

異なる結晶粒配向度を有する Nd-Fe-B 磁石の

First-order reversal curve (FORC)

山本 浩之, 甕 久実, 北川 功 (日立製作所 研究開発グループ)

First-order reversal curve diagrams in sintered Nd-Fe-B magnets with different crystal grain alignment

H. Yamamoto, K. Motai, and I. Kitagawa (Hitachi, Ltd. Research & Development Group)

研究背景

Nd-Fe-B 磁石のさらなる保磁力 (H_{cJ}) の向上のためには, H_{cJ} と磁石内の組織要因 (粒界幅¹⁾ や粒界相の磁性²⁾ など) との関係性を明らかにすることが不可欠である。これまでの先行研究から, Nd-Fe-B 焼結磁石の結晶粒の配向度が向上すると H_{cJ} が低下することが報告されている³⁾。この H_{cJ} の配向度依存性の理解を進めるには, H_{cJ} という一つの磁気特性値だけでなく, 配向度を変えた際に磁化反転にどのような変化が生じるか, より詳細な情報を得ることが重要となる。磁石の磁化反転挙動を詳細に解析する手法として FORC (First-Order Reversal Curve) が知られており, メジャーヒステリシス曲線では見えにくい磁石内の磁化過程を調べる手法として有望視されている^{4,5)}。本研究では結晶配向度と磁化過程の対応関係を明らかにすることを目的として, 配向度が異なる Nd-Fe-B 焼結磁石試料の FORC 解析を行った。

実験方法

圧粉成型時の印加磁場強度を変えることにより, 配向度 α が異なる複数の Nd-Fe-B 焼結磁石を作製した。ここで α は 3 方向の残留磁束密度 (B_r) の測定値から $\alpha = B_{r,z} / (B_{r,x}^2 + B_{r,y}^2 + B_{r,z}^2)^{1/2}$ で定義した。作製した試料の特性値を Table 1 に示す。マクロな反磁場の影響を抑制するため, 各試料は $1 \times 1 \times 6$ mm のピラー形状に加工した。これらの試料について, 超伝導 VSM (最大印加磁場 60 kOe) により室温での FORC データを測定した。

実験結果

Fig. 1 に, 各試料の FORC ダイアグラム (回転なしの H_a - H_b ダイアグラム) の比較を示す。最も配向度 α と B_r が高い試料 A では, 局所的な保磁力の分散 (σH_c) が他の試料に比べて最小である。これは, 高配向磁石では粒子群の反転挙動がより均一化されていることを示唆する。それに対し, 無配向の試料 C ではダイアグラムのピークが, 低磁場領域 (左上) から高磁場領域 (右下) まで広範囲に広がり, σH_c および相互作用磁場の分散 (σH_{int}) が増大する。この特徴は, 無配向磁石では異なる反転磁場を有する多様な粒子群が存在し, その中には反転磁場の高い粒子群も存在することを示唆する。今後, これらダイアグラム上の特徴と, 磁石内の微細組織との関連性を明らかにできれば, さらなる高 H_{cJ} 化にむけて有効な知見が得られると期待される。

謝辞

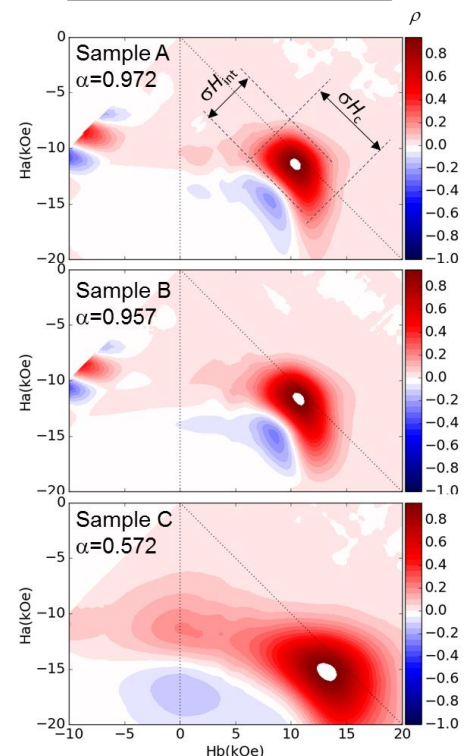
本研究における磁石材料は日立金属㈱より提供頂いた。

参考文献

- 1) H. Yamamoto et al., REPM 2016, P3-05 (2016)
- 2) T. Kohashi et al., *Appl. Phys. Lett.* **104**, 232408 (2014)
- 3) Y. Matsuura et al., *J. Magn. Magn. Mater.*, **336**, 88 (2013)
- 4) C. R. Pike et al., *J. Appl. Phys.*, **85**, 6660 (1999)
- 5) T. Yomogita et al., *J. Magn. Magn. Mater.*, **447**, 110 (2018)

Table 1. Sample Properties

ID	3-direction Alignment: α	B_r (T)	H_{cJ} (kOe)
A	0.972	1.382	11.51
B	0.957	1.332	11.85
C	0.572	0.730	13.58

Fig. 1. FORC diagrams of three magnets with different α .