

## YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> 산화물에서 기공의 생성과 소멸 Formation and elimination of pores in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> Oxides

한국원자력연구소 기능성재료연구 김찬중\*, 홍계원

용융공정 YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> (123) 초전도체는 고자장 하에서도 통전특성이 우수하다.<sup>1)</sup> 그러나 123 초전도체에는 미세균열<sup>2)</sup>이나 기공<sup>3)</sup>과 같이 초전도체의 통전특성에 유해한 요인들도 다수 포함된다. 미세균열은 고온 정방정 상이 저온 사방정상으로 상변태 시 발생하는 응력에 의해 생성된다. 반면, 기공은 123 성형체를 녹이는 과정에서 123 상에 포함된 산소원자들이 격자로부터 이탈되고, 이 산소원자들이 모여 액상에서 기공을 형성한다. 제조공정에 따라 기공의 크기와 밀도가 다르지만 대략 수십 마이크로미터 정도로 대단히 크다.<sup>4)</sup> 생성된 기공 중 일부는 열처리 중에 소멸되나, 어떤 것들은 그대로 남아 초전도체의 치밀화를 방해한다. 본 연구에서는 123의 용융 및 Y<sub>2</sub>BaCuO<sub>5</sub>(211)과 액상으로의 분해 과정 및 포정반응과 관련된 미세조직을 조사하여 기공생성과 소멸과정을 조사하였고, 123의 최종 미세조직에 대한 기공의 영향에 대하여 연구하였다.

열처리 스케줄은 123-211-액상의 그림 1의 2원 상태도를 기초로 하여 결정하였다. 먼저 부분 용융상태에서의 기공의 분포를 알고자 시편을 1050 °C에서 0.5-1 시간 유지한 후, 액체 질소통에 넣어 냉각하였다 (그림 2의 열처리 경로 ①). 부분 용융상태에서 급랭할 경우 211과 액상 상태가 그대로 유지되므로 액상에서의 기공분포를 관찰할 수 있다. 또 다른 시편들은 그림 2의 ② 경로로 열처리하였다. 이 시편에서는 고온에서 생성된 211과 액상이 반응하여 123 결정이 생성, 성장하므로 123 결정립 내의 기공분포를 알 수 있다.

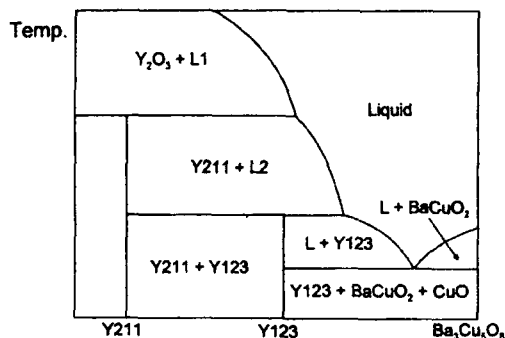


Fig. 1 123-211-liquid pseudo-binary phase diagram

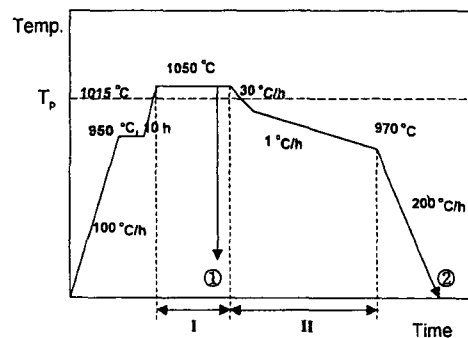


Fig. 2. Heating cycles

그림 3은 시편에서의 기공과 액상포켓의 분포를 모식도와 각 부위의 미세조직 사진이다. 시편에는 산소가스 발생으로 인해 생성된 수형의 기공이 관찰된다. 기공

은 시편의 중앙에 집중되며, 시편 바깥부분은 기공에 액상이 채워진 액상포켓이 관찰된다.

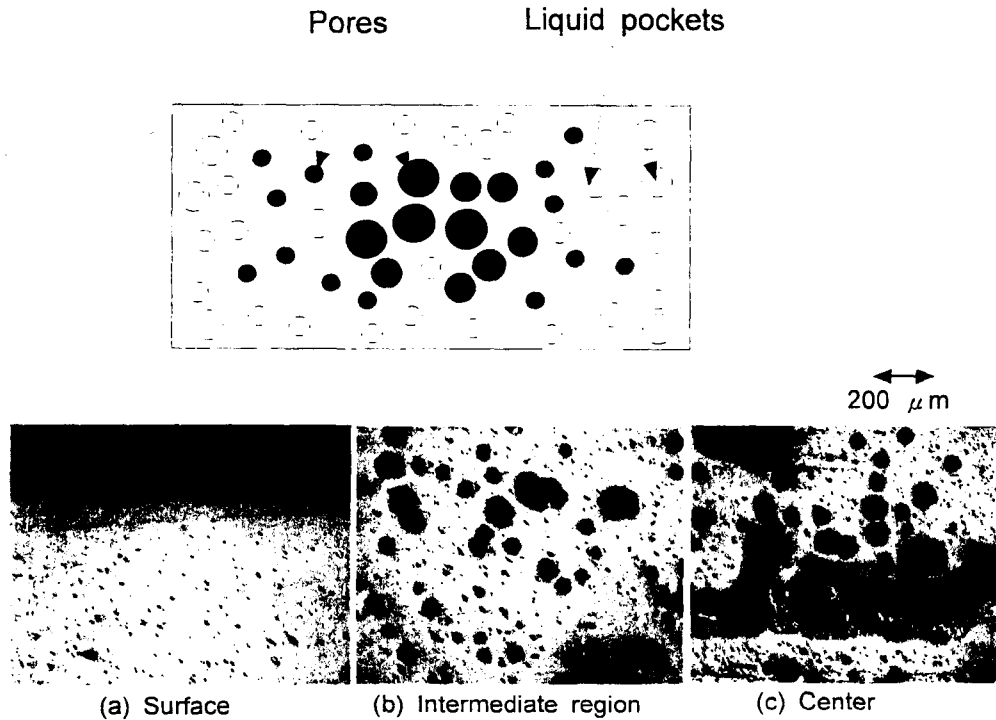


Fig. 3. Schematic of the distribution of pores and liquid pockets and the microstructures of each parts.

기공의 생성과 소멸과정은 다음과 같다. 출발물질인 123 분말이 211과 액상으로 분해될 때 산소가스가 배출되며, 이로 인해 액상에서 구형의 기공이 생성된다. 이들 중 일부는 액상으로 채워져 소멸되나, 나머지는 그대로 남는다. 특히, 시편 중앙에서는 수십-수백 마이크로 크기의 커다란 기공이 다수 관찰되는데, 이는 기공의 합체로 만들어진 것이다. 포정반응 열처리 시 기공 소멸로 만들어진 액상포켓들은 주변 211 입자와 반응하여 123 영역으로 변한다. 이곳은 다른 지역과 비교하여 211 밀도가 낮기 때문에, 미반응 액상이 남거나 211 밀도가 낮은 123 영역이 된다. 액상으로 채워지지 못한 구형의 기공들 중 다수가 123 결정 내로 포획되며, 그 형상은 액상/기공/고상 계면에너지에 의해 결정된다.

1. S. Jin, T. H. Tiefel, R. C. Sherwood, M. E. Davis, R. B. van Dover, G. W. Kammlott, and H. D. Keith: *Appl. Phys. Lett.*, **52** (1988) 2074.
2. C-J. Kim, S. H. Lai and P. J. McGinn: *Mater. Lett.*, **19** (1994) 185.
3. C-J. Kim, H-G. Lee, K-B. Kim and G-W. Hong: *H. Mater. Res.*, **10** (1995) 2235.
4. H-Y. Lee, C-J. Kim and G-W. Hong: *J. Am. Ceram. Soc.*, **79** (1996) 2912.