

Nd-Fe-B 磁石の微細構造が高温時の保磁力に及ぼす影響

原田俊貴*, 柳井武志, 中野正基, 福永博俊 (長崎大学)

Influence of microstructure of Nd-Fe-B magnet on coercivity at high temperatures

T. Harada, T. Yanai, M. Nakano and H. Fukunaga (Nagasaki University)

はじめに

Nd-Fe-B 磁石は、最高の最大エネルギー積をもつ永久磁石であるが、高温での保磁力劣化が激しく、温度上昇が見込まれる用途での使用が困難である。この磁石の保磁力は、磁石の微細構造に依存することが知られており、高温時の微細構造の影響を解明することが高温での保磁力改善の手がかりとなる。Sepehri-Amin らは、結晶粒径が及ぼす影響について、反磁界の大きさに注目して計算機シミュレーションを行っているが¹⁾、本研究では、粒界三重点の大きさに加えて、交換スティフネス定数、結晶表面の磁気異方性定数が高温時の保磁力に及ぼす影響を、計算機を用いて解析を行った。

解析方法

$\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ を母相とし、その外側に非磁性粒界相を配置したモデル磁石を仮定した (Fig.1)。また、結晶表面の異方性定数の影響を検討する際には母相と比べて磁気異方性定数のみ低下した磁気劣化層 (厚さ 1.5 nm) を母相表面に配置した。モデルの一边 L (48 or 96 nm) をそれぞれ 32 ~ 64 等分し、 $32^3 \sim 64^3$ 個の立方体要素に分割することで結晶内部の非一様な反転を模擬した²⁾。境界条件として周期境界条件を用いて無限に大きな磁石を仮定した。使用したパラメータを Table1 に示す。

Table1 Simulation parameters.

	Nd ₂ Fe ₁₄ B phase			nonmagnetic phase
	300 K	400 K	473 K	
K_u [MJ/m ³]	4.50	3.01	1.62	0
J_s [T]	1.61	1.41	1.22	0
A_c [pJ/m]	8.70	6.66	4.97	0
K_d [MJ/m ³]	0 ~ K_u			—

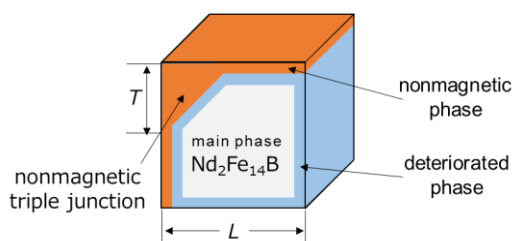


Fig.1 Simulation model.

解析結果

Fig.2 に保磁力 H_C の温度依存性を示す。図には粒界三重点の大きさ T を 60 nm、交換スティフネス定数 A を Table1 に示す値 (A_c)、磁気劣化層の異方性定数 K_d を主相の異方性定数 K_u (磁気劣化層なし) とした計算結果に加えて、それらのパラメータのうちの T , A , K_d のみ変化させた場合の H_C を示している。また、図中には 300 ~ 473 K での H_C の温度係数 β も示している。図に示されるように、 T の増加、 A の減少、 K_d の減少によってそれぞれ保磁力は減少する。 T の影響は反磁界によるもの²⁾、 K_d の影響は異方性磁界によるもの³⁾ということは既に報告されているが、交換結合の強度も保磁力に影響を及ぼす。これは、交換長の減少によるものと考えられる²⁾。

K_d が減少すると β が改善される。このとき、磁壁が結晶表面でピン止めされることが確認された。この結果は保磁力の発現機構をピンニング型にすることで保磁力の温度依存性を改善できる可能性を示唆している。

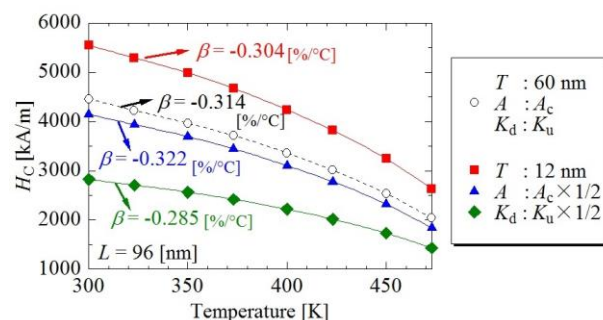


Fig.2 Temperature dependence of coercivity H_C . β is the temperature coefficient of H_C between 300 to 473 K.

参考文献

- 1) H. Sepehri-Amin *et al.*, Scripta Materialia, **89** (2014) pp.29-32.
- 2) H. Fukunaga *et al.*, J. Appl. Phys., **117** (2015) #17A729.
- 3) H. Fukunaga *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **29** (1990) pp.1711-1716.