

IDENTIFICAÇÃO DA RELAÇÃO GEOMÉTRICA ENTRE O RAIO DE ARESTA DE CORTE E O DIÂMETRO DE MICROFRESAS

JÉSSICA F. L. BRITO¹, ITALO R. M. TRINDADE², CLEITON L. F. ASSIS³

¹ Cursando Técnico em Mecânica, Bolsista CNPq, IFSP, Câmpus Votuporanga, jflb07@hotmail.com.

² Cursando Técnico em Mecânica, Bolsista CNPq, IFSP, Câmpus Votuporanga, italo.r.milani@hotmail.com

³ Doutor em Engenharia Mecânica, Docente, IFSP, Câmpus Votuporanga, fazolocla@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Processos de Fabricação – 3.05.05.05-4

Apresentado no

7º Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica do IFSP
29 de novembro a 02 de dezembro de 2016 - Matão-SP, Brasil

RESUMO: O microfresamento é interessante quando a proposta é fabricar dispositivos multicanais com controle do acabamento e complexidade geométrica. Contudo, devido aos baixos valores de avanço por dente da microfresa, há a necessidade de avaliação do efeito do raio de aresta de corte na microusinagem, para assegurar a qualidade do processo de corte. Nesse quesito, a maior dificuldade em medir o raio de aresta reside no acesso a instrumentos de medição de alta capacidade de resolução. Nesse sentido, este trabalho propõe determinar uma relação geométrica entre o raio de aresta de corte e o diâmetro da microfresa, visando identificar parâmetros geométricos que auxiliem na estimativa do valor do raio de aresta, sem a necessidade de realizar a medição efetiva. Microfresas com diâmetro entre 200 e 800 μm , e fresas com diâmetro entre 2000 e 6000 μm , de fabricantes diversos, tiveram o raio de aresta medidos com auxílio de um microscópio laser confocal 3D. Uma equação da relação geométrica entre raio de aresta e diâmetro foi identificada, revelando comportamento linear das variáveis. Os resultados mostraram a eficácia na estimativa do raio de aresta para o range de geometria de ferramentas analisada, favorecendo novos estudos do efeito dessa variável no processo de microcorte.

PALAVRAS-CHAVE: microfresamento; microgeometria; relação geométrica; microscopia laser 3D.

CUTTING EDGE RADIUS AND MICROMILL DIAMETER RATIO DETERMINATION

ABSTRACT: Micromilling is an improvement to produce multichannel devices with roughness control and geometry complexity. However, reducing micromill feed per tooth, become available consider the cutting edge radius effect during micromachining, to ensure cutting process quality. By this way, the harder problem is the access to high resolution equipment for tool edge radius measurement. The goals of this paper is identify geometric parameters to guide a model to estimate the edge radius measure using no measurement techniques. Micromills were applied to this work, ranging from 200 to 800 μm , and mills ranging from 2000 to 6000 μm . Edge radius measurement were made by using a 3D laser microscopy. A mathematical equation was established to identify the edge radius and micromill diameter ratio. The results reveled a variables linear behavior and a good way to estimate the edge radius measure to the analyzed tool geometry range, favoring new improvements to study during cutting on micromilling process.

KEYWORDS: micromilling; microgeometry; geometry ratio; 3D laser microscopy.

INTRODUÇÃO

A miniaturização de dispositivos vem acompanhando o desenvolvimento tecnológico das últimas décadas, pelo uso de processos sofisticados de fabricação, tais como usinagem a laser, micromoldagem, microdescargas elétricas, litografia, dentre outros. Contudo, o microfresamento surge como um processo capaz de favorecer a fabricação de dispositivos planares multicanaís com precisão de forma, controle do acabamento e complexidade geométrica (ASSIS, 2013).

No microfresamento, as variáveis mais importantes para a qualidade do produto são velocidade de corte (v_c), avanço (f_z), profundidade de usinagem (a_p) e raio de aresta (r_e). Destas variáveis, a de mais difícil controle é o raio de aresta, pois trata-se de uma microgeometria que requer o uso de equipamentos com alta capacidade de resolução para a medição (SIMONEAU, NG e ELBESTAWI, 2006). Pesquisadores tem utilizado para este fim microscópios ópticos, eletrônicos de varredura e perfilômetros. Contudo, o uso de microscopia laser confocal 3D tornou capaz medições com precisão e desvio estatístico (ASSIS, JASINEVICIUS e RODRIGUES, 2015). Modelos teóricos também foram elaborados, porém com grande divergência em relação a medida real do raio de aresta, principalmente quando as ferramentas possuem diâmetros inferiores a 1 mm (KOSHY e TOVEY, 2011).

O controle do raio de aresta é importante, pois com a redução da espessura de corte, a ferramenta passa a deformar o material da peça ao invés de cortá-lo, exigindo alteração dos demais parâmetros para favorecer o cisalhamento, reduzir a formação de rebarbas e controlar a rugosidade dos microcanaís (ASSIS, COELHO e RODRIGUES, 2015). Neste trabalho, foi identificada uma relação geométrica entre raio de aresta de corte e diâmetro da microfresa para posteriores estudos sobre microfresamento. Microfresas e microscopia laser confocal 3D foram utilizadas nesta investigação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nos experimentos para medição do raio de aresta de corte das ferramentas, foram utilizadas microfresas de metal duro e sem recobrimento, com diâmetros de 200, 400, 600 e 800 μm , e fresas com diâmetros de 2000, 4000 e 6000 μm . As marcas das ferramentas são Sandvik Coromant, Mitsubishi e OSG. O uso de microfresas de fabricantes diversos visou avaliar o desvio estatístico do raio de aresta.

Para medição do raio de aresta foi utilizado um microscópio laser confocal 3D, modelo LEXT da Olympus. Imagens 3D das arestas de corte das ferramentas foram geradas e posteriormente analisadas em um software que acompanha o equipamento. As imagens tridimensionais das arestas de corte foram então seccionadas para obtenção de um perfil, no qual via ferramentas de medição do software, foi medido o raio da curvatura do pico do perfil. Dessa forma, foram feitas 10 medidas de raio de aresta por imagem. A Figura 1 apresenta de forma esquemática a medição dos raios de aresta das ferramentas. A quantidade de imagens foi dependente da disponibilidade de ferramentas. Para alguns diâmetros de microfresas haviam ferramentas dos três fabricantes citados e para outros diâmetros haviam apenas duas ferramentas. Uma média foi calculada, assim como o respectivo desvio padrão. Após calculada todas as médias e desvios padrão, gráficos de raio de aresta de corte [r_e] por diâmetro das ferramentas [d_b] foi construído, com o objetivo de identificar uma tendência que pudesse resultar em uma equação empírica para o cálculo do raio de aresta, considerando como variável o diâmetro da ferramenta.

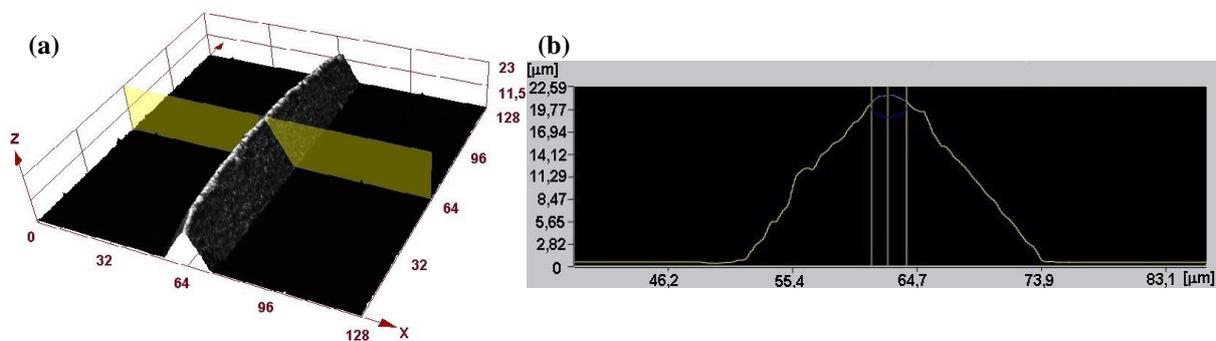


FIGURA 1. Medição do raio de aresta de corte das ferramentas. Em (a) imagem 3D da aresta e (b) análise do perfil da aresta e medição do raio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o gráfico da variação dos valores de raio de aresta de corte por diâmetro das ferramentas. O gráfico não apresentou tendência específica da variação do raio de aresta da ferramenta, considerando o range de diâmetro da ferramenta adotado. Os resultados indicaram que o comportamento do raio de aresta para microfresas é diferente para fresas de diâmetro maior que 1 mm. Como consequência, outra abordagem dos resultados foi necessária para identificar uma relação geométrica entre o raio de aresta de corte e o diâmetro das ferramentas.

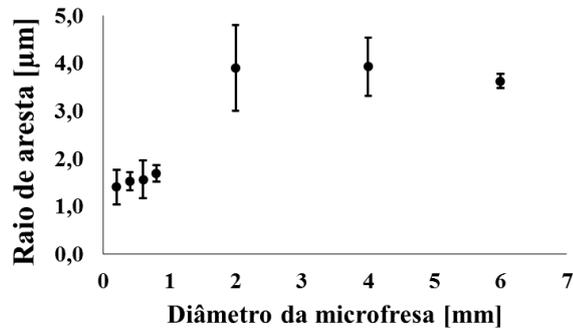


FIGURA 2. Gráfico do raio de aresta por diâmetro da ferramenta.

A Figura 3 apresenta gráficos do raio de aresta por diâmetro da ferramenta. O gráfico da Figura 3a apresenta apenas as medidas de raio de aresta para microfresas com diâmetro menor que 1mm, enquanto o gráfico da Figura 3b apresenta resultados para fresas de diâmetro maior que 1mm. Com essa abordagem foi possível identificar uma tendência do comportamento do raio de aresta das ferramentas, porém diferenciada pelo tamanho das ferramentas. Os gráficos revelaram uma tendência linear no comportamento dos resultados, possibilitando a obtenção de uma equação empírica para o cálculo do raio de aresta de microfresas, considerando como variável o diâmetro da ferramenta.

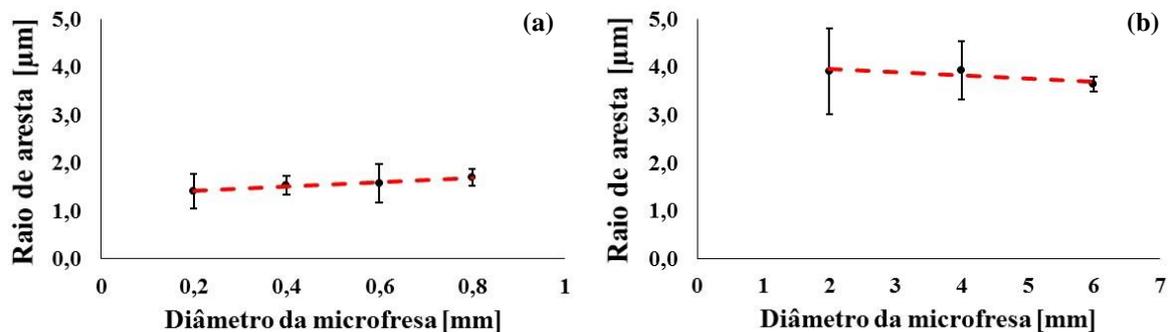


FIGURA 3. Gráfico do raio de aresta por diâmetro da ferramenta. Em (a) para microfresas com diâmetro menor que 1 mm e (b) fresas com diâmetro maior que 1 mm.

Devido a maior dificuldade em medir o raio de aresta de microfresas menores que 1 mm e também pelas análises dos gráficos da Figura 3, foi estabelecida uma equação empírica apenas para esse range de diâmetro de ferramentas (microfresas). Dessa forma, a equação (1) apresenta uma relação geométrica entre o raio de aresta de corte e o diâmetro da microfresa.

$$r_e = 0,4515d_\phi + 1,3235 \quad (1)$$

em que,

r_e – raio de aresta de corte, μm ;

d_ϕ – diâmetro da microfresa, mm.

A Tabela 1 apresenta uma análise do erro entre o cálculo do raio de aresta de corte, com uso da equação (1), e o valor médio medido com auxílio do microscópio laser confocal 3D. O cálculo foi realizado para microfresas com diâmetro entre 100 e 900 μm . Apenas valores médios de raio de aresta dos diâmetros avaliados neste trabalho foram introduzidos na Tabela 1, para cálculo do erro médio entre as duas formas de obtenção do valor de raio de aresta de corte das microfresas. De acordo com as análises, o erro médio entre o valor teórico e medido do raio de aresta de corte foi de 1,09%, revelando a eficiência da equação empírica obtida via análise gráfica da Figura 3a.

TABELA 1. Análise do erro entre a estimativa teórica do raio de aresta de corte e o valor médio medido por microscopia laser 3D, para microfresas com diâmetro menor que 1mm.

d ϕ microfresa (μm)	r _e teórico (μm)	r _e médio (μm)	Erro
100	1,369	-	-
200	1,414	1,406	0,57%
300	1,459	-	-
400	1,504	1,529	1,63%
500	1,549	-	-
600	1,594	1,568	1,65%
700	1,639	-	-
800	1,685	1,694	0,53%
900	1,730	-	-

CONCLUSÕES

O propósito deste trabalho foi identificar uma relação geométrica entre o raio de aresta de corte de ferramentas utilizadas no processo de microfresamento. Raios de aresta de microfresas e fresas com diâmetros entre 0,2 e 6 mm foram medidos com auxílio da técnica de microscopia laser confocal 3D. Os resultados indicaram uma relação entre as variáveis de estudo (raio de aresta e diâmetro) para microfresas com diâmetro menores que 1mm. Para ferramentas com diâmetro maior que 1 mm outro comportamento foi observado. Contudo, a meta de estimar o raio de aresta de corte de microfresas via aplicação de uma equação empírica foi alcançada, dispensando o uso de equipamentos sofisticados e de alta resolução para medição direta, principalmente quando o acesso a estes equipamentos é restrito ao pesquisador ou empresa que utiliza microfresas com diâmetros menores que 1 mm. Este resultado, associado a escolha de parâmetros de usinagem, virão a favorecer o processo de microfresamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Processos Avançados e Sustentabilidade (LAPRAS), sediado na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP) pelo uso do microscópio laser confocal 3D e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento a pesquisa (Processo 468309/2014-4) e bolsa de iniciação científica (Processo 180099/2016-7).

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.
- ASSIS, C.L.F.; COELHO, R.T.; RODRIGUES, A.R. Burr formation during micro end-milling of ultrafine-grained materials. Euspen's 15th International Conference & Exhibition, Leuven, Belgium, 2015.
- ASSIS, C.L.F.; JASINEVICIUS, R.G.; RODRIGUES, A.R. Micro end-milling of channels using ultrafine-grained low-carbon steel. *Advanced Manufacturing Technology*, v. 77, p. 1155-1165, 2015.
- KOSHY, P.; TOVEY, J. Performance of electrical discharge textured cutting tools. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, v. 60, n. 1, p. 153-156, 2011.
- SIMONEAU, A.; NG, E.; ELBESTAWI, M.A. Chip formation during microscale cutting of a medium carbon steel. *Machine Tools & Manufacture*, v. 46, p. 467-481, 2006.