

## YBCO 산화물 초전도체의 초소성 거동 (Superplastic Behavior of YBCO Oxide Superconductor)

한양대학교 재료공학과 : 김진태, 박요설, 송진태

한국원자력연구소 : 김병철, 강영환, 박종만

### 1. 서론

1986년 Bednorz와 Müller에 의해서 La계 산화물 초전도체가 발견되고 Chu등에 의해 Y계 고온초전도체가 발견된 이후, 이 분야의 제조 및 가공 기술은 눈부신 발전을 하였으나 실제로 이들의 실용화를 위해서는 선제화를 이루어야만 한다. 그러나, 세라믹은 통상적으로 취약하며 가공성이 매우 나쁘기 때문에 실용화를 하기에는 많은 어려움이 따르고 있어서 선제화 가공 기술의 개발이 최대의 과제이다.

따라서 본 연구에서는 YBCO초전도체의 선제화 연구를 위하여 압축시험 (Compression Test)을 통한 세라믹의 초소성 거동을 조사하였으며 YBCO 초전도체의 물리적, 기계적 성질에 여러가지 잇점을 주는 211상 및 Ag을 첨가하여 산화물의 취약성으로 인한 가공성의 문제점을 극복하는 문제를 연구하였다.

### 2. 실험방법

본 실험에서는 Metal-Alkoxide Method으로 제조한 submicron의 입도를 갖는  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  분말을 사용하였다.  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  분말을 300MPa의 성형압으로 직경 0.5cm, 높이 0.9cm의 pellet을 만든 후 925°C의 산소분위기하에서 48시간 동안 소결시켰으며 이 때의 입도는 약 1-2 $\mu$ m이었다. 또한  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  분말에 10wt%의 211분말을 첨가하여 위와 같은 조건으로 성형하여 소결하였다.

YBCO초전도체 및  $YBa_2Cu_3O_{7-x} + 10wt\%$ (211)복합체의 초소성 거동을 조사하기 위하여 전기로가 장착된 Instron Type testing Machine 을 사용하여 일정한 cross head speed 하에서 압축시험하였다. 실험온도는 890, 910, 930°C, 초기변형속도는  $2.5 \times 10^{-4}/sec$ 와  $5.0 \times 10^{-5}/sec$  범위의 공기 분위기하에서 수행하였으며 압축시편과 die와의 화학적인 반응을 피하기 위하여 그

사이에 Au foil과 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>을 삽입하였다. True Stress-Strain 곡선을 이용하여 변형속도민감도(m)를 구하였으며 하중과 온도와의 관계를 이용하여 활성화에너지를 구하였다. 또한, 압축 실험 후의 초전도체의 변형 전, 후의 미세구조변화를 조사하여 고온변형거동과의 관계를 규명하였다.

### 3. 결과 및 고찰

True stress-strain 곡선에서 보듯이 고온 압축시험 결과, 온도가 증가하고 초기변형속도가 감소할수록 flow stress는 감소하고 있음을 알 수 있다. 한편, SEM관찰에 의하면 890-930°C에서 수행한 YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> 및 YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> + 10wt%(211) 압축시험의 경우 변형전과 비교하여 다소 grain growth가 발생하였으며 온도가 증가함에 따라서 내부기공은 매우 감소하였다. 이때의 m은 각각 약 0.4, 0.4-0.7로 초소성 발생에 필요한 조건을 만족하였으며 활성화에너지는 비교적 적었다.

YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>에서 cation에 대한 self diffusion의 Data는 별로 없지만 간접적으로 normal perovskite 구조인 BaTiO<sub>3</sub>의 Ba cation의 self diffusion energy(약1150kJ/mol)와 비교하여 볼 때 layered perovskite 구조인 YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>에서 Ba cation의 diffusion에 필요한 에너지는 더욱 클 것이다. YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>는 약700°C에서의 Orthorhombic-Tetragonal천이과정중에 산소 원자의 결핍으로 인해서 c축은 변형된다. 따라서 Ba ion의 ab면으로의 확산은 적은 에너지로 이루어 진다고 생각된다. 위와같은 m 및 활성화에너지의 값을 고려할 때 YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>의 초소성변형기구에는 diffusion creep을 주된 변형기구로하여 grainboundary sliding 및 dislocation creep이 기여한것으로 여겨진다.

### 4. 참고문헌

- 1.A.W.von Stuberg, Nan Chen, and K.C.Goretta : J.Appl.Phys.66(5),1989
- 2.P.E.Reyes-Morel, X.Wu,and I-Wei Chen : Ceramic Superconductor,Am.Cer.Soc(1988) P590-597
- 3.Jondo Yun, M.P.Harmer et.al : Superplasticity in advanced Materials(1991) P275
- 4.Y.Kodama, F.Wakai : Advances in superconductivity (1990)P113