



Title	ナノ粒子分散制御による磁気粘性流体の作製とその基礎的特性に関する研究
Author(s)	野間, 淳一
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/57466">https://hdl.handle.net/11094/57466</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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	の 野 ま い ち じ か ん 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 3 8 1 9 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	ナノ粒子分散制御による磁気粘性流体の作製とその基礎的特性に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 内藤 牧男 (副査) 教 授 藤原 康文 教 授 節原 裕一 教 授 田中 学 教 授 古莊 純次

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、印加磁場強度に応じて大きな粘弾性変化を示す、ナノ粒子分散磁気粘性流体の開発を目的とした。第1章では、従来の磁気粘性流体（MR流体）の課題、並びに期待されるナノ粒子分散MR流体の研究動向をまとめ、本研究の目的について述べた。また、ナノ粒子分散MR流体の特性向上のためには、磁気特性に優れた鉄ナノ粒子の合成とそのオイル中への分散制御が特に重要な研究課題であることを示した。

第2章では、Ar-H<sub>2</sub>アーカプラズマ法における鉄ナノ粒子生成メカニズムについて検討した。H<sub>2</sub>濃度の増加に伴うアーカプラズマの緊縮（熱的ビンチ効果）がアーカプラズマ熱源特性と鉄ナノ粒子生成速度に及ぼす影響を解析することなどにより、熱的ビンチ効果によって鉄ナノ粒子の粒子径および生成速度が制御可能であることを示した。

第3章では、第2章で得られた鉄ナノ粒子を用いて、オイル中に高濃度に且つ安定に分散させるための鉄ナノ粒子表面改質プロセスを検討した。その結果、水酸基終端した厚さ約2nmの酸化層の形成とその表面へのシランカッピング処理が、鉄ナノ粒子の耐酸化性とオイル親和性の向上に有効であることを示した。さらに、優れた分散安定性と低粘性を有するナノ粒子分散MR流体の作製条件を明らかにした。

第4章では、第3章で得られたナノ粒子分散MR流体を用いて、磁場印加下でのレオロジー特性を評価した。その結果、磁束密度の増加に伴って降伏せん断応力が著しく増加するなど、アーカプラズマ法で作製した鉄ナノ粒子の分散コロイドに実用レベルのMR効果が発現することを示した。また、MR効果の粒子径依存性を調べた結果、約50nm以上の粒子径域において、比較的大きなMR効果が生じることを明らかにした。さらに、50μmの微小な流体層においても、本研究のナノ粒子分散MR流体に良好なMR効果が得られることを示した。

第5章では、本研究で開発したナノ粒子分散MR流体を、50μmの微小流体層を18層有するコンパクトMRブレー

キに適用し、その性能を評価した。その結果、基礎特性から予想される伝達トルクが得られるとともに、本ナノ粒子分散MR流体のメカトロニクス分野への応用の可能性が示唆された。

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

磁気粘性流体(MR流体)は、磁場印加によりそのレオロジー特性が大きく変化する機能性流体であり、メカトロニクス分野などへの応用が期待されている。しかし従来のMR流体は、オイル等の溶媒に数 $\mu\text{m}$ サイズの磁性粒子を分散させた非コロイド系であるため、粒子の沈降やデバイス摩耗などの問題が指摘されている。そこで本論文では、磁気的特性に優れた鉄の効率的なナノ粒子化、並びに鉄ナノ粒子の疎水性溶媒中での分散安定化を図ることによって、コロイド系のナノ粒子分散MR流体についての検討を行っている。本論文は、その成果をまとめたものであり、主要な成果は下記の通りである。

- (1) Ar-H<sub>2</sub>アーケープラズマを熱源とする鉄ナノ粒子生成メカニズムを検討し、H<sub>2</sub>に起因する熱的ビンチ効果が、アーケープラズマの熱源特性、並びに鉄ナノ粒子の生成速度に及ぼす影響を明らかにしている。さらに、アーケープラズマによる鉄ナノ粒子の高効率生成や、粒子径制御の指針についても示している。
- (2) 鉄ナノ粒子に耐酸化性を付与するとともに、疎水性溶媒中に高濃度に分散安定化させるための表面改質プロセスを検討している。その結果、水酸基終端させた厚さ約2nmの酸化鉄層の形成とその表面へのシランカップリング処理が、これらの目的に有効であることを示している。さらに、優れた分散安定性と低粘性を有する高濃度ナノ粒子分散MR流体の作製条件を明らかにしている。
- (3) ナノ粒子分散MR流体の静磁場印加下でのレオロジー特性を評価し、磁束密度の増加に伴って降伏せん断応力が著しく増加するなど、ナノ粒子分散MR流体に実用レベルのMR効果が発現することを初めて示している。さらに、鉄ナノ粒子の一次粒子径が約50nm以上において、比較的大きなMR効果が生じることを見出している。また、厚さ50 $\mu\text{m}$ の微小な流体層においても、ナノ粒子分散MR流体に良好なMR効果が得られることを示している。
- (4) ナノ粒子分散MR流体を、50 $\mu\text{m}$ の微小流体層を18層有するコンパクトMRデバイスに充填し、その性能を評価している。その結果、基礎特性から予想される伝達トルクが得られるなど、本研究のナノ粒子分散MR流体のメカトロニクス分野への応用の可能性を示している。

以上のように、本論文はナノ粒子分散MR流体のための材料プロセス技術を開発するとともに、メカトロニクス分野などへの応用に資する新しい知見を与えており、材料工学分野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。