

MONITORAMENTO DA OPERAÇÃO DE DRESSAGEM DE REBOLOS DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO USANDO TÉCNICAS DE EMISSÃO ACÚSTICA

Wenderson Nascimento Lopes, wendersonmanin@gmail.com¹

Pedro de Oliveira Conceição Junior, pedroliveira931@hotmail.com¹

Fábio R. L. Dotto, fabio@farolconsultoria.com.br¹

José Claudio Lopes, jclaudio.lopes@hotmail.com²

Fábio Isaac Ferreira, fab.kf@hotmail.com¹

Eduardo Carlos Bianchi, bianchi@feb.unesp.br²

Paulo Roberto de Aguiar, aguiarpr@feb.unesp.br¹

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Departamento de Engenharia Elétrica, FEB/UNESP, Av. Eng. Luíz E. C. Coube, 14-01, Bauru, SP, Brasil.

²Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Departamento de Engenharia Mecânica, FEB/UNESP, Av. Eng. Luíz E. C. Coube, 14-01, Bauru, SP, Brasil.

Resumo: A dressagem é uma operação extremamente importante para o processo de retificação. O seu objetivo é condicionar a ferramenta rebolo, para que suas características e formatos originais sejam restabelecidos, devido ao desgaste produzido ao longo do processo. Sistemas de monitoramento em tempo real usando emissão acústica têm sido propostos, entretanto, sem a preocupação de observar de que modo as frequências dos sinais possivelmente se relacionam com algumas características da ferramenta, tais como: sua topografia e sua condição de afiação. Deste modo, pretende-se investigar o conteúdo harmônico do sinal puro de emissão acústica quanto à dressagem de rebolos de óxido de alumínio com dressador de ponta única, utilizando Transformada Rápida de Fourier (FFT - Fast Fourier Transform) na escolha da melhor banda de frequência que caracteriza a operação de dressagem. Assim, calculou-se os valores de média e de desvio-padrão da estatística ROP com o intuito de classificar as condições da ferramenta abrasiva. Os resultados mostram que nas primeiras passadas de dressagem, os valores de desvio padrão são elevados, indicando que a face de corte do rebolo está irregular. Há uma variação significativa desses valores de até 150 μm de raio removido da ferramenta; já para o rebolo em plenas condições de uso (dressado), a partir de 150 μm de raio removido, essa variação pode ser praticamente desprezada. Por outro lado, os valores de média iniciam-se baixos, isso significa que há pouca atividade acústica sendo gerada, aumentando conforme a dressagem ocorre, ou seja, há um expressivo aumento de atividade acústica conforme o rebolo recupera suas condições de forma e afiação. Portanto, o método apresentado obteve resultados satisfatórios para os ensaios na caracterização da condição de afiação e forma do rebolo durante o processo da dressagem, através dos sinais de EA processados na banda que melhor define as condições do rebolo, utilizando a estatística ROP como principal ferramenta de análise de sinais.

Palavras-chave: dressagem, monitoramento, emissão acústica, conteúdo harmônico, uniformidade do rebolo.

1. INTRODUÇÃO

A retificação é um dos processos mais importantes da indústria, sendo comumente utilizado em vias de extrema precisão, acabamento e qualidade da superfície da peça (Nakai et al., 2015). Tal precisão deve-se necessariamente à necessidade dimensional de componentes em geral utilizados em escala dinâmica, resultando em alta complexidade do processo, no entanto o mesmo sofre constantes influências de diversas variáveis que podem ser oriundas da máquina retificadora e ou da ferramenta abrasiva (Nguyen e Butler, 2008).

A principal constituinte do processo, além da máquina, é a ferramenta a ser utilizada. Deste modo, o rebolo possui em sua estrutura a composição de três principais componentes: grãos abrasivos, ligante e poros. Os grãos abrasivos possuem elevada dureza e são dispostos em formato irregular, possuem a finalidade de remover o material a ser usinado; o ligante visa prender os grãos abrasivos na matriz a fim de que os mesmos não se soltem e os poros por sua vez são responsáveis pela remoção dos cavacos da interface de corte (Malkin e Guo, 2008). Logo, a topografia do rebolo é diretamente ligado às condições de usinagem (Agarwal, 2016).

Decorrente da retificação, o rebolo após submetido ao processo de usinagem tem a necessidade de passar pela dressagem, esta visa o condicionamento da superfície de corte da ferramenta, uma vez que os grãos abrasivos tendem a perder suas arestas de corte e o poros se encherem do material removido, necessitando assim serem limpos para garantir a integridade geométrica e superficial da peça (Wegener et al., 2011).

Dentre os vários tipos de dressadores, os de ponta única possuem a capacidade de gerar macro e micro efeito, o que depende diretamente da largura de atuação do dressador (b_d), que tende a aumentar conforme a ponta do diamante se desgasta. Assim, esta variável deve ser considerada para obter uma afiação adequada (Hassui e Diniz, 2003). De acordo com (Konig; Klocke, 1997), o parâmetro denominado grau de recobrimento (U_d) é definido pela expressão:

$$U_d = \frac{b_d}{S_d} \quad (1)$$

Onde S_d é o avanço axial do dressador por revolução, ou passo de dressagem. Perante o desenvolvimento tecnológico existente, ainda se faz presente inúmeros erros de forma e qualidade que em geral geram onerosos custos por conta do desvio de forma do rebolo e da peça. O monitoramento do desgaste do rebolo habitualmente é feito pelo desgaste proporcionado pelo dressador. Desta forma, sistemas automáticos de monitoramento indireto são de grande valia para a continuidade do processo e resolução desses problemas, aumentando a produtividade, diminuindo os custos e evitando danos aos componentes envolvidos (Yang e Yu, 2013).

O monitoramento através de métodos indiretos pode utilizar de diversos tipos de sensores, técnicas de processamento digital de sinais e sistemas de inteligência artificial, como as redes neurais artificiais, por exemplo (Goedtel et al., 2013). Em aplicações que envolvem processos de usinagem, como a retificação, dressagem, torneamento, fresamento, entre outros, a utilização de sensores de emissão acústica (EA) tem se apresentado como uma ótima alternativa para a caracterização dos processos. Estudos como (Nakai et al., 2015), (Yang e Yu, 2013), (Yang et al., 2014), (Moia et al., 2015), (Bhuiyan et al., 2016), (Martins et al., 2014), entre outros, têm mostrado a eficácia na utilização de sinais de EA.

De acordo com (Bhuiyan et al., 2012), o sinal de emissão acústica pode ser definido como ondas de tensão elásticas geradas como resultado da liberação rápida de energia proveniente de deformações internas de um material quando este é submetido a um estímulo externo, devido ao rearranjo de sua estrutura. Os deslocamentos de ondas na superfície do material podem ser detectados por transdutores piezoelétricos, que transformam esta energia mecânica em sinais elétricos.

O monitoramento da condição de desgaste do rebolo por meio dos sinais de emissão acústica possui custo relativamente baixo, dimensões reduzidas, fácil montagem, resistência a influências externas e são capazes de monitorar peças em rotação (Marinescu et al., 2007). Os sinais de EA fornecem diversas informações sobre os processos de retificação e dressagem, onde essas análises são obtidas através de processamentos digitais auxiliados de parâmetros estatísticos, sendo possível extrair informações que possam relacionar os sinais com o fenômeno físico em estudo.

O monitoramento do processo da dressagem tem como objetivo aumentar o controle de qualidade, reduzir custos e melhorar a produtividade. Sabe-se que alterações da topografia do rebolo influenciam de forma direta no resultado do processo de retificação. Em contrapartida, um dos obstáculos para o monitoramento da operação de dressagem ainda consiste na falta de um método confiável para estimar o desgaste do dressador e afiação da rebolo em tempo real (Martins et al., 2014).

Diversos estudos para avaliar o desgaste do dressador de ponta única foram realizados, como em (Martins et al., 2014), (D'Addona et al., 2016), (Linke, 2008), (Martins et al., 2013) e (Miranda et al. 2015). Neles, resultados satisfatórios foram obtidos através de análises estatísticas como o valor médio quadrático (RMS – *Root Mean Square*) e taxa de potência (ROP – *Ratio Of Power*) dos sinais de emissão acústica aliados a redes neurais e artificiais.

A análise espectral de sinais digitais permite extrair informações importantes que não são retratadas no espectro do domínio do tempo. O conteúdo de frequências dos sinais pode ser obtido através da Transformada Rápida de Fourier (FFT – *Fast Fourier Transform*), que é um algoritmo eficiente de implementação da Transformada Discreta de Fourier (DFT – *Discrete Fourier Transform*). As principais vantagens da utilização da FFT é que ela necessita de um baixo poder computacional e é executada em um curto tempo de processamento (Lyons e Richard, 2010). No decorrer da operação de dressagem, inúmeras frequências, com diferentes amplitudes são geradas, as quais podem ser estudadas quando são separadas em bandas através dessa ferramenta.

A partir do sinal filtrado em bandas, diversas análises estatísticas podem ser aplicadas a fim de obter informações importantes ao longo dos ensaios. Ademais, o estudo aplica a ferramenta estatística “ROP” para observar o comportamento dos sinais ao longo do ensaio, dada pela equação (2). O objetivo foi comparar o resultado do processamento digital dos sinais de EA em uma banda que caracteriza duas condições do rebolo, sendo elas: (1) rebolo não dressado e não uniforme; (2) rebolo dressado e uniforme.

$$ROP = \frac{\sum_{k=n_1}^{n_2} |X_k|^2}{\sum_{k=0}^{N-1} |X_k|^2} \quad (2)$$

Onde n_1 é o início da banda e n_2 é o final da banda escolhida para estudo. O presente trabalho possui uma abordagem inédita, pois, diferentemente de outras pesquisas realizadas anteriormente sobre o processo, o sinal de emissão acústica é investigado para faixas de frequências que estão mais relacionadas com a condição do rebolo. Seu objetivo é propor um critério de parada para o processo da dressagem através do processamento digital dos sinais de emissão acústica para um possível sistema automático. Assim, utilizando este método é possível identificar faixas de frequência que melhor caracterizam o processo, visando sua otimização através de um sistema eficaz e autônomo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com as condições de dressagem estabelecidas para este ensaio e levando em consideração a necessidade de assegurar o processamento digital dos sinais, análise e discussão dos resultados, foram realizados vários testes

preliminares para determinar os melhores parâmetros a serem utilizados. Deste modo, um banco de ensaio experimental foi montado e configurado de modo a permitir que as variáveis de saída do processo fossem coletadas com qualidade.

2.1. Materiais e equipamentos

Nos ensaios, foi utilizado um rebolo de óxido de alumínio, fabricado pela empresa NORTON, modelo 38A150LVH, com dimensões de 355x25,4x127mm, cujo foi montado em uma máquina retificadora plana tangencial, modelo RAPH 1055 da marca Sulmecânica. Na detecção de sinais, um sensor de emissão acústica (EA), foi conectado a um módulo de processamento de sinais, modelo Sensis DM-42 e anexado ao suporte do dressador, que foi devidamente fabricado para realização de ensaios de dressagem. O módulo DM-42 foi conectado a um osciloscópio, da marca Yokogawa, modelo DL850. Desta forma, os sinais de EA foram aquisitados com uma frequência de dois milhões de amostras por segundo. O banco de ensaios ilustrativo é apresentado na Fig. (1).

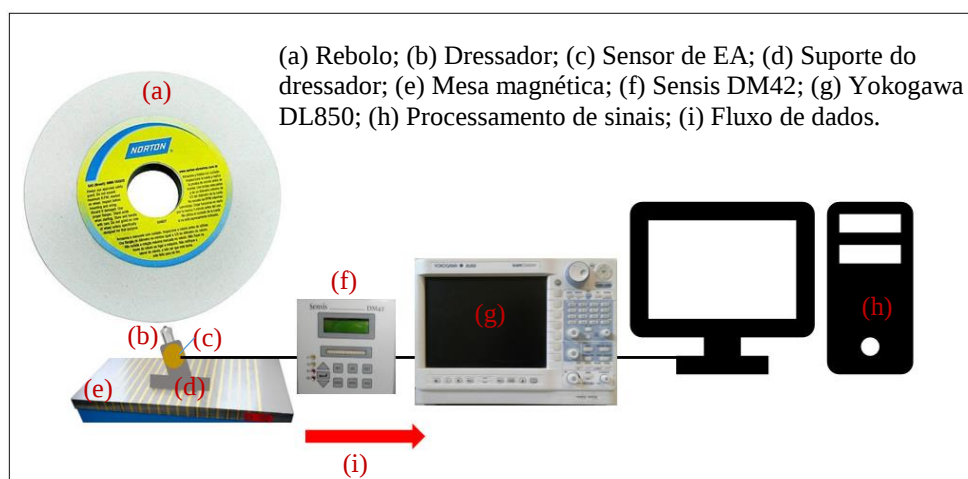


Figura 1. Banco de ensaios

A ferramenta de dressagem utilizada, foi do tipo diamante CVD de ponta única, onde a largura de atuação do dressador (b_d) foi medida antes de iniciar o ensaio de dressagem.

2.2. Processo de Empastamento e de Dressagem do Rebolo

Neste trabalho, o processo de empastamento e dressagem do rebolo é dividido em três momentos: (1) foi inicialmente realizada a dressagem com grau de recobrimento (U_d) igual a 1,5 e a_d igual a 10 μm , consistindo de 10 passadas consecutivas a partir do momento que a superfície do rebolo já se encontrava limpa, com velocidade de dressagem de 0,008 m/s; (2) objetivando o empastamento do rebolo, realizou-se a retificação severa de uma peça de aço ABNT 1020, com dimensões 150x48x12 mm. A usinagem consistiu de 20 passadas com profundidades de corte de 20 micrometros, e velocidade de corte do rebolo e velocidade da peça se mantiveram constantes e iguais a 33 m/s e 0,096 m/s respectivamente. Ressalta-se que a largura da peça (48 mm) é maior que a largura do rebolo (25 mm), desta forma toda a superfície de corte do rebolo manteve contato com a superfície da peça ao longo desse procedimento; (3) após o empastamento do rebolo, realizou-se a dressagem com grau de recobrimento (U_d) igual 1,5 e a_d igual a 10 μm , a qual consistiu de 24 passadas consecutivas, onde os sinais de EA puro foram aquisitados ao longo do ensaio.

Tanto os ensaios de dressagem quanto o ensaio de retificação foram realizados sem a utilização de fluido de corte. Na tabela (1), podem ser contatados os principais parâmetros utilizados nos ensaios.

Tabela 1. Parâmetros de importância para os ensaios de retificação e de dressagem

Diâmetro do Rebolo	355.6 [mm]
Rotação do eixo arvore da máquina (n)	1790 [rpm]
Número de passes de dressagem	24
Profundidade de dressagem (a_d)	10 [μm]
Largura de atuação do dressador (b_d)	470 [μm]
Grau de recobrimento (U_d)	1,5

2.3. Processamento digital dos sinais de EA

Os ensaios foram realizados de tal forma a se obter duas condições do rebolo, sendo elas: rebolo não dressado e não uniforme e rebolo dressado e uniforme. Para cada condição, foi obtido um espectro médio de frequência conforme os quatro passos descritos a seguir: (1) obteve-se o trecho da passada; (2) a partir desse trecho selecionou-se nove pontos equidistantes; (3) a partir de cada ponto escolhido, foi calculado o espectro em frequência utilizando 32768 pontos com uma janela de Hanning; (4) após a auferição dos nove espectros, foi calculado um espectro médio para cada condição do rebolo.

Os espectros de frequências representando as condições para o rebolo, não dressado e não uniforme, condição intermediária, selecionada empiricamente, e condição dressado e uniforme, foram plotados no mesmo gráfico, o qual foi analisado e uma banda de frequência foi selecionada, levando em consideração a condição de ser escolhida de forma que houvesse o mínimo de cruzamentos (sobreposições) entre as curvas de frequência em cada condição do rebolo, ou seja, uma diferenciação de amplitude entre os espectros das passadas. Em seguida, foi aplicada a estatística ROP nas 24 passadas na banda selecionada para estudo.

2.4. Aplicação da Estatística “ROP”

Os vetores de EA para cada passada possuem 16 milhões de pontos, compostos sequencialmente por: ruído, sinal característico da dressagem e ruído. Deste modo, o cálculo da estatística ROP foi realizado da seguinte forma: (1) transformou-se o vetor de EA em uma matriz de 2048x7812; (2) para cada coluna foi calculado um espectro de frequência utilizando a FFT e então foi calculada a razão de potência (ROP), obtendo-se um único valor por espectro, o que resulta em um vetor coluna de 7812 posições para cada passada. Após o cálculo da ROP na banda que melhor representa as condições de corte do rebolo, foi utilizado um filtro passa-baixa, com frequência de corte (F_c) de 15Hz, e ordem 1, com o intuito de atenuar os ruídos contidos nos sinais. Seguidamente, foram selecionados os trechos que representam o contado da ponta do dressador com a face de corte do rebolo e, posteriormente, foram calculados os valores de média e de desvio padrão para cada trecho da passada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Estudo dos espectros dos sinais de EA

Os espectros dos sinais de EA, são apresentados na Fig. (2a), para as passadas 2, 7 e 24, os quais foram analisados conforme descrito na seção anterior. Então, foi escolhido uma banda que melhor representa as condições de corte de forma do rebolo, sendo 25 – 40 kHz, Fig. (2b).

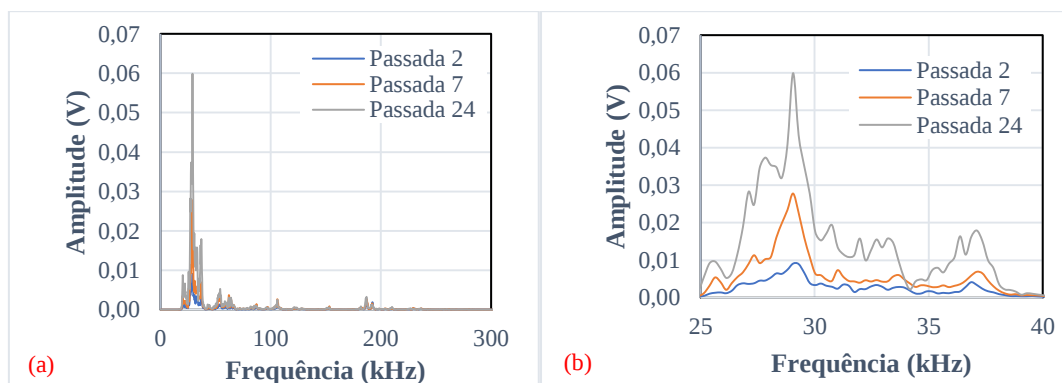


Figura 2. Espectros de frequências para os ensaios 2, 7 e 24

A banda escolhida evidencia níveis de energia distintos nas diferentes condições do rebolo. Pode-se notar que as frequências características da operação de dressagem para o rebolo sem afiação (Passada 2, Fig. (2b)) possuem níveis mais baixos de energia. Em contrapartida, a condição de dressagem é uniforme para um determinado U_d (Passada 24) possuem amplitudes mais altas. A condição intermediária do rebolo, caracteriza o aumento de atividade acústica durante o processo conforme o rebolo recupera seu poder de corte. Isto mostra nitidamente a diferença do sinal de EA, de acordo com as diferentes condições em que se encontra o rebolo. Quando o rebolo se encontra plenamente dressado, o atrito gerado entre os grãos abrasivos do rebolo e o dressador produzem uma atividade acústica maior, o que gera um nível mais alto de energia nos sinais de EA. Isto se deve ao fato das arestas dos grãos abrasivos estarem expostas e, consequentemente, um atrito maior ocorre entre o rebolo e o dressador.

3.2. Análise da Aplicação da estatística “ROP”

Os sinais de EA adquiridos durante a operação de dressagem expressam o mapeamento das irregularidades de forma e de afiação da face de corte do rebolo. Na Figura (3) são mostrados os resultados da aplicação da estatística ROP para a banda de 25 – 40 kHz em 9 passadas distintas do ensaio de dressagem.

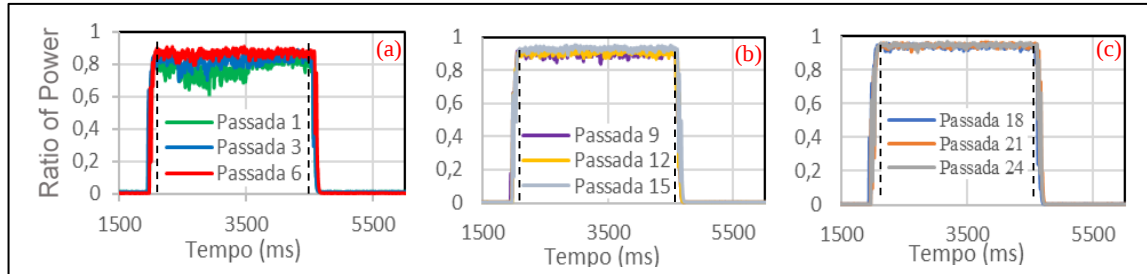


Figura 3. ROP de 9 passadas distintas do ensaio de dressagem

Para um rebolo desgastado, tem-se muitas variações de picos e vales em sua superfície de corte e essas deformações influenciam diretamente na atividade acústica da operação de dressagem, pois, devido a essa não-uniformidade superficial, o contato entre rebolo e dressador é afetado, não havendo atrito entre eles, e em alguns momentos esse atrito é de baixa intensidade e isso gera uma diminuição de atividade acústica. Desta forma, essas irregularidades são captadas pelo sensor de EA, o que possibilita um diagnóstico da condição de forma e afiação do rebolo. Na Figura 3a (Passada 1), o rebolo está empastado, não dressado e não-uniforme, o que faz com que no decorrer da dressagem o rebolo vá se tornando dressado e uniforme, até o ponto em que a dressagem está completa, conforme pode ser visto na Fig. 3c (Passada 18, 21 e 24). Durante a operação de dressagem, o rebolo atinge uma condição intermediária, ou seja, a dressagem não está completa, essa condição pode ser conferida na Fig. 3b (Passadas 9, 12 e 15). Percebe-se que quase não há variação significativa de uniformidades dos sinais de ROP entre as Fig. (3b) e Fig. (3c). Isto posto, pode-se inferir que o rebolo está quase atingindo sua máxima uniformidade superficial de corte.

A estatística ROP foi aplicada nos sinais de EA em uma única banda de frequência, mencionada anteriormente, desta forma, os valores de média e de desvio padrão foram calculados, considerando apenas o trecho da passada de cada sinal, que nas Fig. (3a, b e c) são apontados entre duas barras pontilhadas. Os resultados podem ser verificados na Figura (4). Observa-se que para as duas bandas, inicialmente, os valores de desvio são elevados e conforme a dressagem acontece, esses valores tendem a diminuir até um limite onde a variação entre o desvio de uma passada e outra não é significativo, tal fenômeno pode ser observado a partir da décima sexta passada de dressagem.

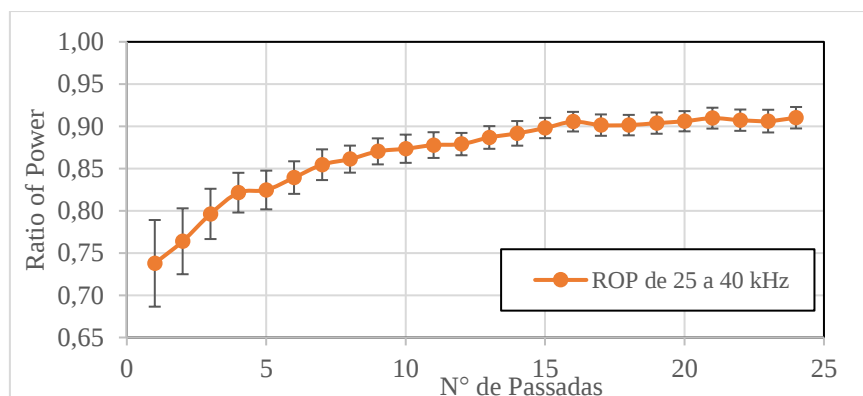


Figura 4. Médias e desvios da estatística “ROP”

Conforme análise da Fig. (4) é possível notar que ao longo da operação de dressagem, há um crescimento acentuado da atividade acústica até a décima sexta passada. Infere-se também que para a estatística ROP, o rebolo não dressado e não uniforme é representado por médias baixas, afetadas pela mínima atividade acústica nesse estágio inicial e por desvios elevados, causados pelas irregularidades do rebolo mapeadas nos sinais de EA. Observa-se também uma uniformidade das médias a partir da décima sexta passada. Essa característica é bem acentuada para a banda estudada, deixando expresso que com bandas de frequências que representam condições distintas do rebolo, um possível sistema de monitoramento e controle pode ser desenvolvido para otimizar a operação de dressagem. Esses resultados são satisfatórios quando se diz respeito a identificação da condição de forma e afiação do rebolo. Isto reforça que a ferramenta de análise ROP pode ser considerada como método alternativo para o monitoramento automático desta operação.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um estudo das condições topográficas e de corte do rebolo no decorrer da operação de dressagem. Os sinais foram processados digitalmente afim de encontrar informações características do processo. A FFT foi utilizada na análise dos espectros que caracterizam as diversas condições do rebolo. Deste modo foi possível escolher uma banda que se mostrou eficiente quanto a caracterização das condições do rebolo: (1) rebolo não dressado e sem uniformidade superficial de corte (Passada 2); (2) rebolo dressado e uniforme (Passada 24); (3) uma condição intermediária (Passada 7), determinada empiricamente a partir de análises da (1) e de (2). Ao aplicar a estatística ROP nos sinais de EA na banda cuidadosamente selecionada, foi possível observar que aplicando as ferramentas de análises de sinais, FFT e ROP, foi possível obter características que descrevem as irregularidades de forma e afiação do rebolo em função da atividade acústica dos sinais de EA coletados durante os ensaios de dressagem.

A melhor banda encontrada para relacionar a condição de forma e afiação do rebolo com o sinal EA foi de 25 – 40 kHz. A partir da passada 16, observa-se a característica do rebolo dressado e uniforme, ou seja, em plenas condições para ser novamente utilizado no processo de retificação, pois os valores de média e de desvio padrão da ROP a partir deste ponto se mantêm uniforme.

Portanto, o método apresentado obteve resultados satisfatórios nos ensaios e pode ser utilizado para caracterizar a condição de afiação e forma do rebolo durante o processo da dressagem, através dos sinais de EA processados na banda que melhor define as condições do rebolo, utilizando a estatística ROP. Ressalta-se que esses resultados são válidos apenas para as ferramentas aqui empregadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia da UNESP de Bauru, ao CNPq e CAPES pelo apoio financeiro na concessão da bolsa de Mestrado, à Norton Abrasivos Ltda., pertencente ao grupo Saint-Gobain, pela doação dos rebolos e a Quimatic Tapmatic do Brasil pela doação do fluido de corte e ambas pela oportunidade de pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- Agarwal S. Optimizing machining parameters to combine high productivity with high surface integrity in grinding silicon carbide ceramics. *Ceram Int*. Elsevier; 2016;42:6244–6262.
- Bhuiyan MSH, Choudhury IA, Dahari M, Nukman Y, Dawal SZ. Application of acoustic emission sensor to investigate the frequency of tool wear and plastic deformation in tool condition monitoring. *Meas J Int Meas Confed*. 2016;92.
- Bhuiyan MSH, Choudhury IA, Nukman Y. International Journal of Machine Tools & Manufacture An innovative approach to monitor the chip formation effect on tool state using acoustic emission in turning. *Int J Mach Tools Manuf*. Elsevier; 2012;58:19–28.
- D'Addona DM, Matarazzo D, de Aguiar PR, Bianchi EC, Martins CHR. Neural Networks Tool Condition Monitoring in Single-point Dressing Operations. *Procedia CIRP*. Elsevier B.V.; 2016;41:431–436.
- Goedtel a, Nunes Da Silva I, Jose Amaral Serni P, Suetake M, Francisco Do Nascimento C, Augusto Oliveira Da Silva S. Speed estimation for induction motor using neural networks method. *IEEE Lat Am Trans*. 2013;11:768–778.
- Hassui A, Diniz AE. Correlating surface roughness and vibration on plunge cylindrical grinding of steel. *Int J Mach Tools Manuf*. 2003;43:855–862.
- Linke B. Dressing process model for vitrified bonded grinding wheels. *CIRP Ann - Manuf Technol*. 2008;57:345–348.
- Lyons, Richard G. Understanding Digital Signal Processing. 3º ed. USA: Prentice Hall; 2010.
- Malkin S, Guo C. Grinding Technology: Theory and Applications of Machining with Abrasives. 2ª ed. New York: Industrial Press Inc; 2008.
- Marinescu ID, Hitchiner M, Uhlmann E, Rowe WB. Handbook of Machining with Grinding Wheels. 1º ed. New York: CRC Press; 2007.
- Martins CHR, Aguiar PR, Frech A, Bianchi EC. Neural networks models for wear patterns recognition of single-point dresser [Internet]. IFAC Proc. Vol. IFAC; 2013.
- Martins CHR, Aguiar PR, Frech A, Bianchi EC. Tool condition monitoring of single-point dresser using acoustic emission and neural networks models. *IEEE Trans Instrum Meas*. 2014;63:667–679.
- Miranda HI, Rocha CA, Oliveira P, Martins C, Aguiar PR, Bianchi EC. Monitoring single-point dressers using fuzzy

models. Procedia CIRP. Elsevier B.V.; 2015;33:281–286.

Moia DFG, Thomazella IH, Aguiar PR, Bianchi EC, Martins CHR, Marchi M. Tool condition monitoring of aluminum oxide grinding wheel in dressing operation using acoustic emission and neural networks. J Brazilian Soc Mech Sci Eng. 2015;63:627–640.

Nakai ME, Junior HG, Aguiar PR, Bianchi EC, Spatti DH. Neural Tool Condition Estimation in The Grinding of Advanced Ceramics. 2015;13:62–68.

Nguyen AT, Butler DL. Correlation of grinding wheel topography and grinding performance: A study from a viewpoint of three-dimensional surface characterisation. J Mater Process Technol. 2008;208:14–23.

Wegener K, Hoffmeister HW, Karpuschewski B, Kuster F, Hahmann WC, Rabiey M. Conditioning and monitoring of grinding wheels. CIRP Ann - Manuf Technol. CIRP; 2011;60:757–777.

Yang Z, Yu Z. Experimental study of burn classification and prediction using indirect method in surface grinding of AISI 1045 steel. Int J Adv Manuf Technol. 2013;68:2439–2449.

Yang Z, Yu Z, Xie C, Huang Y. Application of Hilbert–Huang Transform to acoustic emission signal for burn feature extraction in surface grinding process. Measurement. Elsevier Ltd; 2014;47:14–21.

7. DIREITOS AUTORAIS

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

MONITORING THE OPERATION OF ALUMINUM OXIDE GRINDING WHEEL USING ACUSTIC EMISSION TECHNIQUES

Wenderson Nascimento Lopes, wendersonmanin@gmail.com¹

Pedro de Oliveira Conceição Junior, pedroliveira931@hotmail.com¹

Fábio R. L. Dotto, fabio@farolconsultoria.com.br¹

José Claudio Lopes, jclaudio.lopes@hotmail.com²

Fábio Isaac Ferreira, fab.kf@hotmail.com¹

Eduardo Carlos Bianchi, bianchi@feb.unesp.br²

Paulo Roberto de Aguiar, aguiarpr@feb.unesp.br¹

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Departamento de Engenharia Elétrica, FEB/UNESP, Av. Eng. Luíz E. C. Coube, 14-01, Bauru, SP, Brasil.

²Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Departamento de Engenharia Mecânica, FEB/UNESP, Av. Eng. Luíz E. C. Coube, 14-01, Bauru, SP, Brasil.

Abstract: Dressing is an operation of utmost importance for the grinding process. The objective of the dressing process is to recondition the grinding wheel in order to reestablish its original characteristics and shape due to the wear produced throughout the process. Real time monitoring systems that use acoustic emission have been proposed, without concerning the correlation between the frequencies of the signals and some characteristics of the tool, such as its topography and its sharpness. Thus, the aim of this paper is to research the frequency content of the raw acoustic emission signal from the dressing process of aluminum oxide grinding wheel using single-point dresser. The Fast Fourier Transform (FFT) was used to select the best frequency bands that characterize the dressing process. So, the mean and standard deviation of the ROP statistic were calculated in order to classify the condition of the abrasive tool. Results show that in the first dressing passes, the values of the standard deviation are high, evidencing that the cutting surface is irregular. There is a significant variation of these values of up to 150 μm of radius removed from the tool. When the grinding wheel is ready for the grinding process (dressed), from 150 μm of radius removed, this variation can be neglected. On the other hand, the mean values begin low, that means that there is a few acoustic emission activity being generated. The mean values increase according to the dressing occurs, that is, there is an expressive increase of acoustic emission when the wheel recovers its shape and sharpness conditions. Therefore, the presented method showed satisfactory results for the tests in the characterization of the shape and sharpness conditions during the dressing process, through the processed AE signals, filtered in the frequency band that best defines the wheel conditions, using ROP as the main tool for the signals analyzes.

Keywords: dressing, monitoring, acoustic emission, frequency content, uniformity of the grinding wheel