



Title	Sm-Co系焼結磁石の高性能化に関する研究
Author(s)	森本, 耕一郎
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40638
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文について をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	森 本 耕 一 郎
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 4 1 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 9 年 9 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科 材料物性工学専攻
学 位 論 文 名	Sm-Co 系焼結磁石の高性能化に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 永 井 宏 (副査) 教 授 山 本 雅 彦 教 授 馬 越 佑 吉 教 授 足 立 吟 也

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、 SmCo_5 型および $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 型焼結磁石の高性能化を目的として、合金組成、不純物、原料粉末の作製法、焼結法、熱処理法が組織および磁気特性に及ぼす影響並びにそれらの関連性についての研究の成果をまとめたものであり、6 章から構成されている。

第 1 章は緒論であり、本研究の背景として磁石に要求される特性と磁石材料の開発の歴史並びに Sm-Co 系磁石の磁石材料全体における位置付けについて概説している。

第 2 章では、Sm-Co 系磁石の基本となる SmCo_5 および $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 化合物の磁気特性、保磁力発生機構の相違並びに磁石の製造方法について概説し、Sm-Co 系磁石の有する課題を明確にして、本研究の必要性および目的について述べている。

第 3 章では、液相焼結法、超急冷法および還元拡散法によって作製した SmCo_5 系磁石について、磁気特性および微細構造を比較し、従来提案されている組成よりも Sm 濃度の低い SmCo_5 化学量論組成近傍で高エネルギー積磁石の作製が可能であることを明らかにしている。さらに、磁石中の炭素および酸素量を低減することによって SmCo_5 磁石の高性能化に成功している。

第 4 章では、 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 型磁石について、 $\text{Sm}_2(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Ni}, \text{Zr})_{17}$ 磁石の高密度化および高性能化のための焼結条件および熱処理条件について検討し、比較的低温度での時効と冷却を数回繰り返す新規な時効処理法によって、磁気履歴曲線の角型性を損なうことなく高保磁力を付加できることを見出している。また、この繰り返し時効処理の効果が、極めて微細な第 3 相の形成によることを明らかにし、保磁力 $iH_c = 17.0 \text{ kOe}$ 、 $(BH)_{\max} = 30.0 \text{ MGOe}$ の高磁気特性の達成に成功している。

第 5 章では、本研究によって確立した製造法によって作製した Sm-Co 系焼結磁石について減磁曲線の温度変化、残留磁束密度および保磁力の温度係数を精密に測定し、その結果をもとに、高温用途に適した磁石を開発している。また新たな応用として、原子炉容器内の制御棒駆動装置への適用性を評価し、本研究で開発した高保磁力 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 型磁石が、過酷な環境下での使用において優れた特性を示すことを確認している。

第6章は、総括であり、本研究で得られた主たる結論を総括している。

論文審査の結果の要旨

優れた磁気特性を有する希土類系永久磁石が開発されて以来、永久磁石材料の利用範囲は急速に拡大しており、それに伴ってより厳しい条件下でも使用可能な高性能永久磁石材料の開発が強く望まれている。本論文は、基本特性が異なる SmCo_5 型および $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 型焼結磁石について、高エネルギー積と高保磁力およびそれらの温度安定性を合わせて具備した高性能 Sm-Co 系焼結磁石を開発することを目的として、合金の開発および粉末製造法、焼結法、熱処理法など新たな製造方法を提案したものである。本論文で得られた成果を要約すると以下の通りである。

- (1) SmCo_5 系焼結磁石では、原料組成を化学量論組成より Sm 過剰にした場合、液相焼結によって緻密化が著しく促進されること、また Sm_2Co_7 が僅かに残存して最高の磁気特性を示すことを明らかにしている。さらに、超急冷法による研究によって Sm_2Co_7 が保磁力を増大させる作用を持つことを明らかにしている。
- (2) 焼結磁石の製造過程において、粉末の製造および成形時に使用される有機溶媒やバインダーの脱脂処理条件が残留炭素量および磁気特性に及ぼす影響を詳細に検討し、残留炭素が SmCoC_2 炭化物として結晶粒界に形成することによって、保磁力が著しく低下することを明確にしている。さらに、高性能焼結磁石を製造するために有効な微粉末作製法および脱脂法を提案している。
- (3) $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 型磁石について、高密度と高磁気特性を得るための合金組成および焼結条件について検討した結果、Ni と Zr の複合添加により減磁曲線の角型性が改善され最大エネルギー積 $(\text{BH})_{\text{max}}$ が増大すること、また、Cu の添加が液相焼結による緻密化に有効であること、さらに Fe, Cu の複合添加が高保磁力発現に不可欠であることを明らかにし、優れた磁気特性を有する $\text{Sm}_2(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Ni}, \text{Zr})_{17}$ 系焼結磁石を開発している。
- (4) $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 型磁石の保磁力発現のための熱処理条件と磁気特性の関連について検討し、比較的低温度での時効と冷却を数回繰り返す新規な熱処理法により、磁気履歴曲線の角型性を損なうことなく高保磁力を付与できることを見出している。この繰り返し時効処理の効果は、極めて微細な第3相の形成によることを明らかにし、その成果をもとに合金組成を最適化した結果、保磁力 $i\text{Hc}=17.0 \text{ kOe}$ 、最大エネルギー積 $(\text{BH})_{\text{max}}=30.0 \text{ MGOe}$ の高磁気特性を得ることに成功している。
- (5) 本研究で開発した SmCo_5 型および $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 型焼結磁石について、減磁曲線の温度変化並びに残留磁束密度と保磁力の温度係数の測定によって温度安定性を評価し、その結果をもとに、高温用途に適した磁石を開発している。
- (6) Sm-Co 系焼結磁石の新たな応用として、原子炉容器内に設置される制御棒駆動モーターへの開発磁石の適用性について検討し、環境温度が $300\sim 330^\circ\text{C}$ で、19000時間暴露後でも減磁率5%以下の高性能を維持すること、また、磁石の保護缶が破損し、 120 atm 、 340°C の高圧熱水への暴露においても磁石表面に多層メッキ処理を施すことによって2000時間後でも減磁率0.5%以下に抑えることが可能であり、本研究で開発した磁石の有用性を確認している。

以上のように、本論文は、 SmCo_5 型および $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 型焼結磁石の高性能化を目的として、合金組成、不純物、原料粉末の作製法、焼結法、熱処理法が組織および磁気特性に及ぼす影響並びにそれらの関連性を明らかにするとともに、新しい粉末作製法、脱脂法、時効処理法を提案し、高性能磁石の開発に成功している。その成果は材料工学、特に粉体物性工学、磁性材料学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。