cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais

Metodologia de Ranqueamento de Wavelets para Análise do Ruído Magnético de Barkhausen em Aço Inoxidável Duplex SAF 2205

Pedro Fillype de Souza Europeu[1]; Edgard de Macedo Silva[1]; Suzete Élida Nóbrega Correia[1]

[1] Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Instituto Federal da Paraíba (IFPB), João Pessoa, PB

Introdução

O Ruído Magnético de Barkhausen (RMB) é uma técnica de ensaio não destrutivo utilizada para caracterizar materiais ferromagnéticos e monitorar alterações microestruturais. O fenômeno ocorre devido ao movimento descontínuo das paredes de domínio magnético durante a magnetização, sendo sensível a características como contornos de grão, tensões residuais, precipitados e discordâncias. A aquisição do sinal é realizada pela aplicação de um campo magnético alternado e pela medição das variações do fluxo magnético geradas no material. Tradicionalmente, a Transformada de Fourier é empregada na análise espectral desses sinais, porém não permite identificar quando os eventos ocorrem no tempo. Nesse contexto, a Transformada Wavelet se destaca por fornecer uma representação simultânea nos domínios do tempo e da frequência, possibilitando uma análise mais completa dos sinais de RMB (1,2,3,4).

Objetivo

Propor uma metodologia quantitativa e multicritério para ranquear wavelets e selecionar as funções mais adequadas à análise de sinais de RMB em aço inoxidável duplex SAF 2205, comparando amostras com e sem precipitação da fase sigma.

Materiais e condições experimentais

- Duas amostras de SAF 2205: condição recebida e tratada a 850 °C por 15 min.
- Discos com 24 mm de diâmetro e 8 mm de espessura.
- Sinal analisado: 5 Hz e 1,5 V.
- Extração de características pela resposta wavelet e pelo valor RMS.

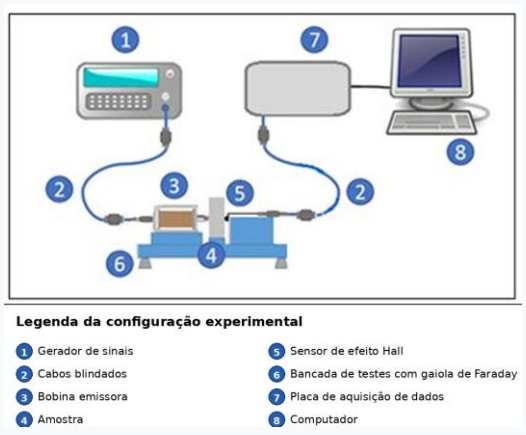


Figura 1. Bancada experimental utilizada para aquisição dos sinais de RMB.

Metodologia de ranqueamento

1	**Varredura**	Famílias wavelet aplicadas aos sinais experimentais.
2	**Métricas**	Correlação, esparsidade, coeficientes significativos, momentos nulos, regularidade, simetria e ortogonalidade.
3	**Normalização**	Conversão das métricas para escala comparável.
4	**Score global**	Soma ponderada com pesos iguais para todas as métricas.
5	**Validação física**	Comparação do RMS e reconstrução da onda macroscópica.

$$Pglobal = \Sigma\, wi \cdot Mi$$

Resultados e discussão

O ranqueamento destacou famílias diferentes conforme o critério analisado. Pelo score global, as melhores wavelets foram coif17, coif16 e db36 na amostra com precipitado; e coif16, coif14 e coif10 na condição sem precipitado.

Condição	1ª	2ª	3ª
Com precipitado	coif17	coif16	db36
Sem precipitado	coif16	coif14	coif10

Score global por condição

Diferença de RMS

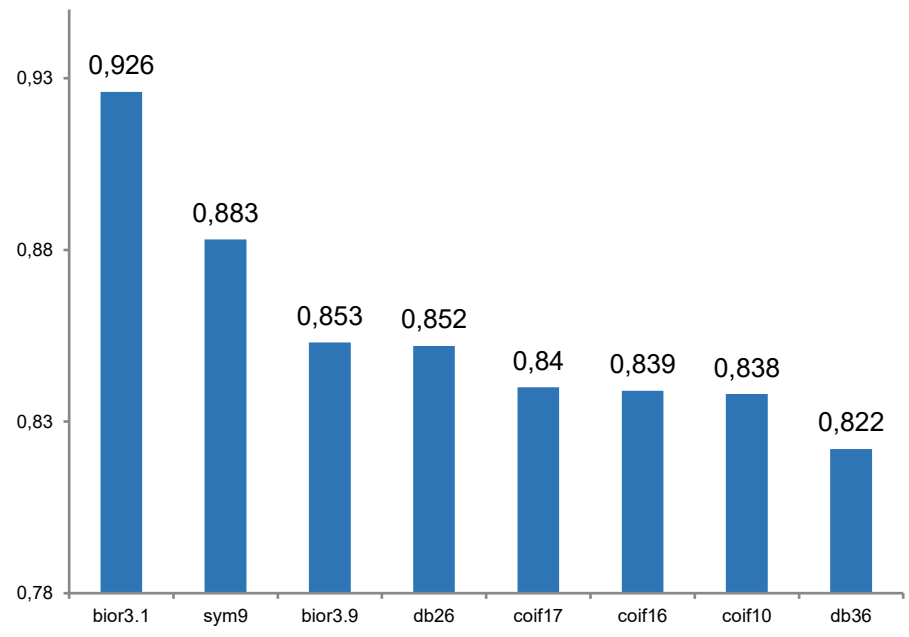


Figura 2. Diferença entre os valores RMS sem e com precipitado para as wavelets avaliadas.

Entre as funções apresentadas, bior3.1 exibiu a maior diferença de RMS (0,926), enquanto db36 apresentou 0,822. O resultado mostra que a função de maior score global não é necessariamente a de maior separação pelo RMS, reforçando a utilidade de combinar critérios matemáticos e validação física.

Conclusões

- A metodologia organiza à escolha da wavelet de forma objetiva e reproduzível.
- O score global reduz a dependência de um único indicador de desempenho.
- Coiflets apresentaram destaque no ranqueamento global nas duas condições.
- A validação por RMS complementa o ranqueamento e evidencia diferenças entre as amostras.
- A abordagem oferece suporte à seleção de wavelets para caracterização de sinais RMB em SAF 2205.

Referências

[1] TAVARES, S. S. M. et al. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, v. 476, p. 55–62, 2019.
[2] SAMIMI, A. A.; KRAUSE, T. W.; CLAPHAM, L. Journal of Nondestructive Evaluation, 2016.
[3] MAASS, P. et al. IEEE Transactions on Signal Processing, v. 48, n. 8, p. 2432–2438, 2000.
[4] CULLITY, B. D.; GRAHAM, C. D. Introduction to Magnetic Materials. 2. ed. Wiley, 2009.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB), ao PPGEE e aos pesquisadores envolvidos no desenvolvimento e na análise experimental deste trabalho.