

초전도 화합물 세라믹 벌크 개발

이상현, 최 용*

선문대학교 전자공학부, 선문대학교 전자재료공학부*

Development of Ceramic Superconductor Bulk for Electric Energy resonance

Sang-Heon Lee, Yong Choi*

Department of Electronic Engineering Sunmoon University, Department of Electromaterial Engineering Sunmoon Univ.*

The numerous application of ceramic superconducting bulk such as magnetic levitation train flywheel energy, levitation transpormation, magnetic bulk magnet etc. To obtain YBaCuO materials in the form of large single crystals are necessary. A refreshment and uniform distributon of the superconducting particle in the sam[ple]. The enhancement of the critical density was ascribe to a fine dispersion of the superconducting particle.

Key Words : superconducting material, bulk, Ag

1. 서 론

초전도체의 특성은 임계온도, 임계자장 및 임계전류밀도로 표현되어 지는데, 그들 특성 중에서 임계전류밀도는 재료의 제조공정에 크게 의존하고 있다. 따라서 높은 임계전류밀도화를 위해서는 pore, crack과 같은 초전도 전류 흐름에 좋지 않을 영향을 주는 요소를 제거하거나, 결정의 이방성 문제를 해결하기 위해 결정의 배향화를 만드는 것이 필요하다. 또한 자속의 피닝에 유효한 입계, 석출물, 전위와 같은 피닝 센터를 도입함으로써 높은 임계전류밀도 값을 증가시킬수 있다. 예를 들어 일방향 응고 법에 의한 고온 산화물 초전도체의 제조는 조직의 치밀화와 함께 결정 성장의 방향성을 제어하여 Week-link를 제어함으로써 임계 전류밀도를 높일 수 있다. 이 방법은 S.Jin 등에 의해 Melt-Textured Growth (MTG)method라는 이름으로 최초로 발표되었다. 이들은 YBa₂Cu₃O_{7-x} (Y123) 산화물 초전도체를 분해온도(1000℃) 이상으로 가열하여 용융상태로 한 후 결정을 성장시키는 용융법(melt-growth or melt-texturing)으로 제조하여 YBaCuO 시편에서 임계의 week-links를 감소시킴으로써 77K, 1T(Tesla)에서 Jc=4 X 10³ A/cm²까지 증가시켰다고 보고했다. 이밖에 임계 전류밀도를 증가시키는 방법으로 Quench-and Growth (QMG)법, 이를 개선한 Melt-Powder-Melt-Growth (MPMG)법 등이 있다. 실제, Murakami 등은 MPMG법으로 제조한 YBa₂Cu₃O_{7-x} 초전도 시편에서 상당히 높은 Jc값(77K, 0Tesla)에서 Jc=1.2 X 10⁵ A/cm²와 Jc=3.0 X 10⁴ A/cm²를 얻었다고 보고하였다. 한편, 산화물 초전도체가 높은 자장하에서 큰 Jc값을 가지기 위해서는 Lorentz force에 의한 자속 이동을 막을 수 있는 피닝 센터의 도입이 필요하다. 플렉스 피닝 센터로서의 역할을 할 수 있는 것으로는 쌍정면(twin planes), 적층결함(stacking fault), 산소 결핍영역(oxygen defects), 전위(dislocation), 그리고 Y2BaCuO5(Y211)상과 같은 비초전도(nonsuperconducting)함유물 등이 있는

데, 보통 Y211 상과 같은 비초전도체 입자들이 미세한 입자로서 균일하게 분포할 경우 초전도체에서 피닝 센터로 작용한다고 알려져 있으며 인위적으로 Y123 상내에 미세하게 분산시킨 Y211 입자들이 flow pinning을 증가시킴으로써 Jc를 향상시킬 수 있다는 연구 보고가 있기 때문에 Y-Ba-Cu-O계에서 임계 전류밀도와 미세조직에 미치는 Y211 상의 영향을 이해하는데 많은 연구가 집중되어 왔다. 본 연구에서는 Ag를 첨가시킨 YBCO 벌크 초전도체를 만들어 초전도 특성을 향상시키고, 소결 효과를 이용하여 YBCO 벌크 초전도체의 미세조직을 변화시켜 초전도성을 향상시키는데 초점을 두고 있다.

2. 실험

5 wt.%의 Ag와 초전도분말을 에탄올로 섞어 불밀링하여 섞어준 후, 진공상태에서 에탄올을 날려 건조시켜 주었고, 이 분말을 일축 압력기를 이용하여 펠렛을 만들어 주었다. 이렇게 만든 초전도 펠렛을 900,950℃에서 소결해 주었다. 노냉시켜서 상온까지 온도를 내려준다. 광학현미경(OM)과 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 미세구조를 관찰하고 SQUID를 이용하여 임계 전류 밀도 값과 임계 전이 온도 값을 얻었다.

3. 결과 및 검토

소결 공정을 거친 시편은 소결 온도가 높아짐에 따라 크기가 점점 작아지고 밀도가 높아짐을 관찰할 수 있었다. 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 초전도입자들의 본래 모양으로 만들어 지는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 만들어진 Ag 도핑 시편의 광학현미경과 주사현미경으로 관찰한 결과이다. 현미경 분석결과, Ag도핑 시편일 수록 초전도 입자의 크기가 균일하고 입자분포도가 균일함을 관찰할 수 있었다. 그러나 Ag의 경우 Ag의 녹는점은

962°C 부근이므로 높은 소결 온도에서는 Ag가 녹아 입자들이 재결정되어 응집되므로 Ag입자의 크기는 초전도 입자와 달리 소결 온도와 상관없이 비슷함을 볼 수 있었다. c축 방향과 평행하게 가해진 자장하에서 2.5×2×2.5 mm³로 잘라진 여러 온도에서 소결한 Ag 도핑 초전도 시편의 임계 전류 밀도 값을 조사하였다. 소결 온도를 높여줌에 따라 초전도가 도핑 된 초전도 시편의 임계 전류 밀도 값이 체계적으로 향상되었다. 자장이 없는 상황에서는 응용하지 않은 시편의 임계 전류 밀도 값이 관측되었다. 미세한 Ag 입자들이 넓게 분포하고, 기공률이 낮고, Ag가 나타나는 시편에서 매우 높은 J_c 값을 얻을 수 있었다. 여러 온도에서 소결된 시편에서는 Ag 입자들이 편석 되어져 있는 것을 발견할 수 있었다. 편석 된 Ag 입자는 YBCO 결정립을 고정 시켜서 미세한 결정립들이 만들어 진다. 이 결과는 미세 구조 관찰과 잘 일치한다. Ag 도핑 된 초전도체를 소결한 시편들 사이에 T_c 값은 별 차이가 없는 것을 알 수 있다. T_{c,onset}이 90K을 넘는 것을 관찰 할 수 있었고, 이것은 좋은 초전도 벌크 시편임을 의미한다.

4. 결 론

Ag 도핑 된 초전도 시편을 여러 온도에서 소결한 후 YBCO 초전도체를 화학용액을 이용하여 만들었다. 기공률이 적고 미세화 된 Y211 입자들이 균일하게 분포된 시편을 얻을 수 있었다. 그러나 Ag 입자는 불균일하게 분포 되어져 있는 것을 발견할 수 있었다. 소결 온도를 높임에 따라 향상된 J_c 값을 얻을 수 있었는데 이것은 작고 고르게 분포한 Y211 입자와 적은 기공과 Ag 입자의 영향으로 사료 된다.

감사의 글

The Neutron Beam Application Lab carried out this works which was supported by the Korea Science and Engineering Foundation(KOSEF) through the National Research Laboratory Program funded by the Ministry of Science and Technology(Grant number M1060000024806J000024810).

참고 문헌

- [1] P. W. Haayman, R. W. Dam and H. A. Klasens, German Patent 929 350, 1955
- [2] M. Drogenik, J. Amer. Ceram. Soc. Vol. 70, No. 5, p. 311, 1987.
- [3] J. Wang, J. Zhou, Z. L. Gui and L. T. Le. Wuji Cailiao Xuebao, J. Inorg. Mater. Vol 12, p. 231, 1997.