

O USO DE CORRENTES PARASITAS MAGNÉTICAS NA INSPEÇÃO DE CORROSÃO LOCALIZADA

RESCALA, João¹; COELHO, Rodrigo²

¹ Mestrando do Programa em Gestão e Tecnologia Industrial do SENAI CIMATEC (PPG GETEC/CIMATEC), Salvador, BA, joao.rescala@fbter.org.br;

² Professor Pesquisador do Programa em Gestão e Tecnologia Industrial do SENAI CIMATEC (PPG GETEC/CIMATEC); Salvador, BA; rodrigo.coelho@fiieb.org.br;

RESUMO

No presente trabalho, são apresentados os resultados relativos ao ensaio de correntes parasitas magnéticas (MECTM/Magnetic Eddy Current) aplicados a defeitos localizados, como na corrosão por pite, em chapas de aço ASTM A36. Com o objetivo de validar a ferramenta de inspeção, testes foram realizados variando-se as espessuras das chapas, o *lift off* (afastamento entre os sensores e a peça) e a corrente, estando este último relacionado com o grau de magnetização obtido no lado oposto da chapa, *far side*. A mudança no ensaio tradicional por correntes parasitas com a adição do campo magnético possui a vantagem de inspecionar chapas mais grossas, não se limitando às superfícies delas. Através das análises realizadas, foi possível encontrar parâmetros otimizados de operação por meio de parâmetros como a variação da intensidade de sinal, o SBR (*Signal-to-Background Ratio*), que relaciona o sinal de defeitos conhecidos com ruídos de fundo encontrados durante a inspeção, que podem levar a resultados errôneos.

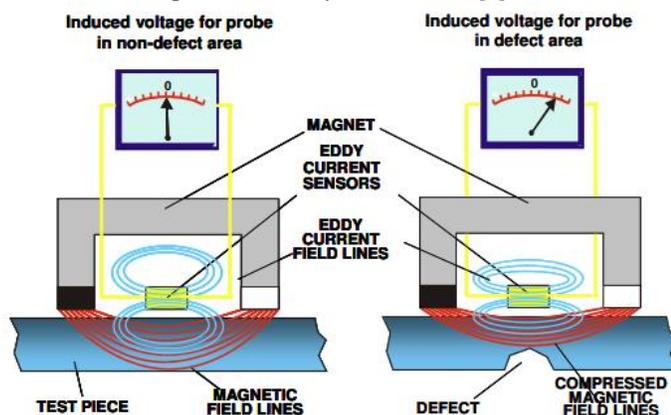
PALAVRAS-CHAVE: Inspeção. Correntes Parasitas Magnéticas. Ensaio Não-Destrutivo. Corrosão por Pite.

1. INTRODUÇÃO

A busca contínua por eficiência leva a indústria a necessitar de métodos de inspecionar equipamentos e estruturas mais rápidos. Mesmo com diversos métodos bem conhecidos, uma técnica que permita o escaneamento de grandes áreas e de grandes espessuras de forma rápida ainda é uma necessidade. O desafio é assegurar a qualidade dos dados mesmo para inspeções em alta velocidade [1], [2].

Nesse contexto, o método de Correntes Parasitas Magnéticas (MECTM) é uma tecnologia relativamente nova que combina o princípio de Correntes Parasitas (EC) com um campo magnético. O resultado é uma técnica de alta velocidade com alta qualidade de dados e penetração superior ao EC. Nessa técnica as linhas de força terão que desviar quando encontram defeitos, fazendo com que a vizinhança apresente maior densidade, alterando a permeabilidade magnética do material e, conseqüentemente afetando as linhas de força, como mostrado na Figura 1 [3].

Figura 1 – Princípio do MECTM [3].



A inspeção com o MECTM tem dependência direta com o nível de magnetização. Conseqüentemente, entender como o campo magnético pode influenciar na inspeção é um ponto chave para assegurar a qualidade da inspeção. Isso abre muitas possibilidades para explorar a potencialidade dessa técnica [3]. No presente trabalho, testes foram executados variando a espessura de uma chapa de aço ASTM A36 e variando, também, a corrente elétrica do solenoide, com o objetivo de otimizar os parâmetros operacionais e descobrir os limites da tecnologia para essa aplicação.

2. METODOLOGIA

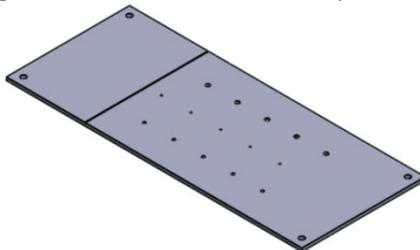
2.1 Materiais

Por ser um método de magnetização, a inspeção com MEC™ é adequada para componentes ferromagnéticos, assim, chapas de aço ASTM A36 foram escolhidas, devido ao seu grande uso em componentes estruturais e sua acessibilidade. Como o foco são chapas grossas, a espessura de 1/2" foi utilizada.

2.2 Preparação das Amostras

Com o objetivo de simular pites, foram fresadas nas chapas furos cegos com 5 mm de diâmetro e com diferentes profundidades, equivalentes a 20%, 40%, 60% e 80% da espessura da chapa, Além de um entalhe que atravessa a chapa para a calibração do equipamento, como mostrado na Figura 2.

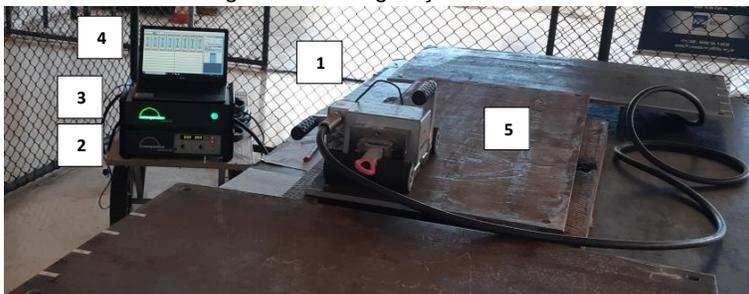
Figura 2 – Vista isométrica da chapa de aço.



2.3 Configuração do Teste

Como mostrado na Figura 3, a configuração consiste: (1) MEC™ P-19; (2) EddyIQ; (3) Fonte de Energia; (4) Notebook com o software Innospectit; (5) Chapa apoiada em barras de madeira em uma bancada.

Figura 3 – Configuração do teste.



2.4 Procedimento de Teste

No início de cada teste o MEC™ P-19 era alinhado para que passasse centralizado em todos os furos desejados. Após a magnetização, era iniciada a gravação e a ferramenta era manualmente deslocada e finalizada a gravação após o último furo. O teste utilizou uma repetição de três, para mitigar erros.

2.5 Análise dos Dados

O parâmetro Relação Sinal-Ruído (SBR) foi utilizado para mensurar a qualidade do sinal obtido. O SBR consiste na comparação da amplitude do sinal desejado com os ruídos de fundo e pode ser calculado através da Equação 1 [4]. Para medir a amplitude dos sinais foi utilizado o software de código aberto ImageJ®. Após a coleta de todos os dados, eles foram compilados, suas médias e desvios-padrões calculados e plotados em gráficos correlacionando a corrente utilizada com o SBR obtido. O valor mínimo de 6 dB foi considerado, de acordo com a literatura, e significa que o sinal do defeito tem, no mínimo, o dobro da amplitude que os ruídos de fundo, o que facilita na identificação dos defeitos [5], [6].

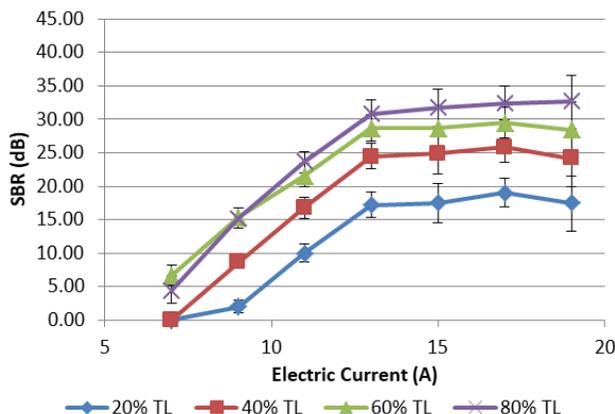
$$SNR_{dB} = 20 \log_{10} \left(\frac{A_{signal}}{A_{background}} \right) \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 é mostrado o comportamento do SBR quando a corrente varia e, conseqüentemente o campo magnético na placa também varia. Como esperado, correntes maiores levaram a melhores resultados,

entretanto, para valores acima de 13 A não há melhora significativa, apresentando um “joelho”, que pode ser explicado pelo efeito magnético de parede de domínio, ou pela incapacidade de medir ruídos muito pequenos [7].

Figura 4 – Gráfico de Corrente x SBR



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho são apresentados os resultados preliminares sobre o MECTM, buscando pelo entendimento da técnica e suas respostas relacionadas a alguns parâmetros, como a variação na corrente e na profundidade das descontinuidades. Como esperado, o resultado mostra que correntes maiores implicam em fluxos magnéticos mais densos e, consequentemente, em um valor maior de SBR, o que pode ser relacionado a uma melhor qualidade de inspeção. A corrente de 13 A para os parâmetros adotados levou a um elevado valor de SBR, além de evitar um consumo excessivo de energia. Entretanto, é importante notar que a corrente ótima irá variar enormemente com diferentes parâmetros.

A conclusão dessa investigação preliminar comprova a técnica como promissora no escaneamento de chapas grossas, incentivando estudos futuros, buscando pela janela operacional ótima e pelos limites da técnica.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao SENAI CIMATEC pela infraestrutura utilizada nos experimentos, à Innospection Ltd. pelo *know-how* e dados de base sobre o MECTM, à ANP pela contribuição e à EMBRAPAII pelo suporte financeiro do trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- [1] A. G. Antipov and A. A. Markov, “3D simulation and experiment on high speed rail MFL inspection” *NDT E Int.*, vol. 98, no. April, pp. 177–185, Sep. 2018.
- [2] S. Terpstra, F. Hoeve, Z. McCann, and M. Stone, “TOF-FS: a technique for detection and monitoring of wall loss defects in large areas of vessels and pipework” *Insight - Non-Destructive Test. Cond. Monit.*, vol. 50, no. 9, pp. 476–479, Oct. 2008.
- [3] A. Bönisch, F. H. Dijkstra, and J. A. de Raad, “Magnetic flux and SLOFEC inspection of thick walled components” *J. Nondestruct. Test.*, 2000.
- [4] R. G. Lyons, *Understanding Digital Signal Processing (2nd Edition)*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 2004.
- [5] M. Kostan, A. Mohimi, C. Nageswaran, A. Dhutti, T. H. Gan, L. Wrobel, and C. Selcuk, “High Temperature Gallium Orthophosphate Transducers for NDT” *Procedia Eng.*, vol. 168, no. 0, pp. 987–990, 2016.
- [6] V. Uchanin, G. Lutsenko, A. Opanasenko, and A. Dzhaganian, “PROMPRYLAD Family of Eddy Current Flaw Detectors – From Simple to more Complicated” in *Proceedings of the 19th World Conference on NDT*, 2016, pp. 1–8.
- [7] Z. Deng, Y. Kang, J. Zhang, and K. Song, “Multi-source effect in magnetizing-based eddy current testing sensor for surface crack in ferromagnetic materials” *Sensors Actuators, A Phys.*, vol. 271, pp. 24–36, 2018.