

ネオジムボンド磁石の結晶粒表層の劣化と粒界相が磁気特性に及ぼす影響

赤城文子、酒井佑輔、本蔵義信*
(工学院大、*マグネデザイン)

Effects of deterioration of grain surface-layer and grain boundary on magnetic property for neodymium permanent magnet

F. Akagi, Y. Sakai, Y. Honkura*
(Kogakuin Univ., *Magnetdesign)

はじめに

近年、環境への配慮や資源の枯渇問題から、より効率の高いモータの需要が高まっている。ネオジムボンド磁石は形状自由度が高く、小型化・軽量化に優れているが、角形性及び保磁力が焼結磁石より劣る¹⁾。前回の報告では、1個の結晶粒を小さなセルに分割してMHループを求め、それが、複数個集まったものとして相加平均を求め、結晶粒表層の劣化(磁気異方性の劣化)や主相の磁気異方性の分散が保磁力及び角形性を劣化させることを示した²⁾。しかし、結晶粒間の交換相互作用や静磁界は考慮していなかった。本研究では、これらを考慮し、結晶粒表層の劣化と粒界相がMHループに及ぼす影響を検討した結果を報告する。

計算方法

計算は磁界シミュレータ EXAMAG を用いた³⁾。本プログラムでは、有限要素法を用いて Landau-Lifshitz-Gilbert 方程式 (LLG 方程式) を解き、媒体の磁化を求める。Fig. 1 に計算に用いた永久磁石のモデルを示す。1つの結晶粒は $40 \times 40 \times 40 \text{ nm}^3$ とし、結晶粒界幅は 2 nm、結晶粒表層の劣化層の幅は 2 nm とした。結晶粒の飽和磁化は 1.61 T、粒界相は 0.805 T とした。交換結合定数は、結晶粒及び結晶粒と粒界相間が $1.00 \times 10^{-11} \text{ [J/m]}$ 、粒界相は $6.25 \times 10^{-12} \text{ [J/m]}$ とした。結晶粒の主相の異方性磁界は 6077 [kA/m] とし、表層劣化層の異方性磁界は主相の 10% とした。また、粒界相内は軟磁性として、異方性磁界は 1 [kA/m] とした。MHループは容易軸角度を Fig. 1 の +y 軸方向から +x 軸方向に 10° ずつ増加させて求めた。

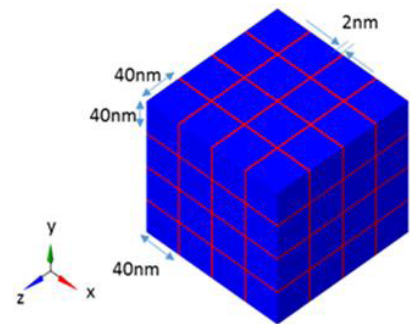


Fig. 1 Permanent magnet model.

計算結果

Fig. 2 は結晶粒表層の劣化の有無と、粒界相が非磁性か軟磁性かの違いによる保磁力の容易軸角度依存性の比較結果である。図より、表層の劣化が無い場合、粒界相が非磁性である理想的な場合に比べ、粒界相が軟磁性であれば、保磁力は劣化するが、実測⁵⁾に比べると保磁力は非常に高く Stoner-Wholfarth 型の容易軸角度依存性を示す⁴⁾。一方、表層に劣化層がある場合は、粒界相の磁性、非磁性に対する保磁力の差は小さい。更に、両者ともに、保磁力は実測に近い値となる。即ち、保磁力は表層の劣化層に大きく依存する。

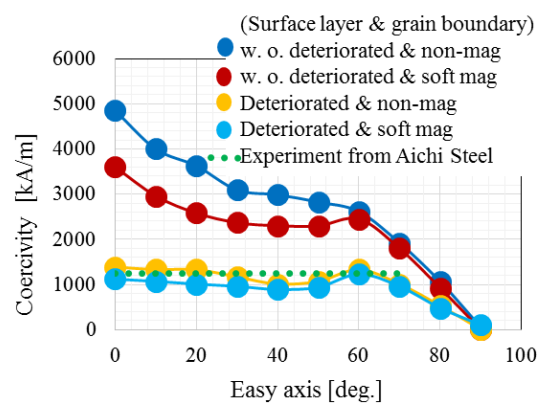


Fig. 2 Easy axis dependence of coercivity.

参考文献

- 1) Y. Honkura, Proceeding of the 19th International Workshop on Rare Earth Permanent Magnets and Their Application, Beijing, China, p. 231, 2006.
- 2) F. Akagi and Y. Honkura, The 39th Annual Conference on MAGNETICS in Japan, Symposium 09A-1, 2015.
- 3) Fujitsu Japan - 富士通 <http://pr.fujitsu.com/jp/news/2013/12/10.html>.
- 4) 上原裕二、第3回岩崎コンファレンス、2014.
- 5) <http://www.magfine.net/magfine/images/MAGFINE%20CATALOG%20A4%20ENG%20BACK.pdf>.