

Nd-Fe-B 熱間加工磁石の FORC 法解析とその温度依存性

蓬田貴裕¹, 菊池伸明¹, 岡本聡^{1,2}, 北上修¹, H. Sepehri-Amin²,
大久保忠勝², 宝野和博², 秋屋貴博³, 日置敬子³, 服部篤³
(東北大学¹, ESICMM, NIMS², 大同特殊鋼(株)³)

Temperature dependence of FORC diagrams of Nd-Fe-B hot-deformed magnets

T. Yomogita¹, N. Kikuchi¹, S. Okamoto^{1,2}, O. Kitakami¹, H. Sepehri-Amin²,
T. Ohkubo², K. Hono², T. Akiya³, K. Hioki³, and A. Hattori³
(¹Tohoku Univ., ²ESICMM, NIMS, ³Daido Steel Co. Ltd.)

はじめに

First-order reversal curve (FORC) 法は、磁化曲線上でのわずかな磁化挙動の違いを明瞭に視覚的に表示でき¹⁾, また Preisach モデルに従うと、FORC diagram は保磁力分散と粒子間相互作用場分散に関する情報を提供する。これまでに多くの磁性体試料に適用され、Nd-Fe-B 焼結磁石に関する報告がされている²⁾。しかし、その FORC diagram は Preisach モデルが予測するものとは異なり、非常に複雑な磁化過程を示唆していた。焼結磁石では主相粒子が多様な粒界面を持ち、これが複雑な diagram に関与しているものと推察される。一方、Nd-Fe-B 熱間加工磁石は、c 面に平行な薄い板状粒子が緻密に配列した特徴的な構造を有している。本研究では、Nd-Fe-B 熱間加工磁石の FORC diagram の温度依存性について報告する。

実験方法

試料には熱間加工試料 (hot-deformed, HD), そしてそれを膨張拘束 Nd-Cu 拡散処理した試料 (grain boundary-diffused, GBD) を用い³⁾, 0.5 mm × 0.5 mm × 3 mm のロッド形状に切り出した。長軸は c 軸に平行である。反磁界係数は回転楕円体近似で約 0.04 となる。測定には VSM を用いた。磁場は c 軸方向に印加し、室温 (RT), 100°C, 200°C において測定を行った。

結果と考察

Fig. 1 に HD 試料の室温における FORCs を、Fig. 2 に FORC diagram を示す。各 reversal curve はメジャーカーブに達するまでは大きな変化は示さず、メジャーカーブに沿って変化する。この磁化曲線から得られる FORC diagram は Gaussian 型の単純なパターンとなった。これから保磁力分散、相互作用場分散を見積もると $\sigma_{Hc} = 0.015$ T, $\sigma_{H_{int}} = 0.005$ T と非常に小さな値が得られた。温度を上昇させると基本的には大きな変化は見られないものの、分散は単調に減少した。GBD 試料の室温での保磁力は 2.0 T と HD 試料の約 2 倍の大きさであるが、磁化曲線形状に大きな違いは見られず、FORC diagram もほぼ同様のパターンであった。しかしながら、室温での保磁力分散、相互作用場分散はそれぞれ $\sigma_{Hc} = 0.040$ T, $\sigma_{H_{int}} = 0.050$ T と評価され、いずれも HD 試料よりも大きくなっている。温度上昇により保磁力分散、相互作用場分散はいずれも単調に減少する結果となった。

謝辞 本研究は、文科省「物質・デバイス領域研究アライアンス」および元素戦略磁性材料研究拠点の支援の下で行われた。

参考文献

- 1) C. Pike *et al.*, J.Appl.Phys. **85**, 6660 (1999)
- 2) T. Schrefl *et al.*, J.Appl.Phys. **111**, 07A728 (2012)
- 3) T. Akiya *et al.*, Scripta Mater. **81**, 48 (2014)

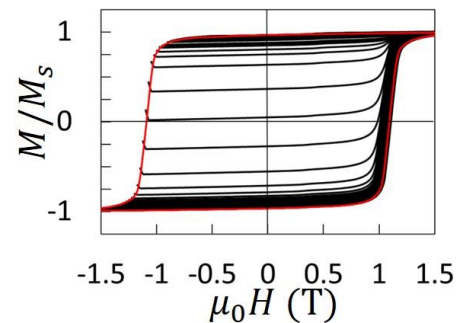


Fig.1. Major loop (red line) and FORCs of HD magnet at RT

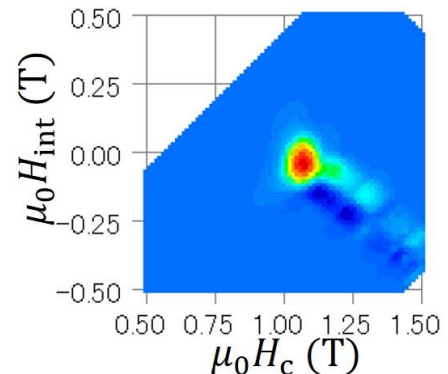


Fig.2. FORC diagram of HD magnet at RT