

UTILIZAÇÃO DE RESINA FOTOPOLIMERIZÁVEL PARA CARACTERIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO REBOLO

Marcos Tan Endo

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís km 235, 13565-905 São Carlos/SP
marcos.endo@ufscar.br

Leonildo Bernardo Pivotto

Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador São Carlense 400, 13566-590 São Carlos/SP
leonildopivotto@usp.br

Carlos E. H. Ventura

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís km 235, 13565-905 São Carlos/SP
ventura@ufscar.br

Resumo. As características da superfície abrasiva do rebolo têm influência significativa sobre a qualidade do produto obtido após o processo de retificação. Deve-se atentar principalmente à protrusão do grão, que afeta a espessura do cavaco e, conseqüentemente, a rugosidade final. Tal parâmetro pode ser avaliado a partir de uma análise da rugosidade da superfície do rebolo observado em microscópio, porém, para isso, o rebolo deve ser retirado da máquina, o que pode causar erros no processo. Tendo isso em vista, o presente trabalho apresenta uma metodologia para a caracterização da superfície do rebolo sem a necessidade de sua remoção da máquina. Moldes da superfície abrasiva foram obtidos a partir de uma resina endurecível por polimerização e comparados à superfície original por meio da aquisição de imagens tridimensionais em um microscópio óptico. Os resultados mostraram que os valores da altura reduzida de pico medida na área Spk (parâmetro de rugosidade da curva de Abbott-Firestone) podem ser utilizados para caracterizar a superfície abrasiva por meio da aplicação da resina, sem a necessidade de uma avaliação direta do rebolo.

Palavras chave: Topografia. Rebolo. Retificação. Dressagem.

1. INTRODUÇÃO

A topografia do rebolo é uma das variáveis mais importantes do processo de retificação (Klocke e Linke, 2008), já que afeta diretamente a qualidade do produto final, além do comportamento de desgaste da ferramenta e dos esforços durante o processo (Marinescu et al., 2012). Rebolos com maiores protrusões de grão levam a maiores espessuras do cavaco por grão e prejudicam o acabamento superficial. Aumentando-se o tempo de uso do rebolo, os grãos se desgastam e as protrusões são reduzidas, o que melhora o acabamento da peça em um primeiro momento, mas também pode aumentar as forças e tornar o rebolo cego, dificultando o cisalhamento do material. Com a perda de eficiência da ferramenta abrasiva, faz-se necessária a utilização do processo conhecido como dressagem para a restauração de suas características funcionais (Buttery et al., 1979).

Assim, a fim de se melhor compreender o desgaste dos grãos abrasivos e do ligante do rebolo, o efeito do processo de dressagem e os resultados relacionados à qualidade da peça após o processo de retificação, o conhecimento da topografia do rebolo é fundamental. A caracterização da topografia tem sido realizada por diferentes métodos, como triangulação óptica (Tönshoff, 1995), aplicação de sensor de corrente e deslocamento laser (Kim e Ahn, 1997), processamento de imagem com câmera CCD (Feng e Chen, 2007) e aplicação de sensores de emissão acústica (Badger et al., 2018). O crescente avanço tecnológico contribuiu para o surgimento de novas técnicas de avaliação, entre elas a caracterização da superfície do rebolo pelo método tridimensional, que consiste na utilização de um microscópio que capta imagens bidimensionais e realiza uma reconstrução da topografia do rebolo (Tang et al., 2018). A técnica é precisa, mas, devido à necessidade de remoção do rebolo da máquina para sua medição sob um microscópio, ela se torna ineficiente.

Neste contexto, o presente trabalho propõe a utilização de uma resina fotopolimerizável para a geração de um molde da superfície abrasiva, o qual pode ser analisado em microscópio, sem a necessidade de remoção do rebolo da máquina. Certa quantidade de resina é posicionada sobre uma área do rebolo e sua polimerização é realizada com o auxílio de uma fonte de luz ultravioleta. Para se provar a viabilidade de aplicação desta resina, rebolos dressados com diferentes condições tiveram sua superfície caracterizada diretamente sob o microscópio e com o auxílio da resina.

2. METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados em uma retificadora CNC de quatro eixos para preparação de inserts Agathon DOM Plus, equipada com um rebolo do tipo copo com grãos abrasivos de diamante e tamanho de 46 μm , concentração C100 e ligante resinoide. O dressador, também do tipo copo, possui abrasivos de óxido de alumínio, com tamanho de grão 180#. A configuração da máquina é mostrada na Fig. 1.

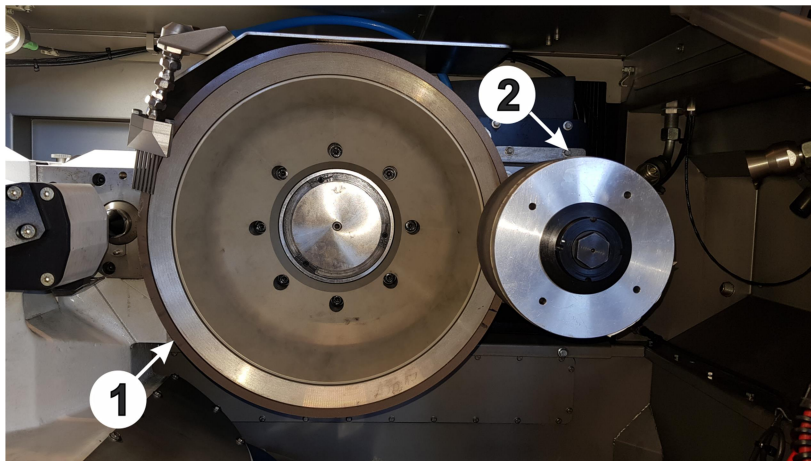


Figura 1. Imagem do rebolo (1) e do dressador (2).

Devido à importância do processo de dressagem na formação da topografia do rebolo (Palmer, *et al.*, 2018), optou-se pela alteração de parâmetros deste processo para a realização dos testes. Dentre eles, a velocidade tangencial do dressador (v_{cd} [m/s]) e a velocidade de avanço do dressador (v_{fd} [mm/min]). Em todos os testes, a velocidade tangencial do rebolo foi mantida constante ($v_c = 20$ m/s). A Tab. 1 mostra as condições e os parâmetros de dressagem utilizados nos testes. Em se tratando de testes preliminares, foi realizado um planejamento fatorial parcial, variando-se a velocidade de avanço para certa velocidade tangencial e variando-se a velocidade tangencial para uma determinada velocidade de avanço.

Tabela 1. Condições de dressagem

Condição	v_{cd} (m/s)	v_{fd} (mm/min)
1	5	0,18
2	10	0,06
3	10	0,18
4	10	0,36
5	16	0,18

Após a execução de cada dressagem, o rebolo era removido da retificadora e analisado em dois pontos opostos de sua circunferência sob um microscópio para análise de imagens tridimensionais Alicona Infinite Focus SL. Em seguida, certa quantidade de resina era depositada em regiões próximas àquelas já verificadas diretamente em microscópio e sua polimerização era realizada por meio de uma fonte de luz ultravioleta com comprimento de onda aproximado de 470 nm. Depois de sua retirada da superfície do rebolo, as resinas já endurecidas eram levadas ao mesmo microscópio já citado e analisadas. Devido ao fato das resinas fornecerem informações do negativo da superfície abrasiva, tornou-se necessária a inversão das imagens adquiridas.

Exemplo das imagens tridimensionais da superfície abrasiva do rebolo e da resina podem ser vistos na Fig. 2. Para sua caracterização, foram escolhidos os parâmetros de rugosidade de superfície da curva de Abbott-Firestone, Spk e Svk , definidos, respectivamente, como a altura reduzida dos picos e a profundidade reduzida dos vales. As medições foram realizadas em uma área de 1500 $\mu\text{m} \times 1500 \mu\text{m}$, com a aplicação de um filtro de 800 μm . Para cada condição de dressagem foram analisadas duas áreas, tanto para o rebolo como para a resina, e os valores médios foram utilizados para construção dos gráficos.

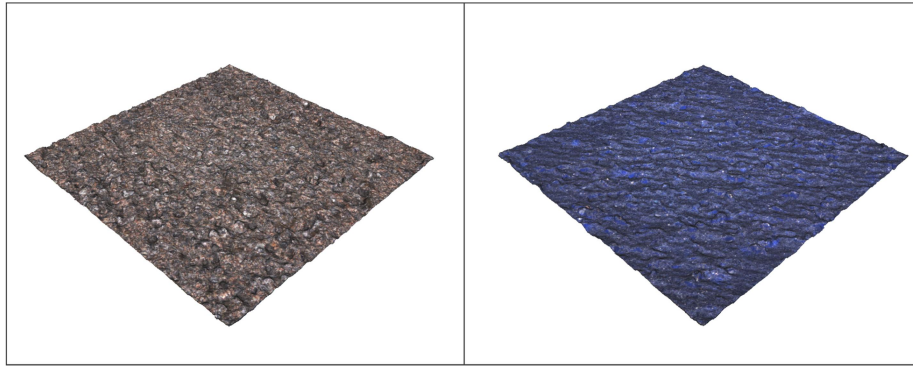


Figura 2. Topografia 3D do rebolo (esquerda) e da resina fotopolimerizável (direita)

3. RESULTADOS

Gráficos comparativos dos parâmetros de rugosidade de superfície Spk e Svk para o rebolo e para a resina podem ser observados nas Figs. 3 e 4, respectivamente. O parâmetro Spk representa as protrusões de grão, enquanto Svk está relacionado aos poros do ligante. A variação desses parâmetros está associada à remoção do ligante e consequente exposição/remoção dos grãos abrasivos pelo dressador.

Observando-se os valores obtidos para o rebolo, nota-se que o aumento da velocidade tangencial do dressador (Condições 1, 3 e 5) leva primeiro à redução da protrusão de grão e, em seguida, ao seu crescimento. Uma tendência aproximadamente inversa é verificada para a profundidade dos poros. Analisando-se o processo cinematicamente, o aumento da velocidade do dressador leva a uma passagem mais rápida do grão do dressador sobre o ligante do rebolo, o que acaba por reduzir a espessura de material removido. Dessa forma, o decréscimo de Spk e o aumento de Svk entre as condições 1 e 3 pode estar associado ao aumento da temperatura provocado pelo aumento da velocidade do dressador. O aumento do nível dos poros diminui o ancoramento dos grãos abrasivos, causando sua remoção. Assim, o menor valor de Spk corresponde aos grãos que ainda têm condições de permanecer alojados no ligante. O subsequente aumento da velocidade tangencial do dressador entre as Condições 3 e 5 reduz ainda mais a quantidade de material removido do ligante do rebolo pelos grãos do dressador. Embora a temperatura também aumente, o contato é pequeno e seu efeito pode ser menos significativo na degradação do ligante. Com isso, tem-se redução do nível dos poros, verificado pelo menor valor de Svk, e melhor ancoramento dos grãos durante a dressagem, o que leva ao aumento de Spk. Já o aumento da velocidade de avanço do dressador (Condições 2, 3 e 4), que leva à predominância da carga mecânica sobre o ligante do rebolo, tende a aumentar a protrusão de grão e reduzir a profundidade dos poros.

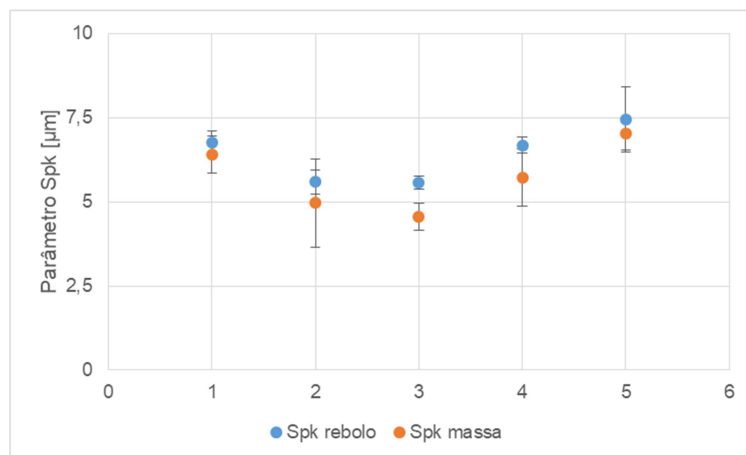


Figura 3. Gráfico comparativo do parâmetro Spk obtido para o rebolo e para a resina fotopolimerizável

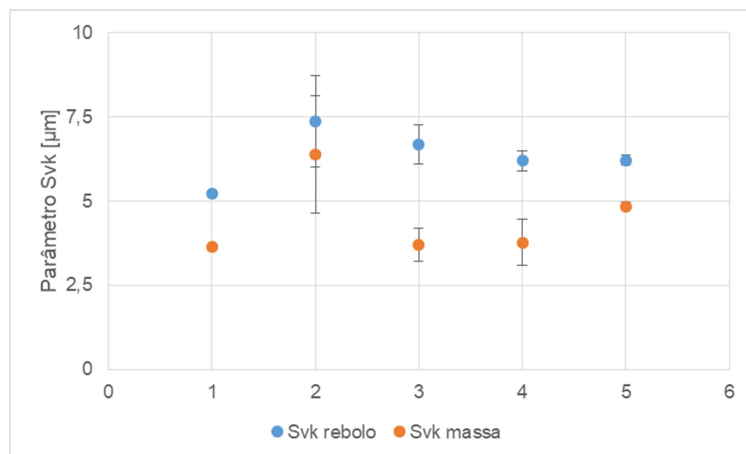


Figura 4. Gráfico comparativo do parâmetro Svk obtido para o rebolo e para a resina fotopolimerizável

Tendo em vista o objetivo deste trabalho, percebe-se que os parâmetros de rugosidade de superfície Spk e Svk possuem tendências próximas para cada condição, entretanto, nota-se que os pontos ligados ao parâmetro Spk apresentam valores bastante próximos para o rebolo e para a resina (erro médio entre 5% e 20% em relação ao valor real), enquanto que os pontos de Svk divergem em algumas condições (erro médio entre 13% e 45% em relação ao valor real). Este fato se deve principalmente à dificuldade de remoção completa da resina dos vales da superfície abrasiva, conforme mostrado na Fig. 5, onde se observam resquícios da resina aderidos sobre a superfície do rebolo.

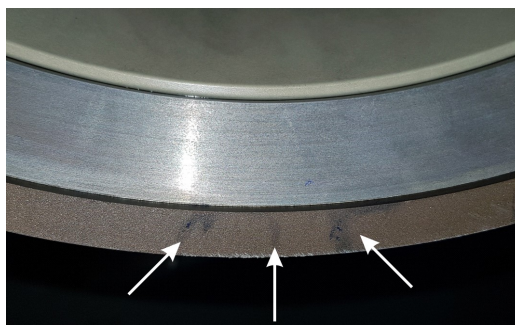


Figura 5. Resina fotopolimerizável aderida à superfície do rebolo.

A evolução dos pontos para as diferentes condições de dressagem mostra a viabilidade de aplicação da resina principalmente para a avaliação do parâmetro Spk, o que já permite que conclusões sobre a influência da topografia do rebolo sobre a espessura do cavaco e geração da rugosidade no material possam ser tiradas.

As pequenas porções de resina presas na superfície abrasiva não comprometem as conclusões ou os resultados relacionados a Spk, porém, mais cuidado deve ser tomado para o uso de Svk, já que essas porções não removidas afetam a modelagem dos vales na superfície do ligante. De todo modo, neste último caso, tendências semelhantes foram observadas para a resina e para a superfície real do rebolo.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho, um método para caracterização da topografia de um rebolo de diamante para retificação de pastilhas de corte com a utilização de uma resina fotopolimerizável foi testado e validado por meio da comparação dos parâmetros de rugosidade de superfície Spk e Svk medidos diretamente no rebolo e por meio da resina polimerizada. Os parâmetros Spk obtidos para o rebolo e para a resina apresentaram valores aproximados quando comparados em cinco condições distintas de dressagem. De outra forma, Svk apresentou um desvio maior entre as duas medições (rebolo e resina), que ocorreu principalmente devido à dificuldade de remoção da resina da superfície abrasiva. Assim, verifica-se que a técnica empregada neste trabalho foi eficaz para a caracterização da protrusão de grão em rebolos de diamante com ligante resinoide.

5. REFERÊNCIAS

- Badger, J., Murphy, S., O'Donnell, G. E., 2018. "Acoustic emission in dressing of grinding wheels: AE intensity, dressing energy, and quantification of dressing sharpness and increase in diamond wear-flat size". *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 125, p. 11-19.
- Buttery, T.C., Statham, A., Percival, J.B., 1979. "Some effects of dressing on grinding performance". *Wear*, Vol. 55, p. 195-219.
- Feng, Z., Chen X., 2007. "Image processing of the grinding wheel surface". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 32, p. 452-458.
- Kim, S., Ahn, J. H., 1997. "Decision of dressing interval and depth by the direct measurement of the grinding wheel surface". *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 88, p. 190-194.
- Klocke, F. e Linke, B., 2008. "Mechanisms in the generation of grinding wheel topography by dressing". *Production Engineering Research and Development*, Vol. 2, p. 157-163.
- Marinescu, A.D., Rowe, W.B., Dimitrov, B., Ohmori, H., 2012. *Tribology of Abrasive Machining Processes*. Elsevier, 2ª edição.
- Palmer, J., Curtis, D., Novovic, D., Ghadbeigi, H., 2018. "The influence of abrasive grit morphology on wheel topography and grinding performance". *Procedia CIRP*, Vol. 77, p. 239-242.
- Tang, J., Qiu, Z., Li, T., 2018. "A novel measurement method and application for grinding wheel surface topography based on shape from focus". *Measurement*, Vol. 113, p. 495-507.
- Tönshoff, H.K., 1995. "Fast sensor system for the diagnosis of grinding wheel and workpiece". *SME technical paper*, p. 1-15.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

Application of a photopolymerizable resin to characterize grinding wheel abrasive layer

Marcos Tan Endo

Department of Mechanical Engineering, Federal University of São Carlos, km 235 Washington Luís Road, 13565-905 São Carlos/SP
marcos.endo@ufscar.br

Leonildo Bernardo Pivotto

São Carlos School of Engineering – University of São Paulo, 400 Trabalhador São Carlense Av., 13566-590 São Carlos/SP
leonildopivotto@usp.br

Carlos E. H. Ventura

Department of Mechanical Engineering, Federal University of São Carlos, km 235 Washington Luís Road, 13565-905 São Carlos/SP
ventura@ufscar.br

Abstract. The characteristics of the grinding wheel abrasive surface have a significant influence on the quality of a ground component. Particular attention should be paid to the grain protrusion, which affects single grain chip thickness and, consequently, surface roughness. This parameter can be evaluated through a direct analysis of the roughness of grinding wheel surface, however, for this, the grinding wheel should be removed from the machine, which can cause process errors. Bearing this in mind, this work presents a methodology for characterizing the grinding wheel surface without its removal from the machine. Molds of the abrasive surface were obtained with the help of a photopolymerizable resin and compared to the original surface by means of three-dimensional images acquired through an optical microscope. The results showed that reduced peak height values measured in area, Spk (roughness parameter of the Abbott-Firestone curve), can be used to characterize the abrasive surface by applying the resin without the need for a direct evaluation of the grinding wheel.

Keywords: Topography, Grinding Wheel, Grinding

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.