

超電導磁気軸受の性能解析

大高 理秀*

1. 緒 言

超電導現象の一つにマイスナー効果と呼ばれる完全反磁性がある。この現象を利用すると全方向無接触、無制御、損失の極めて少ない磁気軸受が実現できる。ここ数年、酸化物超電導体の出現により液体ヘリウム温度から扱い易い液体窒素温度で超電導現象が生じるようになりました。

茨城県内企業にも超電導磁気軸受に関心をもつ企業がでてきましたので、茨城県の機関として超電導磁気軸受について基本的な知識を得る必要ができました。

この様な背景から、研修によって、超電導の簡単な性質から磁気軸受としての基本的な性能や問題点を修得した。

超電導磁気軸受の軸受形式としては、主に完全反磁性領域を利用する反発型とピン止め力を利用する反発吸引型がある。高温超電導体を用いた軸受では、反発吸引型が主流であり、今回の研修では、反発吸引型を採用した。

2. 研修内容

本研修では、最初に、円板型軸受を用いて、液体窒素温度における軸方向浮上力の時間的変化について測定し軸受の性能への影響を調べた。使用した超電導体は、熔融法で製作したYBCO酸化物超電導体で、直径35mm、厚さ13mmの円板である。永久磁石は、最大エネルギー積30MG0eを持つ直径32mm、厚さ10mmのサマリウム・コバルト希土類磁石である。図1に実験装置を示す。図1のように超電導体を液体窒素中で冷却し、超電導状態になるのを待ち磁石を真上から近づける。このときの磁石を含めた荷重は5.5Nである。浮上量は時間的に変化しているので、安定してから荷重を増減させ実験を行った。

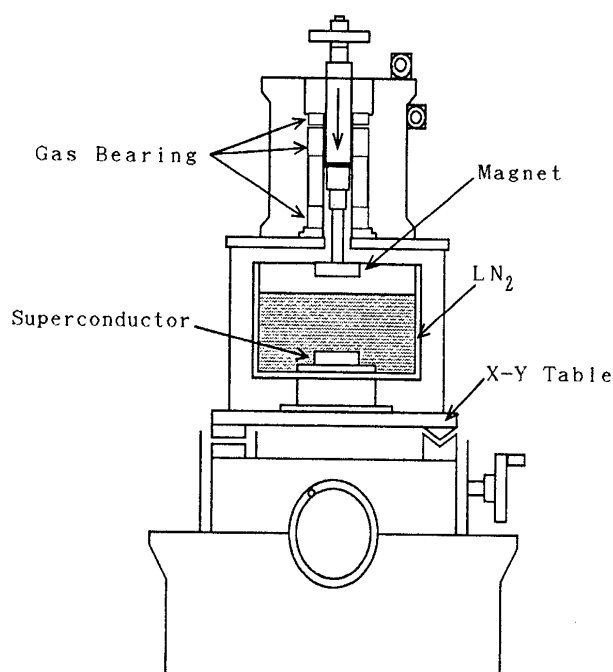


図1 実験装置

*新技術応用部

図2に荷重と浮上量の関係を示す。これより、浮上量が荷重の加え方によってかなり違っているのが分かる。図3は、荷重を変化させたときの浮上量の時間的変化を示す。この結果より、浮上量の時間的変化(クリープ)は、一定ではなく、荷重の加え方によってかなり異なり、荷重の増加と軽減ではクリープが違っているのが分かる。特に、荷重を加えてからある程度荷重を軽減した状態では、クリープは非常に小さいことが認められる。このときの超電導体表面での磁束を図4に示す。荷重の増加・軽減では、超電導体表面の磁束はかなり違っている。つまり、荷重増加によって超電導体内に磁束が侵入したことを示している。

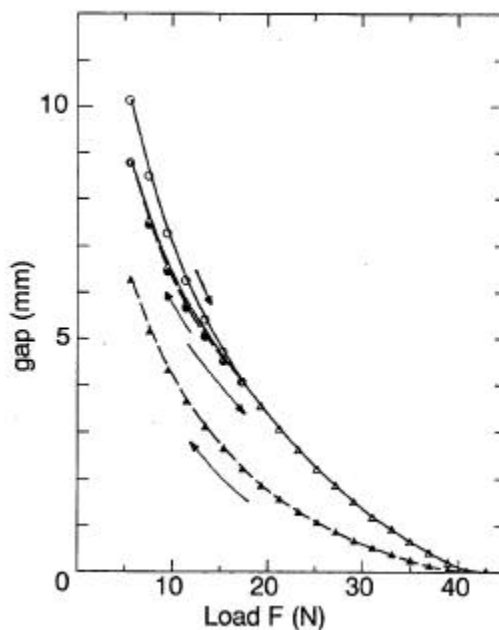


図2 F-gap 曲線

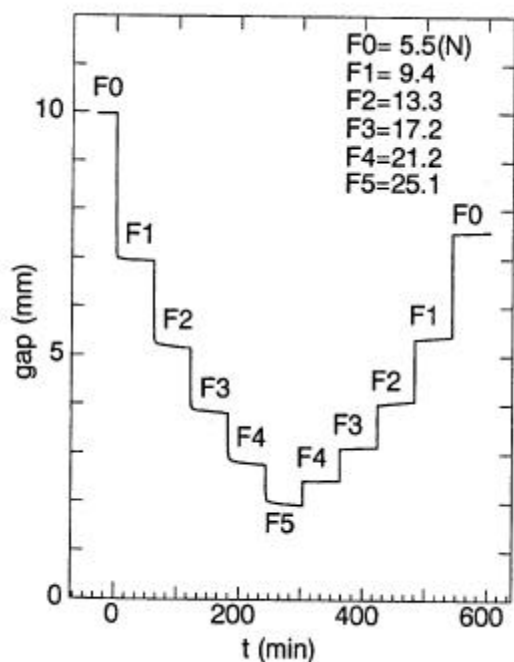


図3 クリープ現象

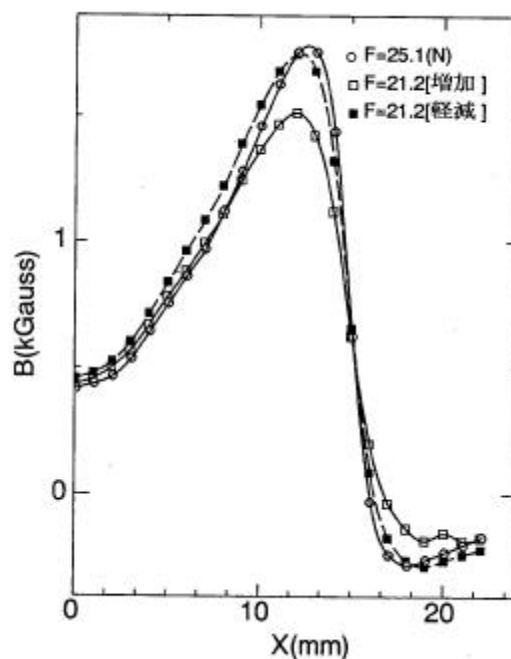


図4 磁束の変化

次に反発吸引型軸受について軸受の回転損失を測定した。実験には、臨界電流密度 J_c の異なる2つの超電導体と最大エネルギー積 40VG0e を持つ外径 32mm、内径 10mm、厚さ 10mm の希土類磁石を用いた。

図5に高速回転試験装置を示す。超電導体は、液体窒素容器内に取り付けられた銅製の容器に固定され、熱伝導により液体窒素温度に冷却される。超電導体で生じる回転損失は、時間に対する回転数の減衰カーブを測定することにより求めた。図6にフィールドクーリング時に設定した軸受すきま0.5mmにおける損失を示す。図(A)は試料A、図(B)試料Bの結果で、試料Aは、試料Bより大きい J_c を持つ。図中のX軸中心からの半径方向変位、●、▲は、変位を減少させた方向で測定した結果である。超電導軸受で生じる損失は回転数の上昇とともに増加し、その割合も増える。 J_c の大きい試料Aの方が損失は小さい。

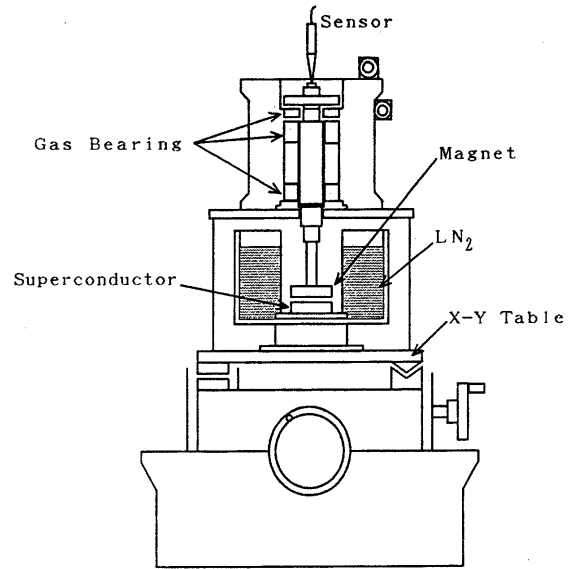
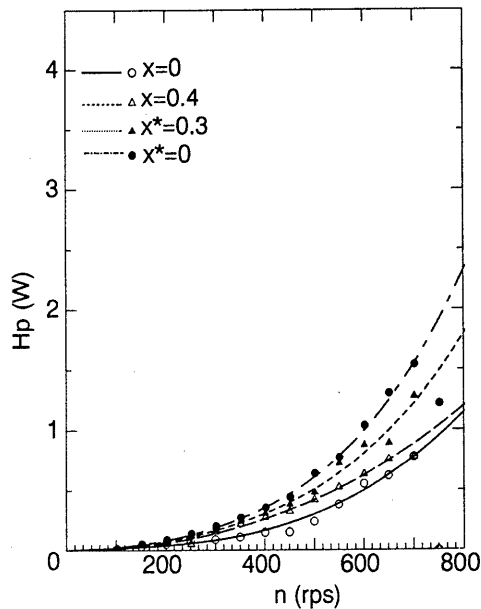
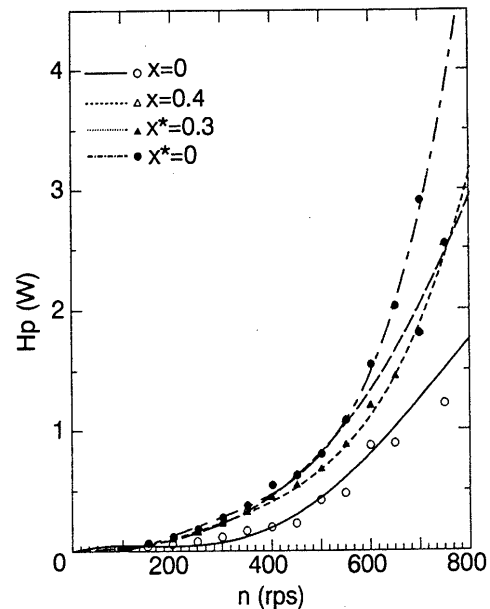


図5 高速回転試験装置



(A) 試料A (gap=0.5)



(B) 試料B (gap=0.5)

図6 高速回転損失

また、図7に、回転数をパラメータとして半径方向変位に対する損失を示す。これにより軸が一度変位すると磁場の侵入状態が変わり、最初の状態よりも回転損失は増加することが認められた。

3. 結 言

今回の実験において、超電導の簡単な性質から磁気軸受としての基本的な性能や問題点を理解する事ができた。また、実験を通して、測定のノウハウや測定機器の取扱いが分かった。今後機会があれば、今回できなかった理論解析を含めた超電導軸受の応用実験を行いたい。超電導軸受は、これからの技術であるので続けて学んで行きたいと思う。

最後にこの研修に関して、ご指導と数々のご助言をいただいた電子技術総合研究所・超伝導応用研究室・岡野主任研究官に深く感謝の意を表します。

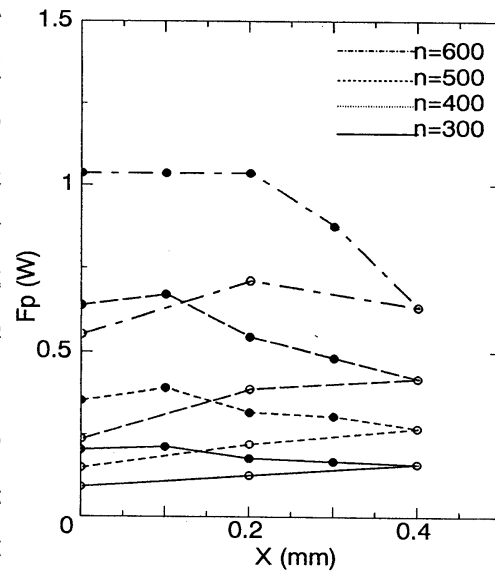


図7 軸変位に対する損失