

残留応力により生成された磁区のモンテカルロ法解析

寺島 顕一、山口 克彦、内一 哲哉*、高木 敏行*
(福島大、*東北大)

Analysis of magnetic domain by residual stress using Monte Carlo method

K. Terashima, K. Yamaguchi, T. Uchimoto*, T. Takagi*
(Fukushima Univ. *Touhoku Univ.)

はじめに

本来、オーステナイト系ステンレス鋼は非磁性材料だが、経年劣化や歪みによって磁性を持つ。また、局所的な劣化を検出するために磁気的非破壊検査(NDE)の新規手法として、磁区観察顕微鏡とマイクロ磁気光学カー効果(μ -MOKE)磁力計を組み合わせた μ -Kerr 顕微鏡が開発された。Fig. 1 (a)は鏡面研磨を施した SUS304 の磁区観察像であり、結晶粒毎の磁区が明確に確認できた。また、磁区毎にスポットを当て磁化測定を行うと、磁気特性に差が見られた。これは結晶粒毎に磁気異方性を持っている為と考えられる。本研究では、ブロック毎に異方性の向きが異なるクラスターに対してモンテカルロ(MC)シミュレーションを行い、磁区観察像と磁気異方性の関係について検証した。

手法

計算に用いた磁気クラスターは、 $40 \times 50 \times 5$ に配置されたスピンベクトルで構成され、 $10 \times 10 \times 5$ のブロックに分けられる。セルはそれぞれ異なる向きの磁気異方性を持っており、Fig. 1 (b)は各ブロックの一軸磁気異方性の向きを表している。計算はメトロポリスサンプリングによる MC シミュレーションで行い、ハミルトニアンには(1)式を用いた。第一項が交換相互作用、第二項が一軸磁気異方性、第三項が印加磁場を与え、 S_i は i 番目のスピンベクトルであり、 $|S_i|=1$ とした。 S_{easy} はブロック毎の容易軸方向の単位ベクトルを表し、交換相互作用は同一セルに配置されたスピン間でのみ作用するものとした¹⁾。

$$H = -J \sum_{near} S_i S_j - K \sum_i (S_i \cdot S_{easy})^2 + B \sum_i S_i \quad (1)$$

結果

クラスターに対して面内方向に印加磁場を与えヒステリシスカーブの計算を行った結果、各ブロックの磁気特性が異なることが確認できた。また、減磁曲線のうち、磁場が 0.22 と -0.22 の時のスピン状態を確認すると、各スピンはセル毎に異なる向きをとっていた。これらの結果は各ブロックのもつ磁気異方性に起因したものである。Fig. 1 (c)には前述した2つのスピン状態の差をとったものを示した。セル毎に陰影が表れることは、磁区観察による結果と一致している。以上のことから、本シミュレーションで用いたモデルは妥当であり、磁区観察像における陰影は、結晶粒毎に方向が異なる磁気異方性に起因するものであるといえる。

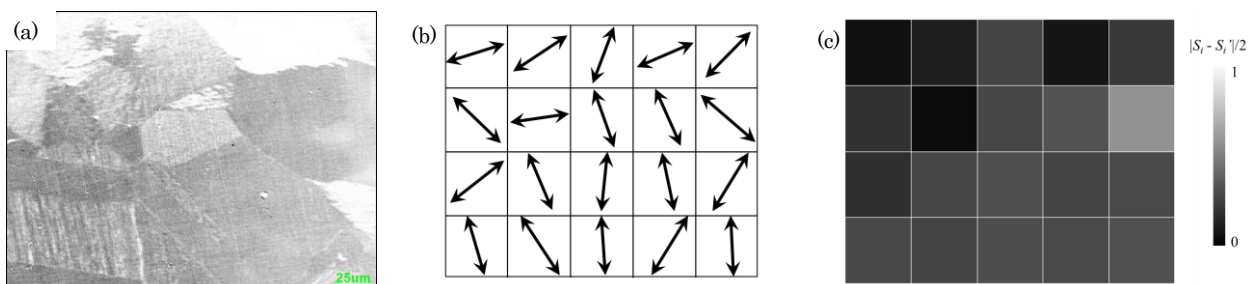


Fig.1 (a) Magnetic domain observation of SUS304. (b) The easy axis of magnetization for each block. (c) Differential image of $|S_i - S_j|/2$ between $B=0.22$ and $B=-0.22$. The white colour represents that $|S_i - S_j|/2 = 1$ and the black colour is $|S_i - S_j|/2 = 0$.

参考文献

- 1) K. Yamaguchi, K. Suzuki, O. Nittono, T. Uchimoto, T. Takagi, *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 47, 2011, pp. 1118-1121.