

Projeto ApMag

Bolsista: Ricardo Baiotto

Orientador: Prof. Dr. Frank P. Missell

Co-autores: Günther J. L. Gerhardt, Marcos Fukuhara e Taeko Yonamine.

Objetivo

A deformação plástica afeta, de forma marcante, as propriedades magnéticas dos aços elétricos, como o campo coercivo, H_c , as perdas histeréticas, W_h , e o ruído Barkhausen, RB. Visto que a eficiência desses materiais depende das propriedades magnéticas, H_c e W_h , e estas são prejudicadas pela deformação, é de fundamental importância o estudo das relações entre estas propriedades e a deformação. Tanto quanto, o de maneiras de reduzir seus efeitos indesejados, já que, a deformação é inerente ao processo de estampagem, método usualmente empregado na conformação dos aços elétricos.

Resultados

As lâminas analisadas de E105 e E230 foram submetidas a quinze amostragens cada uma, e os resultados apresentados na forma de gráficos do envelope de voltagem rms do RB em função do campo magnético aplicado (figuras 3) e do espectro de potência renormalizado do sinal Barkhausen em função do campo magnético aplicado (figura 4). São apresentados aqui, também, os resultados das medições do campo coercivo em função da deformação e das perdas histeréticas em função da deformação (figura 5).

Metodologia

Foram utilizadas lâminas de E105 e E230 (Tabela 1), gentilmente fornecidas pela Acelor-Mittal, laminadas a frio em várias taxas de deformação, e em seguida foram cortadas na metade, sendo que uma metade sofreu recozimento a 760°C por 2 h com resfriamento lento, realizado em um forno a vácuo.

Sample	ρ ($\mu\Omega\text{-cm}$)	D (kg/m^3)	Si (%)	Al (%)	J_s (T)	GS (μm)
E230	39.6	7710	2.02	0.22	2.06	72
E105	51.5	7665	3.06	0.002	2.02	142

Tabela – 1: Resistividade ρ , massa específica D, percentual de Si e Al, magnetização de saturação J_s e tamanho de grão GS.

A redução na espessura das amostras r, devido a laminação foi calculada por: $r = 1 - t_f/t_i$, onde t_i é a espessura inicial (0,5 mm) do material não deformado.

Medidas de textura cristalográfica foram realizadas com um microscópio eletrônico de varredura utilizando EBSD (electron back-scatter diffraction). Os tamanhos de grão foram obtidos pelo método da interceptação.

As curvas de histerese foram obtidas com um sistema Brockhaus MPG-100D equipado com um *single sheet tester* (SST) e um fluxímetro utilizado nas medidas em campo estático para obter a separação tradicional de perdas (figura 1).

As medidas de ruído Barkhausen foram realizadas com um equipamento experimental desenvolvido na UCS. Este aparelho consiste em uma bobina primária com 1290 espiras, 350 mm de comprimento e 50 mm de diâmetro interno (figura 2). Associado a este solenóide, encontra-se uma sonda envolvente constituída por um par de bobinas, com 300 espiras cada, em contra-fase, enroladas sobre uma estrutura polimérica.

Para produzir e coletar o ruído Barkhausen o enrolamento primário é alimentado com corrente senoidal, magnetizando a amostra alternadamente. Então, uma das bobinas sensoras, a que está envolvendo a amostra, capta o sinal produzido por esta e a outra bobina o filtra, reduzindo o sinal de excitação e parte dos ruídos indesejados. Após o sinal é filtrado, amplificado e coletado por uma placa de aquisição de dados DaqBoard/3005.

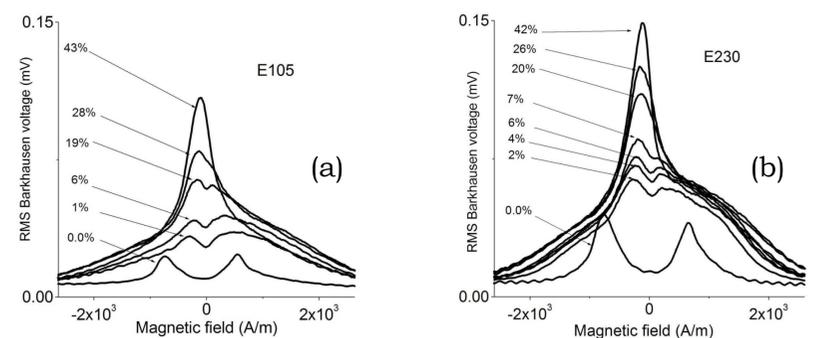


Figura – 3: Envelopes rms do RB em função da fração do campo magnético aplicado para as amostras de E105 (a) e E230 (b) não tratadas termicamente. As deformações aplicadas nas amostras estão indicadas nas figuras.

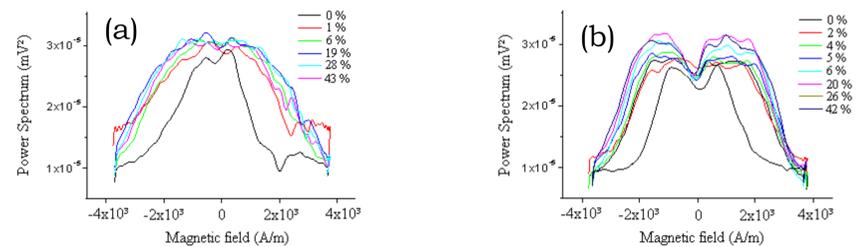


Figura – 4: Gráfico do espectro de potência renormalizado do sinal Barkhausen em função da fração do campo magnético aplicado para as amostras de E105 (a) e E230 (b) não tratadas termicamente.

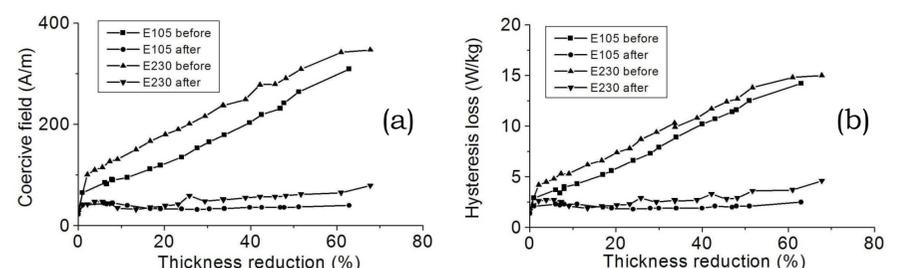


Figura – 5: Gráficos do campo coercivo (a) e das perdas histeréticas (b) em função da redução para as amostras de E105 e E230 com e sem tratamento térmico.

Discussão

O aumento monotônico na amplitude do RB com a deformação correlaciona com o, quase linear, aumento do H_c e W_h com a deformação. Esse comportamento deve ser atribuído a produção contínua de discordâncias durante a laminação a frio.

A presença de dois picos nos envelopes de RB é atribuída à tensões compressivas e trativas na amostra. Vendo que esta estrutura desaparece antes no material com grão menor (E230), e levando em conta que o tamanho de grão tem influência sobre o RB, mas não afeta muito a resposta Barkhausen à tensão aplicada. Então, pode-se dizer que o tamanho de grão influencia as microtensões residuais internas mais acentuadamente no material com grão menor. Isso se justifica pelo fato destas tensões se concentram nas paredes dos grão, e quanto menor o grão, maior é o volume de material sob tensão.

Considerações Finais

O resumo deste trabalho foi aceito para apresentação na 19th Soft Magnetic Materials Conference, em Torino, Itália, com o título: “Barkhausen noise and magnetic properties of plastically deformed silicon steels” e autoria de: R. Baiotto, G. J. L. Gerhardt, M. Fukuhara, T. Yonamine e F. P. Missell. O artigo referente ao resumo foi submetido para publicação na IEEE Transactions on Magnetics.

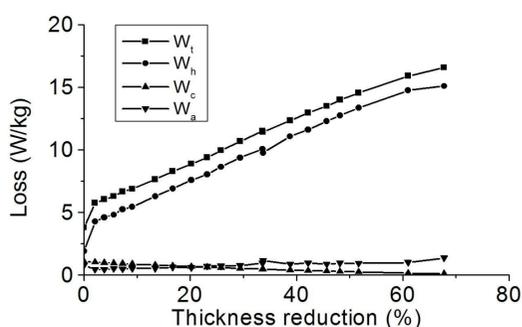


Figura – 1: Separação de perdas a 60 Hz e 1,5 T.

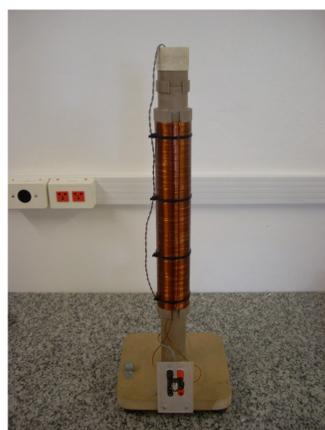


Figura – 2: Sistema Barkhausen de sonda envolvente.