

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE CAMQL PARA A RETIFICAÇÃO DO AÇO AISI 4340 COM REBOLO DE CBN

Kamira Miksza Fragoso, kah.miksza@gmail.com¹

Alan Polato Francelin, alan.polato@gmail.com¹

José Claudio Lopes, jclaudio.lopes@hotmail.com¹

Hamilton José de Melo, hamilton@feb.unesp.br¹

Luiz Eduardo de Angelo Sanchez, sanchez@feb.unesp.br¹

Paulo Roberto Aguiar, aguiarpr@feb.unesp.br¹

Wesley Rodrigues do Nascimento, wesleyrodriguesdonascimento@yahoo.com.br²

Eduardo Carlos Bianchi, bianchi@feb.unesp.br¹

¹ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Bauru, Avenida Engenheiro Luiz Edmundo de Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, 17033-360

² Instituto Federal de Santa Catarina, campus Chapecó, Avenida Nereu Ramos – D, 89130-000

Resumo: A retificação é, primordialmente, um processo de acabamento. Por se tratar de um processo que retira material através da abrasão ele tem um alto consumo de energia e, conseqüentemente uma alta geração de calor. Assim sendo, este processo de fabricação consome altas quantidades de fluido de corte. O seu elevado consumo é prejudicial tanto do ponto de vista econômico, já que a compra, tratamento, manutenção e o descarte adequado dos óleos de corte geram custos, bem como para a saúde do operador e para o meio ambiente. A técnica de aplicação de fluido de corte em mínima quantidade, conhecida como MQL consiste em aplicar gotículas de óleo em um fluxo de ar comprimido e, a névoa gerada desta combinação é aplicada diretamente na zona de corte do processo. A aplicação de MQL para a retificação ainda não está disponível na indústria devido ao problema de danos térmicos pela pouca refrigeração, bem como pelo problema de entupimento do rebolo. A técnica de MQL normalmente é feita aplicando ar em temperatura ambiente, porém o objetivo deste estudo visa verificar a influência da aplicação de ar frio na técnica de MQL. Para avaliar a eficácia da aplicação, foram realizadas comparações com a aplicação convencional (refrigeração abundante) e com a técnica de MQL tradicional na retificação do aço AISI 4340 através dos parâmetros de saída da rugosidade média e desgaste diametral do rebolo. Foram obtidos resultados melhores para o resfriamento quando comparado à técnica de MQL convencional para as três diferentes velocidades de corte aplicadas nos dois diferentes parâmetros analisados, porém os melhores resultados obtidos foram para a técnica de lubri-refrigeração convencional.

Palavras-chave: CAMQL; MQL; rebolo de CBN; retificação

1. INTRODUÇÃO

A retificação é um processo de usinagem por abrasão em que a retirada de material acontece pela interação dos grãos abrasivos com a peça. O uso de altas taxas de remoção de material neste processo visando o aumento de produtividade é limitado não apenas pelo equipamento, mas também pela alta quantidade de calor gerada no processo. Este aumento de calor e seu conseqüente aumento de temperatura devem ser controlados e mantidos abaixo de um determinado valor limite para evitar o comprometimento das peças que estão sendo fabricadas, que pode ocorrer na forma de tensões residuais elevadas, a não conformidade de forma e surgimento de fissuras. Para isso há o uso de fluido de corte, que além de refrigerar, lubrifica, remove cavacos da região de corte e minimiza o desgaste do rebolo, conseqüentemente melhorando a qualidade superficial das peças e reduzindo a perda por atrito. (Belentani *et al.* 2014; Oliveira *et al.* 2015; Saberi *et al.* 2016)

Atualmente as leis ambientais são mais rigorosas e os custos envolvidos com o fluido de corte são altos, podendo ser, na maioria dos casos, maior que o custo com ferramental, por exemplo, na indústria automotiva, o custo com fluidos de corte a cerca de 17% dos custos totais de fabricação, além disso, o seu tratamento para o descarte adequado fica entre dois a quatro vezes o seu preço de compra. (Pereira *et al.* 2015; Saberi *et al.* 2016). Desta forma, as pesquisas estão voltadas para a redução ou completa eliminação do seu uso.

A técnica de mínima quantidade de lubrificação, também chamada de MQL consiste em misturar ar e óleo em forma de um aerossol e pulverizá-lo diretamente na região de corte. Entretanto esta técnica não promove refrigeração suficiente quando comparada com a retificação convencional. Este fato somado a grande quantidade de calor transferida para a peça faz com que o MQL tradicional não seja suficiente para o processo de retificação em sua forma atual. (Belentani *et al.* 2014; Saberi *et al.* 2016)

(Choi, Lee, e Jeong 2002) compararam a retificação a seco combinada com a aplicação de ar comprimido resfriado com o método de retificação convencional em peças de alta dureza. Os experimentos foram realizados tanto para rebolos de óxido de alumínio como para rebolos de CBN. Os autores puderam concluir que os experimentos feitos produziram melhores resultados em termo de acabamento, circularidade e tensão residual para a aplicação de ar frio na retificação a seco, eles também verificaram a diminuição dos defeitos térmicos com a redução da temperatura do ar.

(Xiao e Zhang 2006) realizaram a retificação de mergulho para o aço AISI 4140 utilizando rebolo de óxido de alumínio a fim de comparar a retificação convencional, a seco, a seco com a aplicação de ar frio e com aplicação de uma camada de óleo vegetal, sempre menor que 2 μm , sobre a peça a fim de que esta camada de óleo promova a lubrificação durante a usinagem. Eles concluíram que a retificação a seco combinada com o ar frio, também chamada de CCA (*compressed cold air*) apresenta uma boa eficiência em baixas profundidades de corte, apresentando um bom acabamento (baixa rugosidade) quando comparado com os métodos convencional e a seco, porém quando há a aplicação da camada de óleo sobre a peça antes da usinagem, os resultados, em termo dos parâmetros de saída analisados neste trabalho, foram melhores.

(Oliveira *et al.* 2015) desenvolveram uma pesquisa visando a retificação a seco com um pré-resfriamento da peça anterior à usinagem. Os resultados obtidos foram positivos para rugosidade e circularidade para determinadas condições com um pré-resfriamento em nitrogênio líquido, porém deve ser realizada uma simulação para determinar a viabilidade da usinagem e da sua respectiva condição operacional.

Pode-se citar também o trabalho desenvolvido por (Saber *et al.* 2016) que visa à verificação da aplicação de ar frio combinado com MQL (CAMQL) para a retificação plana tangencial do aço CK45 utilizando rebolos de óxido de alumínio comparados com a retificação convencional e a seco. Os parâmetros avaliados foram as forças de corte e a qualidade superficial na forma da rugosidade das amostras. As forças de retificação foram menores para a condição CAMQL, porém esta condição apresenta o maior coeficiente de transferência de calor e o pior acabamento dos métodos avaliados. Assim, concluíram que a técnica de CAMQL pode ser viável para a retificação fina (de acabamento) de aços dúcteis.

Como é possível ver através de uma breve revisão dos trabalhos comentados anteriormente, existe uma forte tendência para a redução ou completa eliminação do uso de fluidos de corte com resultados positivos, tanto para a usinagem com rebolos de óxido de alumínio como para rebolos de CBN, apesar do primeiro ser mais explorado. Portanto o presente trabalho vem somar com a contribuição presente na literatura. O objetivo deste trabalho foi comparar o método de aplicação de ar frio comprimido combinado com o método de lubri-refrigeração por MQL ou CAMQL com o método de lubri-refrigeração convencional (lubrificação abundante) e com o método de lubri-refrigeração por MQL tradicional através da análise da rugosidade e do desgaste do rebolo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os corpos de prova utilizados para desenvolver o presente trabalho foram fabricados de aço AISI 4340, temperado e revenido com dureza de 54 HRC, de formato anelar, com diâmetro externo de 54 mm, diâmetro interno de 30 mm e espessura de 4 mm. O rebolo utilizado para a realização dos experimentos foi de CBN com ligante vitrificado do tipo 14A1, com diâmetro externo de 350 mm, diâmetro interno de 127 mm, largura de 15 mm e camada de 5 mm, liga com dureza R, concentração de 300 e granulometria de 100 mesh, classificado como granulometria fina. O rebolo, de código 125B91R300V23A, foi doado pela empresa Nikkon Ferramentas de Corte Ltda. A estrutura do rebolo pode ser observada na Fig. (1), com uma aproximação de 200 vezes. A imagem foi feita utilizando um microscópio DigiMicro 2.0 Scale da marca Drahtlose Nachrichtentechnik GmbH.

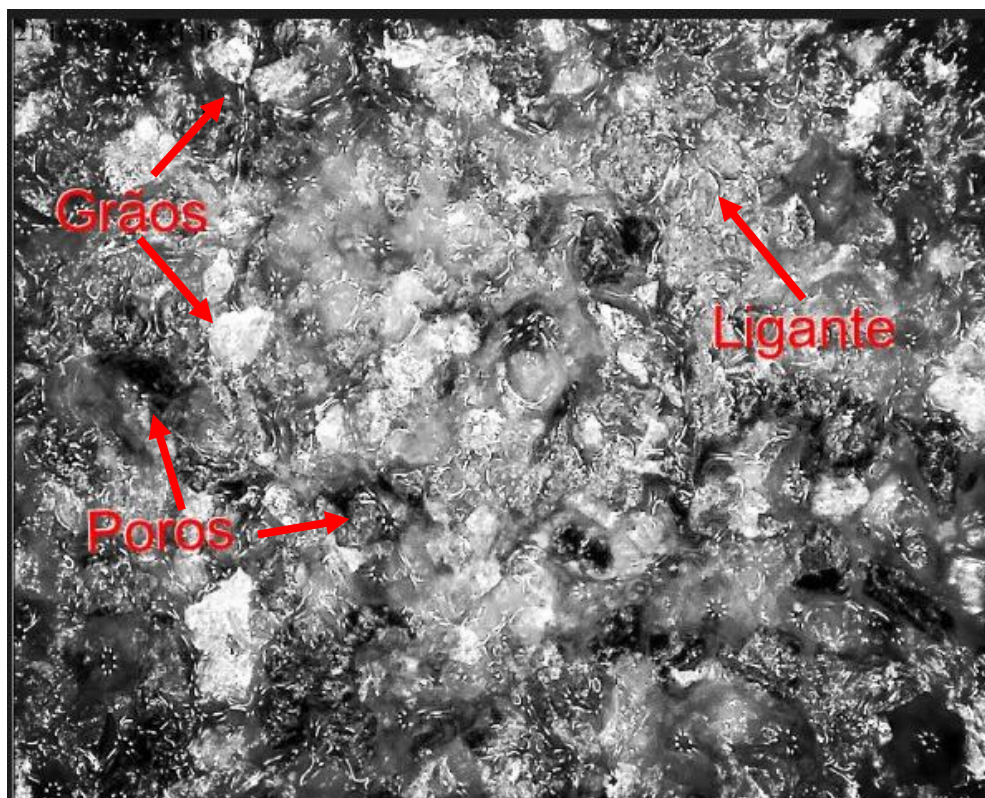


Figura 01: Elementos do rebolo de CBN. Fonte: Autor.

Os ensaios foram realizados utilizando a retificadora cilíndrica CNC da empresa Sulmecânica modelo RUAP 515H. Para cada um dos experimentos foi utilizado um tempo de spark-out (também chamado de tempo de faiscamento, ele corresponde ao tempo em que o rebolo gira sem avançar durante a usinagem) de 7,5 segundos.

O fluido de corte utilizado para as técnicas de MQL e MQL com ar frio foi o Accu-Lube® LB-1100 cedidos pela empresa ITW Chemical Products Ltda. O fluido em questão tem base vegetal e é biodegradável. Já para a aplicação convencional foi utilizado o óleo solúvel semi-sintético QUIMATIC ME-1, em emulsão de 2,5% em água, cedido pela empresa Quimatic Tapmatic do Brasil.

O ar comprimido do sistema de MQL tradicional foi aplicado em temperatura ambiente, com pressão de 6 bar. Este ar sai do compressor e passa pelo sistema de aplicação de MQL. Em seguida a mistura de ar comprimido e óleo é direcionada para a zona de corte através de um bocal projetado para esta finalidade.

O ar comprimido do sistema CAMQL foi resfriado a uma temperatura de aproximadamente 0°C por um tubo de vórtice, cedido pela empresa Emugue-Frank, com pressão de 6 bar. Este ar comprimido resfriado é misturado com a névoa proveniente do aplicador MQL em um bocal específico, mostrado na Fig. (02), projetado para este fim. O esquema ilustrado na Fig. (03) ilustra a diferença entre as duas técnicas.



Figura 02: (a) Vista lateral do bocal aplicador; (b) Entradas de ar frio e MQL no bocal aplicador de CAMQL; (c) Montagem do bocal aplicador de CAMQL no rebolo. Fonte: Autor.

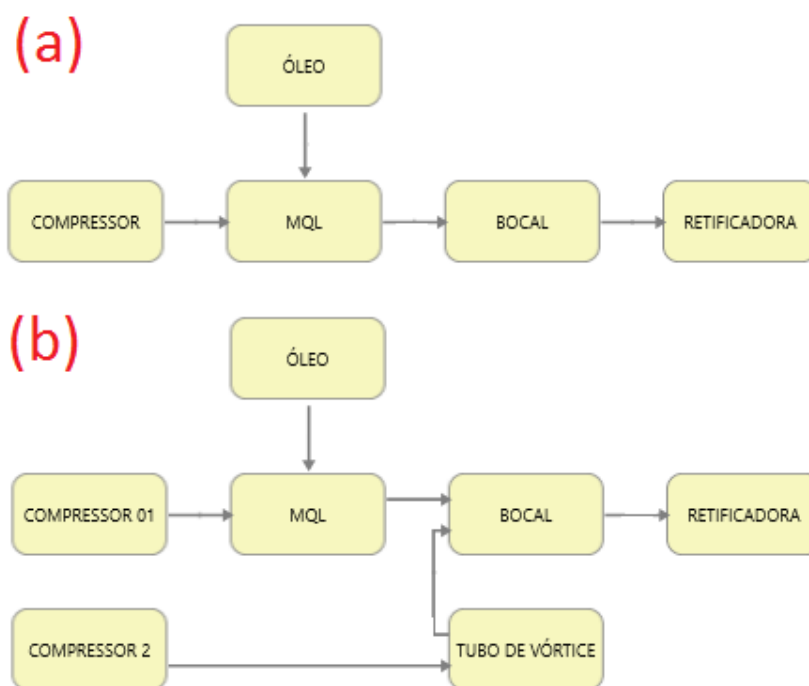


Figura 03: (a) Esquema da aplicação de MQL; e (b) Esquema da aplicação de CAMQL. Fonte: Autor

Foram realizados nove experimentos, com três repetições cada, totalizando 27 amostras com diferentes condições de usinagem. Destes, três deles são para a condição de lubri-refrigeração convencional, três para a lubri-refrigeração com a técnica de MQL e três para a técnica de CAMQL. Para todas as condições de lubri-refrigeração foram utilizadas três velocidades de corte diferentes, conforme ilustrado na Tab. (1).

Tabela 01: Ensaios realizados. Fonte: Autor

Número do Ensaio	Condição de Lubrificação	Velocidade de avanço	Número do Ensaio	Condição de Lubrificação	Velocidade de avanço	Número do Ensaio	Condição de Lubrificação	Velocidade de avanço
01	Convencional	0,25	10	MQL	0,25	19	CAMQL	0,25
02	Convencional	0,50	11	MQL	0,50	20	CAMQL	0,50
03	Convencional	0,75	12	MQL	0,75	21	CAMQL	0,75
04	Convencional	0,25	13	MQL	0,25	22	CAMQL	0,25
05	Convencional	0,50	14	MQL	0,50	23	CAMQL	0,50
06	Convencional	0,75	15	MQL	0,75	24	CAMQL	0,75
07	Convencional	0,25	16	MQL	0,25	25	CAMQL	0,25
08	Convencional	0,50	17	MQL	0,50	26	CAMQL	0,50
09	Convencional	0,75	18	MQL	0,75	27	CAMQL	0,75

A velocidade de corte foi mantida constante em 30 m/s para todos os 27 ensaios realizados. A dressagem foi realizada após cada um deles para garantir que não haveria desgaste do rebolo. Foi utilizado um dressador do tipo conglomerado com sucessivas penetrações de 2 μm cada até que completasse 40 μm . As variáveis de saída analisados foram a rugosidade e o desgaste diametral do rebolo.

2.1. Rugosidade (Ra)

A qualidade de uma superfície usinada pode ser analisada sob dois aspectos: integridade superficial, que diz respeito às alterações mecânicas e metalúrgicas e a topografia da superfície, que se refere a geometria da superfície usinada, que pode ser caracterizada pela rugosidade média ou aritmética. (Malkin e Guo 2008)

A rugosidade analisada foi o parâmetro de rugosidade média (Ra) utilizando o rugosímetro Surtronic 3++ da marca Taylor Hobson. Este equipamento está disponível no Laboratório de Usinagem por Abrasão (LUA) da Faculdade de Engenharia de Bauru. O equipamento conta com um apalpador de diamante. As medidas foram feitas perpendicularmente à direção de usinagem.

2.2. Desgaste diametral do rebolo

A medição do desgaste do rebolo é importante pois através dela pode-se determinar a relação G para o processo, que é a relação entre o volume de material removido pelo volume de rebolo gasto, e esta relação determina a eficiência do processo de retificação. (Rowe 2014)

O desgaste diametral do rebolo foi medido através do método de impressão de perfil. Esta técnica para a medição do desgaste consiste em retificar um cilindro de aço AISI 1020, retirando um volume fixo de material, a fim de que se possa marcar o desgaste no cilindro, conforme ilustrado na Fig. (04). O desgaste é então medido através do desnível presente no cilindro, conforme a Fig. (04) (a), este desnível é então ilustrado através de um software que acompanha o equipamento, a diferença “a” ilustrada na Fig. (04) (b) é o valor do desgaste. Esta medição de desnível foi realizada utilizando o rugosímetro mencionado no tópico anterior.

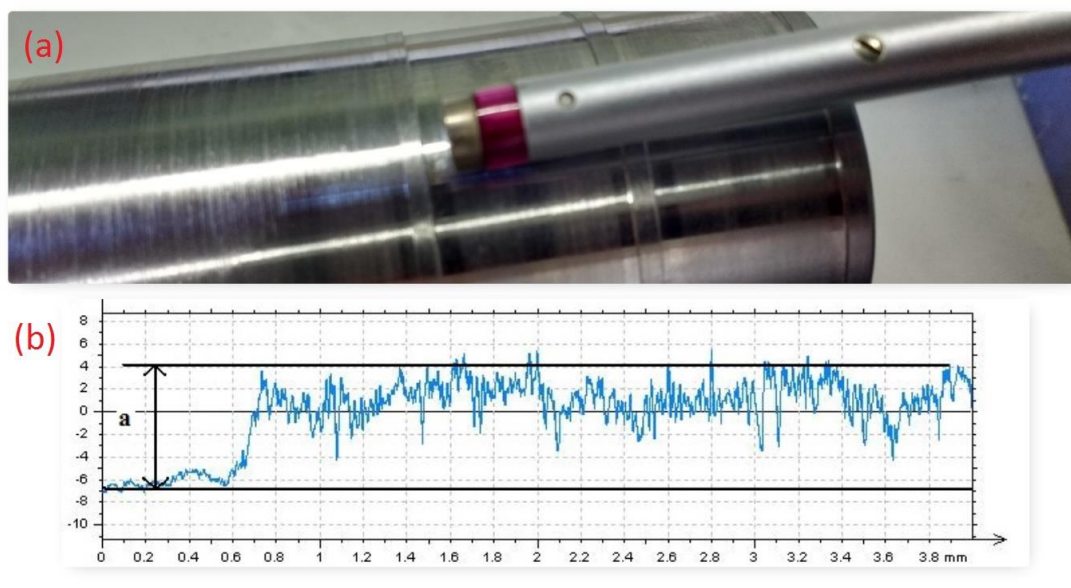


Figura 04: Método de impressão de perfil: (a) Medição do desgaste no cilindro; e (b) medição do desnível e determinação do desgaste. Fonte: Autor

3. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos para a rugosidade e para o desgaste diametral do rebolo na retificação do aço AISI 4340 temperado e revenido para diferentes condições de lubri-refrigeração. Os resultados são apresentados na forma de figuras com os seus respectivos desvios padrões e discutidos em seguida.

3.1. Rugosidade

A Fig. (05) apresenta os resultados obtidos para a rugosidade média (R_a) em função da velocidade de avanço para todas as técnicas estudadas.

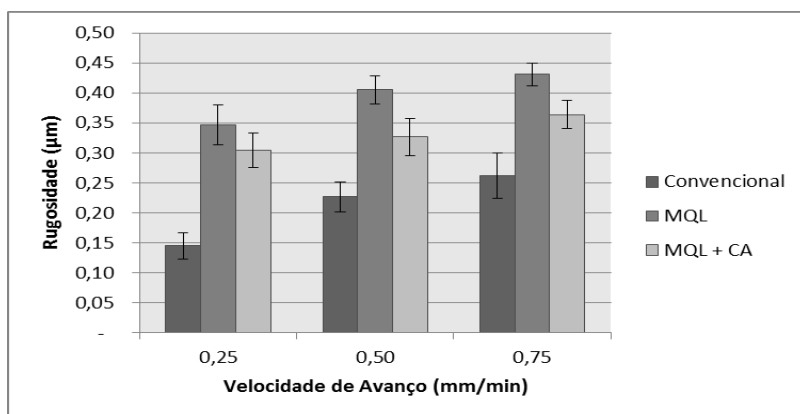


Figura 05: Resultados da Rugosidade média para as três condições de lubri-refrigeração avaliadas. Fonte: Autor.

Observando-se a fig. (05), é possível notar que os resultados da rugosidade média (R_a) foram se tornando maiores à medida que se aumenta a velocidade de avanço. Isso ocorre, pois há uma elevação na taxa de remoção de material, e consequente o processo de usinagem se torna mais severo, com um calor gerado maior, o que diminui a qualidade de acabamento das peças, ou seja, os valores de rugosidade se tornam menos apreciáveis.

Também é possível observar que os resultados de rugosidade média para o método de lubri-refrigeração convencional foram os melhores. Já os resultados do sistema de CAMQL ficaram melhores que os do sistema de MQL. Isso pode ser explicado já que a aplicação de MQL, seja ele o método à temperatura ambiente ou com ar frio, apresenta uma mínima quantidade de fluido, o qual tem como uma das funções principais retirar o cavado da região de corte e

diminuir o entupimento das porosidades do rebolo pode acontecer à formação de borra em torno do rebolo, e isso pode arranhar as peças e piorar os parâmetros geométricos analisados, causando assim um aumento na rugosidade. (Belentani *et al.* 2014)

Nas técnicas de CAMQL e MQL, a maior parte do calor (cerca de 95%) é dissipada pelo jato de ar proveniente destes sistemas de aplicação (Saber *et al.* 2016), assim, se o jato de ar for frio, ele tem uma maior capacidade térmica de retirar calor da região de corte através da refrigeração do ar, o que explica o melhor acabamento da técnica de CAMQL.

De acordo com (Saber *et al.* 2016), o método convencional fornece melhores resultados para o acabamento superficial, pois a emulsão óleo e água tem uma densidade maior que a do ar, o que acarreta em uma melhor refrigeração, já que seu calor específico e condutividade térmica são maiores. E, como há também a presença de maior quantidade de fluido, a zona de corte se mantém livre de cavacos e outros detritos, evitando que a peça seja arranhada, piorando assim o acabamento da mesma.

Assim, pode-se observar que todos os resultados de CAMQL foram menores que os de MQL. Para a velocidade de avanço de 0,25 mm/min, o valor da rugosidade ficou em 0,15 para o método convencional, 0,35 para o método de MQL e em 0,30 para o método de CAMQL. Para a velocidade de avanço de 0,50 mm/min, os valores ficaram em 0,23, 0,41 e 0,33, respectivamente para as técnicas convencional, MQL e CAMQL. Por fim, para a velocidade de avanço de 0,75 mm/min, os valores foram de 0,26, 0,43 e 0,36, respectivamente.

Pode-se afirmar que a técnica de lubri-refrigeração convencional fornece melhores condições tanto em termos de refrigeração como de lubrificação. Porém, tendo em vista que o principal objetivo do presente estudo é a redução da quantidade de fluido de corte utilizada, a técnica de CAMQL se mostrou uma alternativa viável, já que fornece resultados aceitáveis em termos do acabamento das peças retificadas utilizando rebolo de CBN para as dadas velocidades de avanço.

3.2. Desgaste diametral do rebolo

A Fig. (06) apresenta os resultados obtidos para o desgaste diametral do rebolo em função da velocidade de avanço para todas as técnicas estudadas

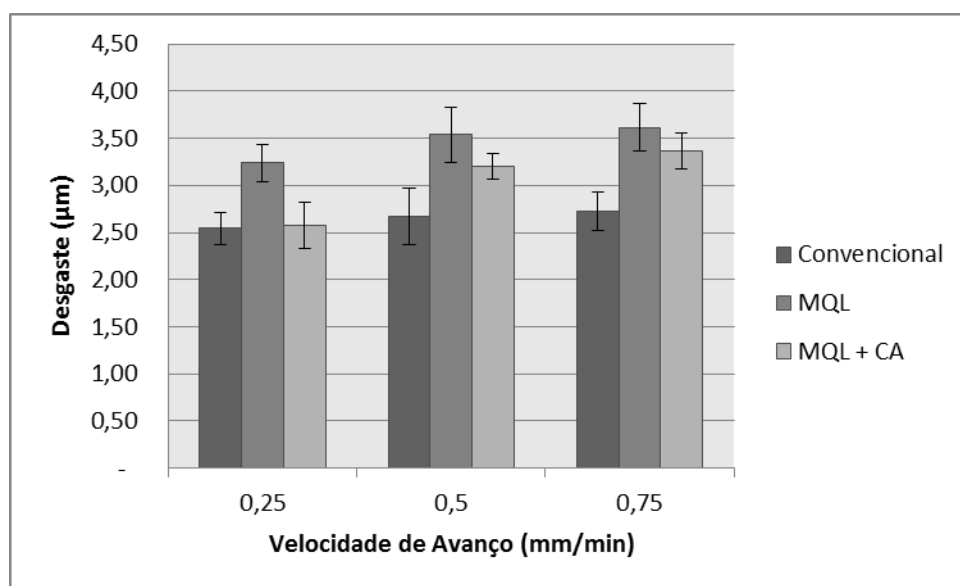


Figura 06: Resultados do desgaste diametral do rebolo para as três condições de lubri-refrigeração estudadas. Fonte: Autor.

Observa-se que possível notar que os resultados do desgaste diametral do rebolo foram menores para o método de lubri-refrigeração convencional, tendo os maiores resultados para o método de MQL. Segundo (Belentani *et al.* 2014) o desgaste do rebolo ocorre principalmente pela degradação térmica e às altas tensões mecânicas as quais o rebolo está sujeito. Assim sendo, quanto menor a dissipação de calor, as perdas das forças de adesão serão maiores e consequentemente maior será o desgaste. Isso explica o motivo dos altos valores de desgaste para a técnica de MQL, como o método de CAMQL promove uma melhor refrigeração, as suas forças foram intermediárias e isso promove um menor desgaste do rebolo do que o método de MQL.

Também foi possível notar que o desgaste aumenta gradualmente com o aumento da velocidade de avanço; o aumento da velocidade de mergulho torna a usinagem mais severa, pelo aumento da espessura do cavaco, o que aumenta o desgaste do rebolo.

A técnica de lubri-refrigeração convencional apresentou para a velocidade de avanço de 0,25 mm/min o desgaste de 2,54 μm , para a velocidade de 0,50 mm/min o desgaste de 2,67 μm e para a velocidade de avanço de 0,75 mm/min o desgaste de 2,73 μm . Estes valores foram os mais baixos obtidos para as respectivas condições de avanço do rebolo. Isso implica em uma maior taxa de remoção de material, já que o volume de material removido foi mantido constante para todas as condições estudadas.

A técnica de lubri-refrigeração por MQL apresentou valores de 3,24 μm , 3,54 μm e 3,62 μm para as velocidades de avanço de 0,25 mm/min, 0,50 mm/min e 0,75 mm/min, respectivamente. Estes resultados foram os mais altos, pois esta técnica implica em um acúmulo de calor na região de corte, o que implica em um maior desgaste do rebolo e consequentemente uma menor eficácia no processo de remoção de material, já que a ferramenta de corte se desgasta mais para remover o mesmo volume de material.

Por fim a técnica de lubri-refrigeração de CAMQL apresentou valores intermediários de 2,58 μm , 3,20 μm e 3,36 μm para as velocidades de corte de 0,25 mm/min, 0,50 mm/min e 0,75 mm/min, respectivamente. Pode-se notar que o valor do desgaste para as técnicas convencional e CAMQL ficaram bastante próximos na velocidade de 0,25 mm/min, isso acontece porque esta condição de usinagem é branda, o que diminui a degradação térmica à qual o rebolo está sujeito durante o processo, acarretando, neste caso um baixo valor de desgaste para ambas as técnicas de lubri-refrigeração.

4. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos no presente as conclusões obtidas após a análise dos dados apresentados nos tópicos anteriores para todas as condições analisadas no presente trabalho.

1. O método de lubri-refrigeração convencional (lubrificação abundante) apresentou os melhores resultados para os dois parâmetros analisados. Em todas as três velocidades de avanço, a rugosidade e o desgaste se mantiveram menores que as outras condições propostas;
2. A técnica de aplicação de MQL com ar frio se mostrou promissora em termo dos parâmetros analisados no presente trabalho (rugosidade média e desgaste diametral do rebolo) quando comparada à técnica de aplicação convencional de MQL. Isso acontece, pois, a técnica proposta melhora o aspecto de refrigeração do processo, consequentemente melhorando todas as variáveis influenciadas pelo excesso de calor presente no processo de retificação como distorções de forma e tensões residuais;
3. Todos os valores de rugosidade média (R_a) se situaram abaixo de 0,45 μm . Para a técnica de lubri-refrigeração convencional, os valores ficaram abaixo de 0,30 μm , para a técnica de MQL, abaixo de 0,45 μm e para CAMQL abaixo de 0,40 μm ;
4. Todos os valores de desgaste diametral do rebolo se situaram abaixo de 4,00 μm . Para a técnica de lubri-refrigeração convencional, os valores ficaram abaixo de 3,00 μm , para a técnica de MQL abaixo de 4,00 μm e para CAMQL abaixo de 3,75 μm ;
5. A técnica proposta para uma usinagem utilizando menos fluido de corte para a retificação do aço AISI 4340 temperado e revenido utilizando rebolo de CBN obteve sucesso;
6. A busca de uma usinagem mais sustentável e econômica pode ser atingida com técnicas de CAMQL, e este método também pode indicar o caminho viável para a aplicação do MQL na indústria de retificação.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de financiamento Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por todo o suporte financeiro oferecido para o desenvolvimento do presente projeto. Às empresas ITW Chemical Products Ltda e Quimatic Tapmatic do Brasil pela doação de todo o fluido de corte utilizado, à empresa Nikkon Ferramentas de Corte pela doação do rebolo de CBN e por todo suporte oferecido, à empresa Emuge-Franken pela doação do tudo de vórtice.

6. REFERÊNCIAS

- Belentani, Rafael de Mello et al. 2014. «Utilization of minimum quantity lubrication (MQL) with water in CBN grinding of steel». *Materials Research* 17(1): 88–96.
- Choi, Hon Zong, Suk Woo Lee, e Hae Do Jeong. 2002. «The cooling effects of compressed cold air in cylindrical grinding with alumina and CBN wheels». *Journal of Materials Processing Technology* 127(2): 155–58.
- Malkin, Stephen, e Chansheng Guo. 2008. *Grinding Technology: Theory and Applications of Machining with Abrasives*. 2.^a ed. New York: Industriel Press.
- Oliveira, F G et al. 2015. «CIRP Annals - Manufacturing Technology Dry grinding process with workpiece precooling». 64: 329–32.
- Pereira, O. et al. 2015. «The Use of Hybrid CO₂+MQL in Machining Operations». *Procedia Engineering* 132: 492–99. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705815044355>.
- Rowe, W. Brian. 2014. *Principles of Modern Grinding Technology*. 2.^a ed. William Andrew, Inc.

- Saberi, A. et al. 2016. «Improvement of surface grinding process performance of CK45 soft steel by minimum quantity lubrication (MQL) technique using compressed cold air jet from vortex tube». *Journal of Cleaner Production* 131: 728–38.
- Xiao, K. Q., e L. C. Zhang. 2006. «The effect of compressed cold air and vegetable oil on the subsurface residual stress of ground tool steel». *Journal of Materials Processing Technology* 178(1-3): 9–13.

7. DIREITOS AUTORAIS

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

CAMQL TECHNIQUE UTILIZATION FOR AISI 4340 STEEL GRINDING WITH CBN GRINDING WHEEL

Kamira Miksza Fragoso, kah.miksza@gmail.com¹
Alan Polato Francelin, alan.polato@gmail.com¹
José Claudio Lopes, jclaudio.lopes@hotmail.com¹
Hamilton José de Melo, hamilton@feb.unesp.br¹
Eduardo Carlos Bianchi, bianchi@feb.unesp.br¹
Luiz Eduardo de Angelo Sanchez, sanchez@feb.unesp.br¹
Paulo Roberto Aguiar, aguiarpr@feb.unesp.br¹
Wesley Rodrigues do Nascimento, wesleyrodriguesdonascimento@yahoo.com.br²

¹ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Bauru, Avenida Engenheiro Luiz Edmundo de Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, 17033-360

² Instituto Federal de Santa Catarina, campus Chapecó, Avenida Nereu Ramos – D, 89130-000

Abstract: Grinding is, primarily, a finishing process. Because it is a process that removes material through abrasion it has high energy consumption and, consequently, a high heat generation. Thus, this manufacturing process consumes high cutting fluid amounts. Its high consumption is harmful from economic view point, since purchase, treatment, maintenance and proper disposal generate costs, as well the operator health and environment. Applying technique of minimum cutting fluid, known as MQL, consists in applying oil droplets to a compressed air stream and generated mist from this combination is applied directly in cutting zone. The MQL application for grinding process is not available yet in industry due to thermal damage problem to poor cooling as well the grinding wheel clogging problem. MQL technique is usually done by applying air at room temperature, but the objective of this study is verify the influence of application of cold air in MQL technique. To evaluate application efficiency, comparisons were made with conventional application (flood lubrication) and traditional MQL technique in AISI 4340 steel grinding through medium roughness and diametral grinding wheel wear as output. Better results were obtained for cooling when compared to conventional MQL technique for three different feed rates applied in two different parameters analyzed, but best results were obtained for flood lubrication-cooling technique.

Palavras-chave: CAMQL; MQL; CBN grinding wheel; grinding