

세라믹 에너지 재료

이상현*

선문대학교 전자공학부

Ceramics superconducting Energy Materials

Sang-Heon Lee

Department of Electronics Engineering, Sunmoon University*

Abstract - The high T_c superconductor of ceramic oxides type was studied for finding its application field. The results reported in this paper on the stability of the ceramic superconductors and the resistance to ripening in the BCO liquid phase at elevated temperature opens a processing window for engineering the microstructure of large superconductor at the nanoscale level. The results suggest further that the introduction of highly efficient artificial pinning center to bulk ceramics superconductor.

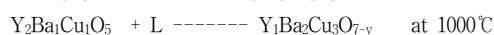
1. 서 론

산업에서 모타는 전기에너지를 기계에너지로 바꾸어 기계의 동력을 제공하는데 사용되고 있다. 미국 에너지성(Department of Energy)에 따르면 미국 산업시설에서 전기에너지의 사용 70%를 모타가 담당하고 있고 총 전기에너지의 55%를 모타가 사용하고 있다고 한다. 중소형 모타가 산업설비의 동력으로서의 비중은 대단히 높다. 1000 KW급의 대용량모타는 총 전기 에너지의 25%를 소모하고 있다. 선을 감아서 솔레노이드 형태로 제작되고 있으며 선박 추진 등의 큰 동력을 얻는데 활용되고 있다. 산업용 초전도 모타의 실용화를 위해서는 초전도 기술, 냉동기술, 고진공기술, 전기 기술 등의 첨단기술을 융합하여야 한다.

초전도체 재료 내부의 pinning center의 형성으로 초전도체는 고온에서의 임계전류 밀도가 증가하게 된다. 이러한 피닝 센터를 초전도체 내부에 균일하게 형성하는 효과적인 방법 중의 하나가 여러 형태의 물질 조사에 의하여 재료내부의 피닝 센터를 형성하는 것이다. 물질조사 방법은 조사 되는 물질에 따라 Proton, electron, charged ion, neutron 조사 등이 있으며, 중성자조사를 제외한 다른 조사방법은 조사되는 재료(초전도체를 형성하는 물질, Y, Ba, Cu, Sm 등과의 상호 반응에 의하여 여러 가지 핵분열 생성물을 형성하므로 조사된 재료 내부에 불 균일적인 결합을 형성한다. neutron beam의 조사의 경우는 중성자 성질로 인하여 초전도체 내부에 조사 되어도 초전도 재료 내부에 균일한 결합을 형성 하게 된다. 초전도 선재와 같이 산업에 활용되는 초전도 기술에 중성자 조사효과를 적용할 수 있다면 이 기술을 전력 산업 수준으로 높일 수 있다. 이런 관점에서 초전도 벌크 실험공정을 변화 시켜 최적화된 제조 공정 변수를 확립 하는 것도 중요하지만 제조된 초전도체를 조사법을 이용하여 임계특성을 향상 시키는 연구를 하는 것이 매우 효율적이라고 판단된다.

2. 실험 방법

YBaCuO의 상태도에는 포정반응이 존재하며, 반응식은 다음과 같다.



YBaCuO 분말을 Pt 도가니에 넣고 1200°C 이상으로 가열하여 $Y_2O_3 + L$ 로 분해 시킨다. 분해가 완료된 시료를 상온으로 급랭한 후 MTG공정

으로 열처리하여 초전도체가 일방향 배열된 조직을 얻는다.

초기분말의 화학조성을 제어하기 위하여 Y211의 함량을 조절 한 후 분말을 $Y_2O_3 + L$ 영역으로 가열하였다. 이 영역으로 가열 시킨 이유는 포정반응에서 생성되는 Y211 입자들이 Y_2O_3 에서 핵 생성될 것으로 생각했기 때문이다. Y_2O_3 입자가 미세하면 생성되는 Y211 입자들이 미세화 될 것으로 예측했기 때문이다. 미세조직에 Y211 입자들을 얻기 위하여 $Y_2O_3 + L$ 영역에서 급랭한 분말을 다시 분쇄하는 공정을 추가 하였다. $Y_2O_3 + L$ 혼합체를 분쇄하여 미세한 Y_2O_3 입자들을 얻을 수 있을 뿐 아니라 분포도를 균일하게 할 수 있었다. 입자의 크기는 1mm로 매우 미세하며 임계 전류 밀도차가 1T의 자기에서 $10^4\text{A}/\text{cm}^2$ 으로 상대적으로 높다.

3. 결 론

초전도체에 첨가물을 도핑하는 목적은 초전도체에 flux pinning center site를 부여하여 임계전류 밀도를 향상 시키기 위함이고 부가적인 목적은 세라믹-세라믹, 또는 금속-세라믹 복합체를 만들어 초전도체의 기계적 특성을 향상 시키기 위함이다. 초전도체에 첨가되는 물질은 Ag Pt와 같은 금속물질과 산화물, 탄화물등 비금속계의 두종류로 나눌 수 있다. 이중 Ag나 Ag2O는 고상 열처리시 초전도 임계에 위치하여 Y123 입계간의 결합을 강화시켜 임계전류의 특성을 향상 시킨다. 재료의 가공도나 휨강도도 향상 된다. Zr을 첨가할 경우 인성치가 상승하는데, 이는 첨가된 Zr과 YBaCuO가 반응하여 BaZrO3가 생성 되기 때문이다. 용융공정으로 초전도체를 제조할 경우 Zr, Ta Ti Pt Rh Re Ce Nd Sb 등의 첨가제는 YBaCuO 상의 초전도 성을 손상 시키지 않고 화합물 형태로 초전도상내에 미세하게 분산된다.

고상소결시 초전도상과 반응하여 이 소결체를 용융공정으로 다시 열처리하면 초전도성이 회복하는 결과를 보인다. 이는 Y211+L이 YBaCuO 상을 생성하는 고온 공정에서 불순물을 YBaCuO 상의 외부로 밀어내기 때문이다.

대표적인 첨가물인 BaTiO3는 용융 공정중 Ba2TiO4로 변태하여 초저도 기지에 분산 된다. 분산된 Ba2TiO4 입자들의 크기가 수십 micron으로 YBaCuO 상의 flux pinning center site로 작용하기에는 그 크기가 조대하다. 생성된 Ba2TiO4 입자와 YBaCuO 기지간의 열 전도도가 다르기 때문에 냉각시에는 이들 입자주위에 strain이나 전위와 같은 미세 결합 농도가 증가한다. 생성된 Ba2TiO4 입자에 의해서가 아니라 입자들 주위의 생성된 미세 결합에 의해 임계 전류 밀도가 상승하게 된다.

순수한 YBaCuO와 5wt% BaTiO3를 첨가한 시료의 자화 특성을 조사하면 순수한 YBaCuO 시료는 작용자기가 증가하면 임계전류 밀도가 급격히 감소한다. BaTiO3를 첨가한 시료는 일정한 임계전류밀도를 갖는다. 첨가되는 BaTiO3가 증가할 수록 생성되는 YBaCuO 결정의 크기가 감소한다.

결론적으로 첨가물은 그 자체가 flux pinning center site로 작용하기

보다는 소량첨가에 의한 YBaCuO 상의 미세조직 향상이나 flux pinning center site로 작용할 수 있는 미세 결함의 생성 촉진을 개선할 수 있다. 고자력 부상력 YBaCuO 초전도체 제조기술은 곧 바로 초전도 플라이휠 에너지 저장장치에 활용이 가능하다. 초전도 베어링에 사용되는 YBaCuO 초전도체의 특성은 현재까지 개발된 어떠한 초전도체보다도 강력하다. 따라서 이 기술은 고자기부상 뿐만 아니라 고전류 초전도체도 활용될 수 있으므로 다른 전력분야인 초전도선재, 전류인입선등의 연구 등에도 활기차게 진행할 수 있다. 고자기부상 초전도체 기술이 선진국과 비교해 떨어지지 않기 때문에 국산화 기술은 곧 세계화기술이 된다. 에너지 저장장치가 산업적으로 활용될 수 있는 만큼의 경제적 부가가치도 100% 성취할 수 있다. 초전도 베어링용 초전도체는 고부가가치 재료이므로 부품소재의 국산화를 통해 국내 기술력 확보 및 산업에 기여도는 크다 아니할 수 있다.

감 사 의 글

This work was carried out with help of National Research Lab.(NRL) program of Korea Science and Engineering Foundation (KOSEF) and Ministry of Science and Technology, Korean government.

[참 고 문 헌]

- [1] G.R.Choppin, J.Rydberg, Nuclear Chemistry Theory and Application, Pergamon Press, 1980.
- [2] NAC(Neutron Activation Analysis and Product Isotope Inventory Code System) Code Package CCC-164, Radiation Safety Information Computational Center, Oak Ridge, TN, USA.
- [3] Tamalika, Banerjee, Ravi Kumar, D.Kanjial and S.Ramasamy, Fluctuation induced conductivity studies of 100MeV oxygen ion irradiation superconductors, Physica C, Vol.341-344,pp.1185-1186, 2000.