

ネオジム磁石の組織解析と特性向上

Keywords: 3DAP, TEM, permanent magnet, micromagnetic simulation

磁性材料解析グループ

大久保 忠勝

OHKUBO.Tadakatsu@nims.go.jp | http://www.nims.go.jp/mmu/ohkubo_j.html



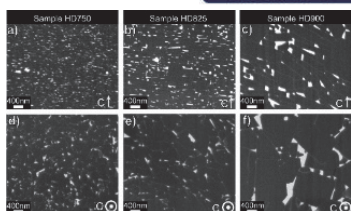
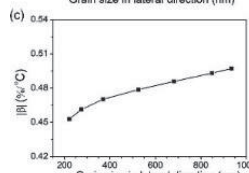
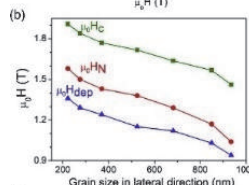
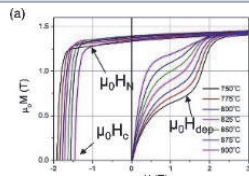
研究の背景

省資源・省エネルギーのニーズから永久磁石材料の用途が拡大しており、その小型化、高効率化によって、高特性の材料が求められています。ネオジム磁石は、現在、最も優れた特性を有していますが、さらなる特性向上が必要です。

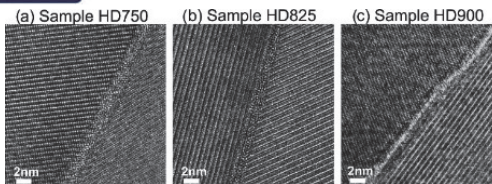
研究の狙い

ネオジム磁石の特性向上のメカニズムを解明し、現行のDy含有磁石と同等以上の磁石特性を実現することを目的とし、独自に開発したレーザーアトムプローブに加えて、走査型・透過型電子顕微鏡を活用し、ネオジム磁石の微細組織をミクロから原子レベルのマルチスケールで解析し、特性向上を目指した研究を遂行しています[1]。

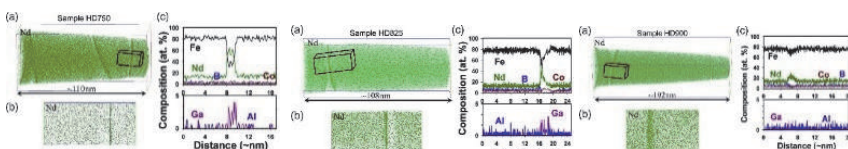
最先端研究トピックス



【SEM観察】熱間加工磁石の加工温度が低温になるほど粒径減少[2]

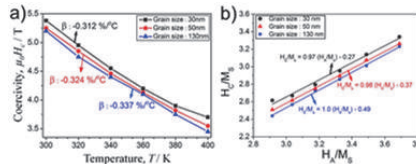


【TEM観察】熱間加工磁石の粒界相構造が、加工温度で変化（低温では非晶質、高温では結晶）[2]



【アトムプローブ解析】熱間加工磁石の粒界相組成は、加工温度が低いほどFe濃度が低下し、Nd濃度が増加[2]

【磁気特性】熱間加工磁石の初磁化、減磁特性は加工温度に大きく依存し、粒径が小さくなると保磁力とその温度特性が向上[2]



【マイクロマグネティクス計算】[3]

- a) 主相結晶粒径が小さくなると保磁力の温度特性が向上（βが減少）
- b) 粒径微細化によって、 $H_c = \alpha H_A - N_{eff} M_s$ の有効反磁界係数 N_{eff} が減少

文献

[1] 宝野和博, 大久保忠勝, H. Sepehri-Amin, 日本金属学会誌 76 (2012) 2.
 [2] J.Liu, H.Sepehri-Amin, T.Ohkubo, K.Hioki, A.Hattori, T.Schrefl, K.Hono, Acta Mater. 82 (2015) 336.
 [3] H.Sepehri-Amin, T.Ohkubo, M.Gruber, T.Schrefl, K.Hono, Scr. Mater. 89 (2014) 29.

まとめ

- 粒径微細化は、保磁力とその温度特性向上に寄与
- 粒界相中の希土類元素の増加が保磁力向上に貢献
- 粒径微細化による保磁力の温度特性向上は、組織変化による有効的な反磁界の減少が要因

実用化への目標

- 残留磁化の低下を最小限にして $H_c > 2.5$ Tを希少元素フリーで実現
- 保磁力の温度依存性の更なる改善
- HV/EV用の希少元素フリーネオジム磁石を開発