

AValiação DA INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE CORTE NA FORMAÇÃO DE REBARBA NO PROCESSO DE MICROFRESAMENTO DE INCONEL 718 E AÇO INOXIDÁVEL DUPLEX UNS S32205

Aline Gonçalves dos Santos, alinegsantos_23@hotmail.com¹

Daniel Fernandes da Cunha, danielcunha@ufg.br²

Maksym Ziberov, ziberov@hotmail.com³

Márcio Bacci da Silva, mbacci@mecanica.ufu.br³

Mark J. Jackson, jacksonmj04@yahoo.com⁴

¹Universidade Federal de Goiás, Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar nº 1120, Setor Universitário, Catalão - GO, Brasil, CEP 75704-020

²Universidade Federal de Goiás, Av. Universitária nº 1488, quadra 86, Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, Brasil, CEP: 74605-010.

³Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila 2121 - Campus Santa Mônica, Uberlândia - MG, CEP 38408-100

⁴Kansas State University, TC 100, Department of Engineering Technology, 2310 Centennial Road, Salina, Kansas, KS 67401, EUA.

Resumo: Assim como na usinagem convencional, os processos de microusinagem não estão isentos de produzirem peças com rebarbas. Embora, neste caso, as rebarbas possuam dimensões menores, são proporcionalmente muito maiores se comparadas com a magnitude dos parâmetros de corte e altura de rebarbas formadas nos processos de macrousinagem. Elas podem causar problemas na montagem de peças e, além disso, a sua remoção de micro-componentes usinados é muito mais complexa, se comparada às peças com dimensões convencionais. Dessa forma, destaca-se a importância de se explorar maneiras de minimizar a formação de rebarbas no processo de microusinagem. Diante do exposto, este trabalho visa investigar a influência do fluido de corte na formação de rebarbas no processo de microfresamento do Inconel 718 e do aço inoxidável duplex UNS S32205. Para tanto, foram realizados ensaios para fabricação de microcanais, utilizando uma microfresadora CNC de 4 eixos e microfresas de metal duro revestidas com TiN de 381 µm de diâmetro. Pré-testes foram realizados a fim de selecionar as condições de corte mais adequadas. Foram utilizadas duas técnicas diferentes de aplicação de fluido, MQF, na microusinagem do aço inoxidável duplex, e submerso, durante o microfresamento do INCONEL 718. As rebarbas foram examinadas utilizando-se um microscópio eletrônico de varredura e sua altura medida através de um perfilômetro. Os resultados mostram que o uso do fluido de corte exerceu influência negativa na formação de rebarba na microusinagem do aço inoxidável duplex, entretanto, atuou de forma positiva nas rebarbas formadas no microfresamento do INCONEL 718, reduzindo a altura significativamente.

Palavras-chave: microfresamento, rebarba, Inconel 718, aço inoxidável duplex

1. INTRODUÇÃO

De acordo com ASTM E (1959) e Olvera e Barrow (1996), rebarbas são projeções indesejáveis de material que ultrapassam os limites físicos da peça de trabalho definido por suas arestas e faces devido à deformação plástica durante a usinagem. Assim como na usinagem convencional, os processos de microusinagem não estão isentos de produzirem peças sem rebarbas. Embora essas rebarbas possuam tamanho menor, são proporcionalmente muito maiores se comparadas com as rebarbas formadas nos processos de macrousinagem. Também causam problemas na montagem de micropeças e, além disso, a remoção de rebarbas nos microcomponentes é muito mais complexa, se comparada às peças com dimensões convencionais. Sendo assim, o estudo e controle da formação de rebarbas na microusinagem se mostram de extrema importância (Lekkala, 2011).

Nesse sentido, diversos pesquisadores têm estudado a influência dos parâmetros de corte, considerando minimizar a formação de rebarba tanto para micro quanto para macro usinagem, avaliados em diferentes processos, tais como torneamento, fresamento, furação e retificação. Diferentes geometrias de ferramentas, materiais e condições de lubrificação são estudados na tentativa de minimizar a formação de rebarbas.

Lin (2000) relatou resultados de experimentos conduzidos em aço inoxidável por processo de micro-fresamento utilizando uma fresa com uma única aresta de corte. Para baixos valores de avanço, cavacos com espessuras menores são formados e, devido ao fenômeno do *size effect*, pode favorecer o aumento dos valores de altura de rebarbas. Valores intermediários de avanço da ferramenta de corte apresentam o maior volume de material removido e os menores valores de alturas de rebarbas, enquanto os maiores valores de avanço analisados apresentam o menor volume de material

removido. Com relação à velocidade de corte, o autor afirma que quanto maior a velocidade de corte, menor será a altura da rebarba. Segundo o autor, quando a velocidade de corte aumenta, o atrito entre o cavaco e a ferramenta é reduzido. A diminuição do atrito ocasiona um aumento no ângulo de cisalhamento, acompanhado por um decréscimo da espessura do cavaco. Portanto, a deformação plástica associada com a formação do cavaco é reduzida.

Lee e Dornfeld (2005) observaram no processo de furação de um aço inoxidável AISI 304, usando uma microfresa de topo, que o avanço exerce uma forte influência na altura da rebarba, sendo que ela é linearmente proporcional a este parâmetro. Além disso, constataram que o tamanho da rebarba está relacionado, também, com o desgaste da ferramenta e que as rebarbas, na formação de furos com microfresas são, relativamente, maiores do que no fresamento convencional. Outro fator que influencia na altura da rebarba é a profundidade de corte. Lekkala et al. (2011) constataram, no estudo da formação de rebarbas no processo de microfresamento desse mesmo material (aço inoxidável 304) que a altura da rebarba diminui com o aumento da profundidade de corte.

Já no aço ferramenta H13, Aramcharoen e Mativenga (2009) observaram que a altura da rebarba reduz quando a relação entre avanço e raio de aresta aumenta, pois o efeito *ploughing* se torna menos predominante. A espessura da rebarba reduz expressivamente com o aumento da relação entre a espessura de corte e o raio de aresta. A espessura da rebarba aumenta muito quando o raio de aresta é maior do que o avanço por dente e diminui levemente, ou estabiliza quando o contrário ocorre. Quando se utiliza baixos valores de avanço por dente, o atrito e a compressão se tornam predominantes, não realizando o corte e fazendo com que mais rebarbas sejam formadas. A menor altura apresentada para a rebarba foi obtida quando a espessura de cavaco não deformado foi maior do que o raio da aresta da ferramenta. Entretanto, o melhor acabamento foi obtido com a igualdade desses termos. Tendo em vista que a formação de rebarbas é inevitável, os autores consideram que a melhor condição para se trabalhar com microfresamento, nesse caso, é que a espessura de cavaco não deformado seja igual ao raio da aresta de corte, o que proporcionaria melhor acabamento superficial e altura de rebarba razoavelmente baixa (Aramcharoen; Mativenga, 2009).

Biermann e Steiner (2012), ao analisarem formação de rebarba no microfresamento de um aço inoxidável austenítico X5CrNi18-10, observaram que a altura da rebarba de topo aumenta com a velocidade de corte devido ao maior encruamento do material. Comportamento semelhante foi observado para o avanço, tendo em vista que seu aumento provocou elevação na altura da rebarba. Dentre as diferentes condições de lubri-refrigeração analisadas, a mínima quantidade de fluido foi a que produziu resultados menos aceitáveis, principalmente ao se empregar altas velocidades de corte e avanço. Isso ocorre devido às elevadas rotações empregadas que faz com que a quantidade de lubrificante aplicada na zona de corte pela técnica de MQF não seja suficiente para reduzir o atrito entre a ferramenta e a peça de trabalho.

Apesar de já estar sendo estudado por demais pesquisadores formas de se produzir microcomponentes com o mínimo de rebarbas possíveis, o efeito do uso do fluido de corte na formação de rebarba é um assunto ainda pouco explorado, o que motivou a realização deste trabalho que tem como principal objetivo investigar a influência do fluido de corte na formação de rebarbas no processo de microfresamento do Inconel 718 e do aço inoxidável duplex UNS S32205. Tais materiais têm sido amplamente utilizados na indústria, isso porque o aço inoxidável duplex apresenta alta resistência à corrosão e propriedades mecânicas superiores às dos aços inoxidáveis convencionais e, o Inconel 718, de forma semelhante, apresenta alta resistência mecânica e boa resistência à oxidação e corrosão.

2. METODOLOGIA

Os materiais utilizados para realização do trabalho foram o aço inoxidável duplex UNS S32205 fornecido pela empresa Aperam e uma liga a base de níquel INCONEL 718. O aço inoxidável duplex apresenta uma estrutura bifásica composta pelas fases ferrita e austenita com características e propriedades mecânicas e químicas diferentes. Nas Tabelas (1) e (2) estão expostas as composições químicas do aço inoxidável duplex e do INCONEL 718, respectivamente.

Tabela 1. Composição química (% em peso) do aço inoxidável duplex UNS S32205

Composição Química [% em peso] do aço inoxidável duplex UNS 32205																
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Cu	Co	V	Nb	Ti	Sn	W	N
0,0276	1,82	0,28	0,0276	0,0006	22,52	5,31	3,030	0,004	0,131	0,022	0,110	0,018	0,006	0,004	0,013	0,1618

Tabela 2. Composição química (% em peso) do INCONEL 718

Composição Química [% em peso] do INCONEL 718									
Ni	Cr	Fe	Nb	S	Mo	Ti	Al	C	Co
53,29	18,48	18,61	5,16	0,0006	2,55	0,96	0,570	0,033	0,03

Para os testes de microusinagem, foi utilizada uma microfresadora CNC de quatro eixos, mostrada na Fig. (1), do fabricante Minitech Machinery Corporation. Uma característica de grande relevância desta máquina é a rotação máxima do eixo árvore, que com auxílio de ar comprimido para refrigeração, atinge até 60.000 rpm. Além disso, a máquina-

ferramenta tem resolução de posicionamento de $0,1\ \mu\text{m}$. O Comando Numérico Computadorizado, utilizado para controlar a microfresadora, foi o Mach3Mill. Cabe ressaltar que a máquina-ferramenta possui uma base de granito com o intuito de evitar que as vibrações mecânicas interfiram na execução dos ensaios. Esta máquina ferramenta está sob uma mesa inercial especialmente projetada, que diminui a influência de vibrações de fontes externas.



Figura 1. Máquina ferramenta utilizada

As ferramentas utilizadas para realização dos ensaios foram microfresas de metal duro revestidas com nitreto de titânio (TiN), com diâmetro de $0,381\ \text{mm}$, fabricadas pela empresa Performance Microtools. Essas microferramentas possuem duas arestas de corte, como pode ser observado na Fig. (2). Para obtenção da imagem da ponta da ferramenta, utilizou-se o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) da marca HITACHI modelo TM3000. Além disso, tendo em vista a importância da dimensão do raio de aresta da microfresa no processo de microusinagem, sua medição foi realizada, utilizando o *software* ImageJ e a imagem da ferramenta obtida pelo MEV. Os resultados da medição indicam que o raio da aresta de corte da microfresa é de, aproximadamente $1,0\ \mu\text{m}$.

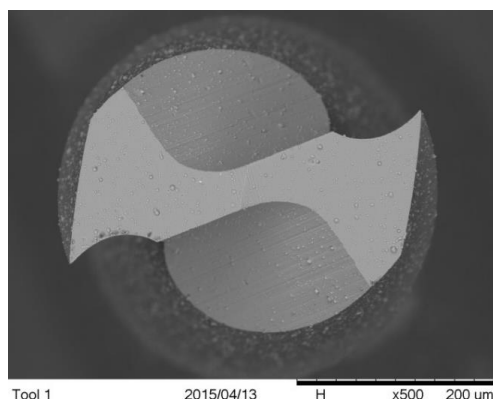


Figura 2. Ponta da microfresa utilizada

O fluido de corte utilizado na realização dos ensaios do aço inoxidável USN S32205 foi um óleo de base vegetal puro com aditivos EP do fabricante UNIST. Utilizou-se a técnica de Mínima Quantidade de Fluido (MQF), sendo a

vazão utilizada de 40,7 ml/h e pressão de 33 psi (0,23 MPa). O sistema de aplicação de fluido por MQF selecionado foi adaptado especificamente para o processo de microusinagem. A fim de garantir a elevada velocidade de escoamento do fluido, uma agulha hipodérmica foi colocada no bocal. O fluxo do fluido foi direcionado em sentido contrário ao avanço da ferramenta. Já na microusinagem do INCONEL 718, utilizou-se o método de usinagem submersa e, para tanto, foram feitos ensaios utilizando dois fluidos de corte diferentes, uma emulsão (água mais óleo) do fluido de corte Vasco 1000 à concentração de 8,0% e um óleo sintético Quimatic Superfluido 3. Uma camada de fluido de corte permanecia na superfície da peça a ser usinada devido às tensões superficiais. A ferramenta iniciava o processo de usinagem e toda a remoção de material era feita submersa ao fluido de corte. Esse método tenta compensar a aceleração do fluido de corte no método de MQL, uma vez que o fluido está sempre em contato com a ferramenta e com a peça. Na Figura (3), é mostrado a disposição de montagem e posicionamento de ambos os sistemas utilizados. Cabe ressaltar que, para ambos os materiais, também foram realizados ensaios a seco de forma a possibilitar a análise da influência do uso do fluido de corte na formação da rebarba, durante o processo de microusinagem.

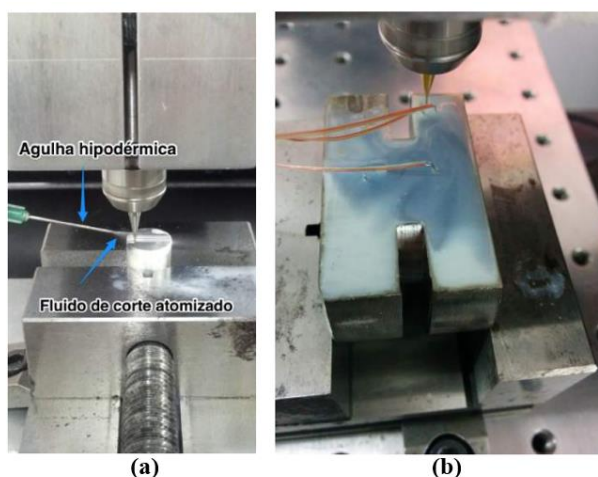


Figura 3. Métodos utilizados para aplicação do fluido de corte: (a) Fluido de corte acelerado e aplicado por MQL (b) Usinagem submersa

A partir da avaliação dos resultados obtidos em ensaios prévios, foram definidos os seguintes parâmetros: rotação de 30000 rpm, correspondente à uma velocidade de corte de, aproximadamente 36 m/min, profundidade de corte de 30 μm e avanço de 1,5 $\mu\text{m}/\text{dente}$. A Tabela 3 apresenta os parâmetros de corte utilizados e as condições de lubri-refrigeração empregados na microusinagem de cada material.

Tabela 3. Parâmetros de corte e condições de lubri-refrigeração empregados na microusinagem do INCONEL 718 e aço inoxidável duplex

Material	Rotação (rpm)	Avanço por dente (μm)	Profundidade de corte (μm)	Condição de lubri-refrigeração	Fluido utilizado
INCONEL 718	30000	1,5	30,0	Seco/Submerso	Vasco 1000/ Óleo sintético Quimatic Superfluido 3
Aço inoxidável duplex	30000	1,5	30,0	Seco/MQF	Óleo de base vegetal puro com aditivos EP

Para medição da rebarba, utilizou-se um perfilômetro Form Talysurf Intra 2 da Taylor Hobson, com resolução de 0,016 μm . A altura da rebarba foi medida através da distância dada entre a superfície do corpo de prova, traçada pelo perfilômetro, e os picos presentes nas extremidades do canal, que representam a rebarba do lado discordante e concordante. Para tanto, o apalpador se deslocou de forma transversal ao canal. Um esquema para melhor compreensão de como foi feita esta medição é mostrado na Fig. (4). Ressalta-se que esse pico, correspondente à altura da rebarba medida, pode se referir em alguns casos à altura da rebarba dobrada. Portanto, o tamanho da rebarba também será analisado por meio das imagens obtidas pelo MEV. Para reduzir a influência do desgaste da ferramenta nos resultados, as medições foram feitas no início do canal, sendo feita cinco leituras.

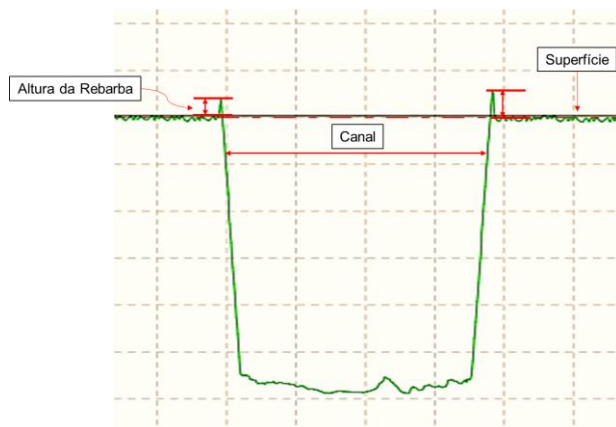


Figura 4. Perfil de um canal usinado ilustrando a medição da altura de rebarba

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos para influência do fluido de corte na formação de rebarba durante microfresamento. Serão apresentados os resultados obtidos tanto para a altura da rebarba concordante como discordante. Os valores do gráfico, correspondem à média dos resultados, ou seja, à média de cinco leituras. Pelo fato do fenômeno de formação de rebarba ser um fenômeno não periódico, não serão apresentados valores de desvio padrão.

3.1. Formação de rebarba no aço inoxidável duplex UNS S32205

No gráfico da Fig. (5), pode-se observar os resultados obtidos para altura da rebarba do lado concordante e discordante, para usinagem a seco e com fluido de corte, aplicado pela técnica de MQF, no aço inoxidável. Nota-se que a altura da rebarba aumentou significativamente ao utilizar fluido de corte, sendo esse aumento mais expressivo na rebarba do lado concordante. No lado discordante, a altura da rebarba aumentou 41% e, no lado discordante, 193,5%. Essa diferença na altura das rebarbas, ao usinar com fluido e a seco, indica que o fluido de corte conseguiu atingir a zona de corte, exercendo influência na formação de rebarba. Sugere-se que o uso do fluido de corte por meio da técnica de MQF atuou como refrigerante do material do corpo de prova, tornando-o mais resistente e aumentando a força de cisalhamento. Assim, a formação do cavaco torna-se mais difícil e quando a microferramenta falha em produzir cavaco, o atrito torna-se predominante e o material à frente da ferramenta é empurrado e deformado, plasticamente, então, esse material é fraturado e a rebarba é formada (Chern et al., 2007). Entretanto, não foi realizada medição da temperatura para avaliar a influência do fluido de corte na refrigeração da peça e ferramenta, sendo possível apenas sugerir a ocorrência desse fenômeno citado.

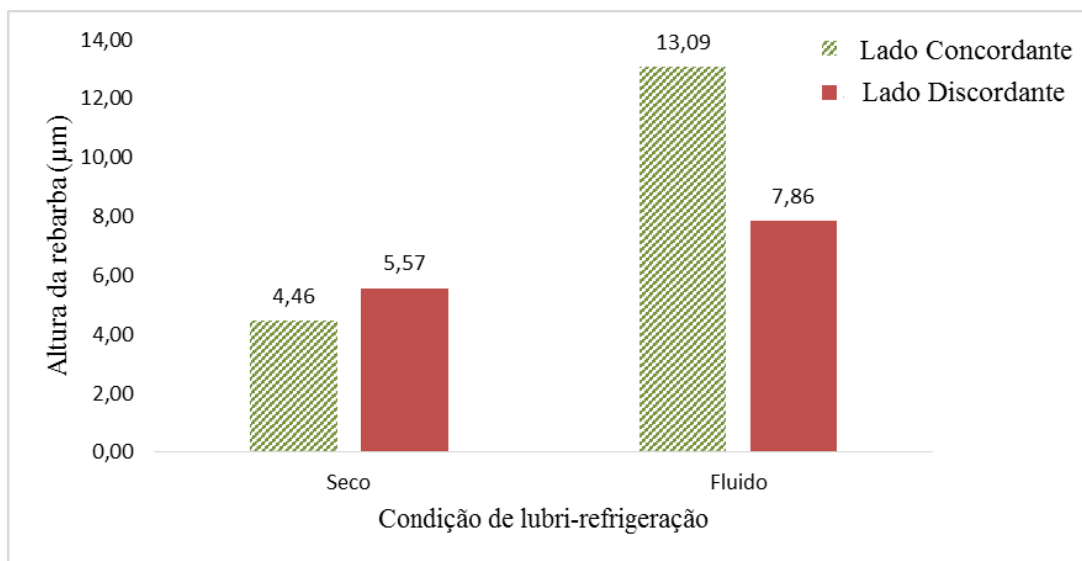


Figura 5. Altura da rebarba formada na microusinagem do aço inoxidável duplex UNS S32205 ao usinar a seco e ao utilizar fluido de corte por meio da técnica de MQF, utilizando um óleo de base vegetal puro com aditivos EP

A diferença na altura da rebarba nas distintas condições de lubri-refrigeração pode ser constatada também pelas imagens expostas na Fig. (6), na qual pode-se verificar claramente que a formação da rebarba foi bem mais expressiva quando se utilizou o fluido de corte. Observa-se, também, tanto na imagem da Fig. (6) quanto no gráfico apresentado na Fig. (5) que, no ensaio a seco, a altura da rebarba concordante foi menor do que a altura da rebarba do lado discordante, sendo a diferença, entretanto, pequena. Já no ensaio utilizando fluido de corte, a altura da rebarba do lado concordante foi maior que o lado discordante. Essa diferença apresentada pela altura da rebarba do lado discordante e concordante pode ser explicada pela quantidade de material que é empurrada à frente da aresta de corte e na direção da força de corte, como resultado da rotação da ferramenta. A direção da força de corte efetiva e das tensões no material de peça são sempre do lado discordante para o lado concordante (Lee; Dornfeld, 2002).

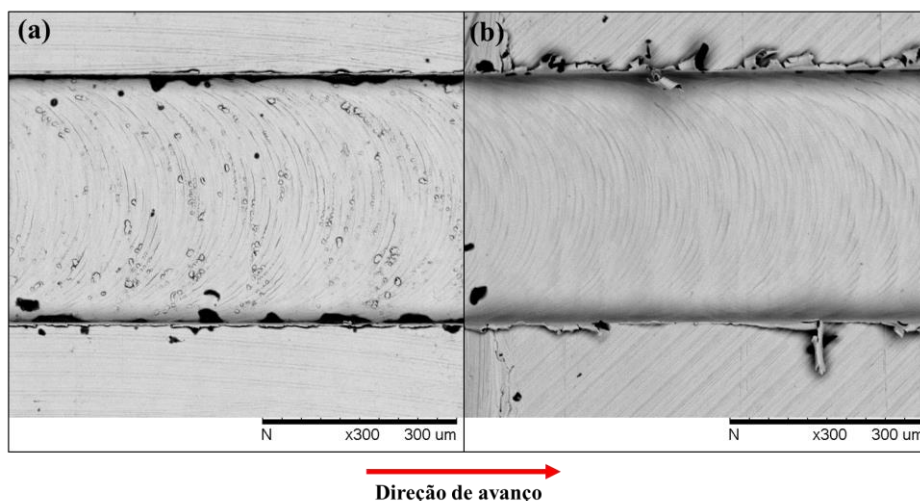


Figura 6. Diferença entre a altura da rebarba ao usinar a seco (a) e ao utilizar fluido (b) (Adaptado de Santos, 2016)

3.2. Formação de rebarba no INCONEL 718

Para o trabalho desenvolvido com o INCONEL 718, a formação de rebarba está apresentada na Fig. (7), na qual pode-se observar os resultados apresentados para a rebarba do lado concordante e discordante para as três condições de lubri-refrigeração empregadas: a seco e submerso utilizando Vasco 1000 e óleo sintético Quimatic Superfluido 3. Para todas as condições de corte, as rebarbas no processo discordante são menores do que do lado concordante, independente das condições de corte, sendo que a maior diferença foi apresentada na condição a seco, diferente dos resultados apresentados na usinagem do aço inoxidável duplex, no qual a diferença da rebarba do lado concordante e discordante na condição a seco foi menor.

Para o INCONEL 718, a utilização do fluido de corte favoreceu a redução da altura da rebarba, tendo em vista que na condição a seco a altura da rebarba, tanto do lado concordante quanto discordante, foi bem maior do que nas duas condições em que foi utilizado fluido de corte. Este resultado indica que o fluido atuou como lubrificante diminuindo o atrito e facilitando a formação do cavaco o que, consequentemente, diminuiu a geração de rebarbas. Nesse método de aplicação de fluido (usinagem submersa), sugere-se que o poder de refrigeração é menor do que ao se utilizar a técnica de MQF, sendo assim, é possível que não haja grande aumento da resistência do material, como ocorreu com o aço inoxidável duplex ao aplicar a mínima quantidade de fluido.

Ao analisar os resultados obtidos na microusinagem do INCONEL 718 e do aço inoxidável duplex, nota-se que as diferentes técnicas de aplicação de fluido proporcionaram diferentes resultados, pois, ao utilizar a mínima quantidade de fluido na usinagem do aço inoxidável duplex, a altura da rebarba aumentou significativamente, ao passo que, ao aplicar o método de usinagem submersa na microusinagem do INCONEL 718, a altura da rebarba diminuiu significativamente. Esse resultado sugere que para redução das rebarbas formadas no processo de microfresamento, o efeito da lubrificação, proporcionado pelo método submerso, é mais significativo, ao passo que o efeito da refrigeração proporcionado pela técnica de MQL atua de forma negativa, aumentando a formação de rebarbas.

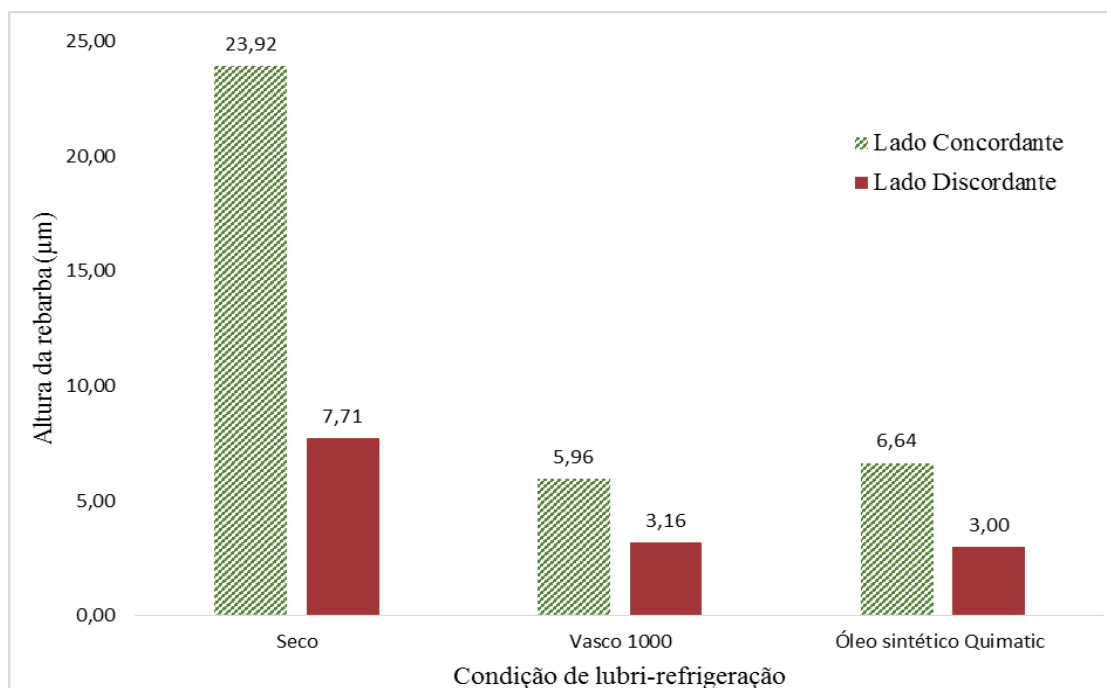


Figura 7. Diferença entre a altura da rebarba na usinagem do INCONEL 718 a seco e nas condições de aplicação de fluido submersa utilizando-se Vasco 1000 e óleo sintético

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi investigada a influência do fluido de corte durante o processo de microfresamento do aço inoxidável duplex, por meio da técnica de MQF e da liga de níquel INCONEL 718 através da usinagem submersa. Os resultados mostraram que o fluido de corte, utilizando a técnica de mínima quantidade, exerceu influência negativa na formação de rebarba na microusinagem do aço inoxidável duplex, ao passo que, na usinagem submersa do INCONEL 718, o fluido atuou de forma positiva, reduzindo a altura da rebarba. Isso sugere que, para redução das rebarbas no microfresamento, a característica de lubrificação proporcionada pelo fluido é mais importante do que o poder de refrigeração. Estudos futuros serão realizados de forma a verificar a influência do fluido de corte na usinagem submersa do aço inoxidável duplex e utilizando a técnica de MQF, na usinagem do INCONEL 718.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro das agências CAPES (PROEX), CNPq, FAPEMIG e ao suporte oferecido pela Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC) e Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem (LEPU) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), e o apoio oferecido pela Universidade Federal de Goiás (UFG) campi Goiânia e Catalão.

6. REFERÊNCIAS

- Aramcharoen, A., Mativenga, P. T., 2009, "Size effect and tool geometry in micromilling of tool steel". Precision Engineering, Philadelphia, Vol. 4, pp. 402-407.
- ASTME. Technical report, American Society of Tool and Manufacturing Engineers, 1959.
- Biermann, D., Steiner, M., 2012, "Analysis of Micro Burr Formation in Austenitic Stainless Steel X5CrNi18-10". Procedia CIRP, Vol. 3, pp. 97 – 102.
- Chern, G. L., Wu, Y. J. E., Cheng, J. C.; Yao, J. C., 2007, "Study on burr formation in micro-machining using micro-tools fabricated by micro-EDM". Precision Engineering. Vol. 31, pp. 122-129.
- Lee, K., Dornfeld, D. A., 2002, "An experimental study on burr formation in micro milling aluminum and copper", Transactions of NAMRI/SME, Vol. 30, pp. 1-8.
- Lee, k., Dornfeld, D. A., 2005, "Micro-burr formation and minimization through process control", Precision Engineering, Vol. 29, pp. 246-252.
- Lekkala, R., Bbajpai, V., Singh, K. R., Joshi, S. S., 2011, "Characterization and modeling of burr formation in micro-end milling", Precision Engineering, Vol. 35, pp. 625- 637.

- Lin, Tsann-Rong, 2000, “Experimental study of burr formation and tool chipping in the face milling of stainless steel”, Journal of Materials Processing Technology, pp. 12-20.
- Olvera, O., Barrow, G., 1996, “An experimental study of burr formation in square shoulder face milling”, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 36, N° 9, pp. 1005–1020.
- Santos, A. G. Microfresamento de aço inoxidável duplex UNS S32205 com ferramentas de metal duro revestidas com nitreto de titânio. 2016. 92f. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, 2016.

7. DIREITOS AUTORAIS

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

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF CUTTING FLUID IN THE BURR FORMATION WHEN MICRO MILLING INCONEL 718 AND UNS S32205 DUPLEX STAINLESS STEEL

Aline Gonçalves dos Santos, alinegsantos_23@hotmail.com¹

Daniel Fernandes da Cunha, danielcunha@ufg.br²

Maksym Ziberov, ziberov@hotmail.com³

Márcio Bacci da Silva, mbacci@mecanica.ufu.br³

Mark J. Jackson, jacksonmj04@yahoo.com⁴

¹Universidade Federal de Goiás, Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar nº 1120, Setor Universitário, Catalão - GO, Brasil, CEP 75704-020

²Universidade Federal de Goiás, Av. Universitária nº 1488, quadra 86, Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, Brasil, CEP: 74605-010.

³Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila 2121 - Campus Santa Mônica, Uberlândia - MG, CEP 38408-100

⁴Kansas State University, TC 100, Department of Engineering Technology, 2310 Centennial Road, Salina, Kansas, KS 67401, EUA.

Abstract: As with conventional machining, micro-machining processes are not exempt from producing parts with burr. Although these burrs have smaller dimensions, they are proportionally much larger compared to the magnitude of the cutting parameters and burr height formed in the conventional machining processes. Burrs cause problems in assembled parts and, in addition, their removal in the micro-components is much more complex, compared to conventional dimensions. Recent studies are being conducted to minimize the formation of burrs in the micromachining process. The present work aims to investigate the influence of the cutting fluid on the formation of burrs in the process of micromilling of Inconel 718 and duplex stainless steel UNS S32205. For this, tests were performed to machine microgrooves using a 4-axis CNC micro milling machine and TiN coated tungsten carbide tools 0.381 mm in diameter. Previous experiments were performed in order to choose the most appropriate cutting conditions. Two different fluid application techniques were used, MQL, when micro milling UNS S32205 duplex stainless steel and submerged when micro milling INCONEL 718. The burrs were examined using a scanning electron microscope and their height measured through a profilometer. The results showed that the use of the cutting fluid applied by MQL method exerted a negative influence on the formation of burrs in the duplex stainless steel, however, submerged condition had a positive effect on significantly reducing burr formation when micromilling INCONEL 718.

Key words: micromilling, burr, Inconel 718, duplex stainless steel