

# 回転磁場を用いたバルクハウゼンノイズ計測による応力評価

小野 拓也、中島 悠也  
(富士電機)

Stress evaluation by Barkhausen noise measurement under rotating magnetic field

Takuya Ono and Yuya Nakashima  
(Fuji Electric Co., Ltd.)

## はじめに

近年、インフラ関連製品の劣化診断技術のニーズが高まっている。なかでも、鋼材への表面処理などで発生する残留応力は、応力腐食割れ(SCC)などの損傷の要因となるので、製作時・出荷前に検査する必要がある。磁気バルクハウゼンノイズ(MBN)による応力評価法は、非破壊かつ短時間の残留応力測定が可能な方法として開発が進められ、一部、製品適用も行われている。しかし、MBNに影響する因子としては、応力のほかに、結晶粒径・析出物等があり、応力を精度よく評価する手法の開発が求められる。本研究では、回転磁場下でのMBN計測を行い、MBN強度の磁場角度依存性に基づいて応力評価精度の向上を図った。

## 方法

マルテンサイト系 13Cr ステンレス鋼に、一軸引張試験機を用いて引張応力を印加した。MBN測定は、励磁コイルを巻いた軟磁性ヨークとセンサコイルを評価鋼材に接近させ、評価鋼材表面に長手方向の磁場を印加しながら、センサコイルによって評価鋼材からの漏れ磁束を計測して行った。鋼材表面内で磁場方向を回転させ、MBNの磁場角度依存性を取得した。MBNは出力電圧の二乗平均平方根(RMS)として算出し、さらに励磁電流依存性の移動平均処理による平滑化を経て、MBNプロファイルを得た。MBN積分強度は、MBNプロファイルからバックグラウンドを差し引いたうえで算出した。

## 結果

Fig. 1に引張応力(413 MPa)の下で測定したMBNプロファイルの磁場角度依存性を示す。磁場角度増加に伴いMBN強度の単調減少が見られ、両者の強い相関性を示唆する。一軸の磁気異方性を持つ磁性材料では、MBN強度は $\alpha \cos^2 \theta_m + \beta$ のような角度依存性を有する( $\theta_m$ : 磁化容易軸を基準とする磁場角度)<sup>1)</sup>。逆磁歪エネルギーは $-(3/2)\lambda\sigma(\cos^2\varphi - 1/3)$ で表され( $\varphi$ : 応力方向を表す角度)、磁気異方性エネルギーと同形式の角度依存性を有するので、一軸応力下のMBNの角度依存性は、一軸磁気異方性下のそれと同様と推定される。Fig. 2にMBN積分強度( $I_{MBN}$ )の $\cos^2\theta$ 依存性を示す( $\theta$ : 応力方向を基準とする磁場角度)。 $I_{MBN}$ は $\cos^2\theta$ に対し線形変化しており、上記の推察が正しいことを示唆する。さらに、Fig. 3に示すように、応力と、関係式 $I_{MBN} = \alpha \cos^2\theta + \beta$ から求めた傾き( $\alpha$ )に強い相関が見られ、MBNの磁場角度依存性から応力が評価できることが示された。

**参考文献** 1) T. W. Krause, L. Clapham, and D. L. Atherton, J. Appl. Phys. **75**, 7983 (1994).

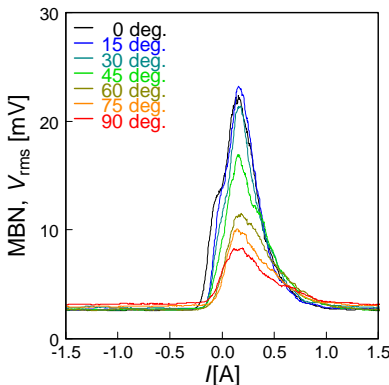


Fig. 1 MBN profiles under the various magnetic field angles and tensile stress of 413 MPa.

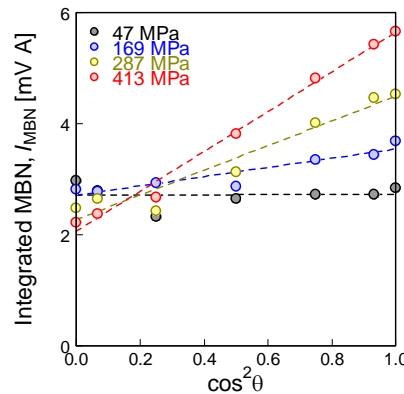


Fig. 2  $\cos^2\theta$  dependences of the integrated MBN,  $I_{MBN}$ , under the various stresses.

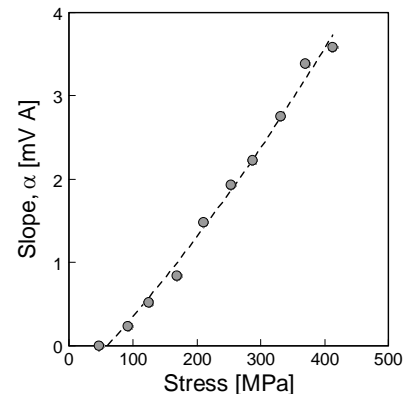


Fig. 3 stress dependence of the slopes,  $\alpha$ , of the  $I_{MBN}$ - $\cos^2\theta$  relations.