

ANÁLISE DA TÉCNICA DE LUBRI-REFRIGERAÇÃO MQL NA USINAGEM

Ricardo Amilton de Andrade Campos, ricardoamilton@hotmail.com¹
Deibe Valgas dos Santos, deibe.santos@prof.una.br¹

¹Instituto Politécnico - Centro Universitário UNA, Avenida Afonso Vaz de Melo, 465, 4º Piso da Expansão

Resumo: A técnica de aplicação do fluido de corte por meio de MQL (Minima Quantidade de Lubrificante) é realizada por uma válvula que faz a mistura de ar comprimido, sob uma pressão de 0,5 á 4,0 bar, com o fluido de corte, direcionando essa mistura para o ponto de contato peça/ferramenta. O objetivo deste trabalho é avaliar a técnica de aplicação do fluido de corte por MQL e jorro, analisando as médias das rugosidades Ra, Rq e Rz medidas após o fresamento de uma liga de alumínio SAE 7021. Identificou-se que a lubri-refrigeração por jorro apresentou um pequeno decréscimo na média das rugosidades em relação ao MQL, diferença essa não significativa quando analisada estatisticamente.

Palavras-chave: Fresamento, Lubri-refrigeração jorro, MQL

1. INTRODUÇÃO

Recentemente, a técnica MQL (Mínima Quantidade de Lubrificante), que consiste na utilização mínima de fluido de corte (cerca de 28 ml/min) para lubri-refrigeração no momento da usinagem, tem-se mostrado muito eficiente nos quesitos economia e proteção ambiental (Sato, 2017). Neste método de refrigeração, uma pequena quantidade de fluido é misturada com ar em um compartimento e é pulverizada na superfície da peça a ser usinada, sendo a quantidade de fluido utilizada muito menor quando comparada à técnica de lubrificação de baixa pressão (que utiliza cerca de 858 ml/min) (Diniz, 1999), utilizada na maioria dos centros de usinagem hoje existentes.

Na técnica de jorro um jato contínuo com baixa pressão de fluido de corte é jogado na peça, sendo muito eficiente, porém sendo necessários alguns retrabalhos posteriores, que são, a secagem dos cavacos que não podem ser descartados molhados e ainda há a necessidade do descarte correto do fluido quando o mesmo perder suas características de refrigeração e lubrificação não podendo mais ser reutilizado (Ferraresi, 1970).

Para que a empresa tenha maior lucro e diminua a agressão ao meio ambiente novas tecnologias e métodos devem ser implantados. A técnica MQL consiste principalmente na redução significativa no volume dos óleos utilizados na lubri-refrigeração durante a usinagem e manter a mesma eficiência quando utilizado a lubri-refrigeração convencional.

O objetivo deste trabalho é avaliar a técnica de aplicação do fluido de corte MQL e convencional, por meio das rugosidades Ra, Rq e Rz, após o fresamento de uma liga de alumínio SAE 7021. Por fim, avaliar as vantagens e desvantagens da técnica de lubri-refrigeração MQL em relação ao convencional.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para realização dos testes do presente trabalho utilizou-se uma máquina fresadora VEKER FVK-500ECO conforme Fig. 1.



Figura 1: Fresa VEKER FVK-500ECO.

Os insertos utilizados em todos os testes foram os WSP45S fabricados pela empresa WALTER. Eles contêm 8 arestas e revestimento PVD, como mostra a Fig. 2, e sempre uma nova aresta de corte foi utilizada para cada passo. A fresa utilizada tem diâmetro 26 mm e 3 dentes, também da fabricante WALTER. O fluido de corte utilizado no experimento foi o Fluido Sintético SH composto principalmente por Sal inorgânico e Trietanolamina (Dimetil Química LTDA, 2016).



Figura 2: Inserto WSP45S.

Inicialmente foi feita a mistura do fluido de corte com água na proporção de 1:20, sendo medida a água em um galão de 5 litros e o fluido de corte em uma proveta de 100 ml como ilustra a Fig. 3. Para a técnica jorro de lubri-refrigeração esta mistura foi introduzida no reservatório da própria máquina fresadora que tem capacidade para 6,6 litros e o jato direcionado ao ponto de contato peça/ferramenta a uma vazão de 858 ml/min.



Figura 3: Galão e proveta.

Logo após o preparo do fluido de corte, foi faceada uma face da peça cúbica de alumínio SAE 7021 de 1000 mm³, onde as propriedades mecânicas deste material podem ser visualizadas na *homepage* (Império dos Metais, 2016). Essa peça foi fixada na morsa da própria máquina fresadora. Para início dos testes a máquina fresadora foi então regulada para as seguintes condições de corte: a_e (Penetração de corte) = 26 mm; f_z (Avanço por dente) = 0,111 mm/dente; a_p (Profundidade) = 0,5 mm; v_c (Velocidade de corte) = 43 m/min. Utilizando o processo jorro de lubri-refrigeração, foram realizados três passos com a fresa mantendo a mesma direção de usinagem em todos passos, mediu-se então as rugosidades superficiais R_a , R_z e R_q paralelamente ao avanço no final dos processos de fresamento, tanto na entrada quanto na saída da fresa, utilizando um rugosímetro Mitutoyo SJ-210 que foi inicialmente verificado se o mesmo estava calibrado conforme Fig. 4.



Figura 4: Rugosímetro Mitutoyo.

Logo após, foi instalado na máquina fresadora, o dispositivo Nebulizador IV Tapmatic (Fig. 5), que é um dispositivo para aplicação de fluidos de corte por nebulização, trabalhando com ar comprimido (0,5 a 4,0 bar), através da técnica MQL, com uma saída de mangueira para direcionamento do fluido ao contato peça/ferramenta com uma vazão de 28 ml/min. Ele oferece economia de até 50% no consumo de fluidos para usinagem e pode ser utilizado em torneamento, fresagem, furação e outras operações compatíveis (Quimatic Tapmatic, 2017). Para a técnica de MQL foi utilizado como reservatório um galão de 5 litros, pois o mesmo deveria estar acima do nível do local onde foi instalado o Nebulizador IV Tapmatic.

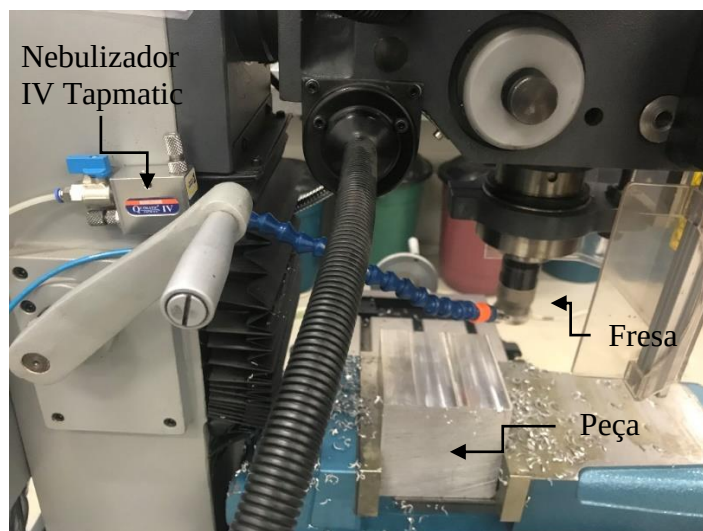


Figura 5: Nebulizador IV Tapmatic.

Faceou-se uma outra face da mesma peça e mantendo as mesmas condições de corte para a máquina fresadora e novamente realizou-se outros três passos do fresamento. Mediu-se da mesma forma as rugosidades superficiais Ra, Rz e Rq paralelamente ao avanço no final dos processos de fresamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os dados coletados nos testes foram montadas duas tabelas (Tab. 1 e Tab. 2) com diferentes valores de rugosidades, sendo uma para técnica jorro de lubri-refrigeração e outra para a técnica MQL de lubri-refrigeração. Nessas tabelas existem os valores médios e os desvios padrões dos testes.

Tabela 1 – Rugosidades superficiais Ra, Rq e Rz da peça usinada com a técnica convencional de lubri-refrigeração.

Ensaio	Entrada da fresa			Saída da fresa		
	Ra (μm)	Rq (μm)	Rz (μm)	Ra (μm)	Rq (μm)	Rz (μm)
1	3,446	4,213	16,179	1,395	1,82	8,157
2	1,708	2,088	9,368	1,691	2,016	8,014
3	1,425	1,679	6,842	2,676	3,255	11,366
4	1,588	1,992	8,078	1,154	1,54	7,598
5	2,213	2,587	9,735	1,643	2,108	9,663
6	1,591	1,818	6,321	1,162	1,545	7,346
7	2,896	3,476	13,45	2,368	1,974	9,431
8	2,576	3,037	12,019	2,347	2,846	11,35
9	1,911	2,296	9,358	1,923	2,44	10,175
Média	2,150444	2,576222	10,15	1,817667	2,17155556	9,233333
Desvio Padrão	0,691738	0,846993	3,202349	0,550732	0,579124363	1,541938

Tabela 2 – Rugosidades superficiais Ra, Rq e Rz na peça usinada com a técnica MQL de lubri-refrigeração.

Ensaio	Entrada da fresa			Saída da fresa		
	Ra (μm)	Rq (μm)	Rz (μm)	Ra (μm)	Rq (μm)	Rz (μm)
1	2,873	3,494	13,921	1,427	1,81	8,727
2	3,066	3,637	13,945	1,091	1,353	6,15
3	1,986	2,371	9,303	1,392	1,715	6,882
4	2,37	2,907	11,146	1,792	2,329	9,426
5	2,914	3,44	14,137	3,79	4,301	14,934
6	2,347	2,923	11,886	1,908	2,292	8,977
7	1,6	1,978	7,958	1,83	2,186	8,807
8	1,768	2,106	8,746	2,44	3,101	13,63
9	2	2,511	10,82	1,746	2,312	9,684
Média	2,324889	2,818555556	11,318	1,935111	2,377667	9,690778
Desvio Padrão	0,530947	0,616458253	2,350232	0,792876	0,872102	2,866286

Foram montados três gráficos (Gráficos 1, 2 e 3) onde, o Gráfico 1 mostra a média das rugosidades Ra, o Gráfico 2 mostra a média das rugosidades Rq e o Gráfico 3 mostra a média das rugosidades Rz. Os dados indicados nos gráficos 1, 2 e 3 apresentam uma pequena variação para os valores médios de rugosidades quando se compara a técnica jorro a técnica MQL de lubri-refrigeração, os valores para o jorro apresentaram um pequeno decréscimo no valor das médias.

Por meio dos gráficos 1, 2 e 3, que os valores de rugosidades foram menores na saída da fresa comparados a entrada da fresa. Uma possível explicação pode estar relacionada ao sistema de fixação e rigidez da peça, que pode ter promovido maiores vibrações na entrada da fresa causando maiores valores de rugosidades (Machado, 2015).

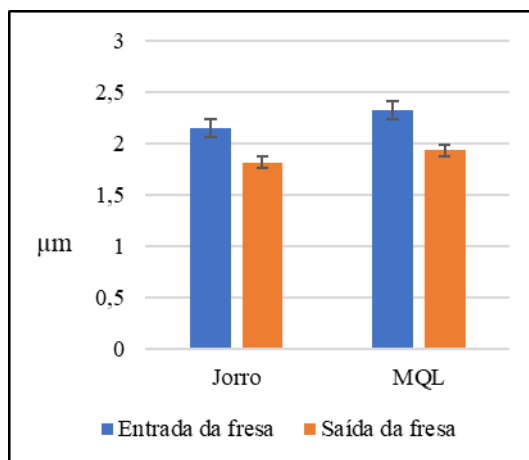
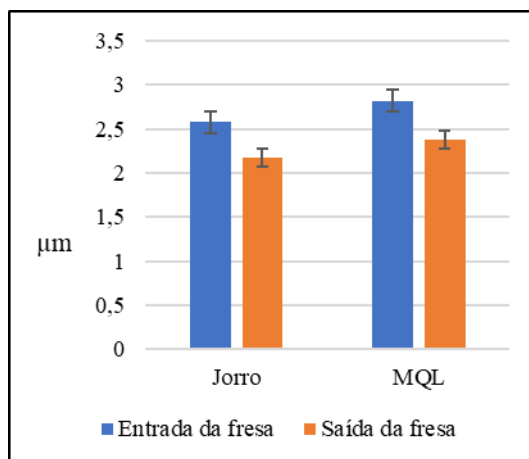
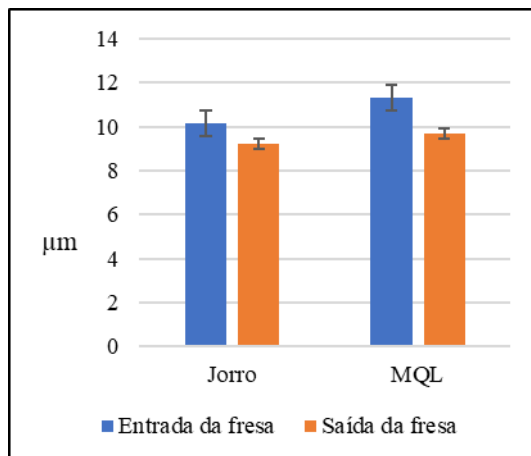
Gráfico 1 – Rugosidade Ra**Gráfico 2 – Rugosidade Rq**

Gráfico 3 – Rugosidade Rz

Vendo estas diferenças nos valores encontrados e não podendo afirmar qual das duas técnicas seria mais apropriada para o uso, foi necessário fazer uma análise de variância (ANOVA) que fornece dados estatísticos para uma avaliação mais completa.

Tabela 3 – Análise de variância para rugosidade rugosidades Ra.

	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entrada da fresa (Jorro x MQL)	0,36	0,55	4,49
Saída da fresa (Jorro x MQL)	0,13	0,71	4,49
Jorro (Entrada x Saída da fresa)	1,27	0,27	4,49
MQL (Entrada x Saída da fresa)	1,5	0,23	4,49

Tabela 4 – Análise de variância para rugosidade Rq.

	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entrada da fresa (Jorro x MQL)	0,48	0,49	4,49
Saída da fresa (Jorro x MQL)	0,34	0,56	4,49
Jorro (Entrada x Saída da fresa)	1,39	0,25	4,49
MQL (Entrada x Saída da fresa)	1,53	0,23	4,49

Tabela 5 – Análise de variância para rugosidade Rz.

	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entrada da fresa (Jorro x MQL)	0,59	0,45	4,49
Saída da fresa (Jorro x MQL)	1,73	0,2	4,49
Jorro (Entrada x Saída da fresa)	0,77	0,39	4,49
MQL (Entrada x Saída da fresa)	0,17	0,67	4,49

As Tab. 3, 4 e 5 mostram as análises estatísticas das rugosidades Ra, Rq e Rz respectivamente. Para determinar se os valores das rugosidades tanto da entrada e saída da fresa quanto da técnica convencional e MQL tem diferença significativa foi utilizado o valor-P que indica o valor da probabilidade e, estatisticamente, quando esse valor for maior que o erro utilizado ($\alpha = 0,05$), não existe essa diferença significativa entre os valores analisados. Analisando as Tab. 3, 4 e 5 observa-se que todos os valores de valor-P são maiores que o erro. Sendo assim, não se pode afirmar, estatisticamente, que os valores das rugosidades Ra, Rq e Rz são diferentes.

4. CONCLUSÕES

Por meio dos testes realizados pôde-se concluir que:

Por meio dos Gráficos 1, 2 e 3 observou-se uma pequena diferença entre os valores médios das rugosidades Ra, Rq e Rz entre as lubri-refrigerações jorro e MQL.

Por meio da Análise de variância não foram identificados estatisticamente, com um nível de significância de 95%, a existência de valores de rugosidades diferentes entre a aplicação da lubri-refrigeração jorro e MQL.

A técnica MQL de lubri-refrigeração apresenta uma vantagem sobre a técnica de jorro por utilizar menos óleo lubri-refrigerante, diminuindo o custo da produção com gastos de fluido de corte e a degradação ao meio ambiente no momento de descarte.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao Centro Universitário UNA pela ajuda financeira.

6. REFERÊNCIAS

- Dimetil Química LTDA EPP (São Paulo). **Ficha de informações de Segurança de Produtos Químicos: Fluido Sintético SH**. 2016. Disponível em: <<http://www.dimetil.com.br/pdf/fluido-sintetico-sh.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2016.
- Diniz, Anselmo E.; Marcondes, Francisco C.; COPPINI, Nivaldo L. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: Mm Editora, 1999.
- Ferraresi, Dino. Fundamentos da usinagem dos **Metais**. 1. ed. São Paulo: BLUSHER, 1970.
- Imperio dos Metais (São Paulo). **Alumínio 7021**. 2016. Disponível em: <http://www.imperiodosmetais.com.br/downloads/download_ficha_tecnica/aluminio/7021.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2017.
- Machado, Álisson R. et al. **Teoria da Usinagem dos Materiais**, 3. ed. São Paulo: BLUSHER, 2015.
- Quimatic Tapmatic (São Paulo). **Nebulizador IV Tapmatic**: Dispositivo para nebulização de fluido para usinagem. Disponível em: <<http://www.quimatic.com.br/produtos/usinagem/nebulizador-4/>>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- Sato, Bruno Kenta; LOPES, José Claudio; SALES, Alan Rodrigo de. **Usinagem Sustentável: Uma análise integrada dos fenômenos da técnica de Mínima Quantidade de Lubrificante no processo de retificação**. São Paulo: Novas Edições Acadêmicas, 2017.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

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

ANALYSIS OF THE MQL COOLING TECHNIQUE IN MACHINING

Ricardo Amilton de Andrade Campos, ricardoamilton@hotmail.com¹

Deibe Valgas dos Santos, deibe.santos@prof.una.br¹

¹Polytechnic Institute – UNA University Center, Afonso Vaz de Melo Avenue, 465, 4th Floor of Expansion

Abstract. *The technique of applying the cutting cooling by means of MQL (Minimum Quantity of Lubricant) is realized by a valve that makes the mixture of compressed air, under a pressure of 0.5 to 4.0 bar, with the cutting cooling, directing this mixture to the point of contact piece-tool. The objective of this work is to evaluate the cutting cooling application technique by MQL and spurt, analyzing the mean roughness ratios Ra, Rq and Rz measured after the milling of an aluminum alloy SAE 7021. It was identified that the cooling jet presented a small decrease in the mean roughness in relation to the MQL, a difference that was not significant when analyzed statistically.*

Keywords: Milling, Jet Cooling, MQL