

FORMAÇÃO DE REBARBAS NO MICROFRESAMENTO DE LIGAS DE ALUMÍNIO

Geovanna Diniz Mendonça, geovannamendonca.d@gmail.com¹

Marcelo Lopes de Araújo, marcelo.lps.araujo@gmail.com¹

Deborah de Oliveira, oliveira.deborah@unb.br¹

¹Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília – DF, CEP 70910900.

Resumo: As ligas de alumínio possuem diversas aplicações industriais, principalmente devido à sua baixa densidade elevada resistência à corrosão. Estas ligas, no entanto, apesar de terem pouca resistência mecânica, podem ser desafiadores durante a usinagem devido às grandes deformações que podem ocorrer associadas a sua alta ductilidade. Este problema é agravado quando se consideram peças pequenas, com características micrométricas, como no caso da microusinagem. A microusinagem é um conjunto de processos de usinagem caracterizado por utilizar ferramentas de corte com dimensões inferiores a 1000 μm . Este processo tem ainda como característica a dificuldade na formação de cavacos, uma vez que as ferramentas de microusinagem não podem ser consideradas perfeitamente afiadas e seu grande raio de ponta faz com que a usinagem seja predominantemente negativa, o que resulta em muito ploughing e deformações plásticas sem remoção de material. Percebe-se então que a microusinagem de ligas de alumínio pode não ser trivial, uma vez que o principal fator que pode dificultar o microfresamento dessas ligas é sua alta ductilidade, que faz com que as peças apresentem maior tendência ao ploughing, bem como rebarbas de grandes dimensões, podendo inclusive possuir dimensões superiores à característica geométrica que foi usinada na peça. Além disso, devido aos tamanhos reduzidos, a microusinagem é um processo que não permite que a rebarbação seja feita de forma simples, como nos processos macro. Assim, considerando que a microusinagem, mais especificamente o processo de microfresamento, é relativamente recente, e que o microfresamento de ligas de alumínio pode ser dificultado pela presença de grandes rebarbas, este trabalho tem como objetivo fazer um levantamento bibliográfico sobre os resultados obtidos em microfresamento de ligas de alumínio com foco nas rebarbas e com a análise da literatura, espera-se identificar parâmetros de corte que favorecem a fabricação de peças com menores rebarbas. Por fim, espera-se poder compilar um conjunto de características de microfresamento, de forma a contribuir para a fabricação de micropeças de alumínio com redução nas rebarbas.

Palavras-chave: Microusinagem, Microfresamento, Alumínio, Rebarbas.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de microusinagem vem ganhando destaque devido à crescente necessidade de miniaturização de alguns componentes amplamente utilizados em diversas áreas, como: eletrônicas, biotecnológica, automotiva, médica, dentre outras (Ziberov, 2020; Cheng; Huo, 2013). A microusinagem é definida por Camara et. al. (2012), como um processo que emprega ferramentas de corte cujas dimensões variam de 1 μm a 1000 μm .

O processo micro se difere do processo de usinagem macro, devido ao chamado efeito escala, que acontece devido ao raio da aresta de corte da ferramenta ser semelhante, em tamanho, à espessura de corte. Esse efeito provoca um aumento não linear na energia específica de corte, em outras palavras, é o aumento da energia, por unidade de volume, de material removido, em função da redução da espessura de corte (Chae et. al., 2006). O efeito escala também é responsável pelo efeito *ploughing*, que é provocado pelo ângulo de saída negativo da ferramenta de corte, que causa a deformação do material nos arredores da aresta de corte. Esse efeito é responsável por provocar uma deformação plástica e/ou elástica do material (Bissaco et. al., 2005).

A formação de rebarbas nos processos de microusinagem são, proporcionalmente, muito maiores, se comparadas com as rebarbas do processo convencional. Apesar de dimensionalmente menores, elas podem afetar diretamente a qualidade superficial da peça usinada e, afetar o processo de montagem da peça. Além disso, o processo de remoção de rebarbas de dimensões micro, se torna muito mais complexo (Lekkala, 2011). Segundo Oliveira (2019), no microfresamento, as rebarbas podem ter dimensões maiores que a profundidade de corte do processo. Em ligas de alta ductilidade, como é o caso do alumínio, a formação de rebarbas pode se tornar ainda mais crítica. Assim, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo sobre a formação de rebarbas no microfresamento de ligas de alumínio.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse trabalho utilizou-se uma metodologia de pesquisa proposta por Flynn et. al. (1990), deste modo, utilizou-se como palavras-chaves, para realizar a busca, “microusinagem”, “microfresamento de alumínio”, “formação de rebarbas”, e seus respectivos termos em inglês. Após a conclusão da pesquisa, selecionou-se os artigos mais relevantes.

3. ANÁLISE TEÓRICA

3.1. Formação de rebarbas no microfresamento

De acordo com Olvera e Barrow (1996), rebarbas podem ser definidas como “projeções indesejáveis de material além da borda da peça devido à deformação plástica durante a usinagem”. No processo de microfresamento há muita produção de rebarba, pois quando se trata da escala micro, na usinagem, o material a ser usinado frequentemente sofre grandes deformações elásticas associadas também ao efeito *ploughing*, o que gera o acúmulo de deformação na superfície da peça microfresada, o que propicia a frequente formação de rebarbas no microfresamento.

A formação de rebarbas no fresamento proposta por (Hashimura; Hassamontr; Dornfeld, 1999) é adotada por muitos autores na análise das rebarbas formadas no processo de microfresamento, os autores definem que, cada aresta de corte é responsável pela produção de rebarbas conforme a ferramenta de corte segue sua trajetória, as arestas de corte podem ser observadas na Fig.1. Desse modo tem-se que a formação das rebarbas acontece (1) entre a superfície usinada e a superfície de saída, (2) borda entre a superfície de transição e a superfície de saída, (3) borda entre a superfície superior e a superfície de transição, (4) a borda entre a superfície usinada e a superfície de entrada e (5) entre a superfície de transição e a superfície de entrada, essas rebarbas são denominadas respectivamente, como rebara de saída, rebarba lateral, rebarba superior, rebarba de entrada e rebarba de entrada lateral.

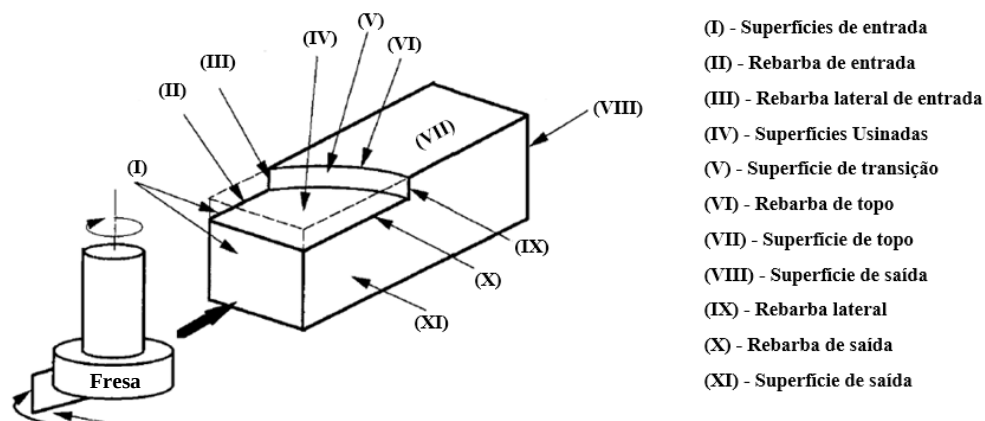


Figura 1. Movimento básico da ferramenta durante processo de faceamento (Adaptado Hashimura; Hassamontr; Dornfeld, 1999).

Chern et al. (2007) analisaram a formação das rebarbas após um processo de microfresamento, e as classificaram como, rebarba primária, rebarba com formato de agulha, rebarba com formato de pena e rebarba menor. A formação da rebarba primária se dá em quatro etapas, que podem ser observadas na Fig. (2). Inicialmente, Fig.2 (a), tem-se deformação plástica, devido ao atrito que ocorre durante o avanço da ferramenta da corte, que penetra no material da peça e não gera cavaco. Na Fig.2 (b) o material deformado plasticamente é fraturado próximo ao meio, Fig.2 (c) inicia -se a formação da rebarba primária e em Fig.2 (d) é formada a rebarba primária, que apresenta a largura de aproximadamente metade do diâmetro da ferramenta de corte. No processo de formação da rebarba primária, se ocorrer a fratura da mesma durante o processo, pode-se formar a rebarba em forma de pena, ou em forma de agulha, já a rebarba menor é formada se a profundidade de corte e/ou o avanço forem muito pequenos. O formato real das rebarbas, pode ser observado na Fig.3 (a) rebarba primária, Fig.3 (b) rebarba com formato de agulha, Fig.3 (c) rebarba com formato de pena e Fig.3 (d) rebarba menor.

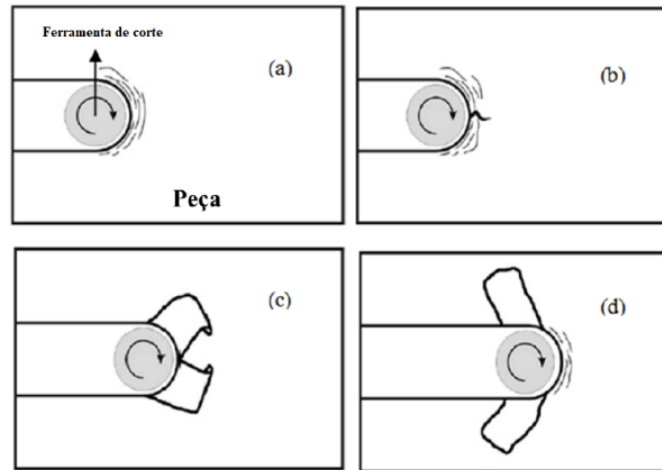


Figura 2. Formação da rebarba primária (Adaptado de CHERN et al., 2007).

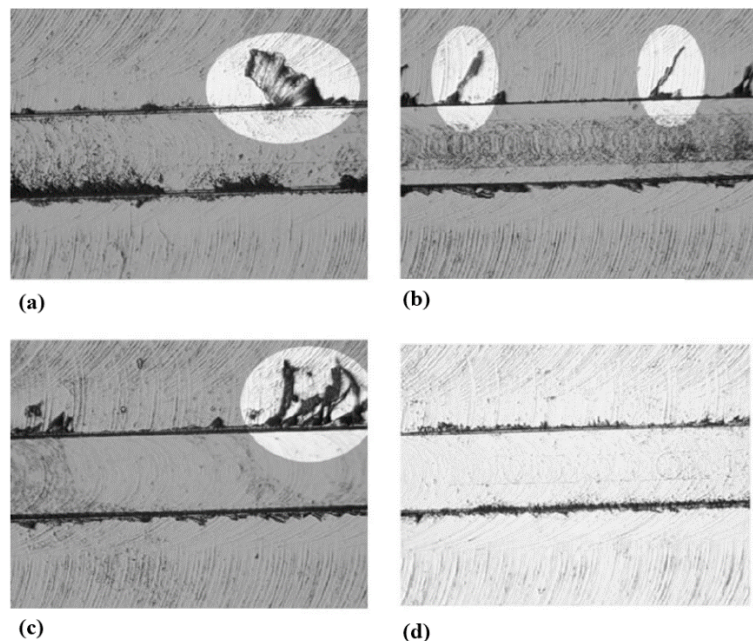


Figura 3. Formação da rebarbas após microfresamento: (a) rebarba primária, (b) rebarba em forma de agulha, (c) rebarba em forma de pena e (d) rebarba menor (Adaptado de CHERN et al., 2007).

3.2. Formação de rebarbas no microfresamento de alumínio

Zhang, Zhiyang et al. (2017), estudaram o microfresamento da liga de alumínio 6061-T6 analisando a influência dos parâmetros de corte no processo. A ferramenta de corte empregada foi uma ferramenta de metal duro de grão fino, com 500 μm de diâmetro. Já os parâmetros de corte foram, velocidades de corte de 7500, 8500, 9500, 10500, 11500 e, 12500 (rpm); avanço por dente de 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 3,0 e 4,0 ($\mu\text{m}/\text{z}$); profundidade de corte de 30, 40, 50, 60, 70 e 80 (μm). No estudo, os autores analisaram as rebarbas obtidas no processo.

Como resultado os autores notaram que, parâmetros de cortes mais elevados resultam em maiores rebarbas. Para as velocidades de corte no intervalo de 7500 a 10500 rpm, as rebarbas sofrem um aumento em suas dimensões, entretanto esse aumento não é evidente. A principal razão para esse comportamento, segundo os autores, é o aumento da velocidade de corte, que causa apenas uma maior taxa de remoção do material. Existe uma zona crítica, estabelecida entre 9500 e 10500 rpm, onde as rebarbas superiores possuem as menores dimensões.

Para velocidades de corte maiores que 10500 rpm, o aumento no tamanho das rebarbas tanto superior quanto inferior, é notório. Isso porque o aumento da taxa de remoção do material aumenta rapidamente e, torna-se dominante durante o processo, o que causa um considerável aumento nas dimensões das rebarbas.

Em relação ao avanço por dente, os autores relataram que, quando esse era igual ao valor da espessura mínima de corte as rebarbas sofreram redução de tamanho. Isso dá-se devido ao efeito *ploughing*, que deixa de prevalecer. Quando o avanço por dente for maior que a espessura mínima, então haverá um aumento no tamanho das rebarbas. Ainda, os

autores repararam que as rebarbas aumentam também em função da profundidade de corte. O estudo evidenciou que, as rebarbas tendem a aumentar com a mudança de profundidade de corte, na condição de velocidade de corte de 10500 rpm e um avanço por dente de 4 μm . A justificativa para tais aumentos é que a remoção de material é maior nessas condições, o que acaba gerando também um desgaste na ferramenta, o que por sua vez contribui com o aumento das rebarbas.

Como foi observado, a condição da ferramenta de corte também influencia no tamanho das rebarbas. As rebarbas formadas na condição de ferramenta de corte nova, são pequenas e tendem a ser distribuídas de maneira uniforme. Já as rebarbas formadas a partir de ferramentas de corte desgastadas, são rebarbas com maiores dimensões (Zhang, Zhiyang et al., 2017). A Figura 4 mostra os tamanhos das rebarbas em função da condição da ferramenta.

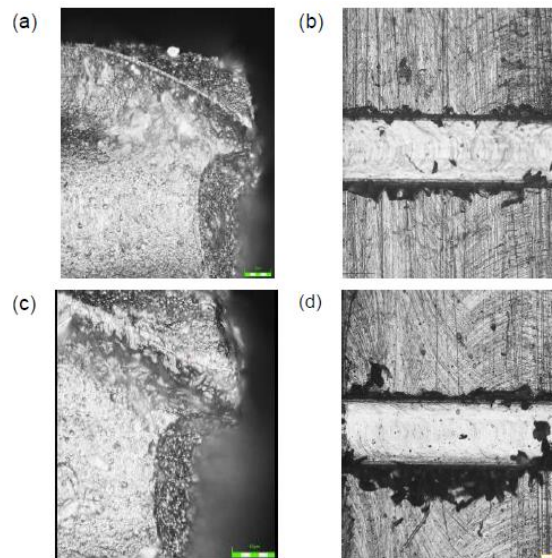


Figura 4. Característica das rebarbas: (a) microfresa nova, (b) rebarbas geradas por microfresa nova, (c) microfresa desgastada e (d) rebarbas geradas por microfresa desgastada (Adaptado de Zhang, Zhiyang et al., 2017).

Em outro estudo, Kiswanto et al. (2014) estudaram os efeitos da velocidade de corte, velocidade de avanço e, do tempo de usinagem na rugosidade da superfície e na formação de rebarbas de uma liga de alumínio 1100. Os autores utilizaram uma microfresa metal duro, revestida com Mega-T, com duas arestas de corte e que possui 20 μm de diâmetro. A profundidade de corte definida para o experimento foi de 10 μm . Os parâmetros de corte adotados para o experimento foram, velocidades de corte de 35.000, 70.000 e 90.000 rpm; tempo de usinagem de 15, 30 e, 45 minutos; velocidade de avanço de 0,05, 05 e, 1 mm/s. Antes do processo de microfresamento, os autores submeteram as peças a um faceamento.

No que diz respeito a formação de rebarbas, os autores observaram a formação de rebarba superior, rebarba de entrada, rebarba lateral, rebarba inferior e rebarba de saída, todas formadas na superfície dos microcanais. As rebarbas superiores, formadas na no topo da superfície da peça, são afetadas pelos parâmetros de corte. As menores velocidades de corte, combinadas com os menores avanços por dente resultaram nas menores rebarbas, como pode ser observado na Fig. 5.

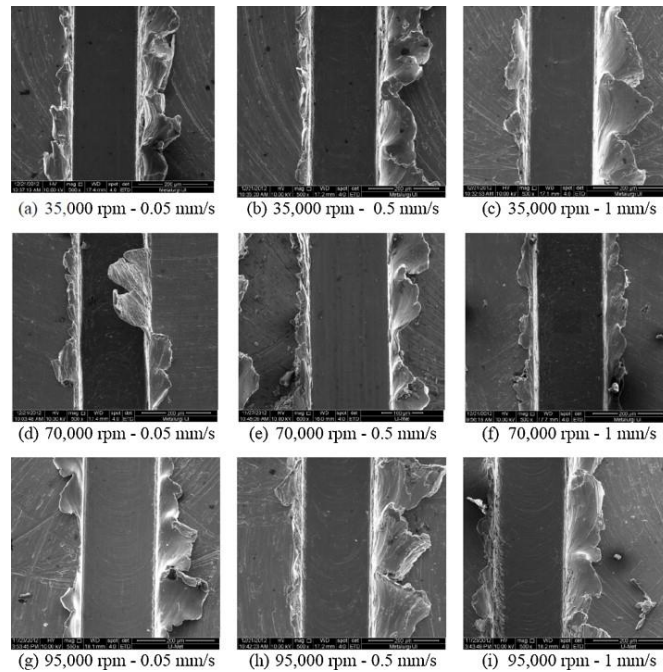


Figura 5. Tamanho das rebarbas após 45 min, para cada parâmetro de corte (Kiswanto et al.,2014).

A partir da Figura 5 é possível observar que as rebarbas são diferentes em cada lado dos canais. Os autores relatam que, como a largura do microcanal é igual ao diâmetro da microferramenta, então têm-se duas direções de corte, concordante e discordante. No fresamento concordante a direção de corte é paralela a direção de avanço, enquanto no fresamento discordante o sentido de corte é oposto ao sentido do avanço. Durante o processo de corte, as rebarbas são formadas, principalmente, no lado do fresamento concordante (Kiswanto et al.,2014).

Os autores verificaram ainda a influência do tempo de usinagem que está diretamente relacionado ao desgaste da ferramenta. As rebarbas foram medidas, com tempo de processo de 45 min e, os maiores valores obtidos no fresamento concordante, foram para a velocidade de corte de 95.000 rpm, velocidade de avanço de 0,5 mm/s, com rebarbas medindo 76,93 μm de largura e 122,4 μm de comprimento. Já para o fresamento discordante, as maiores rebarbas foram de 194,4 μm de largura e, 207,5 μm de comprimento, nas mesmas condições de corte. As rebarbas foram medidas como mostra a Fig. 6.

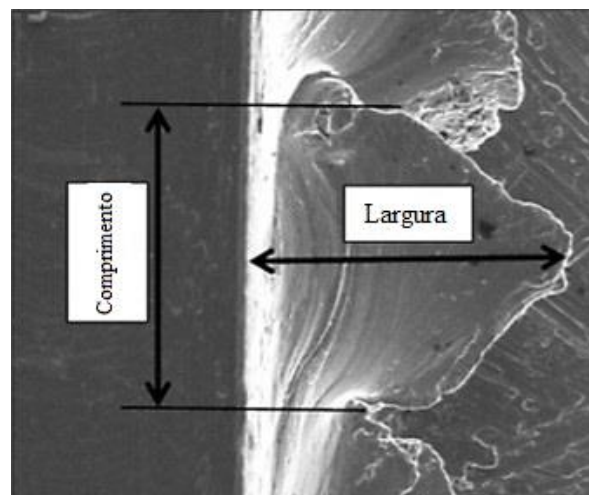


Figura 6. Comprimento e largura das rebarbas (Adaptado de Kiswanto et al., 2014).

O comportamento do tamanho médio das rebarbas é desigual ao longo do microcanal e, tende a crescer no decorrer do processo. Entretanto, em alguns pontos do canal, houve uma dissipação das rebarbas. Esse comportamento se explica pelo desprendimento da aresta postiça de corte (APC) (Kiswanto et al., 2014). Para as rebarbas de entrada, observou-se que elas aumentam conforme o tempo de usinagem, ou seja, quanto maior o tempo de usinagem, maior o tamanho das rebarbas de entrada, como se observa na Fig. 7.

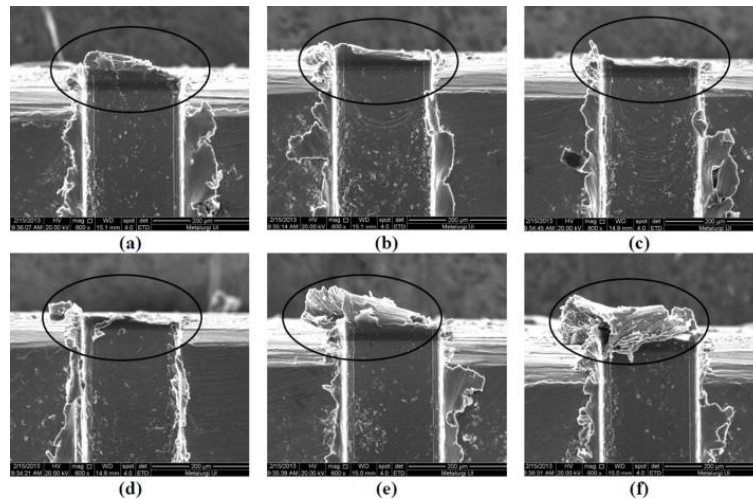


Figura 7. Rebarbas de entrada, com tempo de usinagem de, aproximadamente, (a) 36 s, (b) 72 s, (c) 108 s, (d) 144 s, (e) 180 s e, (f) 216 s (Kiswanto et al., 2014).

Para as rebarbas inferiores, os autores constataram que elas podem acontecer tanto do lado concordante quanto do lado discordante do fresamento. A condição da ferramenta de corte influencia na formação desse tipo de rebarba. Ferramentas de corte novas e afiadas produziram canais praticamente sem rebarbas, Fig.8 (a). Em contrapartida, nos canais produzidos com ferramentas desgastadas, pelo tempo de uso, observou-se a presença de rebarbas no fundo dos canais, Fig.8 (b).

A tendência é que as rebarbas inferiores se tornem maiores que as superiores, à medida que a ferramenta de corte se desgasta, Fig.8 (b). Isso ocorre pois quando o desgaste da ferramenta aumenta, o processo passa a ser dominado pela fricção (Kiswanto et al.,2014).

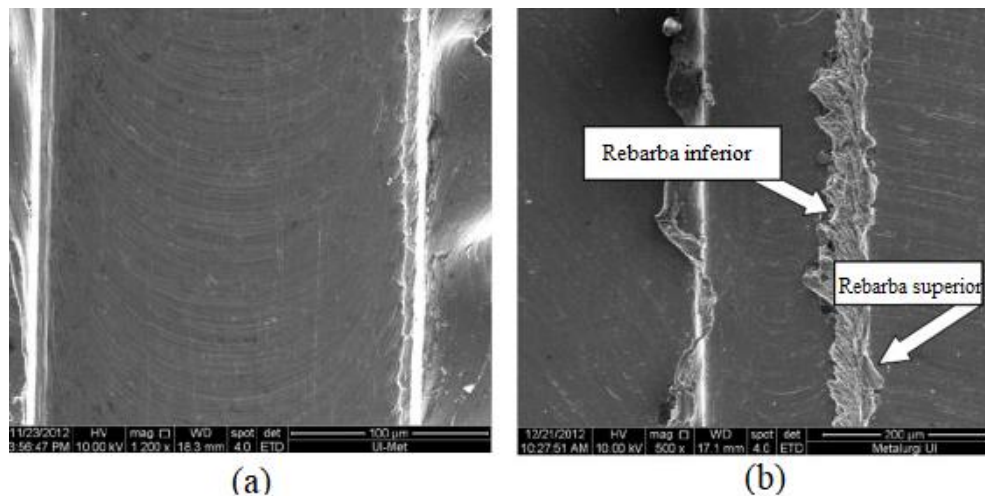


Figura 8. Formação de rebarbas, com velocidade de corte de 90.000 rpm e velocidade de avanço de 0,5 mm/s, com a condição de ferramenta (a) nova e afiada; (b) ferramentas desgastadas, onde as rebarbas inferiores são maiores que as rebarbas superiores (Adaptado de Kiswanto et al., 2014).

Segundo os autores, o tempo de usinagem, consequentemente o desgaste, é o parâmetro que tem mais influência na formação de rebarbas durante o processo de microfresamento. A Figura 9 mostra um comparativo do tempo de usinagem e da condição da ferramenta de corte, onde é possível observar que o desgaste da ferramenta aumenta com o tempo de usinagem e, provoca uma ampliação das dimensões das rebarbas, Fig.9 (b). O aumento no tempo de usinagem pode provocar fraturas na ferramenta de corte, o que pode influenciar ainda mais no crescimento das rebarbas, Fig.9 (c).

Sendo assim, espera-se que, durante o microfresamento de ligas de alumínio, os maiores parâmetros de corte resultem em maiores rebarbas, tanto superiores quanto inferiores (Zhang, Zhiyang et al., 2017; Kiswanto et al.,2014). Ainda, quanto maior for a duração do processo, também será maior a dimensão das rebarbas formadas, uma vez que o desgaste da ferramenta está diretamente relacionado com esse parâmetro (Kiswanto et al.,2014).

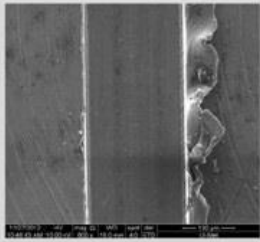
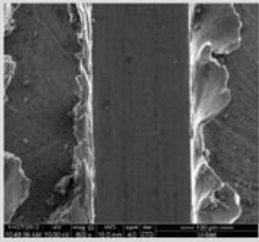
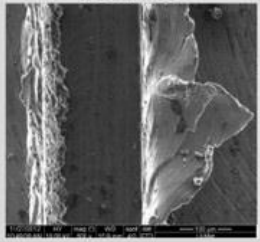
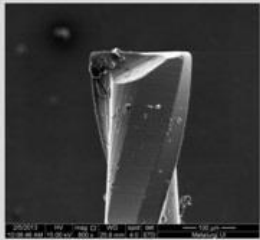
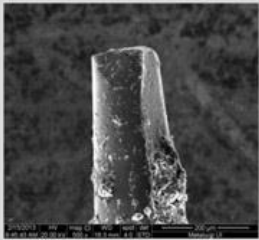
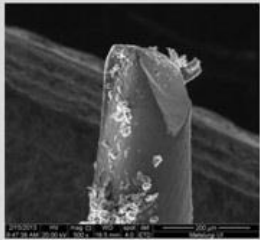
Tempo	15 minutos	30 minutos	45 minutos
Peça de trabalho			
Ferramenta			
Rugosidade da superfície	35 μm	152 μm	275 μm
	(a)	(b)	(c)

Figura 9. Condição do microcanal usinado com velocidade de corte de 70000 rpm, velocidade de avanço de 1 mm/s e, condição da ferramenta (a) após 15 minutos; (b) após 30 minutos; (c) após 45 minutos (Adaptado de Kiswanto et al. (2014)).

3.3. Resultados

Após a análise da literatura, pôde-se observar alguns comportamentos específicos sobre as rebarbas no microfresamento de ligas de alumínio, as principais características são apresentadas:

- A microusinagem é fundamental para o avanço da tecnologia. Por se tratar de um processo micro, onde as ferramentas não possuem diâmetros maiores que 1000 μm , então torna-se possível o desenvolvimento de componentes fundamentais para a manutenção e desenvolvimento das indústrias de diversos setores.
- Os processos de microusinagem não podem ser comparados aos processos de usinagem convencional, uma vez que, na usinagem micro, o efeito escala provoca um aumento não linear na energia específica de corte.
- A presença do efeito *ploughing* no processo de microfresamento, acontece em razão do ângulo de saída negativo, da microferramenta de corte. Esse efeito é responsável por causar deformações plásticas no material da peça, fazendo com que a ferramenta apenas arraste o material, sem cortá-lo.
- O alumínio é um material amplamente utilizado pelas indústrias e possui potencial para ser submetido a processos micro, porém sua alta ductilidade associada ao alto *ploughing* no processo fazem com que rebarbas de grandes dimensões ocorram.
- A principal diferença nos tipos de rebarbas dá-se no processo de formação. As rebarbas primárias, que são formadas a partir da quebra do material deformado plasticamente. Se durante o processo de formação de rebarbas primárias ocorrer a fratura, têm-se a formação de rebarbas do tipo agulha ou do tipo pena. Já as rebarbas menores, são formadas quando o avanço por dente e a profundidade de corte forem suficientemente pequenos.
- Para diminuir as dimensões das rebarbas formadas, deve-se encontrar uma melhor combinação de parâmetros de corte, principalmente o avanço por dente, velocidade de corte e, velocidade de avanço.
- A condição da ferramenta de corte, bem como o tempo de usinagem, são outros fatores que afetam diretamente as dimensões das rebarbas formadas no processo. Processos de microusinagem realizados com microferramentas de corte novas e afiadas, produzem rebarbas com dimensões mínimas e distribuição uniforme. Em relação ao tempo do processo, observou-se que, processos mais longos formam rebarbas maiores.

4. CONCLUSÕES

A partir da elaboração desse trabalho, conclui-se que:

- i. A formação de rebarbas torna-se bem mais significativa nos processos micro, devido ao tamanho relativo e à dificuldade de remoção.
- ii. Os parâmetros de corte afetam diretamente a formação das rebarbas. O aumento em parâmetros, como velocidade de corte e avanço por dente, propicia o aumento das rebarbas no alumínio.
- iii. As rebarbas podem ser formadas em diferentes posições no microcanal, sendo denominadas como rebarba de saída, rebarba lateral, rebarba superior, rebarba de entrada e rebarba de entrada lateral.
- iv. Em relação a classificação das rebarbas, são definidas como: rebarbas primárias, rebarbas do tipo agulha, rebarbas do tipo pena e, rebarbas menor.
- v. Assim como no processo macro, deve-se evitar o uso de ferramentas desgastadas, pois resultam em maiores dimensões dos cavacos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia Mecânica e à Universidade de Brasília.

6. REFERÊNCIAS

- Bissacco, G.; Hansen, H.; Nørgaard; De Chiffre, L., 2005. "Micromilling of hardened tool steel for mould making applications". *Journal of Materials Processing Technology*, v. 167, p. 201-207.
- Camara, M.; Rubio, J. C.; Abão, A.; Davim, J., 2012. "State of the art on micromilling of materials, a review". *Journal of Materials Science & Technology*, Elsevier, v. 28, p. 673-685.
- Chae, J.; Park, S. S.; Freiheit, T., 2006. "Investigation of micro-cutting operations". *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 46, p. 313-332.
- Cheng, K.; Huo, D. Micro-cutting - Fundamentals and Applications. [S.l.]: *John Wiley & Sons*, 2013.
- Flynn, B.B., Sakakibara, S., Schroeder, R.G., Bates, K.A. and Flynn, E.J., 1990. "Empirical research methods in operations management". *Journal of operations management*, v. 9, pp. 250-284.
- HASHIMURA, M.; HASSAMONTR, J.; DORNFELD, D. Effect of in-plane exit angle and rake angles on burr height and thickness in face milling operation. 1999.
- Kiswanto, G., Zariatin, D. and Ko, T., 2014. "The effect of spindle speed, feed-rate and machining time to the surface roughness and burr formation of aluminum alloy 1100 in micro-milling operation". *Journal of Manufacturing Processes*, Vol. 16, pp. 435-450.
- Lekkala, R.; Bajpai, V.; Singh, K. R.; Joshi, S. S, 2011. "Characterization and modeling of burr formation in micro-end milling". *Precision Engineering*. v. 35, p. 625- 637.
- Oliveira, D. d., 2019. "Efeito escala e integridade superficial no microfresamento da liga de níquel inconel 718". Tese de doutorado, Universidade Federal de Uberlândia.
- OLVERA, O.; BARROW, G. An experimental study of burr formation in square shoulder face milling. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 36, n. 9, p. 1005-1020, 1996. ISSN 0890-6955. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0890695596000144>>.
- Zhang, Zhiyang, Yuan, Zhenjian and Wang, Guicheng, 2017. "Formation and control technology of top burr in micro-milling". *MATEC Web Conf.*, Vol. 108, p. 5.
- Ziberov, M.; de Oliveira, D.; da Silva, M. B.; HUNG, W. N., 2020. "Wear of tialn and dlc coated microtools in micromilling of ti-6al-4v alloy". *Journal of Manufacturing Processes*, v. 56, p. 337-349.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

BURR FORMATION ON THE MICRO MILLING OF ALUMINIUM ALLOYS.

Geovanna Diniz Mendonça, e-mail¹

Marcelo Lopes de Araújo, e-mail¹

Deborah de Oliveira, oliveira.deborah@unb.br¹

¹University of Brasilia, Faculty of Technology, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, CEP 70910900.

Abstract. Aluminum alloys have many industrial applications, mainly due to their low density and high corrosion resistance. These alloys, however, despite having low mechanical strength, can be challenging during machining due to the large deformations that can occur associated with their high ductility. This problem is aggravated when considering small parts, with micrometric characteristics, as in the case of micromachining. Micromachining is a set of machining processes characterized by using cutting tools with dimensions smaller than 1000 μm . This process is also characterized by the difficulty in chip formation, since micromachining tools cannot be considered perfectly sharp and their large edge radius makes machining predominantly negative, which results in a lot of ploughing and plastic deformation, without material removal. It can be seen then that the micromachining of aluminum alloys may not be trivial, since the main factor that can make micromilling difficult is present in these high ductility alloys, which makes the parts present the tendency to ploughing, as well as large burrs, which may even have dimensions greater than the geometric characteristic that was machined in the part. In addition, due to the reduced sizes, micromachining is a process that does not allow deburring to be done simply, as in macro processes. Thus, considering that micromachining, more specifically the micromilling process, is relatively new, and that micromilling of aluminum alloys can be hampered by the presence of large burrs, this work aims to make a bibliographic survey on the results obtained in micromilling of aluminum alloys with a focus on burrs and with the analysis of the literature. It is expected to identify cutting parameters that favor the manufacture of micro parts with smaller burrs. Finally, it is expected to be able to compile a set of micromilling characteristics, in order to contribute to the manufacture of aluminum microparts with a reduction in burrs.

Keywords: Micro machining, Micro milling, Aluminum, Burr