

COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS DE MICRO ROSQUEAMENTO POR CONFORMAÇÃO E USINAGEM NA LIGA DE ALUMÍNIO 7075-T651

Juliano Aparecido de Oliveira, jao687@hotmail.com¹

Sérgio Luiz Moni Ribeiro Filho, sergiolmrf@gmail.com²

Breno Santos de Siqueira, breno.siqueira@emuge-franken.com.br²

Lincoln Cardoso Brandão, lincoln@ufsj.edu.br²

¹Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

²Universidade Federal de São João del Rei

Resumo: Atualmente, regiões roscadas estão presentes em quase todos os produtos mecânicos industriais. Roscas são usadas para duas aplicações básicas; unir uma ou mais peças em conjuntos mecânicos ou proporcionar deslocamentos precisos de conjuntos mecânicos. Neste trabalho comparou-se os processos de micro rosqueamento por conformação e usinagem de roscas padrão métrico M3 na liga de alumínio 7075-T651. Foram monitorados a força de avanço, o torque e o perfil das roscas. A lubrificação/refrigeração do processo foi realizada com emulsão em concentração de 6%. Pode-se concluir que o valor do torque foi maior na fabricação de roscas conformadas quando foi usada a menor velocidade de laminação em comparação com a mesma velocidade para as roscas usinadas, por outro lado com velocidades maiores o valor de torque foi similar para os dois processos. A velocidade não foi um fator influente na força de avanço quando foram comparados os dois processos. A recuperação elástica das roscas conformadas foi maior que das roscas usinadas e a dureza aumentou significativamente na crista das roscas conformadas em comparação com a dureza na base das roscas.

Palavras-chave: Micro rosqueamento, Laminação de Rosca, Torque, Força de Avanço

1. INTRODUÇÃO

As ligas alumínio são materiais não-ferrosos aplicadas com frequência na indústria automotiva, devido ao seu baixo peso, facilidade de trabalho e a possibilidade de reciclagem (Chowdhary et al., 2002). As ligas de alumínio também apresentam um grande potencial de reciclagem na indústria brasileira correspondente a 95% em peso. Todas as ligas de materiais metálicos não ferrosos têm enorme potencial para a produção de roscas usinadas e conformadas. A elevada ductilidade destas ligas proporciona a produção de roscas conformadas com a mesma qualidade das roscas usinadas.

Além disso, de acordo com Agapiou (1994), para diâmetros iniciais menores de furos existe uma tendência de ocorrer o maior enchimento do perfil roscado. Entretanto, o processo necessita de elevado nível de torque, e a operação deve ser controlada para evitar a ruptura da ferramenta. Os fios produzidos por machos laminadores têm algumas particularidades, sendo a principal a divisão da crista no topo da rosca. De acordo com Fromentin et al. (2002) a taxa de formação da crista depende diretamente do diâmetro do furo inicial, pois diâmetros menores fornecem uma crista menor na parte superior da rosca do parafuso.

O rosqueamento com machos máquina é um dos processos mais utilizados para a fabricação dos diversos tipos de roscas, devido à versatilidade de ferramentas existentes no mercado (Picoli e Fontana, 2012). No processo de rosqueamento interno, cada dente do macho funciona como uma ferramenta trabalhando individualmente assim que entra no furo a ser roscado. Entretanto, no rosqueamento por conformação o macho laminador gera a deformação do material e ocorre à frente dos dentes da ferramenta. Assim, o material deformado vai sendo acumulado entre as faces dos dentes, do lado das estrias do macho laminador. É esse material que vai formando a rosca, à medida que os outros dentes vão deformando mais o material e acumulando-o entre as faces dos dentes, até que o último dente da parte cônica do macho trabalhe o material e este assume a forma da crista final do filete (Carvalho et al., 2012; Fromentin et al., 2002).

A microengenharia é definida como o desenvolvimento da manufatura de materiais, que apresentam características funcionais, a uma dimensão na ordem de milésimo de milímetro, porém, ainda não existe um conceito próprio para a micromanufatura ou microusinagem. Segundo Masuzawa (2000), o conceito de micro, apesar de ser aplicado a peças muito pequenas, varia de acordo com a época, pessoa, método de usinagem, tipo de produto ou material. Para Ng et al. (2006), a definição de corte em microescala ou nanoescala seria uma remoção de cavaco em uma escala bem pequena.

A necessidade de dispositivos e componentes miniaturizados de alta complexidade contribui para evolução da microfabricação em uma variedade de materiais. A importância econômica dos microssistemas cresce constantemente, principalmente, aplicada a setores como automobilística, telecomunicações e aeroespacial. Uma melhor idealização dessa importância seria quando se integra os microcomponentes aos produtos tradicionais, o que envolve uma otimização das células de produção das indústrias de moldes e matrizes.

Entretanto, a produção destes componentes nesta escala de miniaturização é complexa e exigem uma qualidade de acabamento elevada. A usinagem destes minicomponentes deve ser realizada produzindo superfícies complexas e

excelentes, porém, não apresenta qualidades próximas a do processo de polimento com baixas rugosidades. Assim, o domínio da fabricação destes dispositivos estabelece-se como uma tecnologia que precisa ser desenvolvida e estudada sobre o ponto de vista da qualidade da liga alumínio 7075, com o objetivo de otimizar o processo de fabricação destes componentes, além de flexibilizar sua produção em escala industrial.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A liga de alumínio 7075-T651 no estado homogeneizado em formas quadráticas com comprimento de 13 mm e 5 mm de altura, com dureza de $161,5 \pm 11$ Hv, foram empregadas para os ensaios experimentais. A Tabela 1 apresenta a composição química da liga 7075-T651.

Tabela 1. Composição química da Liga de Alumínio 7075-T651 utilizada nos experimentos.

Alumínio 7075-T651											
	Cr [%]	Cu [%]	Fe [%]	Mg [%]	Ni [%]	Si [%]	Ti [%]	Zn [%]	Zr+Ti [%]	Outros [%]	Al [%]
Mínimo	0,18	1,2		2,1				5,1			87,17
Máximo	0,28	2,0	0,5	2,9	0,30	0,05	0,4	6,1	0,25	0,05	89,17

Um centro de usinagem vertical com uma rotação de 10.000 rpm e 15 kW de potência foi empregado para realizar os testes de micro rosqueamento. Um sistema de pinças mecânico rígido foi acoplado em um suporte do tipo BT-40. A sincronização dos movimentos axial e rotacional baseou-se no software CNC modelo SINUMERIC 840D. Os testes experimentais da liga de alumínio 7075-T651 foram realizados usando emulsão com 6% de concentração e vazão de 20 l/min. A força axial e o torque durante o rosqueamento e furação foram medidos usando um dinamômetro piezoelétrico com uma taxa de aquisição de 500 Hz. O sinal do dinamômetro foi estabilizado por um amplificador. A Figura 1 (a) mostra o dispositivo usado para fixar as peças de trabalho e a Figura 1 (b) mostra a instalação experimental.

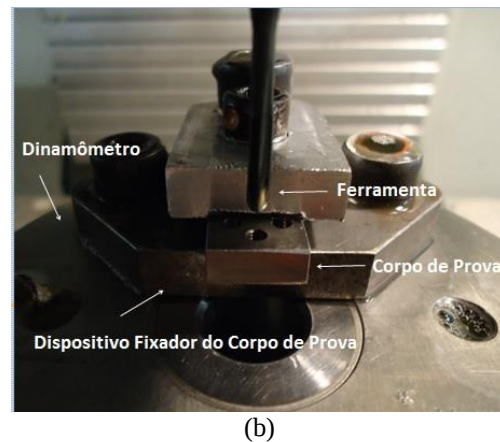
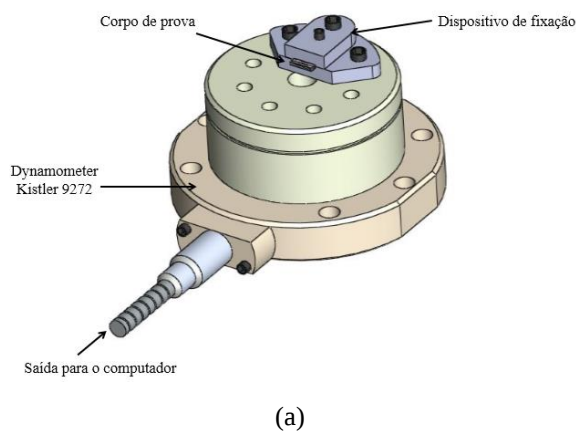


Figura 1. (a) Fixação do corpo de prova no dinamômetro e (b) montagem experimental (Fonte: autoria própria).

As ferramentas utilizadas foram machos de corte e laminadores, especialmente desenvolvidos para usinagem (Fig. 2b) e laminação de roscas (Fig. 2a) em materiais não ferrosos. O macho de laminação e usinagem (M3-6HX 1 Druck-S e M3-ISO2, respectivamente) foram fornecidos pela EMUGE-FRANKEN-Franken. Estas ferramentas foram identificadas como F-Tap e MR-Tap, respectivamente. O macho de laminação não tem uma borda de corte e a sua geometria é formado por três lobos (Fig. 2a). Esta ferramenta é comumente usada na laminação de materiais não ferrosos. O macho de usinagem tem três arestas retas (Fig. 2b). As roscas produzidas pelos machos estavam em conformidade com diâmetro M3 com um passo de 0,5 mm (tolerância 6H). Os machos com arestas retas são recomendados para produzir um perfil de rosca em materiais não ferrosos, como alumínio e latão, entretanto machos com arestas helicoidais são usados para materiais não-metálicos, tais como polímeros e compósitos. Para a furação do diâmetro inicial, foram utilizadas brocas de metal duro com diâmetro externo de 2,5 mm.

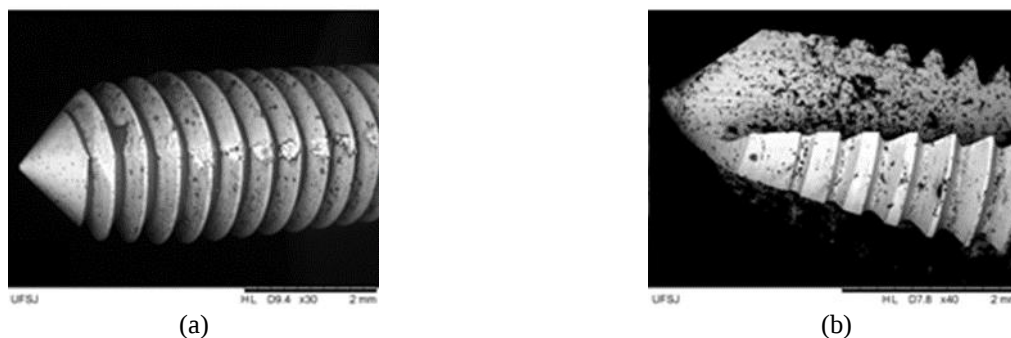


Figure 2. Machos: (a) F-Tap (M3-6HX) e (b) MR-Tap (M3-ISo2/6H) (Fonte: autoria própria)

A medição das ultradurezas superficiais baseou-se na norma ASTM E384-07 (2007). Esse método estabelece a determinação da ultradureza dos materiais através de ensaio de penetração feito por um penetrador Knoop ou Vickers. As medições foram realizadas utilizando um ultra micro durômetro Dynamic Ultra Micro Hardness Tester Shimadzi com pequeno indentador piramidal de diamante e base quadrada, aplicando uma carga de 50 gf (0.49 N) durante 10 segundos.

2.1. Planejamento de Experimentos (DOE)

O planejamento de experimento é constituído de um conjunto de técnicas estatísticas que proporcionam um método estruturado para planejar, executar e analisar os experimentos. O DOE é usado para determinar qual a melhor combinação de variáveis para a obtenção da resposta desejada (Montgomery, 2005). A abordagem DOE tornou-se essencial para determinar e examinar o comportamento do processo de micro rosqueamento e micro furação e identificar quais fatores são mais significativos. A influência dos fatores experimentais pode ser subdividida em diversos ramos, como: determinar que variáveis influenciam mais nos resultados, atribuir valores às variações influentes para otimizar o processo ou para minimizar a variabilidade dos resultados, além de poder minimizar a influência de variáveis não-controláveis.

A Tabela 2 exibe os fatores e níveis experimentais investigados para o rosqueamento da liga de alumínio 7075-T651. Os níveis experimentais foram baseados no catálogo do fornecedor para os materiais não ferrosos (Emuge, 2010). Testes preliminares foram realizadas para definir o limite superior e inferior para a rosca interna do alumínio. O maior nível de velocidade foi fixado em 25 m/min, o que corresponde ao limite superior de sincronização para o movimento axial e rotacional no centro da usinagem para produzir roscas M3. Todas as amostras foram furadas com um diâmetro de 2,5 mm para roscas usinadas e com um diâmetro de 2,77 para roscas conformadas, segundo recomendações do fabricante (Emuge, 2010).

Tabela 2. Fatores e níveis experimentais para o rosqueamento M3 da liga de alumínio 7075-T651 (Fonte: autoria própria).

Fatores	Níveis experimentais	
Velocidade (m/min)	10	25
Ferramenta/Processo	Usinagem MR - Tap	Conformação F - Tap

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para determinar se os fatores individuais e/ou as interações dos fatores de entrada eram estatisticamente significativas, demonstrando a influência dos fatores de entrada em relação as variáveis respostas. A Tabela 3 apresenta os resultados da ANOVA para os experimentos de rosqueamento. O 'P-valor' inferior ou igual a 0,05 indica que os efeitos ou interações são estatisticamente significativos, com intervalo de confiança de 95% (Montgomery, 2005). O parâmetro 'F' ou a relação 'F' foi calculado pela relação entre o quadrado médio ajustado e pelo erro quadrado médio ajustado. A maior razão para o parâmetro 'F' indica qual fator é mais influente sobre a variável resposta.

Os efeitos principais e as interações ilustram os fatores que influenciam os resultados experimentais. Uma interação é apresentada quando dois ou mais fatores afetam a variável resposta. Existe um efeito principal (ou fator individual) quando diferentes níveis do parâmetro de entrada são significativos sobre a variável resposta. No entanto, o efeito principal deve ser interpretado individualmente somente quando não há nenhuma evidência de interação com outros fatores (Wu e Hamada, 2000).

Os 'P-valores' sublinhados na Tabela 3 representam os fatores que são significativos sobre as variáveis respostas. Os valores em negrito indicam a presença de interações de segunda ordem. O valor de R^2 (ajustado) mostra o quão bem o

modelo pode prever as respostas para as novas observações. Em outras palavras, o R^2 corresponde a variabilidade dos valores de resposta observados que podem ser explicados pelos fatores controláveis e suas interações. O coeficiente R^2 mais próximo a 1 (ou 100%), indica um modelo de maior capacidade preditiva.

Tabela 3. Análise de variância para o micro rosqueamento da liga de alumínio 7075-T651 (Fonte: autoria própria).

Fatores e interações	Planejamento fatorial completo 2 ² = 4			
	P-valor ≤ 0.05			
	Força axial (N)		Torque (Nm)	
	F	P-valor	F	P-valor
Velocidade (m/min)	1,83	0,247	3,06	0,155
Processo	215,51	<u>0,000</u>	6,32	0,066
Velocidade*Processo	2,24	0,209	3,21	0,148
R ² (adj)	99,72%		85.89%	
Fatores e interações	Planejamento fatorial completo 2 ³ = 8			
	Ultradureza (Hv)			
	F		P-valor	
	F	P-valor	F	P-valor
Velocidade (m/min)	31,33	<u>0,001</u>		
Processo	0,52	0,493		
Posição de medição	76,46	<u>0,000</u>		
Velocidade*Processo	10,54	<u>0,012</u>		
Velocidade*Posição de medição	40,42	<u>0,000</u>		
Processo*Posição de medição	2,5	0,153		
Velocidade*Processo*Posição de medição	4,1	0,078		
R ² (adj)	95,58%			

3.1. Força Axial

Os valores de força axial para o rosqueamento do alumínio 7075-T651 variaram entre 7,17 N a 57,98 N. O efeito principal ‘processo’ afetou significativamente a força axial do processo de rosqueamento (Tabela 3). A Figura 3 exibe o efeito principal do ‘processo’ para a força axial. O processo por conformação proporcionou um aumento de 453,14% na força axial do rosqueamento. De acordo com Ribeiro Filho et al. (2012) a força axial é alta para a rosca conformada quando comparada com o processo de rosqueamento da rosca usinada. Esse comportamento sugere que a deformação do material requer mais energia para superar as forças intersticiais dos átomos do que o processo de usinagem, aumentando os esforços de corte.

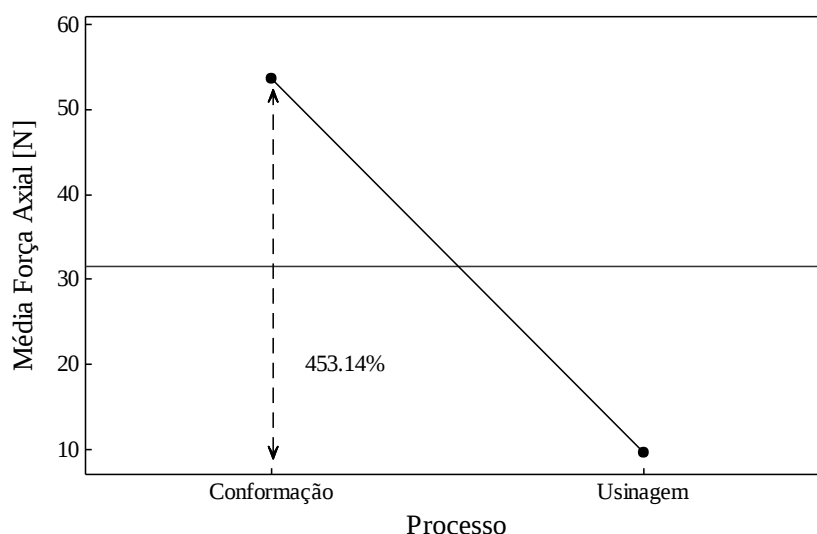


Figura 3. Efeito principal do ‘processo’ sobre a média da força axial do processo de rosqueamento do alumínio 7075-T651 (Fonte: autoria própria).

3.2. Torque

Os valores do torque variaram entre 1,34 Nm a 2,14 Nm. As interações e os fatores não afetaram significativamente o torque durante o processo de rosqueamento (ver Tabela 3, $P > 0,05$). O fator ‘processo’ é o fator mais influente para o torque com um valor de ‘F’ de 6,32. Estudos anteriores (Shyha et al.; 2010, Agapiou, 1994) apresentaram resultados similares. Bhowmick et al. (2010) investigaram o rosqueamento a seco e com lubrificação usando a técnica de mínima quantidade de lubrificante (MQL) na liga de alumínio Al-65% (319 Al) como uma forma alternativa do tradicional processo de rosqueamento com fluido de corte. Testes foram feitos com as condições a seco e a MQL em comparação a condição com fluido de corte. Os autores concluíram que a utilização do MQL foi eficaz na restrição do aumento da temperatura durante o processo de rosqueamento, garantindo uma adesão mínima do alumínio na ferramenta e resultando em valores baixos de torque.

3.3. Ultradureza

Os testes de ultradureza foram realizadas para confirmar a evidência de endurecimento devido à deformação do material. Os valores de ultradureza variaram entre 114,124 Hv a 246,176 Hv. As interações de segunda ordem ‘velocidade*processo’ e ‘velocidade*posição de medição’ foram significativas para a média da ultradureza (Tabela 3). A Figura 4 apresenta os efeitos da interação ‘velocidade*processo’ e ‘velocidade*posição de medição’ sobre a ultradureza durante o processo de rosqueamento M3. A crista foi a região da rosca que apresentou maior valor de dureza para as velocidades de 10 m/min e 25 m/min.. Comparando as condições de usinagem e conformação, observa-se que a rosca conformada proporcionou um aumento de 14,72% na dureza do alumínio quando a velocidade de 25 m/min foi empregada no processo. Entretanto, para o menor nível de velocidade (10 m/min) a rosca conformada reduziu a dureza do material. De modo geral, a velocidade de 25 m/min, a região da crista da rosca e o processo de conformação resultaram em um maior valor de dureza (Figura 5). Os maiores valores de dureza estão relacionados com a direção do deslocamento do macho de conformação ou de corte. Este efeito é intensificado quando as roscas são fabricadas com menores diâmetros. Este comportamento pode ser atribuído ao aumento da remoção do material, quando diâmetros iniciais menores são considerados, levando a um aumento de calor e, conseqüentemente, a um aumento na ductilidade e na deformação plástica. Além disso, o maior nível de velocidade (25 m/min) proporcionou um aumento nos valores da ultradureza. Comportamento diferente foi encontrado por Maciel et al. (2015) no rosqueamento externo por conformação da liga de titânio Ti-6Al-4V. Os autores verificaram que as velocidades elevadas do processo de rosqueamento não eram ideais para o endurecimento do material.

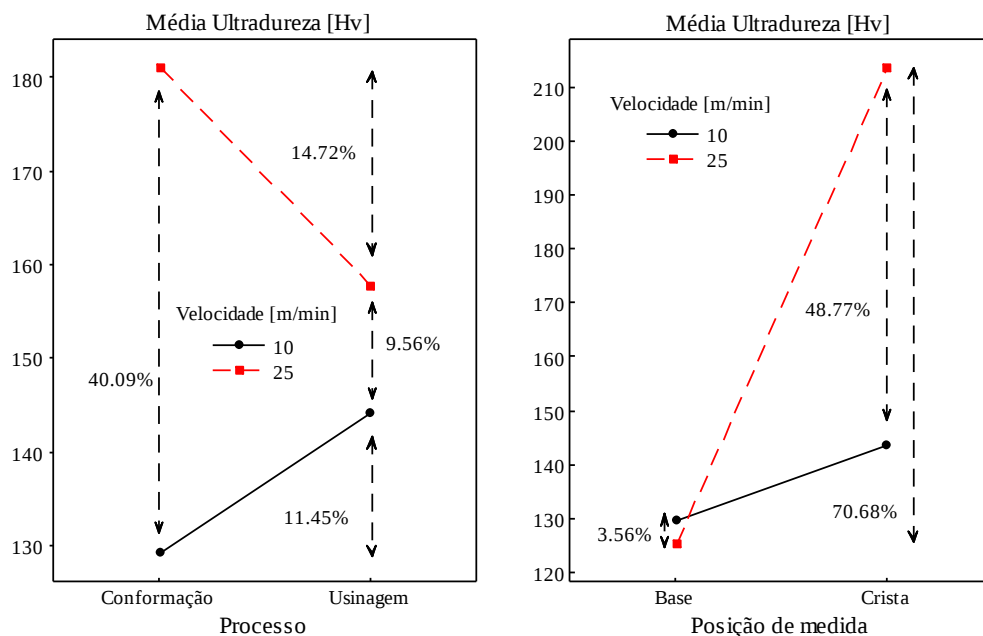


Figura 4. Efeito das interações ‘velocidade*processo’ e ‘velocidade*posição de medida’ sobre a ultradureza no rosqueamento da liga de alumínio 7075 – T651 (Fonte: autoria própria).

A nova fenomenologia no processo de rosqueamento apresenta diversas lacunas a serem preenchidas para possibilitar seu completo entendimento, especialmente, sob os aspectos metalúrgicos e as falhas que podem surgir com o aquecimento

da peça ou da região encruada. Frometin *et al.* (2002) relata que o endurecimento provocado pela conformação durante o processo de rosqueamento é benéfico, possibilitando o aumento da dureza da região do perfil da rosca. Entretanto, estudos de resistência da rosca considerando sua tração e deformação do perfil roscado no sentido axial não foram realizados, condição na qual grande parte das peças roscadas estão submetidas com mais frequência na montagem de componentes industriais.

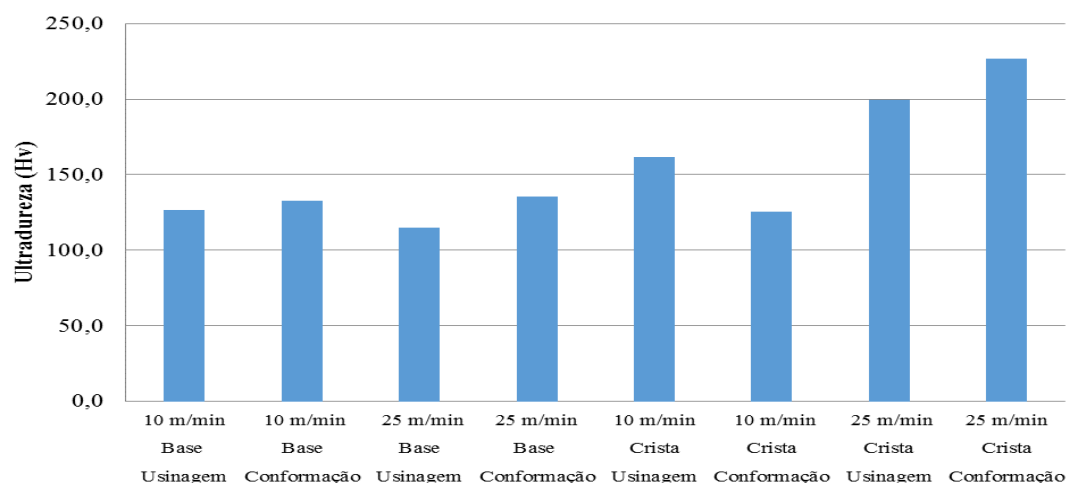


Figura 5. Valores da ultradureza para o processo de rosqueamento do alumínio (Fonte: autoria própria).

3.4. Análise Topográfica

A conformação de roscas resulta em perfis com textura superficial melhor que o processo de rosqueamento com geração de cavacos, além de roscas mais resistentes (Ivanov e Kirov, 1996). Segundo Fromentin *et al.* (2005) há um crescente interesse industrial na conformação de metais, em particular pela indústria automotiva, devido às vantagens inerentes ao processo, como grande número de furos roscados durante a vida da ferramenta com a mínima quantidade de lubrificante, melhor confiabilidade e melhor limpeza.

A Figura 6 mostra a microscopia eletrônica para a rosca conformada (Fig. 6a) e usinada (Fig. 6b) com velocidade de deformação de 10 m/min.. Observa-se que a crista apresenta, mais visivelmente, o rasgo característico de uma rosca conformada (Fig. 6a) e usinada (Fig. 6b), conforme previsto pelo fabricante da ferramenta. Em geral, a rosca conformada apresenta uma deformação visível na área da microestrutura do perfil da rosca, demonstrando a presença de encruamento dos grãos do material. Essa característica da rosca laminada pode ser correlacionada com a deformação de um volume do material no raio da rosca, gerando uma concentração de tensão. Dessa forma, esse fenômeno provoca um aumento na compactação dos grãos na rosca laminada, e assim, aumenta sua resistência, o que pode ser comprovado pelos maiores valores de dureza (Fig. 4 e 5). Fromentin *et al.* (2007) analisaram a deformação plástica do material e as altas tensões de deformação geradas durante o processo de rosqueamento. As conclusões demonstram que o processo de rosqueamento por conformação é uma boa alternativa em comparação ao processo de rosqueamento com geração de cavaco. Porém, pode-se confirmar que apenas os materiais mais dúcteis apresentam bom potencial para a fabricação de roscas laminadas. Geralmente são materiais que produzem cavacos contínuos quando são realizadas operações de rosqueamento com geração de cavaco, sendo os mais indicados para a conformação (Destefani, 2004).

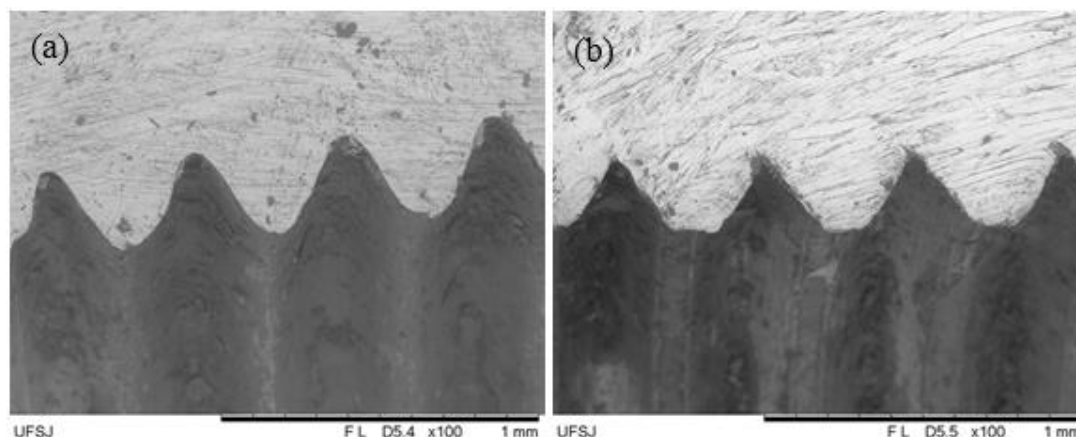


Figura 6. Microscopia eletrônica de varredura da rosca conformada (a) e usinada (b) para a velocidade de 10 m/min (Fonte: autoria própria).

A rosca obtida por conformação apresentou um perfil mais perfeito em comparação com a rosca usinada para a velocidade de 10 m/min (Fig. 6a). Verifica-se que o perfil da rosca usinada (Fig. 6b) não se formou por completo, gerando um perfil deficiente em qualidade. Em relação a superfície do fundo do filete, a rosca conformada mostrou um acabamento superficial melhor do que a rosca usinada para a velocidade de 10 m/min.. Entretanto, o mesmo comportamento não foi observado para o maior nível de velocidade (25 m/min), o preenchimento do perfil e o acabamento superficial do fundo do filete, analisados visualmente, foram melhores para a rosca usinada (Fig. 7b).

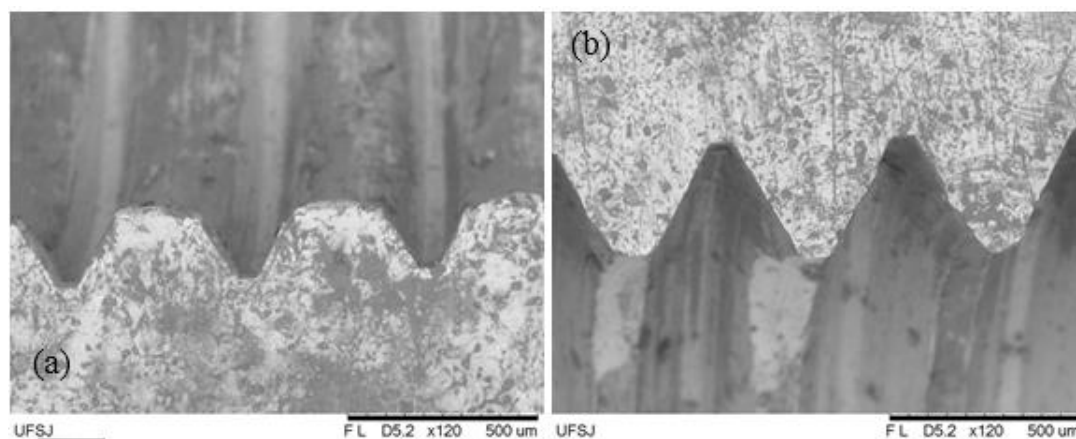


Figura 7. Microscopia eletrônica de varredura da rosca conformada (a) e usinada (b) para a velocidade de 25 m/min (Fonte: autoria própria).

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, as seguintes conclusões podem ser definidas:

- ✓ A força axial para o processo de conformação do alumínio 7075 foi superior ao processo de usinagem, o que indica que a deformação do material para superar a ligação intersticial dos átomos requer mais energia do que o corte do material. A análise de variância revelou que a velocidade não afetou significativamente a força axial para o processo de rosqueamento do alumínio;
- ✓ A rosca conformada com velocidade de 25 m/min proporcionou um aumento de 14,72% na ultradureza do alumínio durante o rosqueamento. Os maiores valores de dureza foram relacionados a direção do deslocamento do macho de conformação. Dessa forma, a região da rosca que apresentou maior dureza foi a crista. Entretanto, a rosca usinada com 25 m/min apresentou melhor preenchimento do perfil e acabamento superficial do fundo do filete.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo apoio financeiro para a participação no COBEF 2017 e a empresa Emuge-Franken pela doação das ferramentas.

6. REFERÊNCIAS

- Agapiou, J.A., 1994, "Evaluation of the effect of high speed machining on tapping, *Journal of Manufacturing Science and Engineering Technology – ASME*", vol. 116, pp. 57–62.
- Bhowmick, S., Lukitsch, M. J. and Alpas, A. T., 2010, "Tapping of Al-Si alloys with diamond-like carbon coated tools and minimum quantify lubrication". *Journal of Materials Processing Technology*, v. 210, pp. 2142–2153.
- Carvalho, A. O., Brandão, L. C., Panzera, T. H. and Lauro, C. H., 2012, "Analysis of form threads using fluteless taps in cast magnesium alloy (AM60)". *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 212, pp. 1753-1760.
- Chowdhary, S., Burak, O. O., Kapoor, S. G. and Devor, R. E., 2002, "Modeling and analysis of internal thread rolling". In: *Transactions of the NAMRI of SME*, pp. 329–336.
- Destefani, J., 2004, "Don't cut threads – form'em". *Manuf Eng.* vol. 32, pp. 1-5.
- Emuge, F., 2010, "Threading Technology. Innoform Cold-Forming Taps". *Chip-less Production of Internal Threads*, pp. 1–28.
- Fromentin, G., Poulachon, G., Moisan, A., Julien, B. and Giessler, J., 2005, "Precision and surface integrity of threads obtained by form tapping". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, vol. 54, Issue 1, pp. 219-522.
- Fromentin, G., Poulachon, G., Moisan, A., 2002, "Thread forming tapping of alloyed steel". In: *ICME – Proceedings, Naples, Italy*, pp. 115–118.
- Fromentin, G., Poulachon, G., Moisan, A., 2007, "Thread forming tapping of alloyed steel". *ICME Proceedings, Naples, Italy*, pp. 15-18.
- Maciel, D. T., Ribeiro Filho, S. L. M., Lauro, C. H. Brandão, L. C., 2015, "Characteristics of machined and formed external threads in titanium alloy". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Article in Press, v. 79, Issue 5, pp. 779–792.
- Masuzawa, T., 2000, "State of the Art of Micromachining. In *CIRP Annals - Manufacturing Technology*", v. 50, pp. 473-488.
- Montgomery, D. C., 2005, "Design and analysis of experiments". 6 th ed. Arizona, John Wiley & Sons Inc, pp. 1-643.
- Ng, C. K., Melkote, S. N., Rahman, M. and Kumar, A. S., 2006, "Experimental study of micro-and nano-scale cutting of aluminum 7075-T6". *International Journal Machining Tools and Manufacture*. v.46, pp. 929–936.
- Picoli, F. and Fontana, W. A., 2012, "Análise do torque no processo executado com machos". *Máquinas e Metais*, ano XLVIII, Aranda Editora, São Paulo, nº 555, pp. 198–209.
- Ribeiro Filho, S. L. M.; Carvalho, A. O.; Oliveira, J. A. and Brandão, L. C., 2012, "Estudo comparativo dos processos de rosqueamento por conformação e usinagem". *Anais do USINAGEM 2012*, pp. 1-14.
- Wu, C. F. J. and Hamada, M., 2000, "Experiments: planning, analysis, and parameter design optimization". New York: John Wiley & Sons, pp. 1-630.

7. RESPONSABILIDADE AUTORMAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

COMPARISON OF PROCESS FOR FORMING MICRO TAPPING AND MACHINING IN ALUMINUM ALLOY 7075-T651

Juliano Aparecido de Oliveira, jao687@hotmail.com¹

Sérgio Luiz Moni Ribeiro Filho, sergiolmrf@gmail.com²

Breno Santos de Siqueira, breno.siqueira@emuge-franken.com.br²

Lincoln Cardoso Brandão, lincoln@ufs.br²

¹Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

²Universidade Federal de São João del Rei

Abstract. *Currently, threaded regions are present in almost all industrial mechanical. Threads are used for two basic applications; join one or more parts in a mechanical joint or to provide accurate displacements of mechanical assemblies. This study compared the processes of micro threading for forming and machining M3 metric standard threads in the aluminum alloy 7075-T651. They were monitored to feed force, torque and the profile of the threads. The lubricating / cooling process was performed with the emulsion at a concentration of 6%. It can be concluded that the torque value was higher in the manufacture of shaped threads when the lower speed lamination compared with the same velocity was used for machined threads on the other hand at higher speeds the torque value was similar for the two processes. The speed was not an influential factor in the feed force when the two cases were compared. The elastic recovery of shaped threads is greater than machined threads and the hardness increased significantly shaped the crest of the threads compared with the hardness at the base of the threads.*

Keywords: *Micro threading, Laminating thread, Torque, Feed Force*