

ESTUDO MICROESTRUTURAL DO FERRO FUNDIDO COM GRAFITA COMPACTADA

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação

Apresentado no
4^o Congresso de Pós-Graduação do IFSP
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

RESUMO: Genericamente, os ferros fundidos são uma classe de ligas ferrosas que contêm teores de carbono acima de 2,14%, na prática, no entanto, a maioria dos ferros fundidos contêm entre 3,0 e 4,5% C, além de outros elementos de liga. A formação do Ferro fundido é por refusão de ferro-gusa, sucata e outros, sendo uma liga fundida de ferro-carbono e elementos de liga. Ele difere do aço, devido ser uma liga fundida contendo carbono (de no mínimo 2,03%) para mantê-lo solidificado na fase final numa transformação eutética (RADZIKOWSKA, 2018). Um dos principais fatores que podem afetar sua microestrutura e propriedades mecânicas são os tratamentos térmicos. Neste trabalho se investiga a microestrutura do ferro fundido com grafita compactada antes e após tratamento. Um dos principais fatores que podem afetar sua microestrutura e propriedades mecânicas são os tratamentos térmicos. Neste trabalho se investiga a microestrutura do ferro fundido com grafita compactada antes e após tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Ferro fundido; grafita compacta; tratamento térmico.

MICROSTRUCTURAL STUDY OF COMPACTED GRAPHITE CAST IRON

ABSTRACT: Generally, cast irons are a class of ferrous alloys that contain carbon contents above 2.14%, however in practice most cast irons contain between 3.0 and 4.5% C and other elements. of league. Cast Iron is formed by refluxing pig iron, scrap and others, being a cast iron-carbon alloy and alloying elements. It differs from steel in that it is a carbon-containing cast alloy (of at least 2.03%) to keep it solidified in the final phase in a eutectic transformation (RADZIKOWSKA, 2018). One of the main factors that can affect its microstructure and mechanical properties is heat treatments. This work investigates the microstructure of cast iron with compacted graphite before and after treatment. One of the main factors that can affect its microstructure and mechanical properties is heat treatments. This work investigates the microstructure of cast iron with compacted graphite before and after treatment.

KEYWORDS: Cast iron; compact graphite; heat treatment.

INTRODUÇÃO

Ferro fundido é uma liga fundida de ferro-carbono (carbono: mín. 2,03%) com outros elementos, feita por refusão de ferro-gusa, sucata e outros acréscimos, solidificado na fase final com transformação eutética (RADZIKOWSKA, 2018). Carbono elevado das ligas e presença de silício considera-o como ligas ternárias Fe-C-Si e a transformação da austenita, no resfriamento lento, originam estruturas de novos constituintes – carbono livre ou grafita (CHIAVERINI, 1986).

Ferro fundido cinzento, ferro fundido com grafita compactada (vermicular) e ferro dúctil ou nodular, diferem na forma das partículas de grafite (ABELE et al, 2002). Ferro cinzento tem flocos de grafite, envolvidos por matriz de ferrita α ou perlita (CALLISTER, 2000) e as partículas de grafite no ferro dúctil estão como esferas individuais (CUI et al, 2019 e Li et al, 2019). A estrutura de grafite no ferro fundido com grafita compactada é complexa (UZUN, 2019), as partículas são alongadas e orientadas aleatoriamente como no ferro cinza, mais curtas e mais grossas, com bordas arredondadas (UZUN, 2019 e THOLL, 2018). Menos de 20% das partículas de grafite são esferoidais, garantindo amortecimento de vibração ideal, condutividade térmica, fundibilidade de parede fina e usinabilidade (THOLL, 2018).

Com a microestrutura e as propriedades mecânicas entre os ferros cinzentos e dúcteis, o ferro vermicular torna-se um material mais resistente e rígido que o ferro cinzento, com melhor capacidade de fundição, usinabilidade e condutividade térmica do que o ferro dúctil (SKVARENINA e SHIN, 2006). Assim, as suas características atendem os requisitos em construções leves, especialmente, blocos de motor automotivo (ABELE et al, 2002) e discos de freios ferroviários (LIM, 2011), podendo melhorar as propriedades mecânicas e/ou resistência ao desgaste (ZHANG et al 2016).

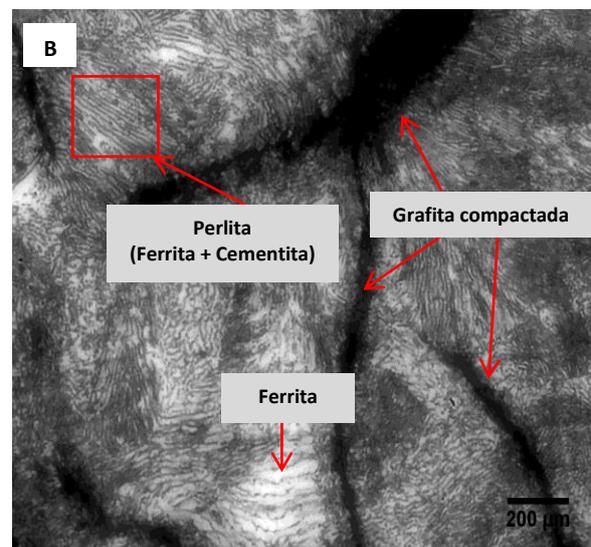
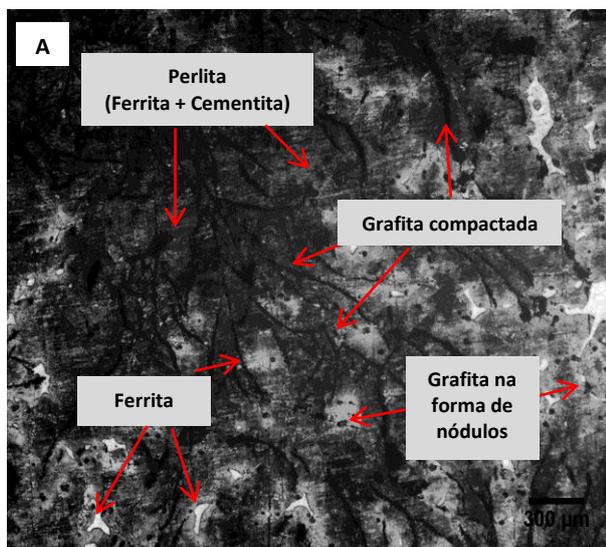
MATERIAL E MÉTODOS

Todo o procedimento experimental foi realizado no Laboratório de Materiais e Processamento – LabMatPro da Escola Superior de Tecnologia - EST/UEA. Na preparação das amostras foram usadas lixas de granulometria: 220, 400, 600 e 1200, respectivamente. O lixamento foi realizado de forma manual. Fez-se um ponto de referência na amostra para auxiliar no lixamento contínuo, em um só sentido, até que atingisse uma superfície plana e livre de deformações. Tendo como base o ponto de referência, a amostra era virada 90° e dava-se início ao lixamento com a próxima granulometria. O polimento foi realizado em uma politriz da FORTEL modelo PLF com movimentos circulares contrários ao de rotação da lixadeira adicionando-se cera de carnaúba líquida. O ataque químico foi realizado com NITAL 2% (ácido nítrico e álcool), cotonete e um vidro de relógio. Uma amostra foi submetida a tratamento térmico para efeito de comparação quanto à mudança de sua microestrutura e consequentemente propriedades. As micrografias foram obtidas por microscópio óptico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra as micrografias do ferro fundido com grafita compactada em diferentes ampliações. É possível distinguir as regiões desse material. Sendo composto por grafita compactada, que apresenta forma de vermes (grafite vermicular), grafite esferoidal (nodular), visto na figura 1.a, áreas de cor branca mostram estruturas ferríticas e uma matriz essencialmente perlítica (ferrita + cementita), melhor observado nas Figuras 1. b, c (UZUN, 2019). Essa estrutura é típica do ferro fundido vermicular sem tratamento térmico. Em certo sentido, essa microestrutura é intermediária entre as do ferro fundido cinzento e o dúctil (nodular), e, de fato, uma parte da grafita (menos de 20%) está na forma de nódulos.

Assim como ocorre com outros ferros fundidos, as propriedades mecânicas estão relacionadas à microestrutura: a forma das partículas de grafita, assim como à fase/microconstituente da matriz (CALLISTER, 2000). Esse tipo de estrutura proporciona resistência e ductilidade superiores às do ferro fundido cinzento, porém mantendo boa condutividade térmica e capacidade de amortecimento de vibrações (ASKELAND e PHULÉ, 2012).



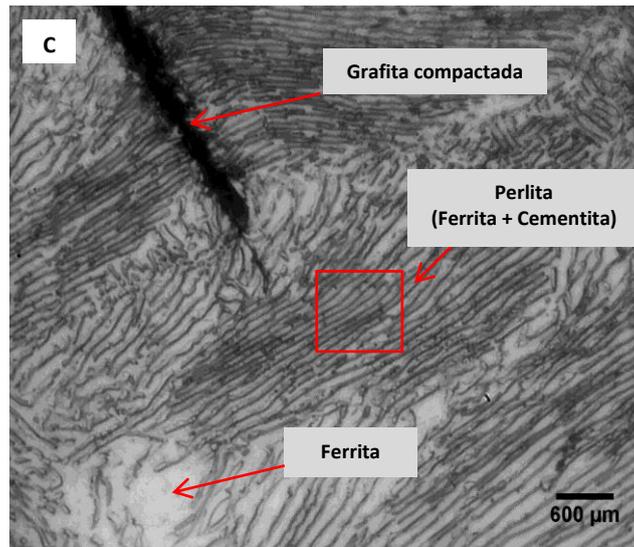


FIGURA 1. Micrografias ópticas do ferro fundido com grafita compactada antes do tratamento térmico. A) ampliação de 100X; B) ampliação de 400X; C) ampliação de 1000X.

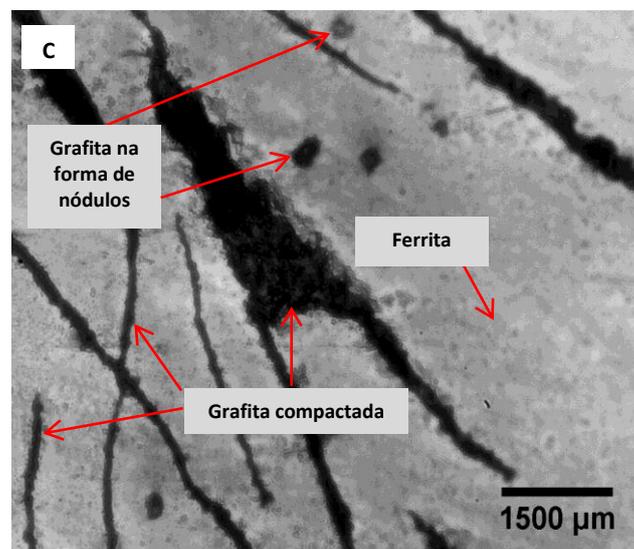
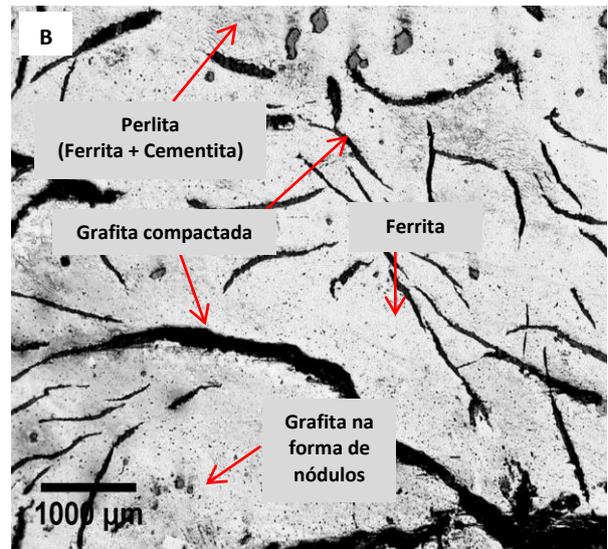
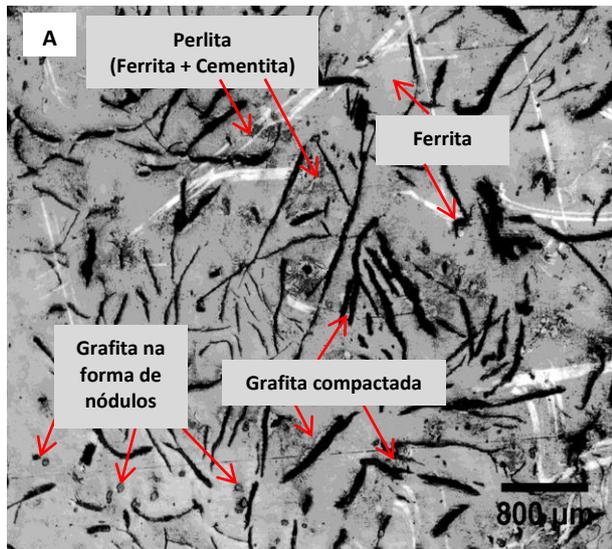


FIGURA 2. Micrografias ópticas do ferro fundido com grafita compactada após tratamento térmico. A) ampliação de 40X; B) ampliação de 100X; C) ampliação de 400X.

A Figura 2 apresenta as micrografias do ferro fundido com grafita compactada em diferentes ampliações após tratamento térmico. O tratamento térmico neste material, realizado entre 800 e 900 °C sob atmosfera neutra, promove a decomposição da fase cementita, formando grafita, e a taxa de resfriamento é crucial na morfologia da microestrutura com aspectos de aglomerados de grafite compacto (vermes) e nódulos envoltos de uma matriz ferrítica. Quando comparada a figura 1, tem-se em comum a grafita compacta (forma vermicular), os nódulos de grafita e a presença de ferrita e perlita (identificadas nas figuras). O que de fato se observa é a mudança da matriz que envolve a grafita compacta, passando predominantemente de perlita para ferrita, e isso, de fato, afeta as propriedades mecânicas dos ferros fundidos, conseqüentemente suas aplicações. Por exemplo, enquanto que um coletor de escape é fabricado com mais de 95% de ferrita, privilegiando a estabilidade dimensional deste componente que trabalha em altas temperaturas, blocos e cabeçotes são especificados com matrizes contendo essencialmente perlita, privilegiando a resistência e a rigidez (GUESSER, 2002).

CONCLUSÕES

O estudo da morfologia do ferro fundido com grafita compactada pela técnica de metalografia mostrou-se satisfatória. Foi possível determinar as fases presentes na microestrutura das amostras com e sem tratamento térmico. Regiões compostas de ferrita, perlita e grafita em forma de vermes e nódulos foram observadas. As imagens micrográficas elucidaram o efeito pós-tratamento térmico realizado entre 800 e 900 °C na microestrutura do ferro fundido, evidenciando crescimento de morfologia de grafita em forma de vermes, diminuição da morfologia de grafita na forma de nódulos e mudança predominante de matriz perlítica para ferrítica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Apoio a Pesquisa do Amazonas (FAPEAM) e a Universidade Federal do Amazonas (UFAM) por ter intermediado este projeto de pesquisa junto a agência de fomento FAPEAM.

REFERÊNCIAS

RADZIKOWSKA, J. M. “Metallography and Microstructures of Cast Iron,” *Metallogr. Microstruct.*, pp. 565–587, 2018.

CHIAVERINI, V. *Tecnologia Mecânica: Materiais de construção mecânica*, 2°. 1986.

ABELE, E.; SAHM, A. and SCHULZ, H. “Wear mechanism when machining compacted graphite iron,” *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 51, no. 1, pp. 53–56, 2002.

CALLISTER, W. D. *Ciência e Engenharia de Materiais*. 2000.

CUI, W.; LIU, J.; ZHU, H. and SHI, Y. “Investigation on wear resistance of nodular cast iron by laser surface treatment,” 2019.

LI Y. *et al.*, “Microstructure characteristics and mechanical properties of new-type FeNiCr laser cladding alloy coating on nodular cast iron,” *J. Mater. Process. Tech.*, 2019.

UZUN, G. “Analysis of Grey Relational Method of the Effects on Machinability Performance on Austempered Vermicular Graphite Cast Irons,” *MEASUREMENT*, 2019.

THOLL, M.; AG, A. O.; MAGATA, A. and DAWSON, S. “Practical Experience with Passenger Car Engine Blocks Produced in High Quality Compacted Graphite Iron,” no. 412, 2018.

SKVARENINA, S. and SHIN, Y. C. "Laser-assisted machining of compacted graphite iron," vol. 46, pp. 7–17, 2006.

LIM, C. "Development of Compacted Vermicular Graphite Cast Iron for Railway Brake Discs," vol. 17, no. 2, pp. 199–205, 2011.

ZHANG, P. L. Z.; HONG, S. K.; YUNHONG, Z.; XIN, L. and REN, T. L. "Mechanical Properties of Vermicular Graphite Cast Iron Processed by Selective Laser Surface Alloying with Ultra-fine ZrO₂ Ceramic Particulates," *Acta Metall. Sin. (English Lett.)*, 2016.

ASKELAND D. R. and PHULÉ, P. P. *Ciência e Engenharia de Materiais*. 2008.

GUESSER, W. "Ferro fundido com grafita compacta," *Metal. Mater.*, vol. 58, no. 522, pp. 395–397, 2002.