

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	極低硫黄化と高Si化による電磁鋼板の高性能化に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	尾田善彦
Author(English)	Yoshihiko Oda
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10471号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:千葉 明,赤木 泰文,七原 俊也,安岡 康一,中村 吉男
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10471号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	尾田 善彦	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	千葉 明	教授	中村 吉男	教授
	審査員	赤木 泰文	教授		
		七原 俊也	教授		
	安岡 康一	教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

近年、地球温暖化を軽減するため、モータの効率向上による電力消費量削減が望まれている。国内の電力消費量の約 6 割をモータが占めている状況にある。モータの高効率化には銅損の低減も必要であるが、鉄損の低減も必要である。モータの鉄心材料として使用される軟磁性材料の中で無方向性電磁鋼板は 9 割以上を占めている。そこで、モータの高効率化には無方向性電磁鋼板の高性能化、特に鉄損低減が重要である。また、モータ高効率化を考える場合、素材の鉄損だけでなくモータコアを製作するプロセスに起因する鉄損を低減することも必要となる。電磁鋼板を用いてモータコアを作製する場合、打ち抜き、かしめ、焼きばめ等が行われるが、この際、材料に圧縮応力がかかり、素材鉄損よりもモータ鉄損は高くなる。特に、焼きばめは圧縮応力が大きいことから鉄損を大きく増加させることが知られており、焼きばめによる鉄損増加の少ない鉄心材料が望まれている。

本論文はモータ高効率化の観点から、無方向性電磁鋼板の特性向上を目指し、以下の二点を大きな目的としている。すなわち、(1)飽和磁束密度の向上と低鉄損を両立する新しい無方向性電磁鋼板の研究・開発、(2)焼きばめのプロセスに起因する鉄損増加を抜本的に抑制する材料の研究・開発。本論文は以下の 8 章から構成されている。

第 1 章では、モータ高効率化の必要性およびモータの鉄心材料として広く使用されている無方向性電磁鋼板の概要について述べ、低鉄損電磁鋼板を開発する重要性について明確にしている。

第 2 章では、無方向性電磁鋼板以外の様々な鉄心材料として、方向性電磁鋼板、アモルファス、圧粉磁心、パーメンジュールを用いたモータの性能と課題についてまとめた。次に、無方向性電磁鋼板の低鉄損化と圧縮応力下の鉄損挙動に関する従来研究について調査し、高純度化をベースとした低鉄損材開発のメリットと圧縮応力下の鉄損増加を抜本的に改善する必要性について述べている。

第 3 章では、無方向性電磁鋼板の磁束密度低下、打ち抜き性の劣化を招かない鉄損低減手法として高純度化に着目し、近年技術革新の著しい極低硫黄化技術を電磁鋼板に適用し、極低硫黄化による低鉄損化の効果について検証し、さらに、極低硫黄材の高温焼鈍時の鉄損増加の原因が表層窒化によるものであることを明らかにするとともに窒化に及ぼす硫黄の影響を定量化している。

第 4 章では、高磁束密度と低鉄損を両立するモータ用新電磁鋼板の開発を目指し、表面偏析型元素である Sb、Sn を極低硫黄材に微量添加することを試み、その結果、極低硫黄化による結晶粒粗大化と Sb、Sn 添加による表層窒化抑制により、高磁束密度と低鉄損を両立したモータ用新電磁鋼板が開発できることを明らかにしている。

第 5 章では、焼きばめによる鉄損増加を抜本的に抑制できる材料を探索するため、無方向性電磁鋼板の圧縮応力下の鉄損に及ぼす Si 量の影響について系統的に調査し、高 Si 化により焼きばめ時の鉄損増加を抑制できること、その原因は材料の磁歪低下によることを明確にしている。本知見をもとに鉄損増加が極めて少ない材料として磁歪がほぼゼロとなる 6.5%Si 鋼を提案し、焼きばめによりモータの鉄損増加が認められないことを確認している。

第 6 章では、第 5 章で得られた知見を発展させ、焼きばめにより焼きばめ前よりも鉄損が低減できる材料の開発を目指し、負磁歪を有する 6.7%Si 鋼を世界で初めて試作している。

第 7 章では、これまでモータコア材料として使用されていなかった Si 傾斜磁性材料のモータへの適用可能性を検討するため、圧縮応力下の鉄損挙動を測定し、圧縮応力下の鉄損増加が極めて少ないことを見出し、そのメカニズムを板厚方向の Si 分布と残留応力の観点から考察するとともに、焼きばめモータへ適用した場合の効果について検証している。

第 8 章では、第 2 章～第 7 章で得られた知見を総括するとともに、今後の展望と課題を示している。

以上まとめると、本研究では、高磁束密度と低鉄損を両立するモータ用の電磁鋼板を新たに実現し、さらに、鉄心製作プロセスに起因する鉄損増加を低減する鋼板を提案したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって我々は本論文が博士 (工学) の学位論文として充分価値のあるものと認める。