

超音波刺激による鉄鋼材の磁気測定

Magnetic measurements of iron steels via ultrasonic stimulation

農工大院工¹, JFE スチール² ○山田 尚人¹, 生嶋 健司¹, 四辻 淳一²Tokyo Univ. A & T¹, JFE Steel Corp.² °Hisato Yamada¹, Kenji Ikushima¹, Junichi Yotsuji²

E-mail: 50011834102@st.tuat.ac.jp

超音波による応力印加は、圧電体や強磁性体の電気または磁気分極を時間的に変化させ、それに伴って超音波と同一周波数の電磁場が物体周辺に発生する。我々はこれまで、この超音波刺激により誘起される微弱な電磁応答 (ASEM 応答) の検出技術を開発し、様々な物質に対して実証してきた[1-3]。本研究では鉄鋼材を試料とし、(1) 強磁性体における基本特性である磁化曲線 (B - H 曲線) と ASEM 応答の関係性を明らかにし、(2) 鉄鋼材の欠陥により生じる磁束密度分布の変化を可視化した。強磁性体における線形近似の範囲内で、音波応力 T により変調される磁束密度 B は圧磁定数 d を用いて $\frac{dB}{dt} = d \frac{dT}{dt}$ と考えられる。したがって、ASEM 信号強度は応力摂動による磁化 (磁束密度) の敏感性を反映する。図 1 に磁化曲線と ASEM 信号強度の関係性を示す。磁化曲線の立ち上がり領域 (高微分透磁率領域) で ASEM 信号強度が大きく、飽和領域では半減する傾向が見出された。飽和領域での信号減少の原因は、強磁場による磁区構造の安定化のためと解釈される。つまり、外部の応力摂動による磁化の敏感性はバルクハウゼン効果が出るような不安定な領域で顕著になると考えられる。

上記実験事実を踏まえて、鉄鋼材料内での磁束密度分布測定を試みた。鉄鋼平板に約 1 mm の穴を開け、面内に磁場を印加した状態で ASEM イメージングを行った。磁束密度は穴を避けるため、穴の周辺で磁束密度の分布が生じる (図 2 挿入図: 磁気シミュレーション結果)。磁場に平行な穴の両側で ASEM 信号が強く (B は小さく)、磁場に垂直な穴の両側で信号は減少した (B は大きい)。これらの結果は、鉄鋼材の磁化曲線を考慮すると定量的にほぼ説明できる。

[1] K. Ikushima *et al.*, Appl. Phys. Lett. **89**, 194103 (2006). [2] N. Ohno *et al.*, Proc. of Symposium on Ultrasonic Electronics **32**, 211 (2011). [3] H. Yamada *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **84**, 049903 (2013).

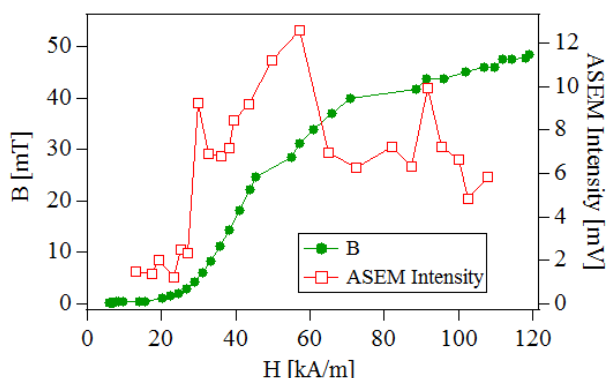


図 1 磁化曲線と ASEM 信号強度の関係。

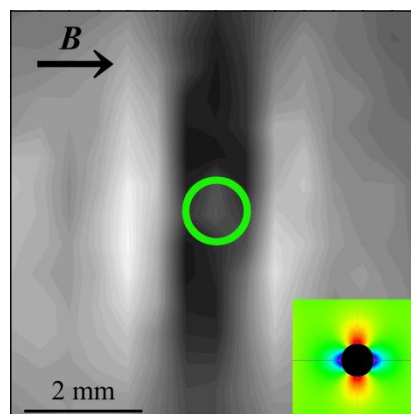


図 2 仮想欠損 (穴) 周辺の ASEM 像。挿入図は磁気シミュレーション結果を示す。