



CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ANÁLISE DA INTEGRIDADE DA SUPERFÍCIE DOS FERROS FUNDIDOS CINZENTO E NODULAR APÓS O PROCESSO DE RETIFICAÇÃO PLANA

Lurian Souza Vieira da Silva, lurianvieira@gmail.com¹
Mariana Landim Silveira Lima, mariana_lan7@hotmail.com¹
Ingrid Souza Vieira da Silva, ingrid@ufu.br²
Rosemar Batista da Silva, rosemar.silva@ufu.br¹
Lázaro Henrique Alves Vieira, lazinhohenrique@hotmail.com¹
Eduardo Carlos Bianchi, Bianchi@feb.unesp.br³

¹Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Faculdade de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila 2121- Campus Santa Mônica, Uberlândia – MG. Brasil. CEP 38408-100

² Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Instituto de Química, Av. João Naves de Ávila 2121- Campus Santa Mônica, Uberlândia – MG. Brasil. CEP 38408-100

³Universidade Estadual Paulista, UNESP, Faculdade de Engenharia de Bauru. Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01- Campus de Bauru, Bauru – SP. Brasil. CEP 17033-360

Resumo: O processo de retificação é recomendado para aplicações em que é necessário um elevado nível de precisão dimensional e melhor acabamento superficial em componentes metálicos de aços, ferros fundidos e outros metais não ferrosos. Embora a retificação seja bastante empregada na indústria metal mecânica para a usinagem de aços, para os quais já são vários os trabalhos publicados na literatura, para os ferros fundidos a literatura ainda é escassa. Devido às suas características semelhantes aos dos aços tradicionalmente utilizados, como elevada resistência mecânica, porém com um menor custo de produção, os ferros fundidos podem ser utilizados na fabricação de engrenagens, mancais, eixos de comando de válvulas e virabrequins, que também requerem bom acabamento e tolerâncias dimensionais estreitas. Neste sentido, este trabalho visa apresentar os resultados de acabamento e microdureza de duas classes de ferros fundidos, cinzento e nodular, após a retificação plana tangencial com rebolo de carbeto de silício. Os parâmetros de corte empregados foram: velocidade de corte igual a 32 m/s, duas penetrações de trabalho (15 e 30 μm) e duas diferentes velocidades da mesa, v_w , (5 e 10 m/min). Também foram analisadas as superfícies das amostras após a retificação via MEV. Os resultados mostraram que o acabamento de ambos os materiais piorou com a elevação da penetração de trabalho e da velocidade da mesa. Em todas as condições de corte analisadas o ferro fundido cinzento apresentou o melhor acabamento em relação ao ferro fundido nodular. Além disso, em condições de corte mais severas de usinagem, houve uma maior variação nos valores de microdureza em relação ao valor de referência obtido antes das amostras serem retificadas.

Palavras-chave: Retificação, ferro fundido cinzento, ferro fundido nodular, rugosidade, microdureza

1. INTRODUÇÃO

O processo de retificação é destinado em geral à usinagem de materiais duros ou frágeis, onde se utiliza ferramentas contendo partículas abrasivas não metálicas que apresentam uma dureza maior do que a do material usinado. O material é removido por meio da ação de grãos abrasivos portadores de arestas com orientação e formas de irregulares (Marinescu *et al* 2007). De acordo com Malkin (1989) o rebolo é a ferramenta de corte empregada na retificação e consiste em grãos abrasivos unidos por um ligante vitrificado ou resinóide. Os tipos de grãos abrasivos que compõem um rebolo, bem como seus tamanhos, são variados. Os rebolos são selecionados levando-se em conta a aplicação, operação e material da peça a se usar.

Os rebolos abrasivos convencionais são em geral de óxido de alumínio (Al_2O_3) e carbeto de silício (SiC). Os abrasivos penetram na peça, deformam plasticamente e deslocam o material devido ao avanço da peça, originando o cavaco. Aqueles a base óxido de alumínio são adequados para usinagem materiais com elevada resistência à tração como aços, ligas de aço e ferro fundido nodular, enquanto que aqueles de SiC , que são mais duros que os de Al_2O_3 , são

recomendados para materiais que apresentam baixa resistência à tração, como o ferro fundido cinzento, materiais não metálicos e não ferrosos (Marinescu *et al* 2007).

As principais grandezas físicas envolvidas nos processos de retificação plana tangencial, ilustradas na Fig. 1, são: velocidade de corte (v_s), velocidade da mesa (v_w), profundidade de usinagem ou de corte (a_p), penetração de trabalho (a_e), comprimento de contato rebolo-peça (l_c) e espessura de corte equivalente (h_{eq}). Aquelas que mais afetam o processo de retificação são em geral na ordem: penetração de trabalho, velocidade da mesa e velocidade de corte (Marinescu *et al* 2007).

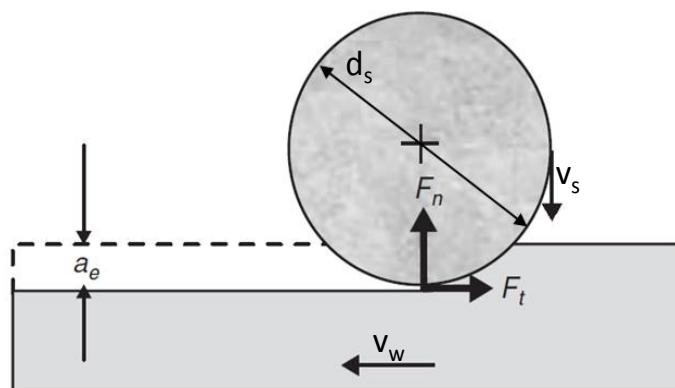


Figura 1. Parâmetros de corte do processo de retificação (Adaptada de Rowe, 2010).

A maior parte dos trabalhos encontrados na literatura sobre retificação abrange o estudo sobre a usinabilidade entre aços, sendo poucos os trabalhos que possuem análises de acabamento, microestrutura da peça, forças de corte, desgaste da ferramenta de corte, que permitem a avaliação da retificabilidade entre classes de ferros fundidos. Os ferros fundidos, geralmente, são empregados na indústria automobilística para a fabricação de blocos, cabeçotes e eixos virabrequins de motores de combustão interna (Guessier, 2009).

Por ferro fundido entende-se uma liga ternária composta por ferro, em sua maior parte, silício e um teor de carbono superior a 2,11%. Eles são classificados em razão da sua composição química, microestrutura e forma da grafita (Chiaverini, 1986). O ferro fundido cinzento é a principal classe dos ferros fundidos, apresenta carbono no estado livre na forma de grafita lamelar e na forma combinada de Fe_3C e são largamente empregados nas indústrias setor metal mecânico. Já o ferro fundido nodular, possui carbono livre na forma de grafita esferoidal e é o que mais se assemelha aos aços quando se trata de resistência mecânica e ductilidade (Chiaverini, 1986). Na Tab. 1 são mostradas as principais propriedades físicas e mecânicas dos ferros fundidos em estudo nesta pesquisa.

Tabela 1. Principais propriedades físicas e mecânicas dos ferros fundidos cinzento e nodular (Adaptado de Dawson et al., 2014).

Propriedade	Cinzento	Nodular
Resistência à Tração (MPa)	250	750
Módulo de Elasticidade (GPa)	105	160
Alongamento (%)	0	5
Condutividade Térmica (W/mK)	48	28
Capacidade Relativa de Amortecimento	1	0,22
Dureza (BHN 10/3000)	179-202	217-255
Resistência à Fadiga (MPa)	110	250

Taborga *et al* (2003) investigaram a usinabilidade do ferro fundido nodular realizando o processo de retificação, empregando rebolos de SiC verde e de Al_2O_3 branco e analisaram o acabamento superficial como parâmetro de saída. Eles avaliaram o material nas mesmas condições de retificação e constataram que o rebolo de SiC foi o que apresentou o melhor desempenho. Os autores atribuíram este melhor desempenho ao maior índice de friabilidade (IF) do rebolo de SiC, que é 62,7, contra IF igual a 56,6 para rebolo de Al_2O_3 branco. O índice de friabilidade maior indica uma capacidade superior do grão se fraturar e de renovar as suas arestas durante o corte, garantindo um melhor acabamento.

Benini e Weingaertner (2015) avaliaram a influência de diferentes classes de rebolos de Al_2O_3 com distintas durezas (J e K respectivamente) no processo de retificação cilíndrica de ferro fundido dúctil austemperado (ADI) classe 3. A classe de dureza dos rebolos de Al_2O_3 avaliados influenciou os valores de rugosidade obtidos. Nesse sentido, o

rebolo com classe de dureza J gerou superfícies usinadas com menores valores de rugosidade Ra ao longo do volume usinado específico, sendo o mais adequado para a retificação de ADI classe 3.

Destaca-se que o acabamento superficial está atrelado às condições de usinagem, bem como ao ajuste da máquina e tolerâncias de fabricação. Por essa razão, é de extrema importância determinar o acabamento que poderá ser proporcionado a um material ainda carente de resultados em termos de retificabilidade comparado com aços e ferro fundido cinzento.

2. DESENVOLVIMENTO

Nesta sessão serão apresentados os detalhes dos equipamentos, peça, rebolos, condições de corte e a metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1. Materiais e Métodos

A máquina ferramenta utilizada neste trabalho foi a retificadora plana tangencial, modelo P36, 2400 rpm, 3HP, com resolução no eixo Z de 5 μm . Os materiais das peças foram o ferro fundido cinzento FC 250 e ferro fundido nodular FE 45012, que foram preparados na forma de barra retangular, com dimensões: 49 mm de comprimento x 18 mm de altura x 19 mm largura. Como ferramenta, foi utilizado um rebolo convencional de carbeto de silício (SiC), especificação 39C46KVK, do fabricante Saint-Gobain Abrasivos da América do Sul e com as seguintes dimensões: 254 mm x 25 mm x 76 mm.

Os parâmetros de corte utilizados foram: velocidade de corte mantida constante em 32 m/s, dois valores de velocidade da mesa, 5 e 10 m/min e duas penetrações de trabalho 15 e 30 μm . Utilizou-se um fluido de corte semissintético de base vegetal (Vasco 7000) que foi adicionado em água na proporção de 1:19. Ele foi aplicado na região de corte pelo método convencional tangente ao rebolo, a uma vazão de 540 L/h.

A rugosidade da superfície foi definida pelos parâmetros de amplitude rugosidade média (Ra) e rugosidade total (Rz). A medição da rugosidade foi realizada com o auxílio de um rugosímetro portátil modelo SJ201P, do fabricante Mitutoyo, com resolução de 0,01 μm . O comprimento de onda do filtro (*cut-off*) foi de 0,8 mm, e o comprimento de avaliação de 4,0 mm. As medições foram realizadas perpendicularmente à direção de avanço longitudinal da peça e equidistantes de 10 mm. Para cada superfície de amostra usinada foram realizadas quatro medições e os resultados são a média dessas medições.

Após a realização do processo de retificação, todas as amostras foram submetidas a procedimentos metalográficos para verificação da integridade superficial. Previamente, para a análise da microdureza e obtenção das micrografias obtidas com Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), as amostras foram lixadas utilizando lixas d'água de carbeto de silício (do fabricante 3M) com granulometrias mesh que variaram de 80 a 1200. Posteriormente elas foram polidas com pasta de óxido de cromo, seguida da pasta de alumina com 1 μm e 0,3 μm . O polimento foi realizado em uma máquina politriz rotativa automática com rotação de 600 rpm. Ao término das etapas de lixamento e de polimento, as amostras foram limpas com acetona PA (Vetec) em um banho de ultrassom (ultrasonic cleaner) para remoção dos grãos abrasivos remanescentes das etapas anteriores.

A microdureza das peças retificadas foi avaliada por meio do microdurômetro SHIMADZU HVM-2 Series. A carga aplicada em cada teste foi de 255,2 mN (HV 0,025) por um período de 15 s. Durante os ensaios foram realizadas 8 medições em 3 regiões distintas de cada amostra. As medições foram iniciadas a 30 μm da superfície retificada, com uma distância horizontal entre as indentações de 30 μm e espaçamento entre indentações de 20 μm (de forma a respeitar a distância mínima de duas vezes o comprimento da indentação) para a obtenção dos valores de microdureza em diferentes profundidades.

A análise das superfícies usinadas após o processo de retificação foi realizada com o auxílio do Microscópio Eletrônico Varredura (MEV), modelo TM 3000, do fabricante Hitachi. Nesta etapa foram utilizadas ampliações de 500 vezes em todas as amostras.

2.2. Resultados e Discussão

A seguir serão apresentados os resultados de rugosidade, microdureza e as análises realizadas das superfícies obtidas após a retificação do ferro fundido cinzento e nodular em diferentes condições de corte.

2.2.1 Rugosidade

Os valores de rugosidade para os parâmetros Ra e Rz das amostras de ferro fundido cinzento e nodular são apresentados na Fig. 2 e Fig. 3, respectivamente. Da Fig. 2 é possível observar que em geral os valores de rugosidade Ra situaram-se abaixo de 0,45 μm para todas as condições investigadas. Observou-se que em todas as condições utilizadas houve elevação nos valores de rugosidade (Ra e Rz) independente da velocidade da mesa, da penetração de trabalho e do material testado.

De acordo com Mendes (2011), que realizou ensaios de retificação de uma placa de cobre, observou que o acabamento piorou com o aumento da penetração de trabalho de 10 para 20 μm . Este autor relatou que os valores de rugosidade passaram de uma faixa de 0,8 a 0,85 μm para 1 a 1,35 μm . Estudos realizados por Bianchi *et al* (1996)

relataram que este fenômeno ocorre porque, inicialmente, com uma menor a_e , um número menor de grãos atuam para a remoção de material em um tempo mais curto de contato. Progressivamente, com o aumento nos valores de a_e , a taxa de remoção de material e a área de contato aumentam, proporcionalmente em relação ao número de grãos na região de contato, o que eleva os esforços de corte da ferramenta sobre a peça e elevam a temperatura de corte, consequentemente, afetando de forma negativa a qualidade da superfície retificada. Porém, ainda da Fig. 2, foi observado que para o ferro fundido nodular, quando se empregou condições mais severas (com um maior a_e) houve um aumento significativo nos valores de R_a , em relação ao observado para o ferro fundido cinzento. Resultados semelhantes foram encontrados por Torgora (2002) em seu trabalho sobre retificação do ferro fundido nodular GGG70, esse autor relatou que os valores de rugosidade R_a aumentaram quando a velocidade da peça foi aumentada de 27 m/min para 36,3 m/min.

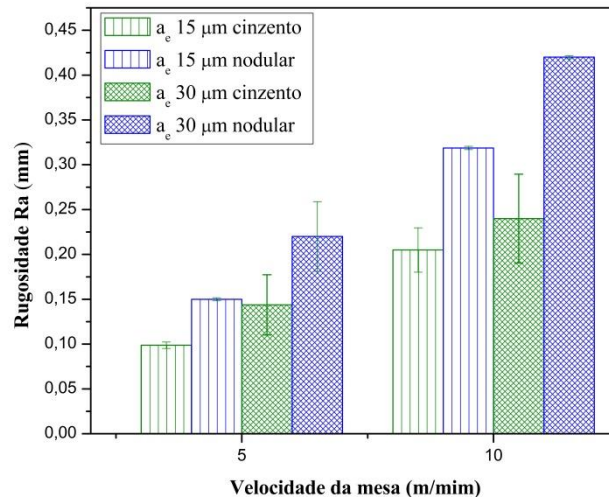


Figura 2: Rugosidade R_a para as amostras de ferro fundido cinzento FC 250 e nodular FE 45012 em função da velocidade da mesa.

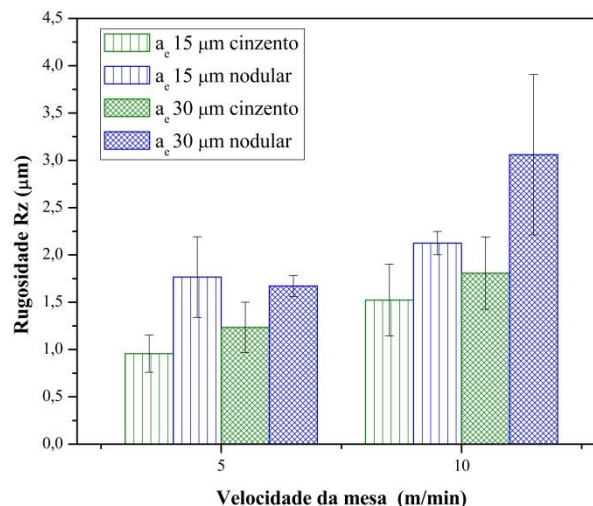


Figura 3: Rugosidade R_z para as amostras de ferro fundido cinzento FC 250 e nodular FE 45012 em função da velocidade da mesa.

Neste contexto, ainda foi observado que a penetração de trabalho exerceu menor influência na medida em que a velocidade da mesa foi aumentada (5 para 10 m/min) como mostra a Fig. 2 e a Fig. 3. Isso pode ser explicado pela espessura de corte equivalente, que está relacionada ao comportamento do processo de retificação em função de variáveis como a rugosidade. Assim, com o aumento na velocidade da mesa e na penetração de trabalho ocorre proporcionalmente uma elevação na espessura de corte equivalente, e isso implica em uma maior quantidade de cavaco

sendo removida, e consequentemente piora a qualidade da superfície retificada. Marinescu *et al* (2007) relataram que o aumento na velocidade da mesa resulta em maior vibração da máquina-ferramenta e, consequentemente maiores valores de rugosidade.

2.2.2 Microdureza

Na Figura 4 são apresentados os valores de microdureza das amostras de ferros fundidos cinzento FC 250 após a retificação plana tangencial em diferentes condições de corte. Desta figura é possível observar que os valores de microdureza se mantiveram próximos da média do valor do material antes da usinagem (referência), e que à medida que a a_e aumentou houve um decréscimo nos valores de microdureza. Os valores mais estáveis foram obtidos quando se utilizaram um $a_e = 30 \mu\text{m}$ e $v_w = 5 \text{ m/min}$. No entanto, observou-se uma ligeira queda da microdureza até aproximadamente $170 \mu\text{m}$ abaixo da superfície após a retificação da amostra em que se empregou um $a_e = 30 \mu\text{m}$ e $v_w = 10 \text{ m/min}$. Este comportamento pode estar relacionado a não homogeneidade das amostras de ferro fundido cinzento. Fathaal *et al* (2009) estudaram a retificação de aço AISI D2 com os rebolos de Al_2O_3 e Al_2O_3 sol-gel utilizando $a_e = 5\text{-}200 \mu\text{m}$, $v_s = 22 \text{ m/s}$ e $v_w = 0,15 \text{ m/s}$, além de rebolo de CBN, e também constaram uma leve queda de microdureza em consequência do aumento do a_e .

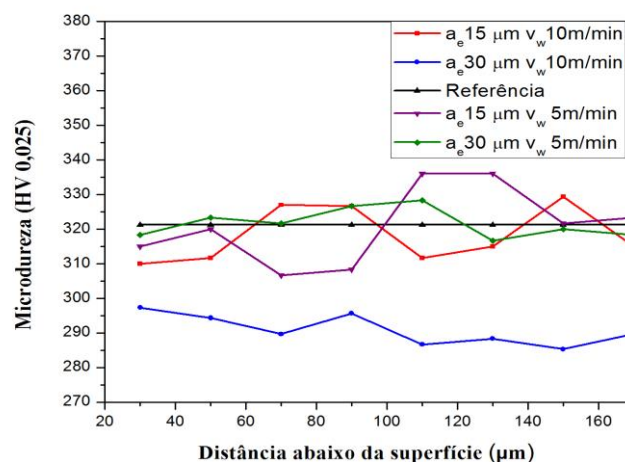


Figura 4. Valores de microdureza abaixo da superfície do ferro fundido cinzento FC 250 após a retificação em diferentes condições de corte.

Já da Figura 5, resultados de microdureza para o ferro fundido nodular FE 45012, é possível observar que houve um aumento nos valores de microdureza medidos abaixo da superfície também para este material, independente da condição investigada, comportamento este distinto daquele observado para o ferro fundido cinzento nas mesmas condições de corte.

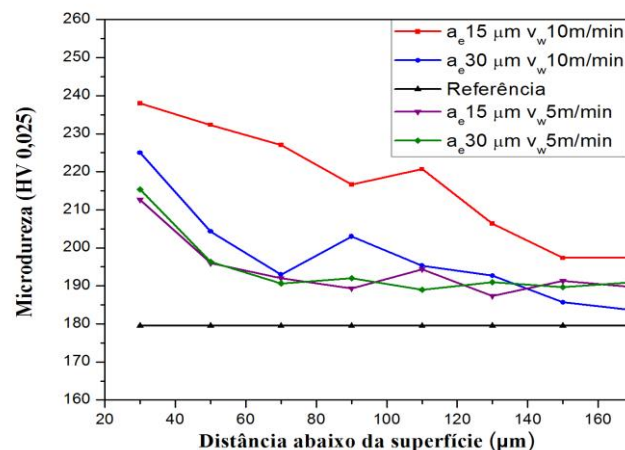


Figura 5. Valores de microdureza abaixo da superfície do ferro fundido nodular FE 45012 após a retificação em diferentes condições de corte.

Os maiores valores de microdureza foram observados nas regiões próximas da superfície (cerca de 30 μm), mas que decresceram à medida que se distanciou da superfície até a distância de aproximadamente 170 μm . O aumento nos valores de microdureza obtidos para este material, em comparação com o ferro fundido FC 250, pode estar relacionado à menor condutividade térmica do primeiro que dificulta a dissipação do calor da zona de corte. Outro fator que contribui para esta diferença na retificabilidade, são as grafitas presentes não serem conectadas, o que corrobora para a elevação da temperatura durante o processo de retificação. Ressalta-se também que é muito comum durante os processos de retificação o alojamento dos cavacos nos poros do rebolo, fazendo com que o material da peça presente no rebolo seja atritado contra a peça e, conseqüentemente reduz a eficiência dos grãos abrasivos como também promove a elevação da geração de calor na zona de corte.

2.2.3 Análise da superfície usinada via MEV

A qualidade da superfície das amostras dos ferros fundidos cinzento FC 250 e nodular FE 45012 após o processo de retificação foi avaliada através das imagens obtidas via MEV que são apresentadas nas Fig. 6 e Fig. 7 com uma ampliação de 500 vezes.

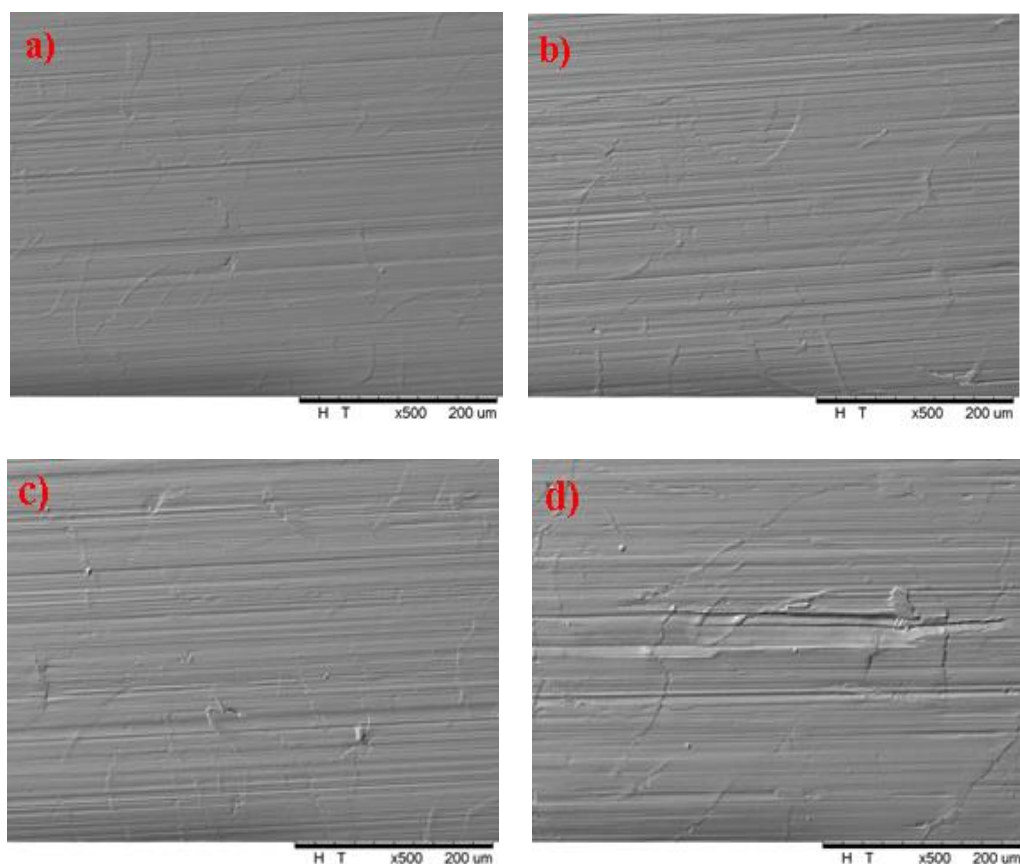


Figura 6. Imagens em MEV para as amostras de ferro fundido cinzento FC 250 após a retificação em diferentes condições de corte, (a) $a_e = 15 \mu\text{m}$ e $v_w = 5 \text{ m/min}$, (b) $a_e = 30 \mu\text{m}$ e $v_w = 5 \text{ m/min}$, (c) $a_e = 15 \mu\text{m}$ e $v_w = 10 \text{ m/min}$ e (d) $a_e = 30 \mu\text{m}$ e $v_w = 10 \text{ m/min}$.

Das imagens apresentadas na Fig. 6 é possível observar que as condições de corte empregadas não provocaram alterações que pudesse comprometer as superfícies das amostras. Não foi observada a presença de trincas ou de qualquer dano que eventualmente poderia ter ocorrido na amostra durante o processo de retificação. Porém, foi observada a presença de algumas áreas com deformação plástica e de fluxo lateral de material causado pela passagem dos abrasivos, que em geral é comum em superfícies de aços. Elas são bem semelhantes em todas as condições, embora as marcas de avanço dos grãos sejam mais evidentes na Fig. 6d, condição em há a presença riscos visíveis ao longo da direção de avanço da ferramenta.

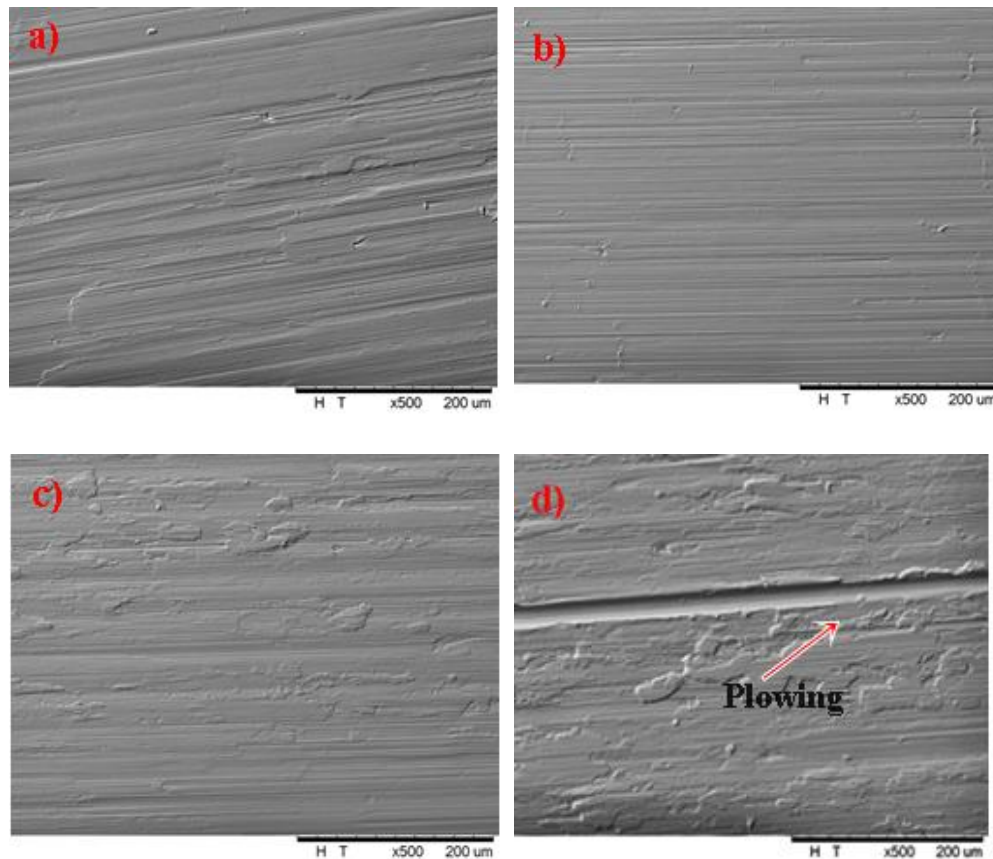


Figura 7. Imagens em MEV para a amostra de Ferro fundido nodular FE 45012 após a retificação em diferentes condições de corte, (a) $a_e = 15 \mu\text{m}$ e $v_w = 5 \text{ m/min}$, (b) $a_e = 30 \mu\text{m}$ e $v_w = 5 \text{ m/min}$, (c) $a_e = 15 \mu\text{m}$ e $v_w = 10 \text{ m/min}$ e (d) $a_e = 30 \mu\text{m}$ e $v_w = 10 \text{ m/min}$.

Como exibido nas imagens apresentadas na Fig. 7, para as amostras de ferro fundido nodular FE 45012, as superfícies apresentaram comportamento semelhante às de ferro fundido cinzento FC 250, indicando também que as condições de corte empregadas não provocaram alterações prejudiciais na superfície das amostras. Em contrapartida, observou-se que a amostra usinada nas condições mais severas de retificação ($a_e = 30 \mu\text{m}$ e $v_w = 10 \text{ m/min}$) (Fig. 7d) apresentou características de sulcamento, conhecido na literatura como “plowing”. De acordo com Malkin e Guo (2008) o “plowing” é caracterizado como um mecanismo onde ocorre deformação plástica sem remoção de material, sendo evidenciado através do escoamento lateral de material ao longo do caminho de corte do grão abrasivo, e consequentemente este material não foi removido na forma de cavaco. Associa-se a este mecanismo a elevada ductilidade e tenacidade do ferro fundido nodular, o que dificultam a remoção de material, principalmente em condições mais agressivas. Esta textura com várias deformações na superfície da amostra de ferro fundido nodular foi detectada nas medições de rugosidade, comprovadas pelo pior acabamento observado nas Fig. 2 e Fig.3.

2.3. Conclusões

Após a retificação plana dos ferros fundidos cinzento FC 250 e nodular FE 45012 com rebolo de SiC pode-se concluir que:

- Os valores de rugosidade R_a situaram-se abaixo de $0,45 \mu\text{m}$ para todas as condições investigadas. A rugosidade R_a aumentou tanto com o a_e quanto com v_w , mas foi mais sensível para esse último. O melhor desempenho nesse quesito foi observado para o ferro fundido cinzento;
- Os valores de microdureza se mantiveram mais estáveis para o ferro fundido cinzento na condição $a_e = 30 \mu\text{m}$ e $v_w = 5 \text{ m/min}$, enquanto que a maior variação foi observada após a retificação nas condições mais severas ($a_e = 30 \mu\text{m}$ e $v_w = 10 \text{ m/min}$);
- Quanto às amostras de ferro fundido nodular, independente das condições de corte, todas as amostras apresentaram valores de microdureza acima do valor de referência;
- As imagens de MEV das amostras indicaram que, independente das condições de corte utilizadas, não houve alteração que pudesse comprometer a superfície das amostras, presença de trincas ou qualquer dano que pudesse comprometer a integridade do material.

- O ferro fundido nodular apresentou evidências de deformação plástica na superfície após a retificação principalmente nas condições mais severas, o que não foi observado para o ferro fundido cinzento.

3. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a Faculdade de Engenharia Mecânica da UFU e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, e aos órgãos de fomento CAPES-PROEX, CNPq e FAPEMIG, e aos integrantes do LEPU. Os autores agradecem também às empresas Tupy, Saint-Gobain Abrasivos da América do Sul e Blaser Swisslube pela doação, respectivamente, dos ferros fundidos, rebolo e fluido de corte utilizados.

4. REFERÊNCIAS

- Benini, L., Weingaertner, W. L., 2015. “Influência da classe de dureza de rebolos convencionais de Al_2O_3 sinterizados na retificação do ferro fundido dútil austemperado (ADI)”, 8º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Salvador, Brasil, pp. 1-8.
- Bianchi, E. C., Valarell, I. D., Fernandes, O. C., Mogami, O., Silva JR, C. E., Aguiar, P. R., 1997. “Análise do comportamento de rebolos convencionais na retificação de aços frágeis e dúcteis”. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences. v. 19, pp. 410-425.
- Chiaverini, V., 1986. “Tecnologia Mecânica - Processos de Fabricação e Tratamento”. São Paulo: McGraw-Hill Ltda. Vol. 3. 388p.
- Dawson, S.; Hollinger, I.; Robbins, M.; Daeth, J.; Reuter, U.; Schulz, H., 2014. “The Effect of Metallurgical Variables on the Machinability of Compacted Graphite Iron”. Sintercast, pp. 1-22.
- Fathallah, B.B.; Fredj, N.B.; Sidhom, H. Braham, C. Ichida, Y., 2009. “Effects of abrasive type cooling mode and peripheral grinding wheel speed on the AISI D2 steel ground surface integrity”. International Journal of Machine Tools & Manufacture, v.49, pp. 261-272.
- Guesser, W.L., 2009. “Propriedades Mecânicas dos Ferros Fundidos”. São Paulo: Blüsher. 336p.
- Malkin, S., 1989. “Grinding technology. Theory and applications of machining with abrasives”. Michigan: Society of Manufacturing Engineers. 275pp.
- Malkin, S., Guo. C., 2008. “Grinding Technology: Theory and Applications of Machining With Abrasives”. 2ª ed. New York: Industrial Press. 372pp.
- Marinescu, I.D.; Hitchiner, M.; Uhlmann, E.; Rowe, W.B.; Inasaki, I., 2007. “Handbook of Machining with Grinding Wheels”. New York. CRC Press. 596 pp.
- Mendes, A. A. A., 2011, “Estudo de processo de retificação aplicado à recuperação de placas de molde de máquinas de lingotamento contínuo de placas de aço”, M.Sc. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 101pp.
- Rowe, W.B., 2010. “Modern Grinding Techniques”. Salem: Scrivener Publishing LLC. 51pp.
- Taborga, A. R. M., 2002, “Análise e monitoramento da retificação do ferro fundido nodular com rebolos convencionais”, M.Sc. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 254pp.
- Taborga, A. R. M., Taborga, J. D. M., Weingaertner, W. L., 2003. “Análise da rugosidade obtida na retificação de ferro fundido nodular utilizando rebolos de SiC e Al_2O_3 ”, 2º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação. Uberlândia, Brasil, pp. 1-10.

5. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

ANALYSIS OF SURFACE INTEGRITY OF GRAY AND NODULAR CAST IRON GRADES AFTER PERIPHERAL SURFACE GRINDING

Lurian Souza Vieira da Silva, lurianvieira@gmail.com¹

Mariana Landim Silveira Lima, mariana_lan7@hotmail.com¹

Ingrid Souza Vieira da Silva, ingrid@ufu.br²

Rosemar Batista da Silva, rosemar.silva@ufu.br¹

Lázaro Henrique Alves Vieira, lazinhohenrique@hotmail.com¹

Eduardo Carlos Bianchi, Bianchi@feb.unesp.br³

¹Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Faculdade de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila 2121- Campus Santa Mônica, Uberlândia – MG. Brasil. CEP 38408-100

² Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Instituto de Química, Av. João Naves de Ávila 2121- Campus Santa Mônica, Uberlândia – MG. Brasil. CEP 38408-100

³Universidade Estadual Paulista, UNESP, Faculdade de Engenharia de Bauru. Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01- Campus de Bauru, Bauru – SP. Brasil. CEP 17033-360

Abstract. Grinding process is recommended for applications in which a high level of dimensional accuracy and better surface finish is required on metallic components, such as steel, cast iron and other ferrous metals. Although there have been found many works in the literature about grinding of steels, for cast irons grinding, results are still steel few. Due to some properties of cast irons that are very similar to those of steels traditionally employed in the metalworking industry, such as high mechanical strength, cast irons can be used in the manufacture of gears, bearings, valves, camshafts and crankshafts, which also require superior finishing and closer dimensional tolerances, but with a lower cost of production. Thus, this paper presents the results of finishing and hardness of two grades of cast iron, gray and nodular, after peripheral surface grinding operation with silicon carbide wheel. The cutting parameters employed were: cutting speed of 32 m/s, two values of radial depth of cut (15 and 30 μm) and two different table speeds (5 and 10 m/min). The surfaces of the samples were evaluated via SEM after grinding. The results showed that the surface finishing of both cast iron grades deteriorated with increasing radial depth of cut and table speed. The gray cast iron exhibited the best finishing compared to nodular cast iron after machining under all the cutting conditions investigated. Also, higher variation in the hardness values were observed in all the materials studied in relation to the hardness reference value recorded prior to grinding under the more severe cutting condition.

Keywords: Grinding, gray cast iron, nodular cast iron, finishing, microhardness