

COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE ATAQUE QUÍMICO CONVENCIONAL E PROFUNDO NA AVALIAÇÃO DA FORMA DA GRAFITA DE FERROS FUNDIDOS VERMICULARES

Luiz Eduardo Rodrigues Vieira, luizeduardoodrigues@gmail.com¹

Guilherme de Oliveira Castanheira, guilherme-castanheira@hotmail.com¹

Leonardo Rosa Ribeiro da Silva, leonardo.rrs@gmail.com¹

Wilson Luiz Guesser, wguesser@tupy.com.br^{2,4}

Alisson Rocha Machado, Alisson.rocha@pucpr.br^{1,3}

Wisley Falco Sales, wisley@ufu.br¹

¹Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2121, Santa Mônica, Uberlândia - MG.

²Universidade do Estado de Santa Catarina, Rod. Amaro Antônio Viêira, 2584-2724 - Itacorubi, Florianópolis - SC.

³Pontífica Universidade Católica do Paraná, R. Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho, Curitiba -PR.

⁴TUPY S.A., R. Albano Schmidt, 3400, 89227-901 – Boa Vista, Joinville – SC.

Resumo: Em virtude da crescente demanda por maior eficiência energética, a indústria automobilística apresenta uma crescente demanda por novos materiais para produção de componentes automotivos, sendo o ferro fundido vermicular um dos mais promissores na construção de blocos e cabeçotes de motores de alta taxa de compressão. Este trabalho apresenta um estudo comparativo entre a técnica metalográfica convencional de ataque químico de ferros fundidos vermiculares utilizando Nital e o método de ataque profundo utilizando água régia. A partir da análise das imagens obtidas foi possível verificar que a topografia resultante do ataque profundo propicia uma melhor análise de forma da grafita, o que facilita o controle de qualidade da produção do material. Como pontos negativos do ataque com água régia se tem o maior tempo de ataque aliado a uma maior taxa de acidentes devido ao menor pH desse reagente se comparado ao Nital.

Palavras-chave: Ferro fundido vermicular, Grafita, Nital, Água Régia

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por maior eficiência energética dos motores a combustão interna levou a indústria automotiva a investigar a utilização de novos materiais para os diversos componentes dos veículos. Segundo Holmberg et al. (2012) nos motores a combustão interna estes materiais devem tanto apresentar capacidade de reduzir o peso do motor como o de suportar maiores pressões e temperaturas na câmara de combustão, sem sacrificar a resistência ao desgaste.

Guesser et al. (2003) mostra que o Ferro fundido vermicular surge como uma alternativa viável para a produção destes novos motores, uma vez que apresenta propriedades mecânicas intermediárias entre os ferros fundidos cinzento e nodular. Guesser et al. (1997); (2004) afirma que estas propriedades intermediárias resultam em uma combinação de capacidade de absorção de vibrações, dissipação de calor e resistência ao desgaste favorável à sua utilização para motores sujeitos a elevadas taxas de compressão.

Este trabalho visa investigar a eficácia das técnicas metalográficas de ataque profundo na identificação das diversas formas da grafita presente nos ferros fundidos vermiculares. Os resultados serão comparados com amostras atacadas com Nital 2% e posteriormente atacadas com água régia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais de trabalho

Todas as amostras analisadas nesse trabalho foram três tipos de Ferros Fundidos vermiculares com matriz perlítica e diferentes tenacidades. A microdureza Brinell destes materiais é ilustrada na Fig. 1, sendo aferida com carga de 187.5 Kgf usando uma esfera de carboneto de tungstênio de 5mm.

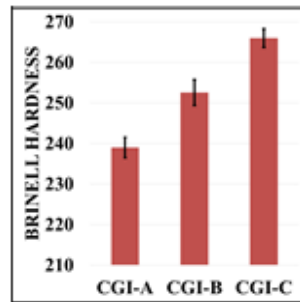


Fig. 1. Microdureza dos Ferros Fundidos vermiculares (Da Silva, 2018).

2.2. Procedimento Experimental

A fim de realizar o comparativo entre as técnicas de ataque químico convencional e profundo foram utilizadas 2 grupos de amostras, sendo que cada um deles tinha 3 tipos diferentes de ferros fundidos vermiculares que foram analisadas em duas etapas distintas.

Inicialmente as amostras foram preparadas utilizando lixas de granulometria 100, 220, 320, 400, 600, 1200 #Mesh. A partir disso, o primeiro grupo de amostras foi polido com óxido de cromo ($5\mu\text{m}$) e alumina ($0.3\mu\text{m}$) e em seguida atacado com Nital 2% por 30 segundos, sendo realizada a microscopia ótica antes e depois do ataque.

Na etapa 2 o segundo grupo passou pelos processos de lixamento e polimento utilizando os mesmos tipos de lixa e pasta de polir da etapa anterior, porém foi atacado por 25 minutos com água régia, um reagente formado pela mistura de uma parte de HNO_3 com 3 partes de HCL . Este reagente tem como finalidade atacar a ferrita da matriz do material, uma vez que a ferrita possui maior reatividade química em virtude de suas ligações predominantemente metálicas, especialmente quando comparadas ao carboneto de ferro Fe_3C (cementita) oriundo da matriz perlítica e a grafita livre. Após o término do ataque as amostras foram limpas utilizando acetona em um banho ultrassônico por 3 minutos e posteriormente analisadas em um microscópio eletrônico de varredura (MEV). Nesse equipamento a análise foi realizada utilizando elétrons secundários para avaliar a topografia das amostras.

3. RESULTADOS

Como ilustra a Fig. 2(1), as técnicas metalográficas convencionais possibilitam observar a forma bidimensional da grafita e também, quando atacado por Nital 2%, a presença de uma matriz predominantemente perlítica (Fig. 2(2)). A Fig. 3, por sua vez, ilustra diferentes morfologias de grafita e sentidos de crescimento da perlita para os mesmos materiais, obtidos através do ataque profundo utilizando água régia.

Esse tipo de ataque permite uma visualização bidimensional da amostra, o que pode levar à uma incerteza em relação à distância interlamelar da perlita, dado que no primeiro ataque (Fig. 2b) apenas podem ser observadas cementitas nucleadas em um plano, conforme indicado pelo círculo vermelho na Fig. 4. Contudo, essa análise pode levar a equívocos, pois, como é mostrado na região indicada pelo círculo vermelho na Fig. 5, as lamelas de cementita se desenvolveram em mais de um plano.

A partir da análise das imagens obtidas na etapa 2 (Fig. 2, Fig. 4, Fig. 6) foi possível perceber que o ataque utilizando Nital 2% não nos permite uma grande acurácia no que tange ao grau de nodularidade, uma vez que topos de grafitas vermiculares crescendo em um plano perpendicular podem ser confundidos com grafitas nodulares. A fim de comprovarmos isso basta observarmos a Fig. 5 em que a grafita destacada pode ser caracterizada como nodular, porém ao compararmos com a Fig. 6 esse julgamento não se mostra confiável, pois uma grafita pode ter sua face superior caracterizada como nodular, porém o restante de sua estrutura pode ou não seguir esse padrão (como ocorre na Fig. 6), o que descarta a credibilidade da etapa 1 nesse tipo de avaliação.

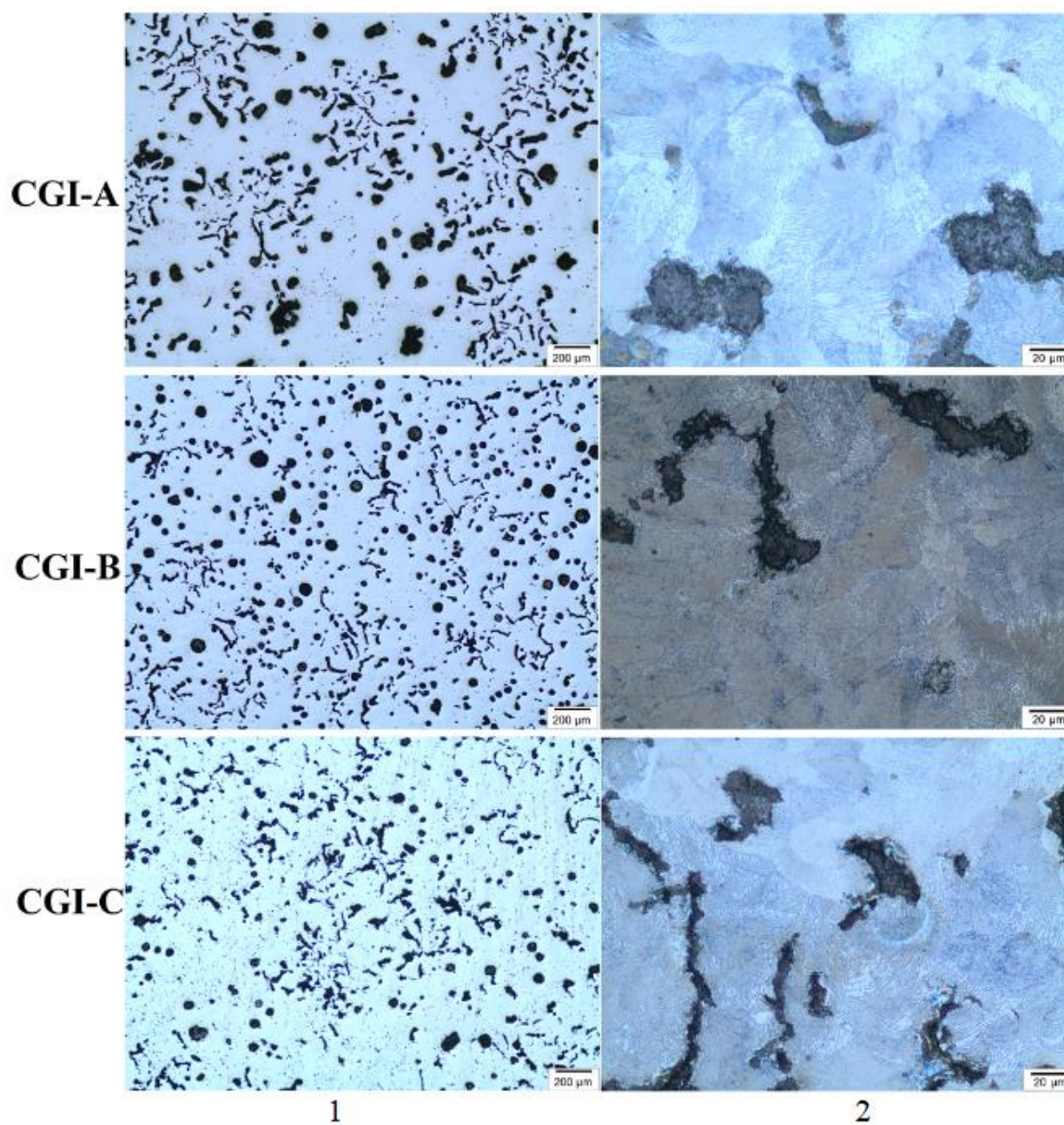


Figura 2. Microestruturas dos ferros fundidos vermiculares atacadas com Nital 2% por 30 segundos. (1) Amostras sem ataque. (2) Amostras atacadas (Da Silva, 2018).

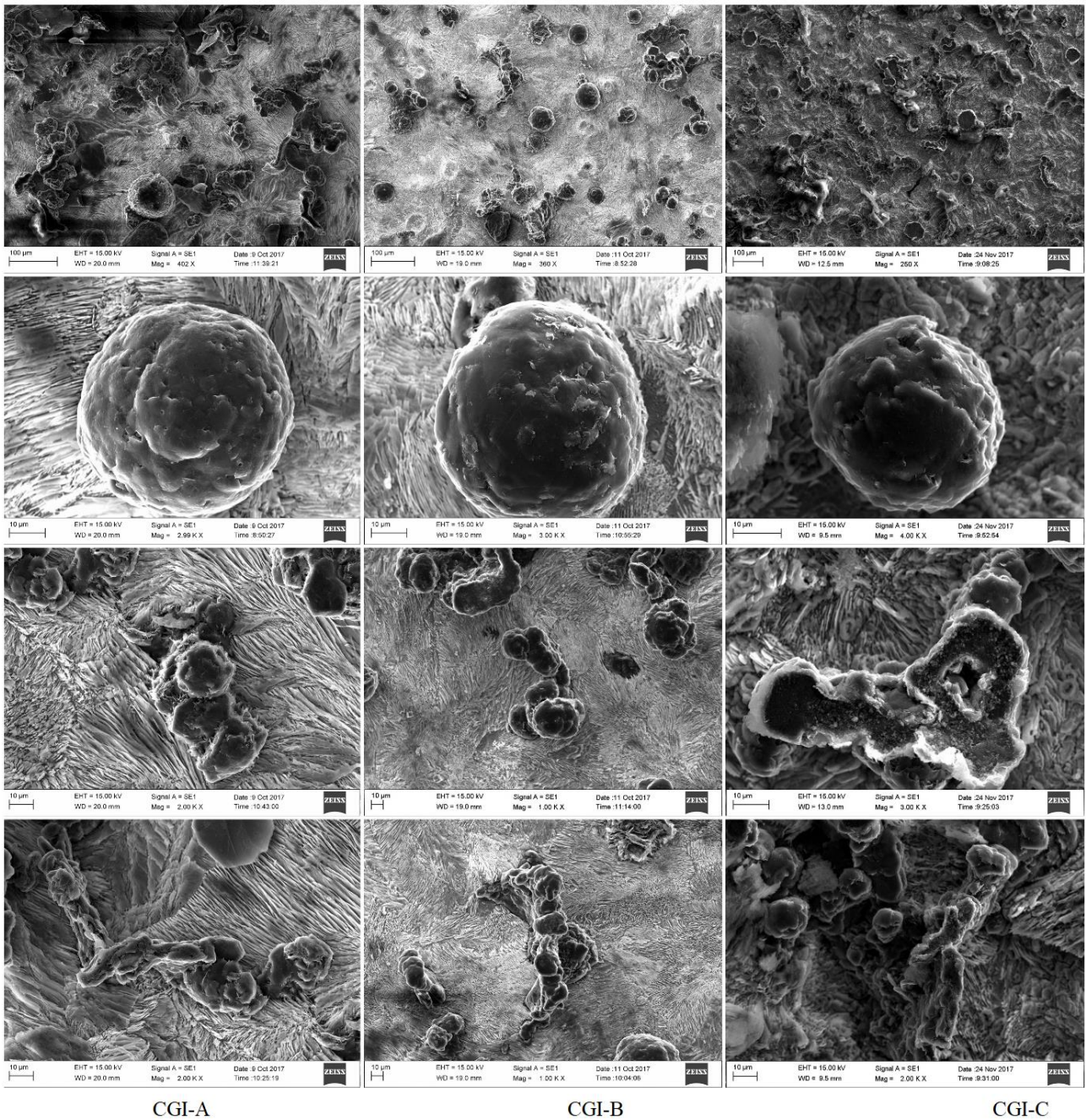


Figura 3. Microestrutura 3D dos ferros fundidos vermiculares atacados com água régia por 25 minutos.



Figura 4. Grafita bidimensional envolvida pela matriz perlítica.

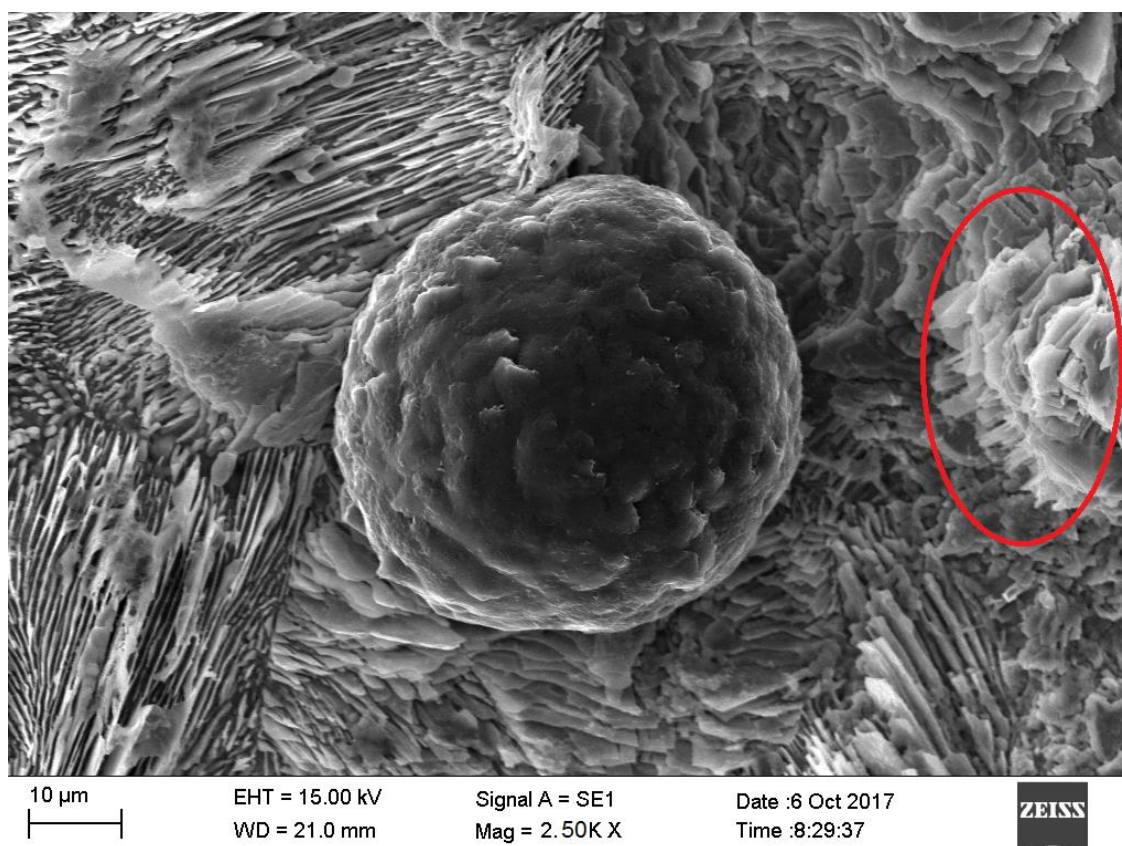


Figura 5. Lamelas de cementita em outro plano destacadas em vermelho.

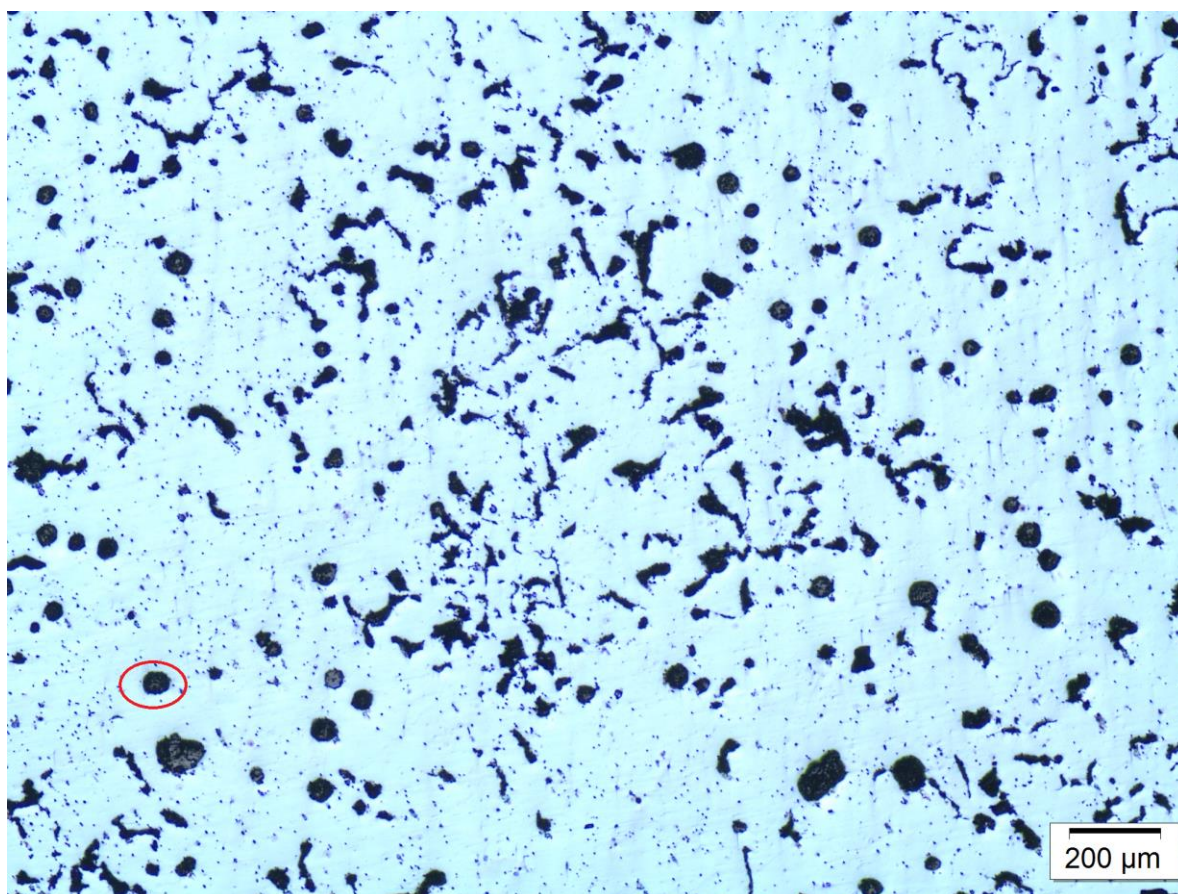


Figura 6. Grafita bidimensional destacada em vermelho.

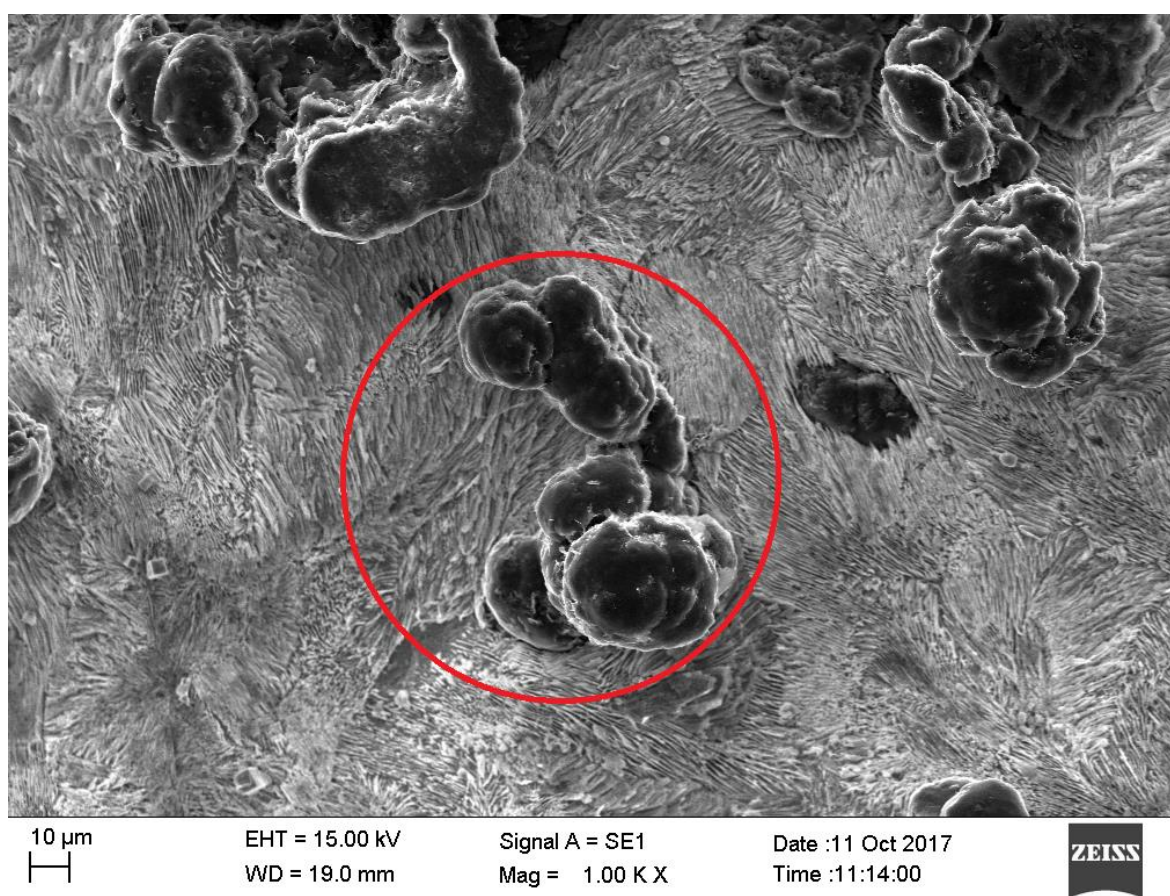


Figura 7. Grafita intermediária com topo nodular destacada de vermelho.

4. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho demonstram que ataques que geram uma superfície tridimensional resultam em uma maior acurácia na avaliação da forma da grafita e na distância interlamelar da cementita presente na matriz do material, o que torna esse tipo de ataque mais vantajoso para análise em MEV. Uma vez que o teor de nodularidade é um dos principais parâmetros dos ferros fundidos vermiculares, o aumento da precisão ao se mensurar o percentual destes nódulos na matriz é um fator indispensável no controle de qualidade do material.

Como pontos negativos do ataque com água régia em relação ao Nital tem-se o maior tempo de ataque e o maior risco ao operador, tanto devido ao grande desprendimento de gases durante o ataque, como pelo menor PH da água régia em relação ao Nital.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a CAPES, CNPQ, FAPEMIG e Fundições TUPY pelo apoio a realização deste trabalho.

3. REFERÊNCIAS

- Da Silva, L. R. R. et al, 2018, Cutting Temperatures in End Milling of Compacted Graphite Irons.
- Guesser, W.L., I. Baumer, A.P. Tschiptschin, G. Cueva, A. Sinatora, 2003, Ferros Fundidos Empregados para Discos e Tambores de Freio, Brake Colloquium, SAE.
- Guesser, W.L., P. Duran, W. Krause, (2004), Compacted graphite iron for diesel engine cylinder blocks, Congrès Le diesel: aujourd'hui et demain Ecole centrale, 12-13.
- Guesser, W.L., L.C. Guedes, (1997), Desenvolvimentos recentes em ferros fundidos aplicados à indústria automobilística, IX Simpósio de Engenharia Automotiva, AEA, São Paulo.
- Holmberg, K., P. Andersson, A. Erdemir, 2012, Global energy consumption due to friction in passenger cars, Tribology International, 47, 221-234.

Comparison of conventional and depp etching techniques in the evaluation of graphite shape of vermicular cast iron

Luiz Eduardo Rodrigues Vieira, luizeduardodrigues@gmail.com¹
Guilherme de Oliveira Castanheira, guilherme-castanheira@hotmail.com¹
Leonardo Rosa Ribeiro da Silva, leonardo.rrs@gmail.com¹
Wilson Luiz Guesser, wguesser@tupy.com.br^{2,4}
Alisson Rocha Machado, Alisson.rocha@pucpr.br^{1,3}
Wisley Falco Sales, wisley@ufu.br¹

¹Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2121, Santa Mônica, Uberlândia - MG.

²Universidade do Estado de Santa Catarina, Rod. Amaro Antônio Viêira, 2584-2724 - Itacorubi, Florianópolis – SC.

³Pontífica Universidade Católica do Paraná, R. Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho, Curitiba -PR.

Abstract. Due to the increasing demand for greater energy efficiency, the automotive industry has a growing demand for new materials for the production of automotive components, with vermicular cast iron being one of the most promising in the construction of blocks and motors of high compression ratio. This work presents a comparative study between the conventional metallurgical technique of chemical attack of vermicular cast iron using Nital and the method of deep attack with real water. From the analysis of the obtained images it was possible to verify if the topography resulting from the deep attack provides a better shape analysis of the graphite, which facilitates the quality control of the material production. As negative points of the attack with real water, a longer attack time was associated with a higher accident rate due to the lower pH of this reagent when compared to Nital.

Keywords: Gray cast iron , Graphite, Nital, Aqua Regia