



Title	鉄鋼材料の固相変態を利用した磁気特性制御と特殊磁性部材の創製
Author(s)	横山, 紳一郎
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45904">https://hdl.handle.net/11094/45904</a>
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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> 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	横山 紳一郎		
博士の専攻分野の名称	博士(工学)		
学位記番号	第 19476 号		
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻		
学位論文名	鉄鋼材料の固相変態を利用した磁気特性制御と特殊磁性部材の創製		
論文審査委員	(主査) 教授 南埜 宜俊		
	(副査)		
	教授 掛下 知行	教授 安田 秀幸	助教授 辻 伸泰
	教授 浅田 稔	教授 石黒 浩	教授 黄地 尚義
	教授 中谷 彰宏	教授 菅沼 克昭	

### 論文内容の要旨

本論文は、Fe-Cr-C を基本成分とする多元系合金の固相変態挙動と磁気特性を制御することにより、同じ化学組成の部品でありながら、(bcc+炭化物)相の強磁性体中にマクロ的な常磁性部 (fcc 相) を併せ持った機能部品用の特殊磁性材料を開発すること、更には常磁性部を製造するための部分熱処理法の開発を目的としたものであり、全 9 章から構成されている。

第 1 章は緒論であり、本研究の背景と目的を述べた。

第 2 章では、Fe-17.5mass%Cr-(0-2.4)mass%Ni-0.5mass%C 合金の磁気特性と組織の関係を調べた。Ni 濃度の増加による  $M_s$  点低下により、オーステナイト化組織 (fcc) での常磁性は 233 K の低温域まで安定化すること、また、Ni 増加により  $A_{c1}$  点が低下すると、焼なまし組織 (bcc+炭化物) に  $\alpha'$  が生じて軟磁性を劣化させること等を明らかにした。

第 3 章では、Fe-17.5mass%Cr-2.0mass%Ni-(0.3-0.6)mass%C 合金の磁気特性と組織に及ぼす C 量の影響を調べた。C 量が増えると焼なまし組織での炭化物量の増加により軟磁性が劣化する一方、オーステナイト化組織での常磁性は、低温域まで安定化することを明らかにした。

第 4 章では、第 5 元素として Al と Si の影響を調べ、これらの含有量が増えると、 $A_{c1}$  点の上昇により焼なまし組織での  $\alpha'$  が減少して軟磁性が向上することを明らかにした。第 2-4 章での検討の結果、オーステナイト化組織での常磁性を維持したまま、焼なまし組織で優れた軟磁性を示す材料として Fe-17.5mass%Cr-2mass%Ni-1mass%Al-0.5mass%C 合金 (Alloy I) が得られた。

第 5 章では、Alloy I のオーステナイト化過程における飽和磁化 (J 値) の変化を調べた。高温・長時間の保持によって  $\gamma$  相中への炭化物の溶解を進行させることによって J 値は低下すること、Alloy I を常磁性とするためには 1423 K 以上でのオーステナイト化処理が必要であることを示した。

第 6 章では、Alloy I より低い温度でのオーステナイト化処理により常磁性となる Alloy II を得るべく、(Cr+C) 量と Ni 量を変動させた合金の J 値に及ぼすオーステナイト化温度の影響を調べた。(Cr+C) 量の変化による炭化物の完全溶解温度の低下と、Ni 増加による  $M_s$  点低下により、J 値の低減に必要なオーステナイト化温度は低温化し

た。Fe-6mass%Cr-2mass%Ni-2mass%Mn-0.75mass%C 合金は 1323 K でのオーステナイト化処理によって常磁性となり、Alloy II として位置付けられることを示した。

第 7 章では、Alloy I と Alloy II の焼なまし組織での軟磁性、オーステナイト化組織での常磁性、耐食性等の諸特性を比較した結果、いずれも Alloy I が優れており、開発材として Alloy I を選定したことを述べた。

第 8 章では、Alloy I をモータ回転子に適用するための部分熱処理法として、高周波加熱の表皮効果と回転子の中空形状を利用した非溶融の部分発熱方式を開発した。

第 9 章では、本研究で得られた結果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

一体部品中に強磁性部分と常磁性部分を備えた機能部品は効率的な磁気回路を構成することができる。しかし、接合などの加工方法でこれらの部品を構成することは、加工技術的な困難さ、小型化への困難さ、加工コストが高いなど多くの課題を克服しなければならない。一方、同一化学組成でありながら室温で強磁性にも常磁性にもなる機能材料を開発し、その材料の強磁性体中に常磁性を発現するような微小部分的熱処理法を開発すれば、上記の問題は解決される。そこで、合金設計手法により室温で強磁性にも常磁性にもなる新機能材料としての特殊磁性鉄鋼材料を創製すること、及び、この材料の微小部分熱処理法を提案しており、さらに、その知見をえるとともに、工業的にモータ一回転子や電磁弁用磁気回路などに応用し成果をあげている。

- (1) オーステナイト化処理した Fe-Cr-Ni-C 系合金の磁性と組織に及ぼす Ni 量の影響を調べ、オーステナイト化処理後の常磁性が、Ni 量の増加とともに低温域まで安定となることを見出し、 $M_s$  点の低下によって説明している。
- (2) 上記合金の磁性と組織に及ぼす C 量の影響を調べており、低温域まで常磁性を安定化させるための最適 C 量の知見を得ている。また、サーモカルクを用いて C 量変化に伴うオーステナイト相の組成変化を予測し、これより得られる推定  $M_s$  点の実験結果と矛盾しないことを示している。
- (3) 上記合金を基本として焼なまし処理後の軟磁性を向上させる合金元素として、Al と Si の効果を調べ、Fe-17.5%Cr-2%Ni-1%Al-0.5%C 合金を開発材とした。また、軟磁性向上の要因が  $A_{c1}$  点の上昇による  $\alpha'$  相の減少であることに言及し、変態点、TEM 組織と保磁力の関係を明らかにした。
- (4) 上記開発合金のオーステナイト化過程における飽和磁化の変化が調べられており、オーステナイト化温度の高温化と保持の長時間化による飽和磁化の低下が、母相中への炭化物の溶解が進行することによるオーステナイト相の化学安定化に起因することを明らかにしている。
- (5) 炭化物の完全溶解温度を低下させることによって、より低い温度でのオーステナイト化処理で常磁性となる Fe-6%Cr-2%Ni-2%Mn-0.75%C を開発している。
- (6) 高周波加熱の表皮効果を利用したモータ回転子用途の部分熱処理法を開発し、効率のよい製造プロセスとした。また回転子の特性を調べ、性能のよい回転子を得ている。

以上のように、本論文は、同一化学組成でありながら室温で強磁性にも常磁性にもなる新機能鉄鋼材料を開発し、強磁性体中に常磁性を発現するように材料の一部に部分的な熱処理を適切に行う熱処理法を開発している。これらは、実用的にも科学的にも意義の大きいものであり、鉄鋼材料の磁気特性に関する今後の研究や、部分熱処理を必要とする他の製品化技術にも重要な知見を与えるものである。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。