



Title	メカニカルグラインディング(MG)法によるSm ₂ Fe ₁₇ N _x 粉末の合成と磁気特性に関する研究
Author(s)	井藤, 幹夫
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3129016
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	井 藤 幹 夫		
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	第 1 3 1 1 7 号		
学 位 授 与 年 月 日	平成 9 年 3 月 25 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	メカニカルグラインディング (MG) 法による $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 粉末の合成 と磁気特性に関する研究		
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 永井 宏 教 授 佐分利敏雄 教 授 馬越 佑吉 教 授 中嶋 英雄 教 授 足立 吟也		
	教 授 山本 雅彦 教 授 斎藤 好弘 教 授 森 博太郎	教 授 白井 泰治 教 授 弘津 禎彦 教 授 古城 紀雄	

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高性能 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 永久磁石粉末を作製することを目的として、メカニカルグラインディング (MG) 法を活用し、MG、結晶化、窒化などの条件を種々変化させて、合金組成、組織および磁気特性に及ぼす影響およびそれらの関連性についての研究結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 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 化合物の基本特性及び製造プロセスについて概説し、本研究の必要性並びに目的について述べている。

第 2 章では、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ の MG 処理によるアモルファス化-結晶化-窒化処理によって合成した $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 粉末は、単磁区粒子径よりも微細な約 50nm の結晶粒径を有しており高い保磁力を示すが、軟磁性 α -Fe 相の析出によって減磁曲線の角型性に問題を有することを明らかにしている。

第 3 章では、減磁曲線の角型性の劣化が、結晶化処理過程での Sm の酸化にともなう軟磁性 α -Fe 相の析出に起因することを明らかにしている。酸化を低減させることによって原料組成を化学量論組成に近づけ得ること、すなわち磁性不純物量を減少させることによって、飽和磁化および残留磁化を向上できることを明らかにしている。

第 4 章では、 NH_3 雰囲気中での $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ の MG 処理が、窒素の吸収速度の増大および磁気特性向上の両面において効果的であり、結晶化処理を省略した MG-直接窒化法が可能であることを明らかにしている。しかしながら、減磁曲線の角型性は不十分であり、上記の作製条件以外に角型性に影響する因子があることを示している。

第 5 章では、 NH_3 雰囲気中 MG 処理の機械的エネルギーを低下させることによって、減磁曲線の角型性を大幅に改善できること、さらに磁場配向可能な磁気異方性を有する $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 磁性粉末の製造が可能であることを明らかにしている。

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

永久磁石材料は、電子・電気機器や医療機器などをはじめとする広範な分野に利用されており、それらの性能向上ならびに小型化・軽量化の要請から、より高性能な永久磁石材料が必要とされている。近年、新しい永久磁石材料と

して優れた基本特性を有する $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 化合物が注目されており、特に形状任意性に優れた樹脂ボンド磁石としての実用化が強く望まれている。本論文は、樹脂ボンド磁石に必要な単磁区粒子径よりも微細な結晶粒を有する $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 粉末を合成するため、メカニカルグラインディング (MG) 法を活用し、MG、結晶化、窒化等の作製条件が磁気特性に与える影響及びそれらの関連性を解明するとともに、磁気異方性を有する高性能 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 微粉末が得られる新たな手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) 減磁曲線の角型性の劣化が、結晶化過程での Sm の酸化にともなう軟磁性 α -Fe 相の析出に起因することを明らかにし、酸化による Sm 量の減少を考慮した最適原料組成を選択することによって、飽和磁化及び残留磁化を向上させる手法についての指針を示している。
- (2) MG 処理後の結晶化処理を省略した MG-直接窒化による試料の作製法を提案し、得られた試料が単磁区粒子径よりも微細な結晶粒径を有していること、さらに $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 粉末の高保磁力化に有効であることを明らかにしている。
- (3) NH_3 雰囲気中での MG 処理により試料を作製した場合、Ar 雰囲気中での MG と比較して、窒素吸収が促進されることを見出し、磁気特性の向上に効果的であることを提案している。
- (4) NH_3 雰囲気中での MG 処理-直接窒化法において、原料組成及び MG 時間などの試料作製条件と磁気特性との関連を明らかにし、作製条件の最適化を行っている。また、MG 処理中に導入される歪みが、減磁曲線の角型性に影響する因子であることを指摘している。
- (5) MG 処理過程で粉末中に導入される歪みを低減させるため、 NH_3 雰囲気中 MG 処理の機械的エネルギーを低下させる作製方法を提案し、減磁曲線の角型性の大幅な向上を実現している。さらに、本手法により、磁気異方性を有する試料の作製が可能であることを見出している。

以上のように、本論文は、MG 法を用いた樹脂ボンド用高性能 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 永久磁石粉末の合成法について、作製条件と磁気特性との関連性を明らかにするとともに、結晶化処理過程を省略した新たな MG 処理-直接窒化法を提案し、減磁曲線の角型性を大幅に向上させることに成功している。さらに、MG 法では困難であった磁気異方性を有する $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 微粉末の作製を可能にしている。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いである。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。