

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 ゴドシイ モジタバ

本論文は 「Magnetic Levitation System Using High Temperature Superconductor and Soft Magnetic Material」(高温超伝導体と軟磁性材料を用いた磁気浮上に関する研究)と題し英文で書かれており、高温超伝導材料を磁場中冷却することによって形成されるピン止めされた磁束の性質に着目して考案された、軟磁性体を浮上対象とする新しい磁気浮上の方法について行った一連の研究で得られた成果をまとめたものである。

本論文は、全9章から構成されている。

第1章は「序論」であり、本研究の背景と目的、および本論文の構成について簡潔に述べている。高温超伝導材料の開発の歴史を紹介し、超電導現象および高温超伝導材料を利用した磁気浮上技術の従来の研究を概説し、本博士論文の研究目的と、取り組んだ研究課題を述べている。

第2章「超伝導材料の磁気特性」では、まず、超伝導現象を概説し、次に超伝導材料の磁気特性について述べている。そして、本論文で最も重要な高温超伝導材料に備わったピン止め効果について解説している。

第3章「浮上技術とは」では、磁気浮上技術を概説し、本論文での研究の対象とするピン止め効果を利用した磁気浮上以外の非能動磁気浮上技術の紹介を行っている。また、グラファイトと永久磁石とで構成できる磁気浮上の確認を行っている。

第4章「磁性材料を対象とする超伝導材料を利用した磁気浮上」では、鉄などの軟磁性材料を浮上対象とする超伝導材料の特性を利用した磁気浮上技術の従来研究の紹介と性能等の比較を行っている。このなかで、筒井らが高温超伝導体のピン止め効果の性質に着目して考案した浮上方式が最も磁気浮上特性が優れていることを示し、本論文の研究の対象とすることを述べている。

第5章「磁気浮上方式の発展」では、筒井らが考案し開発した浮上方式の浮上性能を高めることを目的とした、種々の取り組みを行った研究成果を纏めている。まず、筒井の行った実験の追試を行い、次に浮上性能を高めるために閉磁路となるように、一对の空隙で浮上する方式を提案し、その効果を実証した。そして、磁場中冷却された超伝導体表面の磁束密度の測定や浮上対象と超伝導体の距離を変化させた場合の磁束の変化の測定を行い、筒井らが推測した浮上原理が正しいことを綿密な実験によって明らかにした。

第6章「浮上特性へ各パラメータの影響」では、浮上力、浮上剛性、浮上安定範囲等の浮上特性への主要パラメータの影響を実験によって明らかにしてい

る。超伝導体の有するピン止め効果で磁束の変化を留めることが出来る範囲においては、超伝導体の厚みが浮上の特性にほとんど影響を与えないことを見出している。これは薄い超伝導体を利用できることを保証するものであり、本浮上システムの低価格化に大きく貢献する知見である。また、超伝導体に対向する浮上対象の突起部の形状が浮上特性に大きく影響を与えることを実験で明らかにした。

第7章「シミュレーションモデルによる検討」では、第5章と第6章で主として実験で得た知見を理論的に説明するために、モデルを構築し数値解析を行った。まず、仮想磁路法を用いギャップの磁気抵抗の大きさを求め、吸引力とギャップの関係を算出し、実験結果で得られた特性を説明できることを明らかにした。次いで、有限要素法による磁場の解析によってより精密に諸現象の定量的な説明を行っている。

第8章「ピン止め効果の応用」では、開発した高性能の磁気浮上技術を利用して、搬送システムのプロトタイプを試作を行っている。鉄レールに懸垂する形で高温超伝導体を組み込んだ移動体が浮上するものである。従来のピン止め効果を利用した磁気浮上システムでは、永久磁石を軌道に敷き詰める必要があり、これが実用化の大きな障害となっていた。試作したプロトタイプは軌道側に永久磁石を全く必要としないことを実証したものである。

第9章「結論」では本研究で得られた成果をまとめ、開発した技術の将来を展望している。

このように、本論文でなされた研究は、高温超伝導体と軟磁性材料とで構成する磁気浮上システムの浮上原理のより厳密な解明と浮上性能の向上を、綿密な多くの実験と数値解析によって行ったものであり、超伝導工学と磁気浮上技術の発展に大きく貢献するものと言える。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。