



Title	ガスアトマイズ法により作製したFe-Cr-Si-Al, Fe-Co-VならびにFe-Ni合金粉末の磁気特性とマルテンサイト変態
Author(s)	相川, 芳和
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/57462">https://hdl.handle.net/11094/57462</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">大阪大学の博士論文について</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	あい かわ よし かず 相 川 芳 和
博士の専攻分野の名称	博 士（工 学）
学 位 記 番 号	第 2 3 8 1 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 22 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学 位 論 文 名	ガスアトマイズ法により作製したFe-Cr-Si-Al, Fe-Co-VならびにFe-Ni 合金粉末の磁気特性とマルテンサイト変態
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 掛下 知行  (副査) 教 授 森 博太郎 教 授 中谷 亮一 准教授 福田 隆

論 文 内 容 の 要 旨

均一かつ微細な急速凝固粉末を容易に得ることが出来るガスアトマイズ法を用いて既存のコイル用鉄心材および高磁場発生用ポールピース材よりも優れた特性を示す新材料を開発し、さらにこの手法を用いてFe-Niインバー合金粉末を作製してマルテンサイト変態挙動を調査してその変態に及ぼす粒子サイズの効果を明確にすることを目的とした。

第1章では、本研究の背景を述べた後、目的と意義を述べた。

第2章では、既存の材料よりもコアロスが小さくかつインダクタンスが大きいコイル鉄心用軟磁性材料を開発するためFe-Cr-Al-Si、Fe-Al、およびFe-Si-Alの圧粉磁心体をガスアトマイズ法により作製し、それらの*B-H*曲線ならびに交流帯磁率を測定した。その結果、作製した全ての材料は既存のコイル用鉄心材とは異なり小さなコアロスおよび大きなインダクタンスが得られることを見出した。これらの結果をもとにコイル製品の使用環境下(直流バイアス電圧負荷時)における本合金系の組成選定に対する最適化条件を導出した。

第3章では、前章で述べた圧粉磁心材の粉末形状の磁気特性に与える影響を調査するため、ガスアトマイズ法により作製したFe-50at%Ni合金粉末を成型して得た圧粉磁心体の交流透磁率を測定した。その結果、バイアス磁場がない場合の交流透磁率は粉末のアスペクト比が大きくなるに従って増大すること、さらにアスペクト比を制御することにより特定の直流バイアス電圧負荷時にコイルのインダクタンスを最大にすることが可能であることを明らかにした。

第4章では、ガスアトマイズ法により作製したFe-Co-V合金粉末を成形して得たポールピース材の加工性および磁気特性を調査した。その結果、合金粉末を成形して得たポールピース材は従来の鑄造材に比べて熱間加工性および軟磁性特性に優れており、その違いが微細かつ組成が均一な材料組織に起因することを明らかにした。

第5章では、マルテンサイト変態に及ぼす粒子サイズの効果を明らかにするため、ガスアトマイズ法によりFe-30at%Ni合金単結晶粉末を作製するとともに、その同一組成のバルク試料および急冷薄帯試料を作製し、それ

らのマルテンサイト変態挙動を調査した。その結果、ガスアトマイズ法により作製した平均粒径 $5\mu\text{m}$ 程度の単結晶粒子試料は、バルクおよびボン試料に観察される非等温マルテンサイト変態が抑制され極低温までfcc相が凍結されることならびにこの試料が等温マルテンサイト変態を示すことを見出した。さらに、この等温マルテンサイト変態の $TTT$ 曲線を決定し、その曲線を以前に提唱されているマルテンサイト核生成モデルを用いて解析し、変態に必要な過冷度とマルテンサイトの核生成サイズ(約1nm)について評価した。

第6章では、本研究で得られた成果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

均一かつ微細な急速凝固粉末を容易に得ることが出来るガスアトマイズ法を用いて、既存のコイル用鉄心材および高磁場発生用ボールピース材よりも優れた特性を示す新材料を開発し実用化している。さらにこの手法を用いて Fe-Ni インバー合金粉末を作製し、マルテンサイト変態に及ぼす粒子サイズの影響を調査し、マルテンサイト変態の核生成サイズの評価を行っている。得られた知見を以下に示す。

- (1) 既存の材料よりもコアロスが小さくかつインダクタンスが大きいコイル鉄心用軟磁性材料を開発するため、Fe-Cr-Al-Si、Fe-Al、およびFe-Si-Alの圧粉磁心体をガスアトマイズ法により作製し、それらの $B-H$ 曲線ならびに交流帯磁率を測定している。その結果、作製した全ての材料は既存のコイル用鉄心材とは異なり小さなコアロスおよび大きなインダクタンスが得られることを見出している。これらの結果をもとに、コイル製品の使用環境下(直流バイアス電圧負荷時)における本合金系の組成選定の最適化条件を導出している。
- (2) 上述した圧粉磁心材の磁気特性に与える粉末形状の影響を調査するため、ガスアトマイズ法により作製したFe-50at. %Ni 合金粉末を塑性加工し、粉末形状を球形型から楕円体型に変形している。その圧粉磁心体の交流透磁率を測定し、バイアス磁場がない場合の交流透磁率は粉末のアスペクト比が大きくなるに従って増大すること、さらにアスペクト比を制御することにより特定の直流バイアス電圧負荷時にコイルのインダクタンスを最大にすることが可能であることを明らかにしている。
- (3) ガスアトマイズ法により作製した Fe-Co-V 合金粉末を成形して得たボールピース材の加工性および磁気特性を調査し、従来の鑄造材に比べて熱間加工性および軟磁性特性に優れていることを示している。さらにその優位性は組成が均一な材料組織に起因することを明らかにしている。
- (4) マルテンサイト変態に及ぼす粒子サイズの効果を明らかにするため、ガスアトマイズ法により Fe-30at. %Ni 合金単結晶粉末を作製するとともに、その同一組成のバルク試料および急冷薄帯試料を作製し、それらのマルテンサイト変態挙動を調査している。その結果、ガスアトマイズ法により作製した平均粒径 $5\mu\text{m}$ 程度の単結晶粒子試料は、バルクおよび急冷薄帯試料に観察される非等温マルテンサイト変態が抑制され、極低温まで fcc 相が凍結されることならびにこの試料が等温マルテンサイト変態を示すことを見出している。さらに、この等温マルテンサイト変態の  $TTT$  曲線を決定し、その曲線を以前に提唱されているマルテンサイト核生成モデルを用いて解析し、変態に必要な過冷度とマルテンサイトの核サイズ(約 1nm)について評価している。

以上のように本論文は、ガスアトマイズ法により作製したいくつかの Fe 基強磁性合金粉末材料の磁気特性およびマルテンサイト変態挙動を調査したものであり、これらの知見をもとに作製したコイル用鉄心材およびボールピース材を実用化・製品化している。また、学術的課題として Fe-Ni インバー合金におけるマルテンサイト変態挙動に及ぼす粒子サイズの効果を明確にし、変態の本質的なメカニズム解明につながる知見も与えており、材料工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。