
Análise da Rugosidade Superficial No Microfresamento Do Aço Inoxidável AISI 316L Com Microfresas de Metal Duro Revestidas Com (Al, Ti)N

Milla Caroline Gomes*, Márcio Bacci da Silva, Marcus Antonio Viana Duarte

*Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem – LEPU, millagomes@ufu.br

Palavras-chave

Microfresamento, Aço Inoxidável, Rugosidade

1. INTRODUÇÃO

Dos processos para obtenção de produtos em escala reduzida a microusinagem é amplamente utilizada, por conferir elevada precisão e qualidade superficial aos mesmos. Além disso, através deste processo obtém-se geometrias complexas aplicadas em vários materiais como os compósitos, metais, cerâmicos e polímeros (Rangel; Rojas; Arteaga, 2011).

De acordo com as definições de microusinagem encontradas na literatura, pode-se observar que a identificação da ocorrência deste processo se baseia no tamanho das ferramentas de corte, no valor da espessura de corte e no acabamento superficial alcançado, os quais estão na ordem dos micrometros e até nanometros (Jayanti et al., 2012; Câmara et al., 2012).

Desta forma, por mais que as grandezas do processo de microusinagem estejam em escala reduzida, ao serem comparadas com as dos processos de usinagem convencional, não é possível afirmar que a microusinagem consiste em uma simples redução de escala dos processos convencionais. O conhecimento dos processos em escala macro é utilizado como base para os processos de usinagem em escala reduzida, os quais possuem fenômenos específicos explicados pelo denominado efeito escala (Cheng; Huo, 2013).

Diante disso, é necessário o desenvolvimento de pesquisas na microusinagem, para possibilitar um melhor entendimento das variáveis deste processo. Uma das variáveis bastante estudada consiste na rugosidade superficial, por esta influenciar no desempenho das superfícies (Berestovskyi, 2013). Vários estudos estão sendo desenvolvidos para avaliar as condições de microusinagem que assegurem a obtenção de superfícies com elevado acabamento superficial.

Um exemplo de como a rugosidade influencia no desempenho dos microcomponentes foi citado por Bissaco, Hansen e De Chifre (2005). Os autores estudaram o processo de microfresamento aplicado a fabricação de moldes para microinjeção de polímeros. No trabalho observaram que as elevadas rugosidades, provenientes da ocorrência dominante do efeito “ploughing”, dificultam ou até mesmo impedem a desmoldagem de peça plástica, por esta elevada rugosidade ser replicada na peça desmoldada, o que não é aceitável.

Diante da importância do estudo da rugosidade superficial nos processos de microusinagem, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar o acabamento superficial obtido no microfresamento do aço inoxidável austenítico 316L sob duas condições de rotações distintas.

2. METODOLOGIA

O aço inoxidável austenítico 316L de fácil usinabilidade fornecido pela Villares Metals foi o material estudado. O mesmo apresenta a usinabilidade facilitada por ser constituído por uma maior quantidade de enxofre, entre outros controles.

Os ensaios foram realizados por meio da fabricação de microcanaís com o processo de microfresamento. Para isso, foi utilizada uma microfresadora fabricada pela *Minitech Machinery Corporation*®, de modelo CNC Mini-mill/GX, que possui como principais características: máxima rotação do eixo árvore de 60 000 rpm e 3 eixos com resolução de posicionamento de 0,1 µm. Esta máquina-ferramenta se encontra localizada sob uma mesa inercial para diminuir a influência de vibrações de fontes externas durante a realização dos ensaios.

As microfresas utilizadas são constituídas por duas arestas de corte. Foram fabricadas pela Mitsubishi Materials e são de metal duro revestidas com (Al, Ti)N. Possuem diâmetro e comprimento de corte iguais a 400 µm e 800 µm, respectivamente, diâmetro da haste de 4 mm e comprimento da haste igual a 40 mm.

As condições de corte utilizadas na realização dos ensaios estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1 – Condições de Corte

Rotação (rpm)	Velocidade de Corte (m/min)	Avanço por dente ($\mu\text{m}/\text{dente}$)	Velocidade de Avanço (mm/min)	Profundidade de Corte (μm)	Penetração de Trabalho (μm)
40 000	50,3	5	400	40	400
60 000	75,4	5	600	40	400

O comprimento usinado a cada fabricação do microcanal foi de aproximadamente 12,34 mm.

Após a finalização da microusinagem, para as duas condições de corte, as rugosidades de cada um dos microcanais foram obtidas, utilizando o perfilômetro fabricado pela *Taylor Hobson®*, modelo Form Talysurf Intra, que possui resolução de 16 nm. A medição da rugosidade foi realizada na direção perpendicular as marcas de avanço. Foram obtidas três medições em cada microcanal, para a obtenção da média dos valores do parâmetro de rugosidade R_a (rugosidade média aritmética). Nas medições foi utilizado o filtro Gauss com cut-off de 0,25 mm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para melhor analisar o comportamento do parâmetro R_a sob influência da variação da rotação de corte, na Figura 1, tem-se apresentado o comportamento da rugosidade para cada microcanal produzido.

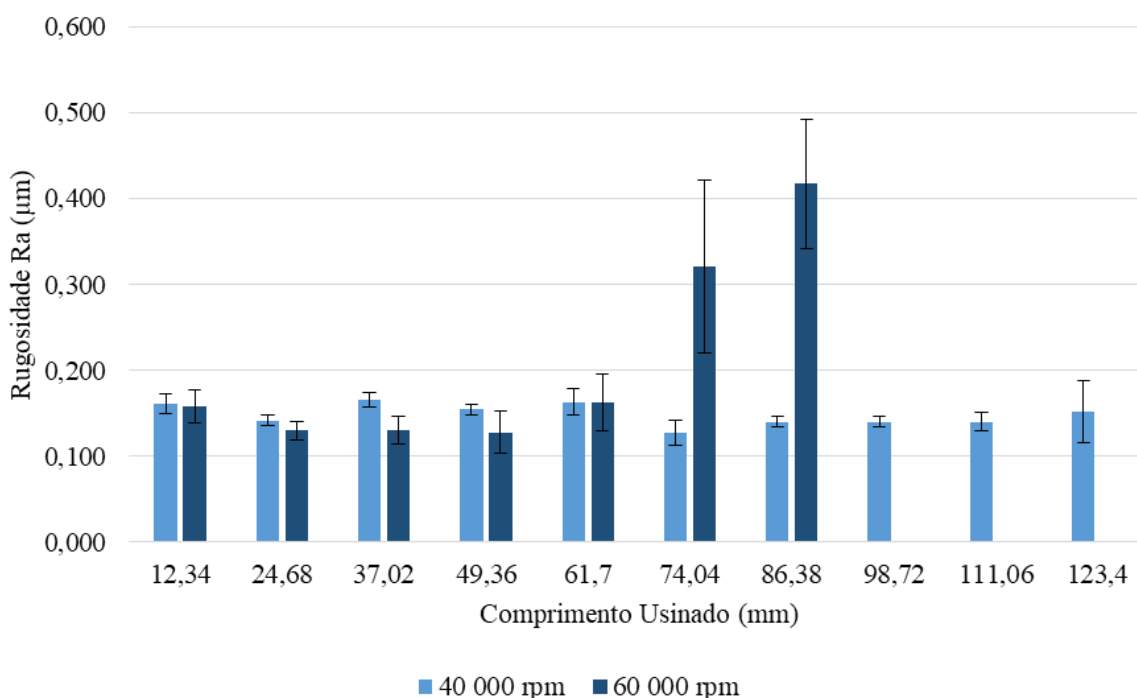


Figura 1 – Comportamento do parâmetro de rugosidade R_a para as duas condições de corte a cada microcanal fabricado.

Ao observar a Figura 1, tem-se que os valores da rugosidade variaram de 0,128 μm a 0,417 μm . Estes valores estão dentro da faixa de rugosidade determinada por Diniz, Marcondes e Copinni (2010) para os processos de retificação, a qual varia de 0,2 μm a 1,6 μm . Isto mostra que ao utilizar o microfresamento o acabamento superficial da peça pode ser melhor do que os gerados pelo processo de retificação, que é um processo de acabamento.

Com relação ao comportamento dos valores da rugosidade para as duas condições de corte, na Figura 1, é possível observar que os resultados obtidos para a condição de maior rotação apresentam uma tendência de crescimento ao longo do comprimento usinado. Já para a condição de menor rotação, os resultados encontrados não mostram nenhuma tendência.

Além disso, nota-se na Figura 1 que os valores da rugosidade até o comprimento usinado de 61,7 mm são maiores para a menor rotação de corte, entretanto, a partir deste comprimento os valores da rugosidade para a maior rotação tem um aumento significativo, para os comprimentos de 74,04 mm e 86,38 mm. É importante ressaltar que para estes dois comprimentos o desgaste da microfresa se tornou bastante elevado, sendo este uma possível explicação para tal aumento.

Ao observar uma média dos valores de rugosidade para as duas condições de corte utilizadas, apresentada na Figura 2, nota-se um aumento na rugosidade para a condição de maior velocidade de corte. Este resultado obtido não corresponde ao que ocorre nos processos de usinagem convencional em escala macro, pois para estes processos a baixas velocidades de corte (baixa rotação), os valores da rugosidade serão maiores em comparação com a condição de maior velocidade de corte (maior rotação). Isso ocorrerá pela presença da aresta postiça de corte (Machado et al., 2011). Além disso, esse resultado também foi contrário ao observado por Baldo et al. (2015), que realizaram o microfresamento da liga de titânio ti-6Al-4V com microfresas de metal duro de 0,5 mm de diâmetro. Os autores observaram uma redução nos valores da rugosidade R_a para as condições com maior velocidade de corte.

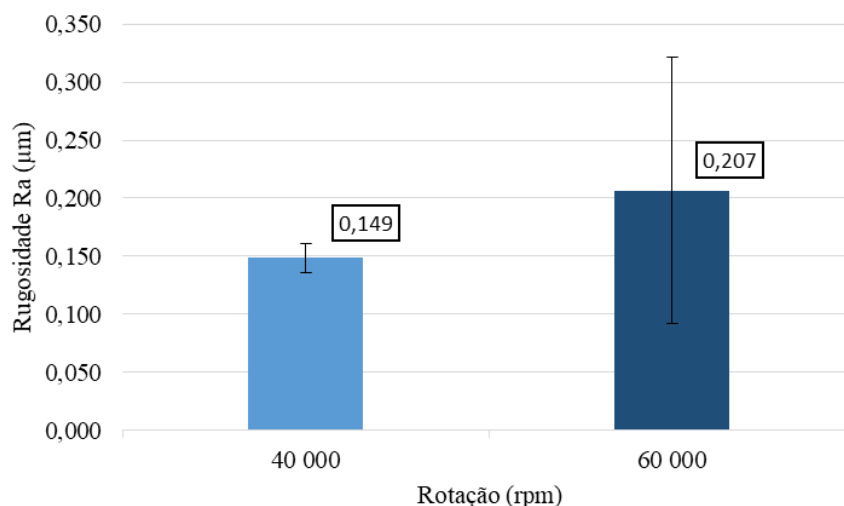


Figura 2 – Média dos parâmetros de rugosidade Ra para as duas condições de corte utilizadas.

4. CONCLUSÕES

Ao analisar a rugosidade superficial dos microcanais fabricados no aço inoxidável 316L, pelo processo de microfresamento, para as rotações de corte de 40 000 rpm e 60 000 rpm, foi obtido valores de rugosidade menor do que os encontrados no processo de retificação.

Além disso, houve um aumento na rugosidade para a maior velocidade de corte (maior rotação), sendo este resultado contrário aos obtidos nos processos de usinagem convencional e em alguns trabalhos de microfresamento, portanto, maiores investigações serão realizadas a respeito da influência da velocidade de corte no acabamento superficial para confirmação do resultado encontrado.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFU, e às agências de fomento governamentais CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro. Agradecemos também à comissão organizadora do POSMEC 2018.

6. REFERÊNCIAS

- Baldo, D.; Ribeiro Filho, S. L. M.; Lauro, C. H.; dos Santos Delfino, A. C.; Brandao, L. C. "Analysis of surface roughness in micro milling of Ti-6Al-4V titanium alloy". In: Advanced Materials Research. Trans Tech Publications, 2015, pp. 3-6.
- Berestovskyi, D. V. "Surface Finish Modeling In Micromilling Of Biocompatible Materials". Master of Science. Texas A&M University, 2013.
- Bissacco, G.; Hansen, H. N.; De Chiffre, L. "Micromilling of hardened tool steel for mould making applications". Journal of Materials Processing Technology, v. 167, n. 2, 2005, pp. 201-207.
- Câmara, M. A.; Rubio, J. C. C.; Abrão, A. M.; Davim, J. P. "State of the Art on Micromilling of Materials, a Review". Journal of Materials Science & Technology, v. 28, n. 8, 2012, pp. 673-685.
- Cheng, K.; Huo, D. "Micro-Cutting – Fundamentals and Applications". Ed. Wiley, United Kingdom, 2013, 366p.
- Diniz, A. E.; Marcondes, F. C.; Coppini, L.L. "Tecnologia da Usinagem dos Materiais". 7. ed. São Paulo: Art. Liber, 2010, 268p.
- Jayanti, S.; Mavuleti, K.; Becker, B.; Erickson, E.; Wadell, J.; Marusich, T. D.; Usui, S.; Marusich, K. "Modeling of cutting forces and cycle times for micromachined components". Procedia CIRP, v. 1, n. 1, 2012, pp. 138–143.
- Machado, A. R.; Silva, M. B.; Coelho, R.T.; Abrão, A.M. "Teoria da Usinagem dos Materiais". 2a edição. São Paulo: Blucher, 2011.
- Rangel, D. A.; Rojas, F. A.; Arteaga, N. A. "Development of a CNC Micro-lathe for Bone Microimplants". Revista EIA, n. 15, 2011, pp. 113-127.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.