacture of multi channel devices, which can be applied in microfluidic heat exchange systems or chemical microregions. Yet, by reducing the machining scale, burr formation becomes a critical aspect of the process, and studies aiming to reduce burrs suggest that the use of ultra-fine grain materials as workpiece material would be an alternative solution. In this sense, the objective of this work was to qualitatively evaluate the formation of burrs in the micromilling of metals with ultrafine grains. Aluminum, low-carbon steel and stainless steel were used in the experiments. The cutting speed was kept constant while five feed rates values tooth and two machining depths were applied. The analysis was done on a 3D laser microscope. The results indicated that aluminum and low carbon steel have less burr formation than stainless steel. Despite the grain refining of the part material, other factors such as mechanical strength would also be affecting the burr formation mechanism.

**KEYWORDS:** microfabrication; micromilling; burrs; homogeneous microstructure.

## INTRODUÇÃO

A miniaturização de componentes vem acompanhando os desenvolvimentos tecnológicos nas últimas décadas. Com isso o microfresamento surge como um processo capaz de fabricar dispositivos

planos, com vários canais, com precisão de forma, controle de acabamento e complexidade geométrica (ASSIS,2013). As rebarbas são projeções indesejadas de material que ultrapassaram o limite físico de uma peça, devido a interação entre arestas cortantes e o material da peça, resultando em deformação plástica durante o corte. A formação de rebarba é um fenômeno que acontece nas usinagens convencionais e também na microusinagem (CUNHA, 2016).

Silva (2011) observou que o mecanismo de formação de rebarbas depende, além do material da peça, da geometria da cunha cortante da ferramenta de corte. De acordo com Gillespie (1975) dois mecanismos gerem a formação de rebarbas na usinagem: um de fluxo lateral de material, conhecida como rebarba de *Poisson* e outra de rolo, conhecida como rebarba de *rollover*. No fresamento também foi observado a formação de rebarbas de estiramento (NETO; BUZZATTO; REBELLO,2011).

Neste trabalho, uma avaliação qualitativa da formação de rebarbas no microfresamento de metais de microestrutura de grãos ultrafinos foi realizada com auxílio de microscopia laser confocal 3D. As rebarbas foram classificadas quanto a forma e aparência, e relacionadas ao tipo de material da peça e aos parâmetros de usinagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os microcanais foram microfresados em um Centro de usinagem CNC Kern modelo D-824118. Quanto a ferramenta de corte usada durante os testes, microfresas de topo esféricas de metal duro foram utilizadas, possuindo duas aresta de corte, com um diâmetro de trabalho 750 $\mu$ m e um raio de ponta de 0,4 mm. As microfresas tem um raio de aresta de  $2,24 \pm 0,5\mu$ m, cujas medições foram realizadas por meio de um microscópio Laser 3D, marca Olympus, modelo OLS4000. Os ensaios foram repetidos, tendo em vista assegurar os efeitos gerados pelo avanço por dente ( $f_z$ ), raio de aresta de corte ( $r_c$ ) e material da peça. As imagens tridimensionais dos canais microusinados foram feitas com o mesmo microscópio laser e avaliadas com uso de software próprio do equipamento. A Tabela 1 apresenta os parâmetros de usinagem adotados nos experimentos de microfresamento.

Os corpos de provas possuem microestrutura de grãos ultrafinos, sendo: alumínio com tamanho de grão 1  $\mu$ m, aço baixo-carbono com tamanho de grão de 0,7  $\mu$ m e aço inoxidável com tamanho de grão de 0,2  $\mu$ m.

**Tabela 1.** Parâmetros de usinagem.

Parâmetro de usinagem	Valores
Velocidade de corte [m/min]	50
Profundidade de usinagem [ $\mu$ m]	50 e 80
Avanço por dente [ $\mu$ m/z]	0,56 – 1,12 – 2,24 – 5,60 e 7,84
Largura de usinagem [ $\mu$ m]	387 e 580
Raio de aresta [ $\mu$ m]	$2,24 \pm 0,5$
Tamanho médio de grão das peças [ $\mu$ m]	0,2 - 0,7 e 1,0

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta imagens de microcanais microusinados com profundidade de usinagem ( $a_p$ ) de 80  $\mu$ m e avanço por dente ( $f_z$ ) de 2,24  $\mu$ m/z. Devido a quantidade de corpos de prova e condições de usinagem, apenas 3 imagens são apresentadas neste trabalho. Os demais microcanais passaram pela mesma caracterização. Cada imagem representa um microcanal usinado em um corpo de prova de metal com grãos ultrafinos. Com base em análises qualitativas, foi realizada a avaliação da formação de rebarbas nos microcanais.

O aço baixo-carbono apresentou menos rebarbas que os demais materiais estudados, para todas as condições de usinagem. O alumínio apresentou aumento da formação de rebarbas com o aumento da profundidade de usinagem e do avanço por dente. O aço inoxidável apresentou irregularidades no lado de corte discordante dos microcanais (deformação plástica) para valores de avanço por dente reduzidos, principalmente com o aumento da profundidade de usinagem.

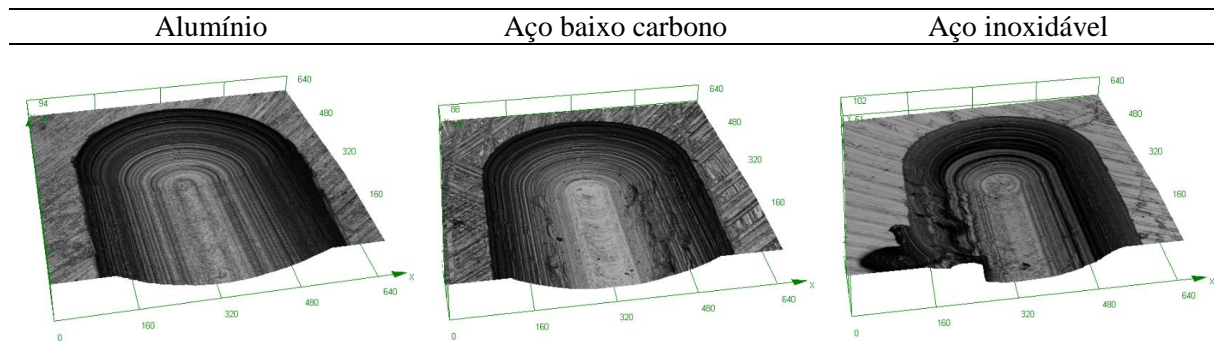


FIGURA 1. Canais microfresados com profundidades de usinagem ( $a_p$ ) de 80  $\mu\text{m}$  e avanço por dente ( $f_z$ ) de 2,24  $\mu\text{m}/\text{z}$ , em diferentes metais com grãos ultrafinos.

Apesar da redução de grão do material da peça, o estudo identificou diferentes comportamentos para a formação de rebarbas em cada tipo de metal do corpo de prova. Estes resultados sugerem que um aumento da resistência mecânica esteja governando o processo de microcorte, sobrepondo-se ao efeito do refinamento da microestrutura da peça.

## CONCLUSÕES

Esse trabalho teve como principal objetivo adequar parâmetros de usinagem visando reduzir a formação de rebarbas. O aço baixo-carbono favoreceu a redução de rebarbas com a redução do avanço por dente. No alumínio o aumento do avanço por dente e da profundidade de usinagem resultou em maiores rebarbas. O aço inoxidável revelou menor formação de rebarbas no microfresamento com menores avanços por dente e baixa profundidade de usinagem. Na próxima etapa do projeto está previsto a quantificação da formação de rebarbas e análise estatística dos resultados.

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, C.L.F. **Microfresamento de aços com grãos ultrafinos**. 2013. 82p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.
- CUNHA, F. D. **Influência da utilização do fluido de corte com adição de grafeno na temperatura de usinagem e formação de rebarba no processo de micro fresamento**. 2016. 94f. Tese (doutorado em Materiais e Processo de Fabricação) - Universidade Federal de Uberlândia Faculdade de Engenharia Mecânica, Uberlândia, 2016.
- GILLESPIE, L. K. Burrs produced by grinding. Bendix corporation, Department 822. Kansas. Technical Communications, 1975.
- NETO, D. M. D.; BUZZATTO, F. H. P.; REBELLO, C. R.; **Substituição de um processo de rebarbação manual por um processo de rebarbação eletroquímica**. 2011. 68f. Dissertação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- SILVA, C. L. **Comportamento da rebarba no fresamento de faceamento do aço inoxidável PH 13 8Mo**. 2011. 178f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica [Materiais e processo de fabricação] - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.