

APLICAÇÃO DE REFRIGERAÇÃO NO AR COMPRIMIDO PARA LIMPEZA DA SUPERFÍCIE DE CORTE DO REBOLO NA RETIFICAÇÃO DO AÇO ABNT 4340 UTILIZANDO REBOLO DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO

André Bueno Tavares, andurebueno@gmail.com¹

José Claudio Lopes, jclaudio.lopes@hotmail.com¹

Anthony Gaspar Talon, anthony.talon@gmail.com¹

Marco Antonio dos Anjos, anjos_marco@hotmail.com¹

Luiz Eduardo de Angelo Sanchez, sanches@febunesp.br¹

Hamilton José de Mello, Hamilton@feb.unesp.br¹

Paulo Roberto Aguiar, aguiarpr@feb.unesp.br²

Eduardo Carlos Bianchi, bianchi@feb.unesp.br¹

¹Universidade estadual paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Caixa Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil.

²Universidade estadual paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Elétrica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Caixa Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil.

Resumo: Com o desenvolvimento da indústria metal-mecânica e a crescente demanda por formas mais ecológicas de utilização e manutenção dos recursos naturais, tem-se a meta de utilizar e gerar menos resíduos que sejam nocivos ao meio-ambiente, bem como aos seres humanos. Isso se aplica aos processos de usinagem, nos quais se procuram por fontes alternativas de lubrificação, as quais reduzam os malefícios gerados ao ecossistema. Ainda que esses fluidos representem grandes vantagens do ponto de vista da qualidade da peça concebida, eles envolvem grandes riscos à saúde e ao meio ambiente. Seguindo essa vertente temos a técnica de mínima quantidade de lubrificante, a qual preza por uma maior eficiência do processo ao utilizar menos fluido se comparada com o uso de líquidos refrigerantes em abundância. Porém, a utilização de MQL demanda certos cuidados no que se refere à limpeza da zona de corte, e às trocas de calor do sistema ferramenta-peça. Isso se deve ao baixo fluxo de fluido usado no MQL que não é eficaz em limpar os cavacos da zona de corte e, dessa forma, estes entopem os poros do rebolo. Como consequência, há uma piora nos parâmetros finais de rugosidade e no desgaste diametral do rebolo. Verificou-se o comportamento da técnica de mínima quantidade de lubrificante associada à limpeza integrado ao sistema de ar frio aplicado à zona de corte, de forma a preservar os parâmetros como: lubri-refrigeração e limpeza da zona de corte no processo de retificação do aço AISI 4340 com rebolo de óxido de alumínio em comparação às técnicas de lubri-refrigeração MQL sem limpeza e convencional. A comparação ocorreu em três diferentes velocidades de mergulho (0,25; 0,50 e 0,75 mm/minuto). Foram analisados os parâmetros de rugosidade e desgaste diametral e concluiu-se que o processo de lubrificação MQL associado ao ar comprimido refrigerado apresenta benefícios se comparado à técnica de mínima quantidade de lubrificante (MQL).

Palavras-chave: Retificação cilíndrica externa, Aço AISI 4340, mínima quantidade de lubrificante (MQL), limpeza refrigerada da zona de corte, rebolo de Óxido de Alumínio.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de usinagem geralmente ocorrem por retirada de material através de uma ferramenta de corte ou abrasiva. A retificação é considerada um processo de usinagem por abrasão por possuir em seu sistema um rebolo constituído de grãos abrasivos, o qual rotaciona à altas velocidades e cuja finalidade é gerar alta precisão dimensional e geométrica, associada a um excelente acabamento superficial (BIANCHI et al., 2011).

Durante a retificação, grande parte da energia é transformada em calor, aumentando a temperatura na zona de corte. Caso essa temperatura não seja mantida em níveis aceitáveis, podem ocorrer tensões residuais na peça comprometendo a superfície e integridade estrutural da mesma. Para adequar a dissipação de calor gerada, faz-se necessária a utilização

de fluidos de corte. Esses fluidos têm três funções principais: lubrificação do contato entre o material e o rebolo, remoção dos cavacos da zona de corte e refrigeração do sistema, diminuindo o atrito (BIANCHI et al., 2011). Embora o uso de fluido de corte seja necessário para aumentar a produtividade e a vida útil da ferramenta, evitando danos às peças usinadas, sua utilização deve ser tratada com cuidado. Os elementos químicos que os contém são nocivos à natureza e, portanto, podem gerar problemas à saúde dos operadores e danos ao meio ambiente. Na lubri-refrigeração convencional (uso de óleo em abundância) há também a necessidade de manutenção do reservatório de fluido, filtragem e descarte, o que encarece demasiadamente o processo.

Dessa forma, há uma procura por uma fonte alternativa de lubrificação que mantenha ou melhore o acabamento e qualidade desse processo de usinagem, cause menos impactos ao meio ambiente e seja economicamente mais viável. O modelo que emergiu e recebeu evidência em relação ao método tradicional foi a mínima quantidade de lubrificação (MQL), a qual usa a mistura de ar comprimido e óleo aplicados à zona de corte. Ele se adequa bem nas mais diversas operações de usinagem, possibilitando uma menor quantidade de fluido, máquinas mais limpas e um ambiente de trabalho menos nocivo ao operador (WALKER, 2013).

Portanto, o aprimoramento da técnica MQL ao associá-la à limpeza da zona de corte com ar comprimido refrigerado confere ao presente trabalho informações úteis ao conhecimento científico.

1.1. Retificação

A usinagem por abrasão é caracterizada como um processo no qual a superfície de corte é distribuída e orientada aleatoriamente (Marinescu et al, 2015). Com isso, o processo abrasivo de retificação emprega como elemento de corte na usinagem, grãos duros, e que, portanto, alteram a textura e geometria da superfície das peças usinadas (Marinescu *et al.*, 2013). Os abrasivos utilizados nesse processo de usinagem têm arestas de corte irregulares, diferentemente das ferramentas utilizadas no torneamento ou fresamento (ANDERSON *et al.*, 2008 e REN *et al.*, 2009).

Segundo (Marinescu et al., 2007), na retificação há seis elementos primordiais: a retificadora, a ferramenta abrasiva (rebolo), a peça, o fluido de corte, a atmosfera e os resíduos gerados (detritos do material que está sendo usinado associado ao fluido de corte e pedaços de grãos abrasivos e ligante).

Por mais que seja amplamente utilizada na indústria, a retificação é um processo dinâmico e complexo, colaborando para que seja uma área de difícil entendimento, diferentemente dos processos de usinagem com arestas de corte definidas. Fatores que variam desde o número de arestas de corte sem geometria definida (Rasim, 2015) até altas temperaturas de corte e forças de corte contribuem para que o aprimoramento desse processo seja de difícil realização.

Essa forma de usinagem faz-se presente na manufatura de peças que necessitam de excelente qualidade, isto é, nas quais há a necessidade de exatidão dimensional assim como um acabamento superficial adequado (Sinha *et al.*, 2016).

1.2. Fluidos de corte

Segundo RUNGE (1989), fluido de corte é definido como qualquer fluido para corte empregado na usinagem dos materiais. Esse fluido é parte integrante no processo de fabricação de peças através da remoção de cavaco, no sistema que compreende a máquina, as ferramentas de corte, as peças em produção e o fluido.

Em um processo de usinagem, se desenvolve uma grande quantidade de calor devido ao atrito ferramenta-peça e cavaco-ferramenta. Os fluidos de corte contribuem, refrigerando, lubrificando e limpando, peças e ferramentas, além da zona de corte. Ao fazê-lo, desempenham um importante papel, colaborando para uma maior vida da ferramenta associada a uma maior qualidade da peça (DINIZ et al. 2008), além de possibilitarem uma velocidade de corte mais econômica e como um todo, contribuirão para a eficiência do sistema de produção (SOKOVÍČ et al. 2001).

Os fluidos de corte associados ao processo de retificação, possibilitam um menor valor de rugosidade superficial e consequentemente um acabamento final de melhor qualidade. Além de uma maior vida útil da ferramenta pelo distanciamento entre os períodos de dressagem do rebolo.

1.3. Técnica da mínima quantidade de lubrificante (MQL)

A Mínima Quantidade de Lubrificante utiliza uma pequena quantidade de fluido associado ao ar comprimido e direcionados à zona de corte com o intuito de diminuir o atrito entre a ferramenta de corte e a peça (WALKER 2013). A quantidade “mínima” varia dependendo da circunstância. Segundo a norma Alemã DIN são 50 ml/hora de lubrificante e em casos excepcionais 150 ml/hora.

A aplicação do MQL na retificação emergiu como uma alternativa à redução da utilização de refrigerantes em abundância, então alcançando uma produção mais limpa (OLIVEIRA et al, 2012). Essa técnica de lubrificação promove uma lubrificação mais eficiente pois jatos de ar carregando gotículas de óleo penetram diretamente na zona de corte (OBIKAWA et al, 2009), diferentemente do modelo convencional, no qual procedimentos específicos devem ser tomados para que o fluido alcance esse mesmo espaço.

Segundo (OLIVEIRA et al, 2012), algumas das vantagens do MQL se dão pelo fato de que após a usinagem, o ambiente de trabalho e ferramentas estão menos impregnadas de fluido, facilitando a limpeza e, portanto, diminuindo

custos. Além disso, durante a retificação, como a peça a qual está sendo trabalhada não se encontra totalmente coberta por fluido, o monitoramento visual se faz possível.

1.4. Rebolo convencional de Óxido de Alumínio

O rebolo é uma ferramenta abrasiva cuja forma se assemelha à de um disco constituído de núcleo, ligantes e grãos abrasivos (BIANCHI et al, 2011). Esses grãos abrasivos são arestas cortantes com geometria indefinida que removem o material de maneira simultânea e uma de suas características mais importantes é que eles sejam mais duros que o material a ser retificado (MALKIN, 1989).

O rebolo de óxido de alumínio (Al_2O_3) é um abrasivo convencional muito utilizado na indústria, pois, apesar de apresentar a menor dureza dentre os abrasivos, possui a propriedade mecânica de resistência à impactos, além de apresentar uma alta resistência ao desgaste, quando comparado com o carbureto de silício (ROWE, 2014). Ele é muito utilizado na retificação de matérias ferrosos (HASSUI, 2002). Logo, o rebolo de óxido de alumínio é amplamente utilizado dentre os abrasivos, uma vez que proporciona um desempenho satisfatório em operações de desbaste e alta precisão.

Portanto, o rebolo selecionado para a confecção de trabalho experimental foi o rebolo convencional fabricado pela empresa NORTON Abrasivo Ltda. – Saint-Gobain, produzidos com abrasivo convencional de óxido de alumínio, com ligante vitrificado, dureza L, média, granulometria 150 (muito fina) e geometria com dimensões 355,6 x 25,4 x 127 mm, o qual foi cedido para a realização dos ensaios do projeto.

Pelo fato de os rebolos convencionais apresentarem custo inferior aos superabrasivos, isso torna o seu uso acessível em indústrias de diversos portes. Outro fator relevante é a utilização desse tipo de rebolo associado à técnica de mínima quantidade de lubrificante que se faz muito importante na indústria metal-mecânica moderna.

1.5. Sistema auxiliar para limpeza do rebolo

O MQL, apesar de ser ecologicamente correto e apresentar uma viabilidade econômica maior, não apresenta o mesmo desempenho dos fluidos de corte em abundância (GUERMANDI et al., 2010). A maior preocupação em seu uso se deve à dificuldade para trocar calor no contato peça-ferramenta, assim como a menor limpeza da zona de corte propiciando condições para que se forme uma pasta composta de óleo mais cavacos, a qual contribui para que o rebolo tenha seus poros entupidos (BRINKSMEIER et al., 1996). Uma solução para esse problema segundo (GUERMANDI et al., 2010) é a utilização de um sistema de limpeza para o rebolo. Essa limpeza através da injeção de ar comprimido na zona de corte possibilita uma melhor rugosidade superficial da peça, ainda assim evitando riscos na mesma. Isso ocorre, pois o ar desse sistema auxiliar age diretamente na eliminação da pasta e consequentemente dos cavacos aderidos aos poros do rebolo.

1.6. Tubo de vórtice

Os tubos de vórtice, também denominados tubos de Ranque-Hilsch, são dispositivos mecânicos, sem partes móveis, que possibilitam a divisão de um fluxo principal de fluido em dois fluxos secundários de vazões e temperaturas distintas (COCKERILL, 1998).

1.7. Aço AISI 4340 temperado e revenido

O aço AISI 4340 é um aço de alta resistência mecânica e fadiga, alta tenacidade, além de uma alta temperabilidade. É utilizado na confecção de dispositivos e peças sujeitas a cargas elevadas e periódicas, como engrenagens, virabrequins e elementos para diversas aplicações industriais (CAMARGO et al., 2009).

Em relação à sua composição química, segundo (BIDA et al., 2000), o aço AISI 4340 é composto de aproximadamente 0,38% de C (carbono), 96% Fe (ferro), 0,2% Si (silício), 1,3% Ni (níquel), 0,8% Cr (cromo), 0,04% S (enxofre), 0,7% Mn (manganês), 0,25% Mo (molibdênio) e 0,035% P (fósforo).

O tratamento térmico deste aço é feito normalmente entre 830 – 850 °C, seguido por um resfriamento em óleo. Um recozimento completo pode ser feito à 840 °C seguido por um resfriamento controlado. Dessa forma, a dureza do material alcança entre 54 ± 2 HRC.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Metodologia de ensaios

Foi utilizada uma retificadora cilíndrica externa de mergulho com comando numérico computadorizado (CNC) (modelo RUAP515H). A medição da rugosidade média aritmética (R_a) foi medida com um aparelho da marca Taylor Hobson modelo Surtronic3+. O rebolo convencional utilizado foi doado pela empresa NORTON Abrasivos Ltda. – Saint-Gobain, e é feito com abrasivo convencional de óxido de alumínio (Al_2O_3) e ligante vitrificado. Os corpos de prova ensaiados são de Aço AISI 4340 temperado e revenido, com dureza de aproximadamente 58 HRC. O sistema de

refrigeração convencional é composto por um tanque de 100 litros, uma bomba de sucção, mangueiras e um bocal fixo para a aplicação do fluido, o qual é semi-sintético e apresenta-se comercialmente como ME-1, fornecido pela empresa Quimatic Tapmatic Brasil Ltda, já o sistema MQL é composto por um compressor da marca Schulz Compressores, modelo MSV 30, com capacidade de deslocamento teórico (vazão) de 850 l/min, possuindo regulador de pressão, medidor de vazão de ar, dosador (equipamento de MQL) e bocal projetado para a utilização de MQL na retificação. O equipamento de mínima quantidade de lubrificante é da marca ITW Chemical Products, modelo Accu Lube 79053D, o qual foi utilizado com pressão de trabalho constante de 6,0 kgf/cm², aproximadamente. Para os ensaios com MQL, foi utilizado o fluido BIOCUT 9000 (na forma pura), fornecido pela empresa ITW Chemical Products Ltda. O sistema de limpeza da zona de corte possui um compressor da marca Schulz Compressores, modelo MSV 40, com capacidade de deslocamento teórico (vazão) 1132 l/min. O mesmo é constituído de reguladores de vazão e pressão e o bocal de limpeza. A pressão de trabalho utilizada foi constante de 6 bar. A refrigeração do ar comprimido utilizado na limpeza foi possível com um tubo de vórtice fornecido pela empresa Emuge Franken Instrumentos de Precisão Ltda., constituinte do artigo nº 6910.15 do catálogo da marca.



Figura 1: Montagem experimental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A lubri-refrigeração convencional fornece os melhores resultados para todos os parâmetros estudados já que possui as capacidades de controlar a geração de calor e retirar os resíduos de usinagem da zona de corte, consequências, essas, da utilização de fluido em abundância durante o processo de retificação.

A técnica de lubri-refrigeração por mínima quantidade de lubrificação apresenta os piores resultados obtidos devido à deficiência em arrefecer a interface de corte além de colaborar para que os cavacos se encrustem na face do rebolo, diminuindo as arestas de corte dos grãos e, portanto, gerando mais atrito entre os resíduos que não estão auxiliando na remoção de material, os quais, porém, estão em constante atrito com a peça. Mesmo que a técnica de lubri-refrigeração com mínima quantidade de fluido associado ao ar comprimido à baixas temperaturas apresente resultados inferiores a técnica de lubri-refrigeração convencional, ela obteve resultados mais satisfatórios que a técnica de lubri-refrigeração por mínima quantidade de lubrificação. Isso se deve a sua melhor capacidade de refrigeração devido a aplicação de ar comprimido refrigerado, o qual colabora para que ocorram trocas térmicas na zona de corte.

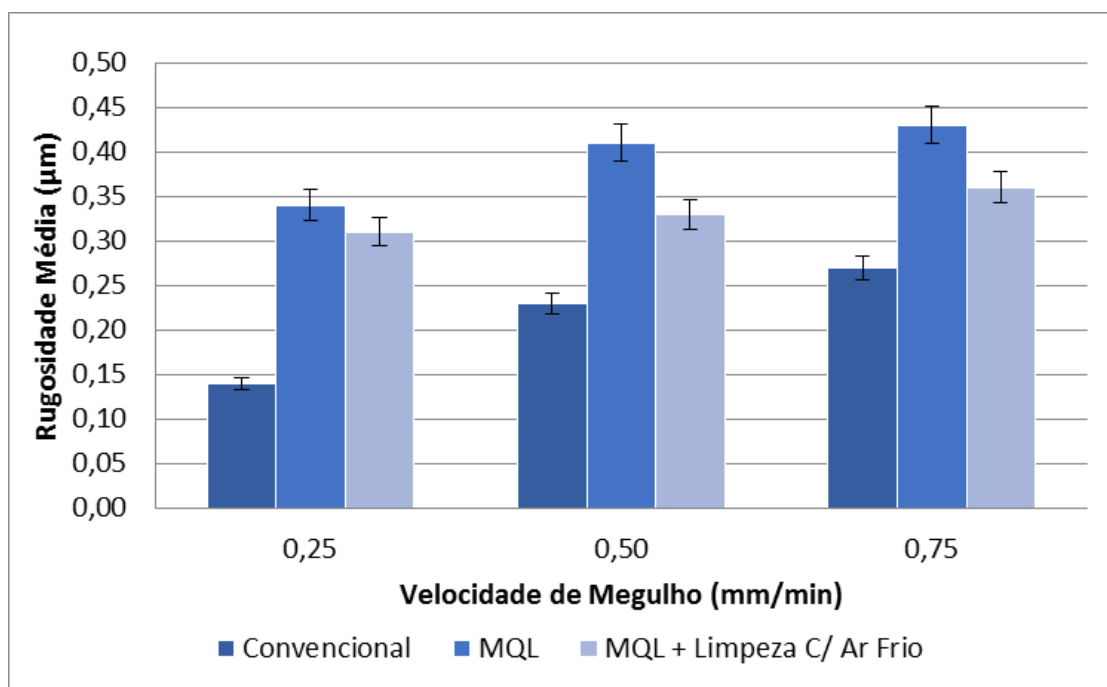


Figura 2: Gráfico de rugosidade por velocidade de mergulho para as três técnicas de lubri-refrigeração utilizadas.

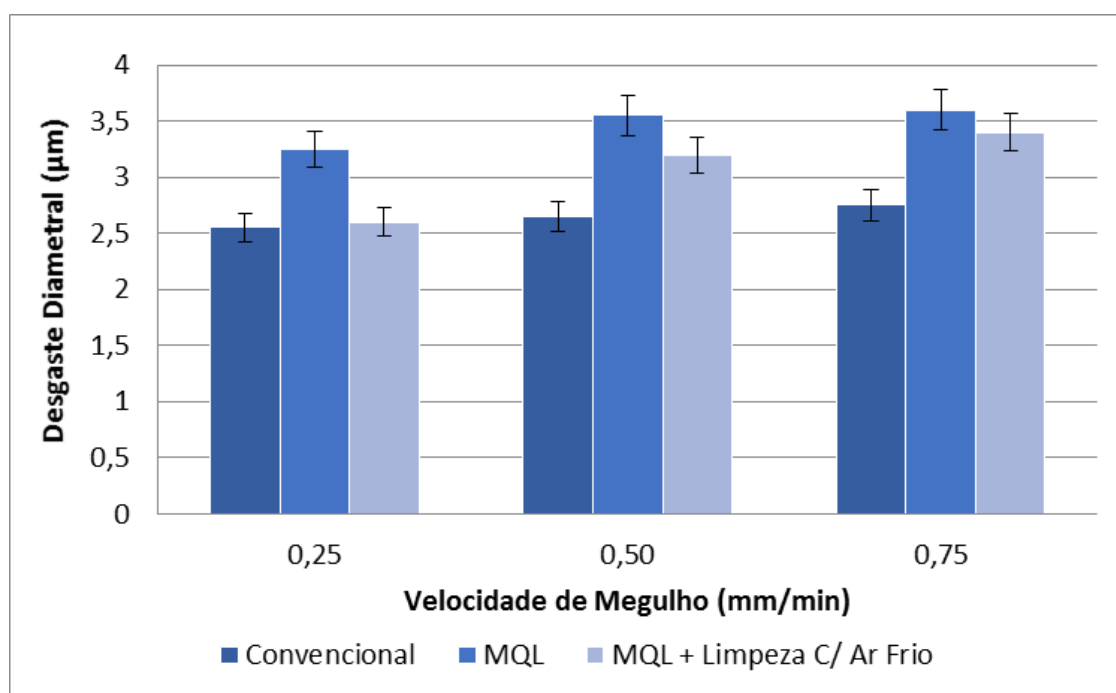


Figura 3: Gráfico de desgaste diametral do rebolo por velocidade de mergulho para as três técnicas de lubri-refrigeração utilizada.

4. CONCLUSÃO

Foi possível interpretar tendências no que se refere à associação da técnica de limpeza da zona de corte com ar comprimido refrigerado ao processo de lubri-refrigeração MQL. Essa técnica possibilitou um desempenho satisfatório da usinagem ao poder colaborar com a diminuição da quantidade de fluido utilizada, além de proporcionar uma qualidade de acabamento adequada ao processo em questão.

Dessa forma, o presente estudo colabora para que essa fonte alternativa de lubrificação seja difundida e aplicada no meio industrial com o intuito de colaborar com a produtividade evitando desperdícios.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP de Bauru - SP, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelo apoio na concessão da bolsa de Iniciação Científica (processo 2017/03789-5), à Norton Abrasivos Ltda., pertencente ao grupo Saint-Gobain, pela doação do rebolo de óxido de alumínio, à Quimatic Tapmatic Brasil Ltda. e ITW Chemical Products Ltda., pela doação dos fluidos de corte, à Emuge Franken Instrumentos de Precisão Ltda. pela doação do tubo de vórtice e a todos pela oportunidade de pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- Alves, M.C de S.; Bianchi, E. C.; Aguiar, P. R de.; "Influence of lubrication-cooling on the surface quality of metal grinding", Revista Escola de Minas, vol. 64 no. 5, p507-512, 2011.
- Brinksmeier, E., Brockhoff, T., 1996. Utilization of grinding heat as a new heat treatment process. CIRP Annals – Manufacturing Technology 45, 280-287.
- Camargo, J. A. A.; Fernandes, U. B.; Diniz, A. E.; Bianchi, E. C.; Aguiar, P. R.; Canarim, R. C. Analysis of the Influence of Sparkout. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, v. XXXI, p. 47-51, 2009.
- Cockerill, T. Fluid Mechanics and Thermodynamics of a Ranque-Hilsch Vortex Tubes. 1998. 294p. Dissertação (Mestrado), Universidade de Cambridge, 1998.
- Diniz, A. E.; Marcondes, F. C.; Coppini, N. L. Tecnologia da usinagem dos materiais. Artiliber Editora Ltda., Campinas, SP, Brasil, 6ª Edição, p165-170, 2008.
- Guermandi, G.L., Oliveira, J.D., Bianchi, C.E., Aguiar, R.P.; Alternativa tecnológica para diminuir a abundância de fluidos de corte na retificação cilíndrica externa de mergulho de aços endurecidos, GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas – Ano 5, nº 4, Out-Dez/2012, p. 127-137.
- Hassui, A., Diniz, A. E. Correlating surface roughness and vibration on plunge cylindrical grinding of steel, International Journal of Machine Tools & Manufacture 43, p. 855–862, 2003.
- Malkin, S. Grinding Technology: Theory and Applications of Machining with Abrasives, 1a edição, Chichester, Ellis Horwood Limited, 1989.
- Marinescu, I., Rowe, W., Dimitrov, B., Inasaki, I.; Tribology of abrasive machining processes, United States. William Andrew, Inc. 2004.
- Marinescu, I. D., Hitchiner, M., Uhlmann, E., Rowe, W. B., Inasaki, I. Handbook of Machining with Grinding Wheels, CRC Press, 2007.
- Obikawa, T., Takemura, Y., Akiyama, Y., Shinozuka, J., Sasahara, H.; Microscopic phase-dependent residual stresses in the machined surface layer of two-phase alloy, Journal of Materials Processing Technology (2009).
- Rabiei, F., Rahimi, A. R., Hadad, M. J., Ashrafijou, M. "Performance improvement of minimum quantity lubrication (MQL) technique in surface grinding by modeling and optimization", Journal of Cleaner Production 86 (2015) 447-460.
- Rasim, M., Mattfeld, P., Klocke, F. Improving minimum quantity lubrication in CBN grinding using compressed air wheel cleaning, Journal of Materials Processing Technology 226, p. 60–68, 2015.
- Rowe W. B. Principles of Modern Grinding Technology, Elsevier, Second Edition, 2014.
- Runge, Peter R. F.; Duarte, Gilson N. Lubrificantes nas indústrias. 1. ed. São Paulo : triboconcept. 1989.
- Guermandi, G.L., Oliveira, J.D., Bianchi, C.E., Aguiar, R.P.; Alternativa tecnológica para diminuir a abundância de fluidos de corte na retificação cilíndrica externa de mergulho de aços endurecidos, gepros. Gestão da Produção, Operações e Sistemas – Ano 5, nº 4, Out-Dez/2012, p. 127-137.
- Malkin, S. Grinding Technology: Theory and Applications of Machining with Abrasives, 1a edição, Chichester, Ellis Horwood Limited, 1989.
- Rowe W. B. Principles of Modern Grinding Technology, Elsevier, Second Edition, 2014
- Rowe W. B. Principles of Modern Grinding Technology, Elsevier, Second Edition, 2014
- Silva, L. R., Bianchi, E. C., Fusse, R. Y., Catai, R. E., França, T. V., Aguiar, P. R., Analysis of surface integrity for minimum quantity lubricant - MQL in grinding. International Journal of Machine Tools and Manufacture, v. 47, p. 412-418, 2011.
- Walker, T. "The MQL Handbook – A guide to machining with Minimum Quantity Lubrication", Copyright © 2013 Unist, Inc. V1.0.3.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

Cooling application in compressed air for cleaning the surface of the grinding wheel in the grinding of ABNT 4340 steel using aluminum oxide grinding wheel

André Bueno Tavares, andurebueno@gmail.com¹

Eduardo Carlos Bianchi, bianchi@feb.unesp.br¹

Paulo Roberto Aguiar, aguiarpr@feb.unesp.br²

José Claudio Lopes, jclaudio.lopes@hotmail.com¹

¹Universidade estadual paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Caixa Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil.

²Universidade estadual paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Elétrica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Caixa Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil.

Abstract: *With the development of the metal-mechanic industry and the growing demand for more ecological ways of using and maintaining natural resources, the goal is to use and generate less waste that is harmful to the environment as well as to humans. This applies to machining processes in which alternative sources of lubrication are sought, which reduce the damage to the ecosystem. Although these fluids represent great advantages from the point of view of the quality of the designed part, they involve great risks to health and to the environment. Following this strand we have the technique of minimum amount of lubricant, which prizes for a greater efficiency of the process, using less fluid when compared to abundant cutting fluids technique. However, the use of MQL requires certain care regarding the cleaning of the cutting zone, and the heat exchanges of the tool-piece system. This is due to the low flow of fluid used in the MQL which is not effective in cleaning the cutting zone chips and, therefore, they clog the grinding wheel pores. As a consequence, there is a worsening in the final roughness parameters and in the diametrical wear of the grinding wheel. It was verified the behavior of the technique of minimum amount of lubricant associated to the cleaning integrated to the cold air system applied to the cutting zone, in order to preserve the parameters such as: lubrication-cooling and cleaning of the cutting zone in the process of steel grinding AISI 4340 with aluminum oxide grinding wheel in comparison to non-cleaning and conventional MQL lubrication-refrigeration techniques. The comparison occurred at three different dive speeds (0.25, 0.50 and 0.75 mm / minute). The parameters of roughness and diametrical wear were analyzed and it was concluded that the MQL lubrication process associated with refrigerated compressed air presents benefits when compared to the technique of minimum amount of lubricant (MQL).*

Keywords: *Cylindrical grinding, AISI 4340 steel, minimum amount of lubricant (MQL), cooled cutting zone cleaning, aluminum oxide grinding wheel.*