BRITTLINESS OF Mg ADDED Bi OXIDE

Mg 添加した Bi 系酸化物超伝導体の脆性

Kiyotaka Mori, Kaoru Usui, Nobutake Hirai, Yuichi Kawaguchi,
Hiroko Yamamoto, Kazuya Oguri and Yoshitake Nishi

Department of Materials Science, Tokai University, 1117 Kitakaname,
Hiratsuka, Kanagawa, 259-12 Japan.

(Accepted for publication 17 November 1994)

1 目的

Bi 系酸化物超伝導体は 100 K 以上の超伝導遷移温度 (T_c) を示し、将来実用化へ向けて有望である。しかしこの酸化物は非常に脆く加工性が悪いことが問題となっている。¹

そこで、本研究では Mg 添加した Bi 系酸化物超伝導体を液体急冷法を用いてアモルファス化し脆性評価を行った。

破壊が起こると応力が緩和され変曲点が現れる。すなわち、この変曲点の現われたときにマイクロクラックが発生する。なお、このマイクロクラックが発生したときの時の荷重を (L_g)、圧子の押し込み深さを (h_g) とした。ところで、 L_g , h_g だけでは、硬さの異なる材料の評価は正しくできないのでマイクロクラックの形成に必要な変形エネルギー (W_g) 値で評価を行った。 W_g は (1) 式より求めることができる。

2 実験方法

試料の基本出発組成は $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ とし、原料には Bi_2O_3 , PbO , SrCO_3 , CaCO_3 , CuO 及び添加元素として MgO の高純度粉末を使用した。原料粉末を秤量・混練・圧粉し、大気中 1023 K で 6 h の仮焼結後空冷し、大気中 1023 K で 18 h の仮焼結後空冷した。その後、大気中 1123 K で 12 h の本焼結後空冷し焼結体を作製した。焼結体を Figure 1 に示す双ピストン・アンビル型急冷凝固装置を用いて液体急冷法によりアモルファス試料を作製した。²

脆性の評価には、島津製作所製超微小硬度計 (DUH-50) を用いた。この装置は加える荷重を連続的に変化させ、荷重と圧子の押し込み深さの関係を求める装置である。Figure 2 に、この装置より得られた $L_g - h_g$ 曲線の模式図を示す。なお、実験時の最大荷重は 50 gf であり毎秒 0.13 gf/s で 0 gf から増やしていった。測定回数は 1 つの試料につき 5 回行った。測定に使用した圧子の対稜角度は 100° であった。

$$W_g = L_g \times h_g / 3 \quad (1)$$

Figure 1. Twin-type piston anvil apparatus

Figure 2. Load (L) vs ultra micro-Vickers indentation depth (h)

Figure 3. Critical depth (h_g) vs Mg concentration (z) for $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4-z}\text{Mg}_z\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ ($0 \leq z \leq 0.2$)

Figure 4. Critical Load (L_g) vs Mg concentration (z) for $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4-z}\text{Mg}_z\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ ($0 \leq z \leq 0.2$)

Figure 5. Critical deformation energy (W_g) vs Mg concentration (z) for $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4-z}\text{Mg}_z\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ ($0 \leq z \leq 0.2$)

3 結果と考察

Figure 3 に Mg 添加量 (z) と、マイクロクラック発生時の圧子の押し込み深さ (h_g) を示す。ここで、 h_g は $z = 0.05$ において最大値を示した。Figure 4 に Mg 添加量 (z) とマイクロクラック発生時の荷重 (L_g) の関係を示した。 L_g は $z = 0.05$ の時に最大値を示した。Figure 5 に Mg 添加量 (z) とマイクロクラック発生時の変形エネルギー (W_g) の関係を示す。添加量 $z = 0.05$ の時に W_g は最大値を示しマイクロクラックの発生が抑制され、脆性が最も改善された。ここで Bi 系酸化物超伝導体の脆さの原因が原子間における圧縮応力場の形成によると仮定した場合、Pb よりもイオン半径が小さい Mg を添加することにより、圧縮応力場による歪みが緩和されマイクロクラックの発生が抑制されたと説明することができる。一方、添加量を増やすと改善の低下が見られた。これは Mg を過剰に添加することにより、逆に引張り応力が生じマイクロクラックが発生しやすくなったためと説明できる。

4 結言

Bi 系酸化物超伝導体にイオン半径の小さな Mg を添加することにより脆性の改善が見られた。これは、圧縮応力場によって引き起こされていた歪みが Mg の添加により緩和されたためと説明できる。

References

- 1 Y. Nishi, T. Katagiri, T. Yamano, F. Kanai, N. Ninomiya, S. Uchida, K. Oguri, T. Morishita, T. Endo, and M. Kawakami, Appl. Phys. Lett. 58, 2084 (1991).
- 2 Y. Nishi, N. Ninomiya, F. Kanai, S. Uchida, and S. Moriya, J. Appl. Phys. 66, 2069 (1989).

'94 SAS Intelligent Symposium