

# 永久磁石材料の高性能化・多機能化に関する研究

杉本 諭

(東北大学大学院工学研究科)

Improvement of Magnetic Properties of Permanent Magnets

Satoshi Sugimoto

(Graduate School of Engineering, Tohoku University)

## 【緒言】

永久磁石は、電気自動車 (EV)、風力発電、高性能モータなど、様々な製品において使用され、私たちの生活を豊かにすることに貢献している。著者らは、これまでに、その高性能化・高機能化の研究として、1. 合金系磁石の高性能化と新材料開発では、高性能 Fe-Cr-Co 系磁石や高保磁力 Mn-Sn-Co-N 系合金の開発、2. 希土類 (RE) 磁石における高性能化と新プロセスの開発では、未分離混合希土類金属 (ジジム) を用いた低価格高性能 RE-Fe-B 系磁石、結晶粒微細化による省 Dy 高保磁力 Nd-Fe-B 系焼結磁石、希土類-鉄系急冷ならびに厚膜磁石、高異方性 HDDR 粉末などの開発、3. 永久磁石における新規応用分野の開発では、フェライト磁石を用いた GHz 帯電磁波吸収材料などの開を行ってきた。本講演では、これら近年著者らが取り組んでいる研究のうち、Nd-Fe-B 系 HDDR 磁石における異方性化機構に関する研究について紹介する。

## 【Nd-Fe-B 系 HDDR 磁石における異方性化機構】

Nd-Fe-B 系異方性磁石粉末を樹脂で固めた Nd-Fe-B 系異方性ボンド磁石は、複雑形状が可能で、かつ高い電気抵抗率を有するため、今後モータの高速回転化を目指すロボット市場等で大いに期待されている。しかしその一方で、最大エネルギー積 $(BH)_{max}$ の更なる向上が求められており、そのためには磁石粉末自体の $(BH)_{max}$ を向上させる必要がある。著者らは、Nd-Fe-B 系異方性磁石粉末の高異方性化による $(BH)_{max}$ の向上を目指し、まず、異方性磁石粉末が得られる HDDR (Hydrogenation, Disproportionation, Desorption, Recombination) 法における水素圧を制御した d (dynamic) -HDDR 法における異方性 (磁気特性) と組織の関係について調べている<sup>1),2)</sup>。まず、d-HDDR 法の不均化反応処理条件による磁石粉末の異方性 (磁気特性) の変化を調べた結果、処理時間が長くなるに従い異方性が低下すること、水素圧力 30 kPa で処理した場合は、100 kPa での処理よりも異方性が高くなる傾向にあることを示した。また、不均化反応処理条件に伴う組織の変化を調べたところ、不均化反応処理後の組織には、隣接した  $NdH_{2+x}$  と  $\alpha$ -Fe が整合したラメラ状組織、それが不連続粗大化した粗大なラメラ状組織、および非整合の球状組織があることを明らかにしている。このうち、d-HDDR 処理後にはラメラ状組織は高異方性・低 $(BH)_{max}$ の、粗大なラメラ状組織は高異方性・高 $(BH)_{max}$ の、球状組織は低異方性・低 $(BH)_{max}$ の  $Nd_2Fe_{14}B$  相にそれぞれ再結合すること、などを明らかにした。これより、水素圧力 30 kPa で不均化処理した場合は、100 kPa で処理するよりもラメラ状および粗大なラメラ状組織が多く形成され、異方性が高くなると判断された。したがって、高異方性化のためには、球状組織領域を減らし、相対的に繊維状および粗大なラメラ状組織の領域を増やすことが有用であると考えられる。

## 【謝辞】

本研究にご協力いただきました愛知製鋼 (株) 御手洗浩成氏、三嶋千里氏、山崎理央氏、堀川高志氏に感謝申し上げます。また、本研究の一部は、NEDO「未来開拓研究プロジェクト/次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発プロジェクト (MagHEM)」、文部科学省「元素戦略磁性材料拠点 (ESICMM)」の支援の下で行われました。

## 参考文献

- 1) T. Horikawa et al, AIP Advances, 9 (2019), 35244.
- 2) M. Yamazaki et al, REPM 2018, Beijing, China, 26-30, August 2018, A0302.