

# ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ELÉTRICO E MAGNÉTICO DE FERROS DÚCTEIS ATRAVÉS DA INSTRUMENTAÇÃO ELÉTRICA E DO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS PARA AVALIAÇÃO MAGNÉTICA

III Congresso Online de Engenharia de Materiais. inscrições encerradas, 4ª edição, de 27/04/2021 a 30/04/2021  
ISBN dos Anais: 978-65-89908-00-5

PESSANHA; Everton Maick Rangel<sup>1</sup>, MATLAKHOVA; Lioudmila Aleksandrovna Matlakhova<sup>2</sup>

## RESUMO

No estudo da instrumentação para análises de materiais, o desenvolvimento de técnicas de caracterização vem se tornando grande potencial para auxiliar os pesquisadores na investigação de novos materiais. Dentre muitas propriedades da matéria, as propriedades elétricas e magnéticas, principal interesse do presente trabalho, são estritamente importantes na avaliação dos materiais metálicos, sobretudo os materiais que possuem ferro em sua composição, o que resulta em elevada condutividade elétrica e sensibilidade ao campo magnético externo, resultando no alinhamento dos seus domínios magnéticos próprios. Nesta categoria os ferros dúcteis, dentre os ferros fundidos, se destacam por possuir menor custo de fabricação associado as suas boas propriedades. São ligas de Fe-C-Si que se caracterizam por apresentar nódulos de grafita distribuídos sobre a matriz metálica devido ao tratamento de nodulização, com adição de Mg, e de pós-inoculação, com adição de Fe-Si75%. O presente trabalho avalia um lote composto por oito lingotes de ferro dúctil produzido pela técnica por imersão de sino na usina PAM Saint-Gobain Canalização - Brazil, com vazamentos prolongados até 45 min após tratamento de nodulização e de pós-inoculação com temperatura de 1362°C a 1232°C, através do desenvolvimento de técnica de caracterização elétrica e avaliação magnética utilizando o Método de Elementos Finitos para o estudo das interações eletromagnéticas no ferro dúctil através do *software* FEMM 4.2 (*Finite Element Method Magnetics*). Para a caracterização elétrica utiliza-se um dispositivo baseado na ponte de Kelvin para as medidas de baixa resistência elétrica, de 1Ω a frações de mΩ. Ainda foram realizadas análises de composição química por espectrometria de massa e elementar e investigação estrutural por difração de raios X. Os lingotes de ferro dúctil hipereutético, >4,4%p. de carbono equivalente, apresentaram estruturas com predominância da fase ferrítica Fe-α + CH + CR, carbono hexagonal e romboédrico, respectivamente e ainda a cementita (Fe<sub>3</sub>C) com a rede que possui baixa simetria. As simulações do dispositivo da ponte de Kelvin utilizando o *software* NI Multisim 14.1 mostram a viabilidade de construção do dispositivo para a medição da baixa resistência do ferro dúctil, e que ainda recebem influência dos constituintes presentes. A partir do problema magnetostático no *software* FEMM foi dividido um grande número de regiões, o que gerou 6.424 nós e 12.547 elementos para a exibição do comportamento do fluxo magnético na amostra. Através do processo de discretização foi formado um problema de álgebra linear em que a cada elemento a solução foi aproximada através de uma interpolação dos valores dos vértices. A discretização dos domínios para a resolução do problema foi realizado através do método de Galerkin. O menor valor de indução na amostra foi revelado a 2,4 mm, da origem do corpo de prova relevando a indução de 0,07 T e o campo magnético de 144,46 A/m. Os dados através da simulação apontam que o ferro dúctil, com suas características magnéticas, foi capaz de gerar os campos mesmo com o baixo valor de indução. Este dado é importante porque com as possíveis alterações estruturais, provenientes do processo de fabricação, o método de instrumentação elétrica e magnética se torna eficaz na avaliação entre o mecanismo estável/metaestável com o aumento do tempo de vazamento até 45 min após o tratamento de nodulização e de pós-inoculação com a redução de temperatura até 1232°C. A atuação do

<sup>1</sup> Universidade Estácio de Sá (UNESA), Pesquisa Produtividade, Laboratório de Engenharia Elétrica, ewerton\_cosmos@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Laboratório de Materiais Avançados, Metalurgia Física., lioudmila@uent.br

mecanismo metaestável com o aumento do tempo de vazamento e redução de temperatura propiciou o surgimento da cementita livre que possui a tendência de reduzir a condutividade elétrica do material. Em relação as suas propriedades magnéticas, a cementita livre produz um ferro com baixa permeabilidade, indução magnética e um campo remanescente, juntamente com alta força coercitiva e perda de histerese. Assim, a avaliação elétrica e magnética contribui como um método sensível para auxiliar na investigação do ferro dúctil e na instrumentação industrial como ensaio não destrutivo para otimizar o processo de fabricação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Caracterização Estrutural, Ferro Dúctil, Propriedades Elétricas e Magnéticas, Instrumentação, Método de Elementos Finitos

<sup>1</sup> Universidade Estácio de Sá (UNESA), Pesquisa Produtividade, Laboratório de Engenharia Elétrica, ewerton\_cosmos@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Laboratório de Materiais Avançados, Metalurgia Física., lioudmila@uenf.br