

超音波刺激による鉄鋼材の磁気測定 II

Magnetic measurements of iron steels via ultrasonic stimulation II

農工大院工¹, JFE スチール² °渡部 翔¹, 山田 尚人¹, 生嶋 健司¹, 四辻 淳一²Tokyo Univ. of A & T¹, JFE Steel Corporation², °Kakeru Watanabe¹, Hisato Yamada¹,Kenji Ikushima¹, Junichi Yotsuji²

E-mail: 50009256060@st.tuat.ac.jp

我々はこれまで、超音波により誘起される微弱な電磁応答 (ASEM 応答) の検出方法を提案し、様々な物質に対して測定を行ってきた[1]。特に、強磁性体においては ASEM 応答の理論的基礎付けを行うとともにフェライトやステンレス鋼材でその検証を行った[2]。そこで本研究の目的は、鉄鋼材を試料とし、ASEM 応答によって得られる磁気ヒステリシスループの全体像を明らかにし、非破壊検査への応用可能性を調べることである。外部磁場 H の下で磁束密度は $B = \mu_0\{H + M(H, T)\}$ と書き表され、一般に磁化 $M(H, T)$ は磁場 H と応力 T の一価関数ではない。圧磁定数は $d_{mi} = \left(\frac{\partial B_m}{\partial T_i}\right)_H = \mu_0 \left(\frac{\partial M_m}{\partial T_i}\right)_H$ であるから、音波により応力変調が加えられると、強磁性体内の磁束密度 (磁化) は、 $\frac{dB_m}{dt} = \mu_0 \left(\frac{\partial M_m(H_m, T_i)}{\partial T_i}\right)_H \frac{dT_i}{dt} = d_{mi}(H) \frac{dT_i}{dt}$ のように時間変調される。ループアンテナにより検出される高周波磁場は、磁化変調に伴う磁気双極子放射の近接磁場成分であり、その電圧信号は $V_{sig} \propto -\frac{1}{2\pi r^3} d_{mi}(H) \dot{T}(t)$ と表される[2]。したがって、信号電圧の磁場依存性は、圧磁定数 $d_{mi}(H)$ の磁場依存性とみなすことができる。図 1 に、厚み 0.8mm の鉄鋼板に対する ASEM 信号強度の磁場依存性を示す。ASEM 信号強度は、消磁状態である保磁力 H_c で最小値をとり、強磁場極限でゼロに漸近する振る舞いが観測されている。この ASEM 信号強度の磁場敏感性を利用して、図 1 における領域 II の条件の下で、穴径 1 mm 周辺の磁束密度分布の検出に成功している (図 2)。講演では、ASEM 信号の磁場敏感性がより高いと予想される領域 I での測定についても議論する予定である。

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

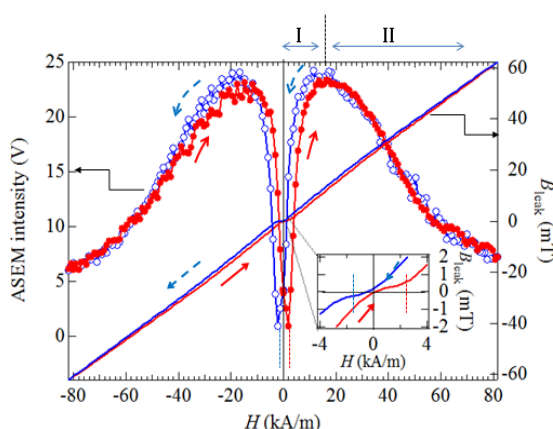


図 1 漏洩磁束密度と ASEM 信号強度の磁場依存性

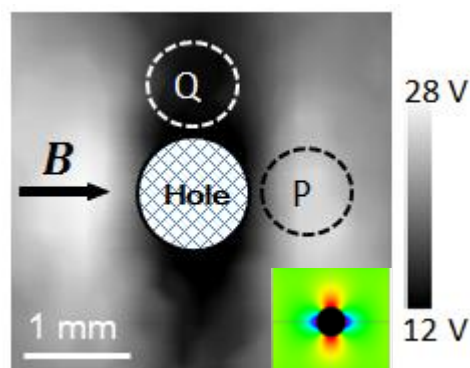


図 2 領域 II における鉄鋼材の穿孔加工周辺の ASEM 信号分布 (右下図は磁束密度シミュレーションによる磁束密度分布)