

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO GRAU DE RECOBRIMENTO NO ACABAMENTO DE SUPERFÍCIES DE AÇO ABNT 1045 RETIFICADAS

Otávio de Souza Ruzzi

Bruno Souza Abrão

Mayara Fernanda Pereira

Rodrigo de Souza Ruzzi

Rosemar Batista da Silva

Faculdade de Engenharia Mecânica, UFU, Av. João Naves de Ávila, 2121, Uberlândia, MG, Brasil.

e-mails: otavio.ruzzi@ufu.br; brunoabrao53@gmail.com; mayarau2011@gmail.com; rodrigo.ruzzi@ufu.br;

rosemar.silva@ufu.br

Resumo. A retificação é utilizada para conferir às peças uma combinação de ótimo acabamento e tolerâncias dimensionais estreitas por meio da ação de uma ferramenta composta por milhares de partículas abrasivas, o rebolo. Porém, ao decorrer do processo, o rebolo vai perdendo a sua capacidade de corte. E quando ele não consegue mais cortar, é necessário realizar a operação de dressagem, que visa a sua limpeza e exposição de novas arestas de corte. Desta forma, a dressagem torna-se uma operação de grande importância e especial atenção deve ser dedicada a determinação dos parâmetros que visem garantir eficiência na sua execução. Dentre os vários parâmetros de dressagem, o destaque está no grau de recobrimento (U_d) do rebolo. Neste contexto, o presente trabalho buscou avaliar a influência do grau de recobrimento no acabamento da superfície de aço ABNT 1045 com rebolo de óxido de alumínio. Foi utilizado um dressador de ponta única de diamante e foram testados três valores distintos de U_d (2, 5 e 8). O acabamento da peça foi avaliado em termos de rugosidade superficial (parâmetros R_a e R_z). Além disso, as imagens das superfícies retificadas foram obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os resultados mostraram que o grau de recobrimento do rebolo exerceu forte influência no acabamento e textura da superfície retificada, sendo que o acabamento melhorou com o aumento do U_d .

Palavras chave: Retificação. Dressagem. Grau de Recobrimento (U_d). Rebolo de óxido de alumínio. Aço ABNT 1045. Rugosidade superficial.

1. INTRODUÇÃO

A retificação é um processo de usinagem por abrasão bastante empregado no fim da cadeia de produção com o intuito de conferir aos componentes usinados a combinação de ótimo acabamento ($R_a < 1,6 \mu m$) aliado a tolerâncias dimensionais estreitas (qualidade IT6-IT3). Neste processo há o emprego de uma ferramenta abrasiva, conhecida como rebolo, composta por milhares de partículas abrasivas, não metálicas, de elevada dureza, dispostas aleatoriamente, com geometria indefinida e possuindo múltiplas arestas de corte (MALKIN e GUO, 2008). Assim, a formação de cavaco ocorre por meio da interação do rebolo abrasivo com a peça de trabalho e a remoção de material é constituída pela soma da quantidade de material que cada abrasivo consegue retirar (KLOCKE, 2009).

Entretanto, durante o processo de retificação, essas partículas desgastam-se, e perdem a capacidade de corte e, consequentemente, podem levar à deterioração do acabamento superficial da peça. Desta forma, no decorrer do desenvolvimento do processo de retificação é imprescindível afiar a ferramenta abrasiva, visando principalmente a exposição de novas arestas de corte, sendo esta operação conhecida como dressagem. A ferramenta utilizada na dressagem é conhecida como dressador e que pode ser classificado basicamente em dois tipos: estático (ponta única de diamante, conglomerado e fliesen) e rotativo, sendo que os mais empregados são os do tipo estático, principalmente pelos menores custo e complexidade na utilização (ROWE, 2010).

A eficiência do processo de retificação e a integridade superficial das peças estão diretamente relacionadas às condições de dressagem, bem como ao tipo de dressador selecionado. Como resultados da dressagem nas partículas abrasivas são gerados os: macroefeitos e os microefeitos (KÖNIG, 1980 apud FIOCCHI, 2014). Os macroefeitos estão diretamente relacionados ao tipo de dressador, à profundidade de penetração do dressador (a_d) e ao passo de dressagem (S_d) e, portanto, definem a forma do perfil gerado na superfície do rebolo, normalmente uma topografia na forma de espiral ou rosca. Por outro lado, os microefeitos estão diretamente associados à ação proporcionada pela ponta do dressador nas arestas das partículas abrasivas (KÖNIG, 1980; KLOCKE, 2009).

Diversos parâmetros devem ser considerados para a escolha do método e da ferramenta de dressagem, porém de forma a simplificar a operação, segundo Machado et al. (2009), normalmente utiliza-se o grau de recobrimento (U_d)

para quantificar a dressagem, parâmetro este que pode calculado pelo quociente entre a largura do dressador (b_d) e o avanço por volta do dressador ou passo de dressagem (S_d), conforme demonstrado na Eq. 1:

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

O passo de dressagem S_d pode ainda ser definido como o quociente da velocidade de dressagem pela rotação do rebolo, conforme demonstrado na Eq. 2:

$$S_d = \frac{v_{fd}}{n_s} \quad (2)$$

O parâmetro U_d indica a agressividade do rebolo, onde menores valores de U_d são recomendados para operações de desbaste enquanto os maiores para acabamento, ou seja, é necessária a correta seleção do grau de recobrimento pelo fato deste atuar sobre o acabamento dos componentes retificados (MARINESCU et al., 2007).

Em um estudo desenvolvido por Moia et al. (2015) os autores analisaram a influência da variação do grau de recobrimento U_d (1, 1,5 e 2) na superfície de trabalho de um rebolo de óxido de alumínio (38A220KVS). Como resultados eles observaram que diminuição no grau de recobrimento propiciou uma maior mudança na forma das partículas abrasivas e, conseqüentemente, aumentou a friabilidade do rebolo.

Segundo Fiocchi et al. (2015), no processo de retificação de ultra precisão de aço inoxidável martensítico AISI 420, o aumento do grau de recobrimento U_d (1, 3 e 5) e do tamanho das partículas abrasivas, grana mesh de #800 para #300, causaram uma redução nos macroefeitos gerados nas superfícies dos rebolos de carbetto de silício.

Em termos de rugosidade, de acordo com Wegener et al. (2011), ao longo da retificação do aço Ck45N (equivalente ao aço ABNT 1045) com rebolo de óxido de alumínio (A60K8V), o aumento no grau de recobrimento U_d (2, 4, 6, 8 e 10) resultou na redução na rugosidade (R_z) das peças de 9 μ m para 5 μ m. De acordo com os autores, elevados valores de U_d reduzem a agressividade do rebolo e, conseqüentemente, o volume de material removido será menor que por sua vez reflete positivamente no acabamento das superfícies retificadas.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência do grau de recobrimento U_d (2, 5 e 8) no acabamento e textura de peças de aço ABNT 1045 após a retificação plana tangencial com rebolo de óxido de alumínio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios de retificação foram realizados em uma retificadora plana tangencial, do fabricante Mello, modelo P36, que possui uma rotação constante igual a 2400 rpm e potência instalada igual a 2,24 kW. Foi utilizado um rebolo de oxido de alumínio branco (A60K6V) do fabricante Saint Gobain Abrasives. O material da peça utilizada foi o aço ABNT 1045 no estado recozido, com dimensões de 47 mm de comprimento, 8 mm de largura e 15 mm de altura. Os ensaios foram realizados com um fluido de corte sintético de base vegetal, Grindex 10, fabricado pela Blaser Swisslube, que foi diluído em água na proporção de 1:19 e aplicado pela técnica convencional de lubri-refrigeração (abundância) a uma vazão de 11 L/min.

O resumo das condições de retificação utilizadas e os dados do processo estão apresentadas na Tab. 1.

Tabela 1. Condições de retificação.

Rebolo	A 60 K 6 V
Velocidade de corte (v_s) [m/s]	30
Velocidade da peça (v_w) [mm/min]	7500
Penetração de trabalho (a_e) [mm]	0,015
Fluido de corte	Grindex 10
Vazão [L/min]	11

Para a operação de dressagem foi utilizado um dressador de ponta única de diamante com b_d medido de aproximadamente 0,194 mm, considerando uma profundidade de dressagem (a_d) de 0,02 mm conforme mostra a Fig. 1, onde pode ser observada a ponta do dressador antes dos testes (Fig. 1a) e depois dos mesmos (Fig. 1b). Foram realizados três passes com o valor de a_d , o que totalizou, ao fim de cada operação de dressagem, um valor de 60 μ m retirado do rebolo.

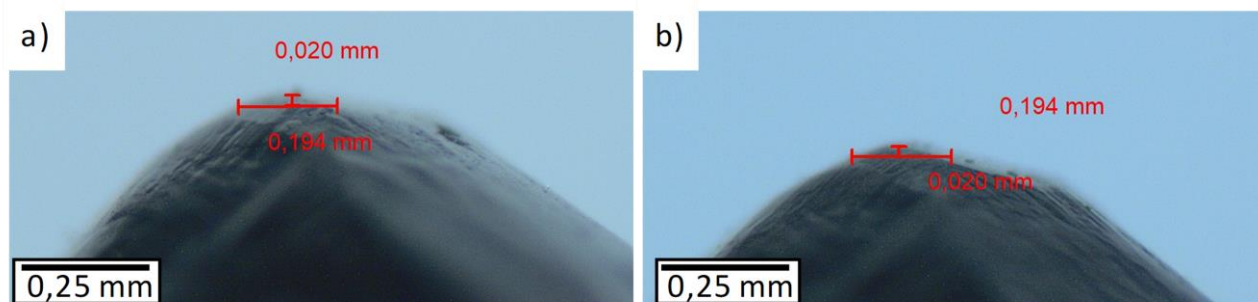


Figura 1. Forma da ponta de diamante do dressador: a) antes da primeira operação de dressagem e b) a após a última operação de dressagem (último ensaio de retificação).

Inicialmente foi medido a largura do dressador, antes da primeira operação de dressagem, o b_d . Em seguida, recalculou-se do tempo de dressagem através do valor do grau de recobrimento desejado com o auxílio das eq. 1 e 2. Assim, as condições de dressagem utilizadas estão dispostas na Tab. 2.

Tabela 2. Condições de dressagem.

Tipo de dressador	Ponta única de diamante
Profundidade de dressagem (a_d) [mm]	0,020
Largura do dressador (b_d) [mm]	0,194
Grau de recobrimento (U_d)	2; 5 e 8
Passo de dressagem (S_d) [mm]	0,097; 0,0388 e 0,0424
Tempo de dressagem (t_d) [s]	6,55; 16,37 e 26,19
Número de passes	3

Para cada teste de retificação foi realizada uma réplica a fim de garantir uma maior confiabilidade nos resultados. Para comparar os resultados de retificação após a dressagem com os diferentes valores de U_d , foram analisados os parâmetros de rugosidade R_a e R_z , assim como as imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) das superfícies das peças retificadas. Para as medições de rugosidade foi utilizado um rugosímetro da marca Mitutoyo, modelo SJ 201, com cut-off de 0,8 mm. Já as imagens das superfícies usinadas foram obtidas por um microscópio eletrônico de varredura, da marca Hitachi, modelo TM3000, com ampliação de 1000x.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 2a e 2b são mostrados, respectivamente, os resultados dos parâmetros de rugosidade R_a e R_z , obtidos após os testes de retificação em função do grau de recobrimento do rebolo.

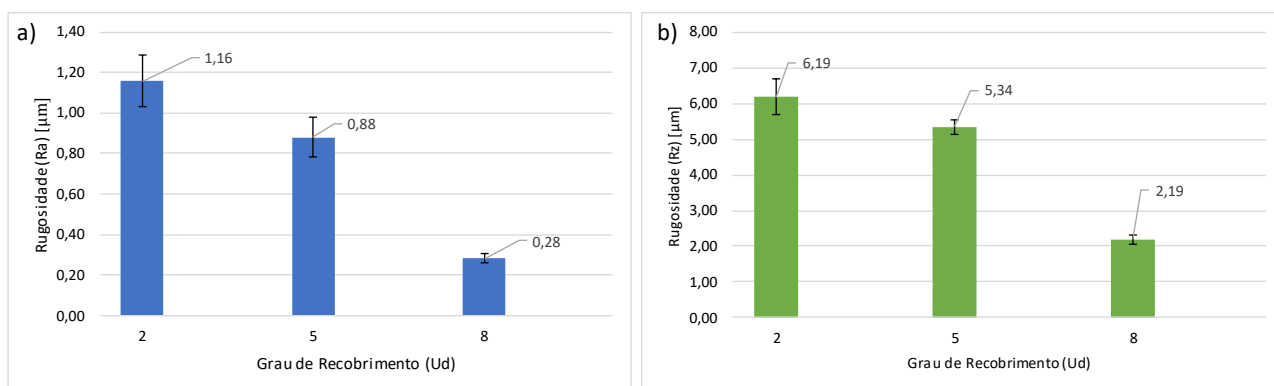


Figura 2. Rugosidades R_a (a) e R_z (b) em função do grau de recobrimento de dressagem.

Da Figura 2 pode-se observar que os valores da rugosidade (parâmetros R_a e R_z) sofreram influência do grau de recobrimento (U_d) utilizado, sendo que quanto maior o grau de recobrimento (U_d), menor foi o valor de rugosidade, independente do parâmetro de avaliação empregado. Ao empregar o maior grau de recobrimento ($U_d = 8$), a rugosidade R_a foi cerca de 75% menor que aquele obtido quando se empregou o menor grau de recobrimento ($U_d = 2$). De acordo

com Marinescu et. al (2007), o grau de recobrimento 2 é normalmente empregado para operações de desbaste, 5 para uma operação de semi acabamento e acima deste, condição de acabamento. Ao utilizar o maior valor do grau de recobrimento confere-se o microefeito da dressagem no rebolo, caracterizado pela fratura dos grãos abrasivos, enquanto que o menor valor de U_d resulta nomacroeito. Desta forma, os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com os resultados que têm sido apresentados na literatura sobre este tema, como também corroborando para sustentar a afirmação de König e Messer (1980), a dressagem exerce forte influência na eficiência do processo de retificação.

Na Figura 3 são mostradas as imagens via MEV das superfícies do aço ABNT 1045 obtidas após o processo de retificação com o rebolo dressado com os três diferentes valores de grau de recobrimento.

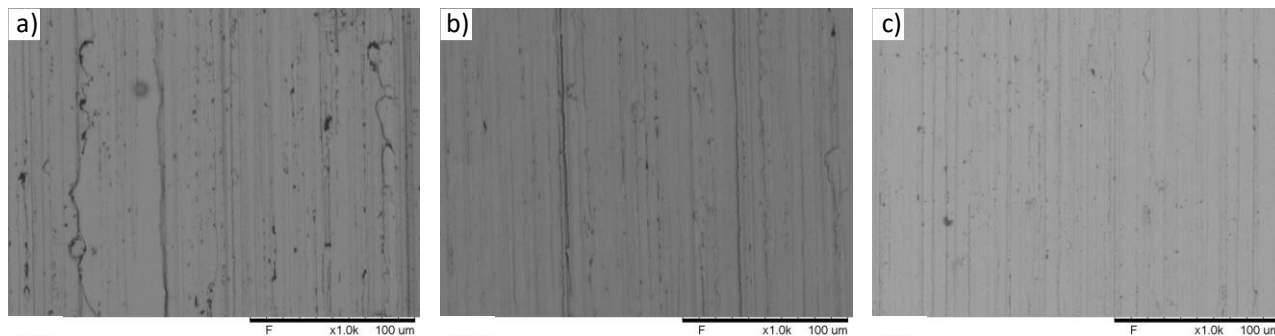


Figura 3. Imagens de MEV das superfícies retificadas após a dressagem com U_d igual a 2 (a), 5 (b) e 8 (c).

Desta Figura observa-se que a superfície que foi retificada com prévia dressagem com o menor grau de recobrimento, $U_d = 2$ (Fig. 3a) contém maior evidência de deformações plásticas geradas durante o processo, enquanto a superfície retificada com prévia dressagem com o maior grau de rebolo, $U_d = 8$ (Fig. 3c) apresentou uma predominância de marcas bem definidas e estreitas, sugerindo uma textura em que houve o predominância do mecanismo de microcorte. Tais resultados eram esperados, uma vez que com o menor grau de recobrimento, têm-se um rebolo mais agressivo com predominância de macroefeito, enquanto que com o maior U_d , a maior ocorrência de microefeito faz com que o rebolo apresente mais arestas de corte, favorecendo o microcorte, ideal para operações de acabamento. Com relação à superfície retificada com prévia dressagem do rebolo com o grau de recobrimento intermediário, $U_d = 5$ (Fig. 3b) apresentou textura intermediária em relação aquelas superfícies obtidas com o rebolo dressado com o maior e menor grau de recobrimento de dressagem.

4. CONCLUSÕES

Após a realização dos ensaios de retificação plana do aço ABNT 1045 com diferentes graus de recobrimento do rebolo, as seguintes conclusões foram tiradas:

- Os valores de rugosidade (parâmetros R_a e R_z) diminuíram com o aumento de grau de recobrimento (U_d);
- Ao empregar o menor grau de recobrimento, $U_d = 2$ a superfície da peça retificada apresentou maior ocorrência de deformações plásticas, o que implicou na deterioração do seu acabamento superficial;
- O maior grau de recobrimento favoreceu a ocorrência do fenômeno do microcorte na superfície durante o processo de retificação.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), ao Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem (LEPU) e às agências de incentivo à pesquisa: CAPES e CNPq, como também à FAPEMIG e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFU. Otávio Ruzzi e Rosemar Batista agradecem ainda à PROPP-UFU pelo apoio financeiro via a concessão de bolsa de iniciação científica do primeiro, via o Edital N° 06/2018 Bolsas de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/UFU na área de Engenharias. Por último os autores agradecem a Norton -Saint Gobain Abrasivos do Brasil, Winter e a Blaser Swisslube pela doação do rebolo, dressador e fluido de corte, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS

Fiocchi, A. A. 2014. *Ciência e tecnologia da manufatura de ultraprecisão de cerâmicas avançadas: Lapidoretificação U_d de superfícies planas de zircônia tetragonal policristalina estabilizada com ítria*. 327f. Tese de Doutorado- Universidade de São Paulo – São Carlos – SP.

- Fiocchi, A. A., Fortulan, C. A. e Sanchez, L. E. A. 2015 “Ultra-precision face grinding with constant, lapping kinematics, and SiC grinding wheels dressed with overlap factor”. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 79, p.1531 - 1543.
- Klocke, F. 2009. Manufacturing process 2: grinding, honing, lapping. Springer, Aachen, 1ª edição.
- König W.; Messer J., 1980, Dressing conventional grinding wheels with polycrystalline diamond (in German), *Industrie-Anzeiger* 102, 35-38.
- König, W. 1980. *Tecnologia da Fabricação – Retificação, Brunimento e Lapidação*. Tradução: de Walter Lindolfo Weingaertner, 1ª edição.
- Machado, A. R., Abrão, A. M., Silva, M. B. e Coelho, R. T. 2009. Teoria da usinagem dos materiais. São Paulo: Editora Blucher.
- Malkin, S. e Guo, C. 2008. Grinding technology: theory and applications of machining with abrasives. 2ª ed. New York: Industrial Press.
- Marinescu, I. D., Hitchiner, M., Uhlmann, E., Rowe, W.B. e Inasaki, I. 2007. Handbook of machining with grinding wheels. Nova Iorque : CRC Press.
- Moia, D. F. G., Thomazella, I. H., Aguiar, P. R., Bianchi, E. C., Martins, C.H.R. e Marchi, M. 2015. “Tool condition monitoring of aluminum oxide grinding wheel in dressing operation using acoustic emission and neural networks”. *Journal of Brazilian Society for Mechanical Sciences and Engineering*. Vol. 37, p. 627 – 640.
- Rowe, W. B. 2010. Modern Grinding Techniques. Scrivener Publishing LLC.
- Wegener, K., Hoffmeister, H. -W., Karpuschewski, B., Kuster, F., Hahmann, W. – C. e Rabiey, M. 2011. “Conditioning and monitoring of grinding wheels”. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. Vol. 60, p. 757 – 777.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

STUDY OF THE OVERLAP RATIO INFLUENCE ON SURFACE FINISHING OF AISI 1045 STEEL AFTER GRINDING

Otávio de Souza Ruzzi

Bruno Souza Abrão

Mayara Fernanda Pereira

Rodrigo de Souza Ruzzi

Rosemar Batista da Silva

Federal University of Uberlândia (UFU), School of Mechanical, Uberlândia, Brazil

e-mails: otavio.ruzzi@ufu.br; brunoabrao53@gmail.com; mayaraufu2011@gmail.com; rodrigo.ruzzi@ufu.br; rosemar.silva@ufu.br

Abstract. Grinding is generally employed to provide a combination of good surface roughness and narrow dimensional tolerances in components by means of tool composed of thousands of abrasive particles, called a grinding wheel. However, during process, the grinding wheel loses its cutting capacity. When grinding wheel becomes dull, it is necessary to perform the dressing operation, which aims to cleaning of grinding wheel pores and re-sharpening the tiny cutting edges of abrasives. In this way, dressing becomes a parameter of great importance, so special attention should be devoted to determining the parameters that aim to guarantee efficiency in its execution. And among the various dressing parameters, the overlap ratio (U_d) of the grinding wheel is highlighted. In this context, the present work sought to evaluate the influence of the overlap ratio on the surface finish of AISI 1045 steel with aluminum oxide grinding wheel. A single diamond tip dresser was used and three different values of U_d (2, 5 and 8) were tested. The workpiece finish was evaluated in terms of roughness (R_a and R_z parameters). In addition, the surface images were obtained by Scanning Electron Microscopy (SEM). The results showed that the overlap ratio of the grinding wheel played a strong influence on the surface finish and texture of the ground surfaces and the finish improved with the increase of the U_d .

Keywords: Grinding. Dressing. Overlap Ratio (U_d). Aluminum oxide Grinding Wheel. AISI 1045 steel. Surface Roughness.

RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.