

## 고온초전도 모터의 제작과 특성 고찰

손명환 하동우 정대영 류강식\* 윤문수

한국전기연구소 전기재료연구부

## Investigation of Properties and Fabrication of the High Tc Superconducting Motor

M. H. Sohn D. W. Ha D. Y. Jeong K. S. Ryu\* M. S. Yun

Korea Electrotechnology Research Institute, Division of Electrical Materials

## Abstract

We fabricated a high Tc superconducting motor named the "Meissner Motor" using Y system high Tc superconductors, which rotates with the repulsive force caused by the Meissner effect. And, we derived the optimal rotating conditions and parameters from the examination of its characteristics. Finally the possibility of a high Tc superconducting motor has been investigated.

## 1. 서 론

1986년 세라믹계 고온초전도체가 발견된 이래 이의 실용화를 위한 여러가지 기술들이 빠르고 폭넓게 연구되고 있으며, 특히 액체질소 온도 이상에서 사용 가능한 Y계 초전도체를 시작으로 고 임계온도를 갖는 Bi계, Tl계 등의 여러 물질들에서 재현성이 아주 우수한 고온초전도체가 개발되고 있다. 그러나 고온초전도체의 실용화를 위해서는 무엇보다도 고 임계전류밀도와 더불어 고 임계자장을 갖는 박막이나 선재로의 가공이 우선되어야 하는데, 현재까지는 여러가지 제약이 뒤따르고 있으며, 이를 해결하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

이와 더불어 고온초전도체의 응용으로서 박막이나 선재의 응용과는 별도로 bulk시료를 ring, 디스크, 코일형 등의 특수한 형태로 가공하여 외부에서의 자장인가나 유도에 의한 자석개발이나 완전 반자성 성질을 이용한 모터 개발 등의 연구도 일부 진행하고 있어 머지않은 장래에 부분적으로나마 고온초전도 응용기기의 실현이 가능하리라 여겨진다.

본 연구에서는 이와 같은 견지에서 Y계 초전도체를 사용하여 보통상태와 초전도 상태 사이에서의 변화와 Meissner 효과에 의해 일어나는 반발력을 응용하여 새로운 개념(일명 Meissner Motor)의 초전도 모터를 제작하였으며 여러가지 조건들을 변화시켜 그 특성들을 고찰함으로써 고온초전도 모터의 가능성을 타진하고자 하였다.

## 2. 고온초전도 모터의 구조

그림1과 그림2는 각각 고온초전도 모터 구조의 개략도와 실물사진을 나타낸 것으로서 Teflon wheel에 직경방향으로 30°각도로 16개의 disk 형태의 초전도 wing을 달아 rotor로 하였으며, wing과 wing 사이의 거리는 10mm로 하였다. 여기서 초전도 wing은 임계온도 Tc가 93K로 그림3에서와 같은 관례적인 방법에 의해 제작되었다.

또한 자장을 발생시키는 자석으로는 Neodymium계 자석을 사용하였으며, 액체질소 내로 들어온 wing이 초전도 상태로 변하면서 자석에서 발생하는 자장내에 들어

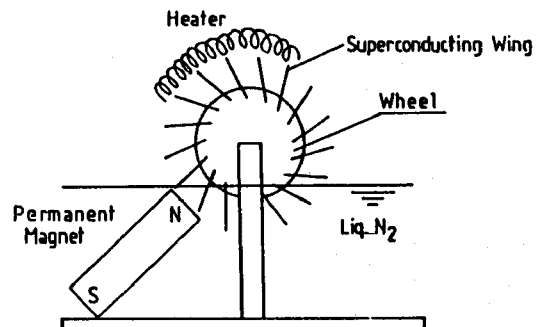


Fig.1 Schematic diagram of the High Tc Superconducting Motor

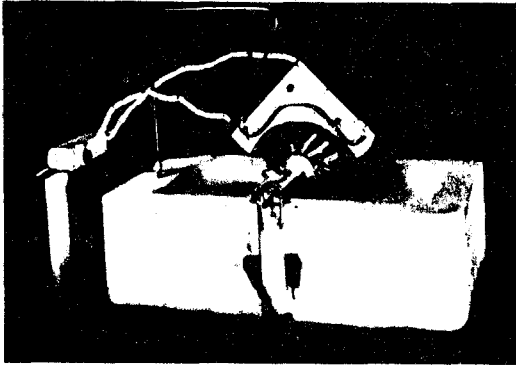


Fig.2 Photograph of the High Tc Superconducting Motor

Table 1. Specification of the High Tc Superconducting Motor

Component	Material	Size(mm)
Wing	Y-Ba-Cu-O system	φ18 x 2
Wheel	Teflon	φ40 x 3
Heater	Nichrom Wire	φ4 x 80
Magnet	Neodymium Magnet	15 x 20 x 60

실험결과 최대속도를 내는 조건으로는 그림4에서와 같이 액체질소의 수위가 rotor 하부면으로부터 21mm, heter power 크기가 120W, 자장의 세기가 5,400 Gauss 일때로서 이때의 속도는 약 13rpm 이었다. 그러나 이때 자석근처에 도달한 wing이 system 구조적으로 rotor의 무게중심의 불균등, 회전축과 지지대 상에 생긴 얼음등에 의한 마찰력 등으로 일시적으로 정지하는 현상이 관측되었는데 이 문제를 해결함으로써 회전속도를 증가시키고자 하였다.

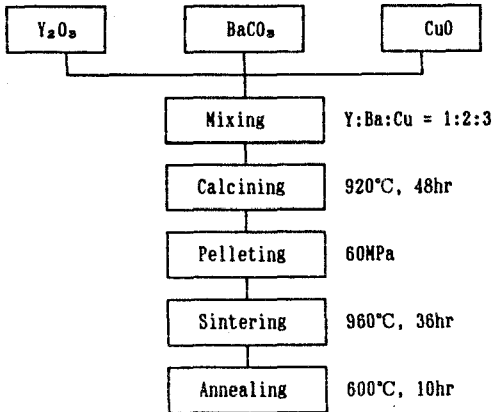


Fig.3 Fabrication Process of High Tc Superconducting Wing

음으로서 Meissner 효과에 의해 발발하면서 회전하게 되는데, 1번 회전후 자석 근처까지 다시 도달한 wing이 초전도 상태를 유지한채 자장을 받게 되면 순방향으로의 회전에 방해받기 때문에 이문제의 해결을 위해 초전도 상태를 보통상태로 변화시켜 주기 위한 210W급 heater를 설치하였다. 표1은 이들 요소부분에 대한 재료 및 재현을 나타낸 것이다.

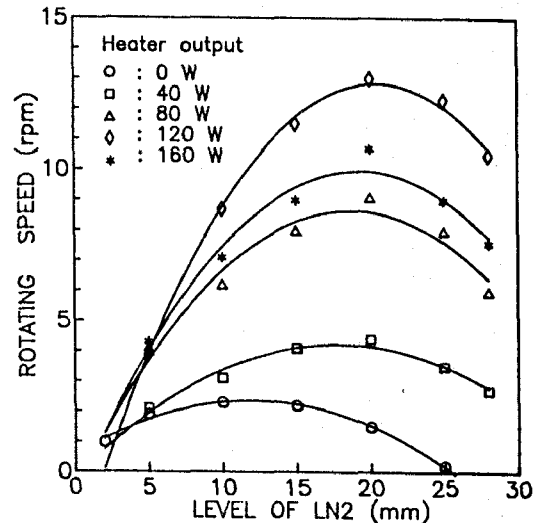


Fig.4 Rotating speed versus level of liquid nitrogen at various heater powers

### 3. 실험결과 및 검토

초전도모타의 회전속도를 좌우하는 요인으로는 크게 액체질소의 수위, heter power의 세기, 자장의 세기, wing 크기 및 wing간 간격, wing angle 등을 생각할 수 있는데, 여기서 wing 크기 및 간격과 angle은 모타 설계, 제작시에 이미 고정된 값이고 이중에서 실험적으로 변화시켜줄 수 있는 요인으로는 액체질소의 수위, heter power의 세기, 자장의 세기 등이다.

이와 같은 목적을 위해 다시 제작된 모터에서는 rotor의 무게감소와 액체질소와의 회전마찰 감소를 위해 자장을 받는 초전도 wing의 working area를 가장 최적화하여 원형이 아닌 3mm x 10mm 크기의 직사각형 구조를 택하였으며, 회전축과 지지대상의 마찰력의 감소를 위해 회전축의 형태를 needle contact형으로 하였다. 그 결과 최대 회전속도는 그림5에서와 같이 액체질소의 수위가 12mm, heter power 세기가 175W 일때 약 32rpm으로 관측되어

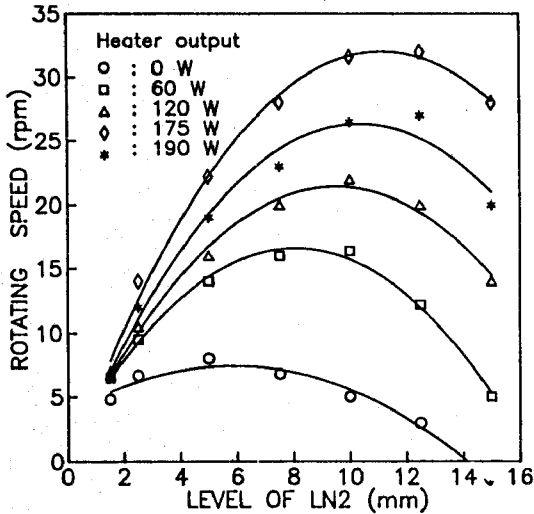


Fig. 5 Rotating speed versus level of liquid nitrogen at various heater powers

고온초전도 모터로서의 가능성을 확인하였다.

끝으로 추후 보다 우수한 고온초전도 모터의 개발을 위해서는 재료적으로 wing의 초전도 특성 향상과 더불어 magnetic field gradient와 distribution의 정량적 해석에 의한 가장 최적의 wing 크기 및 간격, angle의 계산이 선행되어야 할 것으로 생각된다.

#### 4. 결 론

Y계 초전도체 wing을 이용하여 Meissner 효과에 의한 모터를 제작하여 회전특성을 고찰한 결과 원형디스크 보다는 직사각형 편 wing, 봉축보다는 needle contact축을 사용하는것이 유리하며, 액체질소의 수위가 12mm, heter power의 세기가 175W 일때 최대속도 32rpm인 값을 얻어 고온초전도 모터의 가능성을 확인하였다.

#### (참고문헌)

- 1) 류강식 외, "고온초전도 자석 개발의 기초연구", 10th Workshop on High Temperature Superconductivity, PP149-156 (1989).
- 2) Akio Takeoka et al., "Fundamental Properties of a New Superconducting Motor", 1st International Symposium on Superconductivity, PP695-700 (1988).