

バルク超電導体のパルス着磁時の磁束運動に関する数値解析

学生証番号 76206 氏名 小見 慶樹
(指導教員 大崎 博之 教授)

Key Words : バルク超電導体、パルス着磁、磁束運動、数値解析

バルク超電導体は、高温超電導体の塊のことで、最大17Tもの磁束を捕捉することが可能なことから、磁気分離装置、NMR、超電導モータなどに用いられる磁石としての応用が期待されている。バルク超電導体の着磁方法は主に磁界中冷却 (FC) とパルス着磁 (PFM) に分かれ、PFMはパルス状の磁界を印加するために、印加コイルの発熱が少なく、実用的な着磁方法として、近年数多くの研究が行われている。PFMでは、超電導状態のバルクに外部磁界を印加するため、磁界印加に伴いバルク表面に誘導電流 (超電導電流) が流れ、磁束の侵入が遮蔽される。しかし印加磁界を強くするとバルク表面の超電導電流では遮蔽しきれなくなり磁束が徐々にバルクの内部へ侵入する。磁束がバルク内部で運動すると発熱がおり、磁束が侵入した領域の温度が上昇する。温度上昇によって超電導電流による遮蔽効果が弱まり、磁束の侵入は加速される。この複雑な磁束侵入現象を本研究では有限要素法を用いた電磁および温度の連成解析によって明らかにした。

本研究では伝導冷却によるPFMをモデル化しており、円筒形バルク超電導体 (半径23mm、高さ15mm)、着磁用コイルマグネット、冷凍機のコイルヘッド (銅製)、バルクとコイルヘッド間のサファイア、以上の四つの構成要素からなる。なおサファイアはバルクと冷凍機間の伝熱およびコイルヘッドの磁束遮蔽効果の影響を避けるためのスペーサーの役割を持つ。また超電導特性として、超電導体内の電界Eと電流密度Jの関係をn乗の関数で表し、温度依存性および外部磁界依存性を考慮した、n値モデルを採用した。コイルに流す電流は磁界印加から10msでピークに達し、その後指数関数状に減衰するようなモデルとした。

二次元軸対称モデルと、周方向に臨界電流密度の不均一分布を与えた三次元モデルでの解析を行い、主に磁界印加から30msまでの磁束運動や温度分布等を調べた。二次元軸対称モデルでは印加磁界、臨界電流密度、温度および外部磁界依存性等のPFMのパラメータとバルク超電導体の基礎特性が磁束侵入に与える影響について調べた。三次元モデルでは周方向の臨界電流密度の不均一分布が磁束侵入に与える影響について調べた。

二次元軸対称解析の結果、

- ① 磁束の侵入には発熱が伴う。
- ② 臨界電流密度が低いと磁束は侵入しやすい。
- ③ 温度が高いと磁束は侵入しやすい。
- ④ 臨界電流密度の温度依存性および外部磁界依存性によって磁束は侵入しやすくなる。
- ⑤ 印加磁界の減衰に伴い、侵入した磁束の一部が外に逃げる。

等の現象を示すことが出来た。三次元解析においては、臨界電流密度不均一分布が磁束侵入に与える影響、磁束の侵入→発熱→超電導電流の減少→磁束の侵入というサイクルによる磁束の急激な侵入 (磁束なだれ) 現象等を示すことが出来た。

本研究は温度依存性および外部磁界依存性を考慮に入れたn値モデルを用いて、PFM過程における複雑な磁束侵入現象を数値解析によって明らかにすることが出来た。今後の課題としては

- ・ 実存のバルクの臨界電流密度特性を考慮したモデルを作成、実験との比較を行う。
- ・ PFMの改善策の提言や応用機器の研究に本研究のモデルを用いる。

等が挙げられる。