



Title	渦電流を用いた受動型磁気軸受の復元力特性および電磁的動作特性
Author(s)	高梨, 武
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48632
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 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	高梨	武	
博士の専攻分野の名称	博士(工学)		
学位記番号	第22044号		
学位授与年月日	平成20年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
	工学研究科電子情報エネルギー工学専攻		
学位論文名	渦電流を用いた受動型磁気軸受の復元力特性および電磁的動作特性		
論文審査委員	(主査)		
	教授 上田 良夫		
	(副査)		
	教授 飯田 敏行	教授 伊瀬 敏史	教授 田中 和夫
	教授 児玉 了祐	教授 西原 功修	教授 三間 圭興

論文内容の要旨

本論文は著者が大阪大学大学院工学研究科博士後期課程在学中に行った、受動型磁気軸受の電磁的動作特性に関する研究をまとめたものである。

工業界で用いられているマグネット駆動ケミカルポンプは搬送液を潤滑に用いたすべり軸受を設置して、インペラの回転を保持している。しかし、すべり軸受であるため搬送液中に気泡が混入すると、潤滑が効果的に行われないので焼き付き等の事故が発生する。このような事故を防止するために非接触で浮上保持が可能な磁気軸受について研究を行った。

磁気軸受には回転軸の制御方法として位置センサーを用いて軸受の位置をフィードバック制御する能動型磁気軸受と、センサー等を用いずに変位に応じた復元力を利用する受動型磁気軸受がある。能動型磁気軸受はターボ分子ポンプや特殊用途のポンプに製品として実現しているが制御装置が必要であり、設置スペース等の問題が発生する。本論文では制御装置を設置する必要のない受動型磁気軸受に着目した。本軸受ではローターの形状に安定性が左右される。本論文ではローターが変位した場合にローターを回転中心に押し戻す復元力と回転方向に対して逆向きに作用するブレーキトルクを詳細に検討した。

著者は本論文においてマグネット駆動ケミカルポンプに対して受動型磁気軸受を適用するための設計方針を示し、回転軸の変位とローター回転数に対する復元力およびブレーキトルクの特性を電磁場解析と実験によって示している。また、回転方向に対して逆方向に作用するブレーキトルクはポンプ運転時に回転抵抗として作用し、ポンプの効率を低下させる原因となる。そのため、磁束の方向を変化させるように磁石を配置し、解析と実験によってブレーキトルクの低減が可能であることを示した。

第2章で軸受部のローターを液中に保持するための条件として運動方程式を導き、外乱として作用するポンプラジアル荷重を流体解析によって求め、軌跡の計算を行った。その際に変位に比例して復元力が作用すると仮定し、復元力比例定数を任意に代入してローターの軌跡を求めた。

第3章では電磁場解析によってローター形状の最適化を行った。ステーターから磁束の漏洩を防ぐためにヨーク厚さの最適化を行い、エアギャップに対するローター厚さの最適化を行った。得られた復元力比例定数とエアギャップの関係からローターが浮上することを示した。

第4章では磁気軸受を実際に製作して実験を行い、変位と回転数変化に対する復元力とブレーキトルクの特性を求めた。実験結果に対応するモデルを作成して解析を行い、電流密度、磁束密度およびローレンツ力密度の分布を用いて、復元力とブレーキトルク特性に対して考察を行った。実験で得られた復元力比例定数を用いればローターを浮上保持できることを示した。また、電磁場解析による設計の妥当性が確認された。

第5章では受動型磁気軸受の特性改善としてステーターに補助磁石を付加することでブレーキトルクと復元力が変化することを電磁場解析によって求めた。また、補助磁石の効果を実験によって確認した。

第6章では本研究で得られた結果について総括する。

論文審査の結果の要旨

本論文は、マグネット駆動ケミカルポンプに対して受動磁気軸受を適用するために、電磁場解析と実験を行い、実際の使用環境で想定される流量条件で動作する軸受けを提案し、その実証を行ったものである。本研究で得られた結果をまとめると以下のようになる。

- (1) 磁気軸受に対して外乱となるポンプ接液部内のインペラに作用するラジアル荷重を流体解析により求め、任意に設定した復元力比例定数とラジアル荷重を代入し、ローターの最大移動範囲と復元力比例定数の関係を明らかにしている。
- (2) 有限要素法による電磁場解析を行い、ヨーク厚さとローター厚さの最適化を行っている。ヨーク厚さについては、3 mm 以上あればヨーク外部への磁束漏洩がほとんど無く、磁束を効率的に利用できることを明らかにしている。さらに、ローター厚さを変えた場合の復元力、およびブレーキトルク特性を求め、エアギャップが 6 mm の場合はローター厚さが 5 mm、エアギャップが 12 mm の場合ではローター厚さは 7 mm が最適であることを明らかにしている。それに加えて、(1) で明らかにしたローターの最大移動範囲とエアギャップを比較した場合、エアギャップが 12 mm と 6 mm のどちらの場合においても、浮上条件を満たすことを明らかにしている。
- (3) 実際に装置を製作して、復元力とブレーキトルクを測定し、変位と回転数に対する復元力とブレーキトルク特性を求め、復元力は変位に対して比例的に増加し、ブレーキトルクは変位によらずほとんど一定であることを明らかにしている。
- (4) 磁気軸受のブレーキトルクを減少させるために、磁束と渦電流の分布を変化させる補助磁石を取り付けたモデルを提案し、復元力を保持したままブレーキトルクを減少させることができるとなることを、電磁場解析、および実験で明らかにしている。

以上のように、本論文ではコンパクトで長寿命が期待できるケミカルポンプの受動型磁気軸受に対して、有限要素法を用いた電磁場解析と実験により復元力およびブレーキトルクの特性を初めて明らかにし、設計指針を示している。さらにブレーキトルク低減のために補助磁石を導入するアイディアを提案しその有効性を電磁場解析と実験により示している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。