

Mechanical and Magnetic Properties Variation of YBCO Superconductors with Resin and Ag Impregnation

N. I. Lee^a, G. E. Jang^a, C. J. Kim^b, S. Y. Jung^c, Y. H. Han^c, T. H. Sung^c

^a Dept. of Materials Science and Engineering, Chungbuk National University

^b Korea Atomic Energy Research Institute

^c Korea Electronic Power Research Institute

Resin, Ag를 첨가한 YBCO 초전도체의 기계, 자기적 특성 변화

이남일^a, 장건익^a, 김찬중^b, 정세용^c, 한영희^c, 성태현^c

Abstract

We studied the mechanical and magnetic properties of Y-Ba-Cu-O superconductor with and without resin and Ag impregnation. Bulk YBCO superconductor was manufactured with the top-seeded melt-growth method. Typical sample of 40mm X 20mm X 3mm was made and then 8 holes with 0.5mm diameter were drilled arbitrarily. Epoxy resin and AgNO₃ were systematically added into the holes to compare the mechanical and magnetic properties of YBCO superconductor before and after reinforcement of resin and Ag. Based on the result of 3 point bending, bending strength increased with increasing amounts of resin and carbon nano-tube. However, it was found that the levitation force decreased after making hole, compared with virgin sample without hole.

Keywords: YBCO, resin, AgNO₃, CNT, superconductor

I. Introduction

YBa₂Cu₃O_{7-x} (YBCO) 초전도체는 높은 부상력 때문에 high-speed flywheel 에너지 저장 system에 사용되고 있다. 이 system에서 가장 고안해야 할 것 중에 flywheel의 큰 하중에서 YBCO 초전도체가 견딜 수 있어야 하는데 pseudo-

single crystal 형태의 부서지기 쉬운 성질을 가지고 있으므로 YBCO 초전도체의 기계적 강도를 높일 수 있는 방법을 강구해야 한다.

YBCO는 top-seeded melt-grown으로 만들어진 초전도체는 oxygen formation, gas trap으로 많은 void가 존재하며 표면의 crack과 연결되어 기계적 특성을 악화시킨다. 또한 Annealing을 하는 동안 상의 변형으로 crack을 야기하고 이 crack은 YBCO의 기계적 특성을 악화시킨다. Resin 보강은 기계적 강도를 향상 시킬 수 있음을 보

*Corresponding author. Fax : +82 43 271 3222
e-mail : leenamil@daum.net

이고 있다.

본 실험에서는 YBCO 초전도체에 임의로 0.5mm 직경의 8개의 구멍을 낸 후 Epoxy resin과 $AgNO_3$ 을 이용하여 보강함으로써 기계적 강도와 자기적 특성을 상호 비교하고자 하였다.

II. Experiment

YBCO 초전도체는 top-seed melt-growth 방법으로 제조되었다. 본 실험을 위해 특별히 시편은 가로 40 mm, 세로 20 mm, 두께 3 mm의 형태로 제작하였으며 여기에 다시 직경 0.5 mm의 구멍을 8개를 뚫었다.

Epoxy resin은 보강재인 STYCAST 2850-FT와 경화제인 CATALYST 24LV를 100:5 비율로 혼합하여 66°C에서 2시간 열처리 하였다. 실험이 진행 되는 동안 rotary pump를 이용하여 진공 분위기를 조성하였다. $AgNO_3$ 는 230°C에서 1시간, 320°C에서 1시간 동안 열처리를 통해 YBCO bulk에 보강되도록 하였다. 또한 강도가 좋은 C.N.T를 Epoxy resin과 $AgNO_3$ 에 첨가하여 실험을 진행하였다. C.N.T의 Oxidation temp.는 480~520이므로 resin, $AgNO_3$ 와 동일 조건으로 하였다. 강도 측정은 sample을 diamond cutter기를 이용해 40(W) × 10(L) × 3(T) mm³로 bar형태로 절단하여 three point bending test를 하였고, 10회에 걸쳐 실시하였다. 또 Levitation force test와 Image mapping을 통해 보강된 YBCO의 자기적 특성을 측정하였다.

III. Result

1. 미세구조

Fig. 1은 YBCO 시편의 보강 전의 SEM 사진이다. Fig. 1 (a)는 표면의 pore와 crack을 나타내고 있으며 Fig. 1 (b)는 0.5 mm 직경의 인위적인 hole의 단면 사진이다. Fig. 2는 resin을 첨가 한 후의 SEM 사진이다. 보강 후에 resin이 비교적 잘 함침됨을 확인 할 수 있었다.

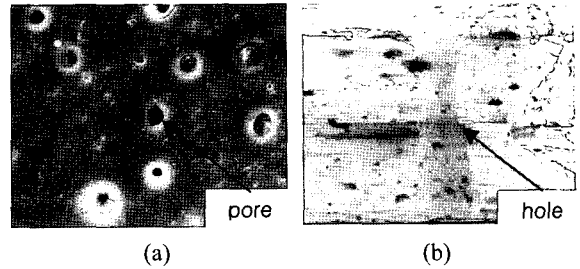


Fig. 1. SEM images before resin impregnation: (a) pore and crack and (b) hole.

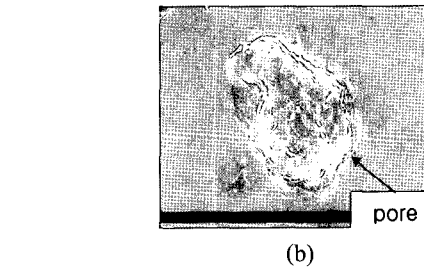
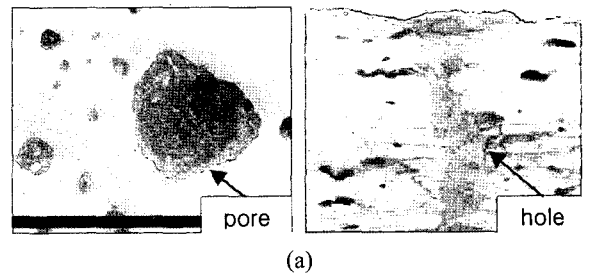


Fig. 2. SEM images after reinforcement: (a) resin and (b) Ag.

2. 기계적 강도

시편을 40(W) × 3(L) × 3(T) mm³ 크기로 절단하여 bending test 한 결과 보강 전 후 비교 시 보강후의 굽힘 강도가 확연히 증가하는 결과를 Table 1에서 확인할 수 있었다.

Table 1. The result of bending test.

YBCO bulk superconductor	Bending strength(MPa)
Without resin(no hole)	52.56
Without resin(hole)	44.06
With resin impregnated	67.88
With resin+C.N.T impregnated	93.10

※ crosshead speed : 0.1mm/min`

3. 자기적 특성

YBCO의 hole 가공 전, 후의 자기적 특성을 비교하기 위하여 자기부상력과 Image mapping test를 실시하였다. Fig. 3은 hole이 없는 YBCO가 hole 가공된 YBCO 시편보다 약 2배정도 levitation force가 높은 것을 알 수 있었다.

Hole 가공 전, 후의 magnetic mapping image를 Fig. 4에 나타내었다. 이 결과를 비추어 볼 때 hole, 즉 defect가 있음으로 자기적 성질이 상당히 떨어진다는 것을 알 수 있었다. Hole 가공으로 인한 YBCO의 자기적 성질의 변화에 대한 자세한 연구는 현재 진행 중에 있다.

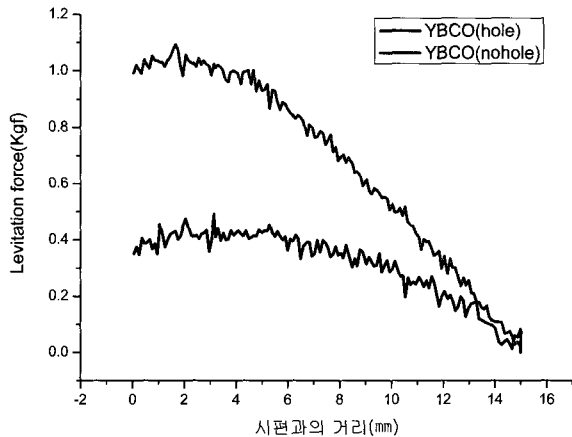


Fig. 3. The result of levitation force test.

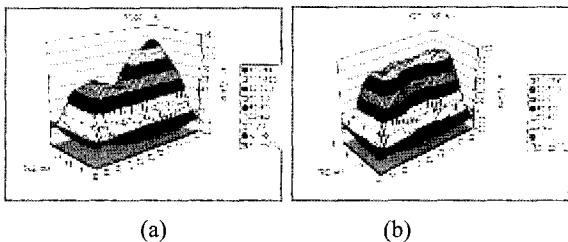


Fig. 4. The magnetic mapping images of YBCO: (a) with hole and (b) without hole.

IV. Conclusion

본 연구에서는 Top-seed 성장법으로 제조된

YBCO시편을 40 mm × 3 mm × 3 mm크기로 자르고 8개의 0.5 mm hole을 만든 후 다시 이곳에 Resin과 CNT를 넣고 보강한 후 hole 가공하기 전, 후의 기계 및 자기적 특성과 상호 비교하고자 하였다.

- 1) 기존 YBCO 시편은 SEM과 광학 현미경 측정 결과 넓은 범위의 기공과 크랙이 관찰 되었고, Resin과 CNT 함침 후 다수의 기공과 크랙이 보강됨을 확인 할 수 있었다.
- 2) Bending test 결과 hole 가공 시편의 기계적 강도는 44.06 MPa로 hole이 없는 시편 52.56 MPa보다 약했지만 resin과 CNT의 보강으로 기계적 강도는 보강 후 93.10 MPa로 보강 전 44.06 MPa보다 약 2배 이상 증가하였다.
- 3) Levitation force test와 Image mapping 측정 결과 hole 가공 후의 YBCO의 자기적 특성은 hole가공 전보다 훨씬 떨어지는 것을 알 수 있었다. hole 가공 전의 levitation force는 대략 1.09 Kgf였으나 hole가공 이후는 0.49 Kgf였다.

Acknowledgments

본 연구는 산업자원부 전력 산업 연구 개발 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- [1] R. de Andrade Jr., A. C. Ferreira, G. G. Sotelo, W. I. Suemitsu, L. G. B. Rolim, J. L. Silva Neto, M. A. Neves, V. A. dos Santos, G. C. da Costa, M. Rosario, R. Stephan, R. Nicolsky, *physica C* 408(2004) 930.
- [2] M. Tomita, M. Murakami, *nature* vol.421 (2003).
- [3] M. Tomita, M. Murakami, K. Katagiri, *physica C* 378 (2002) 783.
- [4] M. Tomita, M. Murakami, S. Nariki, K. Sawa, *physica C* 378 (2002) 864.