

Nd 系焼結磁石の表面近傍磁気モーメント測定による 表面保磁力低下原因の解明

The elucidation of the surface coercive force fall by measuring the surface magnetic moment measurement of the Nd-Fe-B sintered magnet

福本恵紀¹⁾, 野崎洋¹⁾, 高田幸生¹⁾, 妹尾与志木¹⁾, 林雄二郎¹⁾,

真鍋明²⁾, 宮本典孝²⁾, 今田真³⁾, 菅滋正⁴⁾, 小森聡⁴⁾,

井戸田修一⁴⁾, 宮田裕大³⁾, 美馬一真³⁾, 山口良輔³⁾

Keiki FUKUMOTO¹⁾, Hiroshi NOZAKI¹⁾, Yukio TAKADA¹⁾, Yoshiki SENO¹⁾, Yujiro HAYASHI¹⁾,
Akira MANABE²⁾, Noritaka MIYAMOTO²⁾, Shin IMADA³⁾, Sigemasa SUGA⁴⁾, Satoshi KOMORI⁴⁾,
Syuichi ITODA⁴⁾, Yuta MIYATA³⁾, Kazuma MIMA³⁾, Ryosuke YAMAGUCHI³⁾

¹⁾ (株) 豊田中央研究所, ²⁾ トヨタ自動車 (株), ³⁾ 立命館大学, ⁴⁾ 大阪大学

BL23SU の軟 X 線の円偏光を用いて, NdFeB 磁石の表面における磁化曲線を測定した。その結果, 硬 X 線およびバルク磁石と比較して, 早く減磁されることがわかった。

キーワード: NdFeB磁石, 円偏光, XMCD

1. 目的

HV モータに利用されている NdFeB 焼結磁石の耐熱性を向上することで, 小型化・低コスト化が期待される。耐熱性と直接関係している磁化特性のひとつである保磁力の起源を解明するために, 様々な光源を利用して磁区イメージング測定が行われているが, その検出深度は磁石表面から 10 μm 以下に限られる。本測定において, 検出深度の異なる 2 種類の光源(軟 X 線:10nm, 硬 X 線:5 μm)を利用して磁化曲線を測定することで, 磁石表層の磁化特性が内部の情報を反映しているかどうか判断する。

2. 方法

SPring-8 の軟 X 線ビームライン BL23SU と硬 X 線ビームライン BL39XU を利用して, 磁石表面から約 10nm あるいは約 5 μm の領域について選択的に磁化測定を行い, バルク特性と比較した。試料は Nd 系焼結磁石で, 測定面は磁化配向軸に垂直な面(C 面)である。

3. 研究成果

図に軟 X 線, または, 硬 X 線により得られた磁化曲線と磁石全体からの磁化曲線を示す。

磁石表層 10nm の領域では, 着磁後の残留磁化状態で既に減磁が始まっている(図中①)。極表層では研磨あるいは酸化などによるダメージ結晶の不完全性や欠陥の影響を受け減磁していることを示す。一方, 硬 X 線の検出深度は 5 μm 程度で, 表層で機械的に分断されている結晶粒を含む第一もしくは第二結晶粒層に相当し, 粒の一部が粒界に覆われていない不完全な組織と予想される。その結果, 磁化曲線の角型性は, やや回復するものの, 保磁力は最表層と同様に焼結体全体の 1/3 程度まで減少している(図中②)。磁石全体の減磁がほとんど進んでいない外部磁場(破線③)において, 表面では 8 割程度磁化反転していることも見て取れる。

4. 結論・考察

焼結磁石の保磁力機構解明には, 磁化反転過程の磁区生成または磁区成長を可視化することが重要である。現状では磁石内部の磁区構造を観察する手法は存在しないため, 円偏光放射光と光電子顕微鏡を組み合わせた手法で磁石表面の磁区構造観察を行い磁石内部の磁化情報を引き出すことを目的としている。しかし, 磁石表面と内部では異なる磁化反転挙動を示すことが示唆されており, 本課題によりこれを確認した。磁石表面の保磁力は, 内部と比較して低く(磁石自身の漏れ磁場または表面劣化層の影響), 内部とは独立して磁化反転することを確認した。

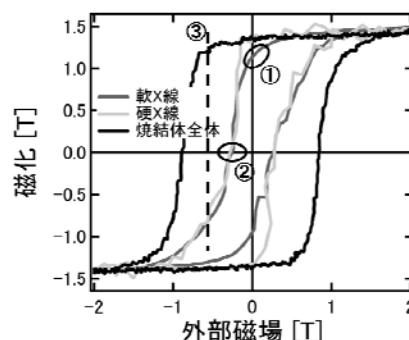


図 軟 X 線, または硬 X 線による
焼結磁石の表面近傍の磁化曲線
と焼結磁石全体からの磁化曲線。