

Nd リッチ Ga 添加 NdFeB 系焼結磁石の熱処理温度による組織および保磁力の変化

高田幸生、佐藤岳、佐々木泰祐*、大久保忠勝*、宝野和博*、加藤晃**、金子裕治、
(豊田中央研究所、*物質・材料研究機構、**トヨタ自動車)

Changes of microstructure and coercivity by annealing temperature for Nd-rich Ga-doped NdFeB sintered magnets

Y. Takada, T. Sato, T. Sasaki*, T. Ohkubo*, K. Hono*, A. Kato**, Y. Kaneko
(TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC., *National Institute for Materials Science,
**Toyota Motor Corporation)

はじめに

NdFeB 系焼結磁石において、Dy の添加・拡散に替わる保磁力の向上技術が検討される中、原料組成の調整により既存の作製プロセスでも高い保磁力を発現する Dy フリー磁石が報告されている^(1,2)。この磁石の特徴としては、Ga 添加によって、一般的な Nd-rich 相に加えて新たに $\text{Nd}_6(\text{Fe}, \text{M}(\text{= Al, Cu, Ga}))_{14}$ 相が粒界に形成されている点であり、焼結後の熱処理を施すことにより高い保磁力が得られると報告されている。

そこで本研究では、Nd リッチ Ga 添加 NdFeB 系焼結磁石について、熱処理温度を変えた場合の $\text{Nd}_6(\text{Fe}, \text{M})_{14}$ 相の生成状態と保磁力の関係を解析した。

実験方法

焼結磁石の原料合金には、昭和電工製のストリップキャスト合金(24.6Nd-7.87Pr-0.85B-0.13Cu-0.92Co-0.35Al-0.53Ga-Bal.Fe (mass.%))を用いた。約 $5.2 \mu\text{m}$ に微粉碎した粉末を成形・焼結することで磁石を作製した。

作製した磁石には、真空中で加熱温度 $400\sim 1000^\circ\text{C}$ 、保持時間 1 時間の熱処理を施し、磁気特性および微細組織を室温で評価した。

結果

図 1 に、作製した磁石の熱処理温度による保磁力の変化を示す。焼結直後の保磁力に対して、 $480\sim 700^\circ\text{C}$ の広範囲で 17 kOe 以上の高い保磁力を示した。 700°C 以上では熱処理温度の上昇に伴って保磁力は減少した。

図 2 に、熱処理を施した磁石の反射電子像を示す。保磁力が低い焼結直後では、粒界に Nd, Pr を 50 at.% 以上含む (Nd, Pr)-Fe-Ga 相(図中の■)および (Nd, Pr) 酸化物相(▲)が主として観測された。一方、高い保磁力を示した $480\sim 700^\circ\text{C}$ では三重点において $(\text{Nd, Pr})_6(\text{Fe, Ga})_{14}$ 相(●)の生成が確認された。特に、 600°C の場合では主相粒子間における $(\text{Nd, Pr})_6(\text{Fe, Ga})_{14}$ 相の生成が顕著となり、粒子の孤立化が促進した。しかし、保磁力が低下する 750°C では粒界に $(\text{Nd, Pr})_6(\text{Fe, Ga})_{14}$ 相は確認されず、焼結直後と同様に (Nd, Pr)-Fe-Ga 相および (Nd, Pr) 酸化物相が生成された。

以上から、Nd リッチ Ga 添加 NdFeB 系焼結磁石の保磁力の向上には、粒界における $(\text{Nd, Pr})_6(\text{Fe, Ga})_{14}$ 相の生成が寄与し、 $480\sim 700^\circ\text{C}$ の熱処理でその効果が顕著であることが明らかになった。

参考文献

- 1) 長谷川ら, 粉体粉末冶金協会春季大会予稿集, 202 (2013).
- 2) 山崎ら, 日本金属学会春季講演大会予稿集, S7-21 (2014).

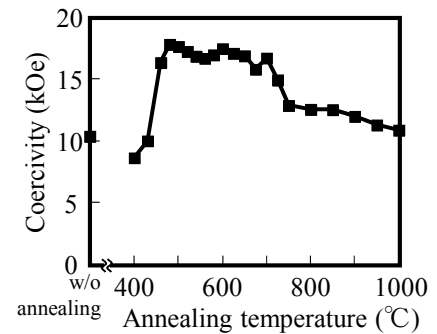


Fig. 1 Change of coercivity as a function of annealing temperature for the Ga-doped NdFeB magnets.

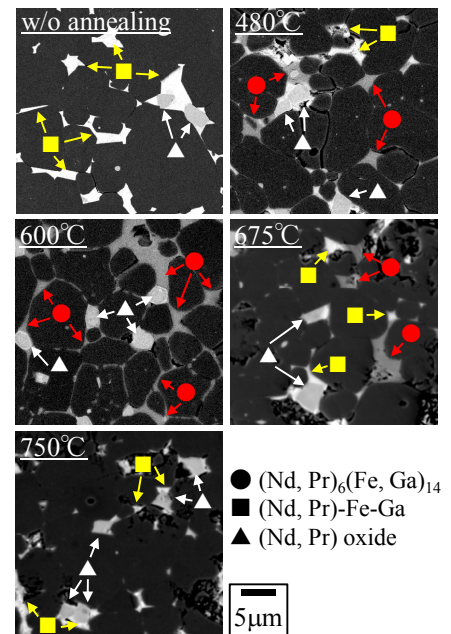


Fig. 2 Back scattered electron (BSE) images of the Ga-doped NdFeB magnets annealed at $480\sim 750^\circ\text{C}$.