

ホットプレス処理による Bi-2223 超伝導接合の作製

Fabrication of Bi-2223 Superconducting Joint by Hot-Pressing Process

物材機構¹, 理研² ○武田 泰明¹, 西島 元¹, 小林 賢介^{2,1}, 北口 仁¹

NIMS¹, RIKEN², ○Yasuaki Takeda¹, Gen Nishijima¹, Kensuke Kobayashi^{2,1}, Hitoshi Kitaguchi¹

E-mail: TAKEDA.Yasuaki@nims.go.jp

1. はじめに

我々は銀シース(Bi,Pb)₂Sr₂Ca₂Cu₃O_y [Bi-2223] 多芯線材 (住友電工製 DI-BSCCO® [1]) の超伝導接合開発に取り組んでいる。低角度の傾斜研磨で 121 本の超伝導フィラメントのほぼ全てを露出させた線材の間に Bi-2223 多結晶中間層を合成する手法により、高い臨界電流 I_c の超伝導接合が実現する [2]。前回までの本学会では、接合作製時の線材への一軸プレス圧力を均一化するため、研磨によって表面を平坦にした線材を使う接合作製手法を報告した。さらに、中間層を高密度化することで接合の I_c が向上することを定量的に示した [3]。今回は、接合のマグネット実装に適した短時間の熱処理で高密度中間層が合成できる方法として、ホットプレス処理に注目した。

2. 実験方法

ホットプレス器具 (HOt-Press Equipment: HOPE) を開発した。Fig. 1 に HOPE を装着した熱処理前の接合試料の外観を示す。HOPE は 3 mm 厚の 2 枚の SUS 板、M4 黄銅ボルト、アルミナナットから構成される。ボルト締結トルク N でホットプレス圧力 P を制御した。室温で印加した P が熱処理中 (820°C) でも保持されるように、熱膨張率が線材マトリックス Ag に近い黄銅をボルトに使った。接合試料の作製には、DI-BSCCO® Type H (補強無し) の先端部分を平坦に研磨した線材を使用した。6 cm 長の 2 本の線材を使った直線状試料と、1.6 m の 1 本の線材の両端を拝み合わせ接合した 3 ターン閉ループ試料 (自己インダクタンス $L = 1.4 \mu\text{H}$) を作製した。TEP 製の商用 Bi-2223 前駆体粉末 (仕込組成 Bi: Pb: Sr: Ca: Cu = 1.6: 0.45: 1.9: 2.0: 3.0, (Bi,Pb)₂Sr₂CaCu₂O_y [Bi-2212] 主相) からあらかじめ Bi-2223 を合成し、合成した Bi-2223 粉末と前駆体粉末、EtOH/1-BuOH 分散媒を混合してスラリーを調製した。室温で一軸プレス (圧力 $2.0 \times 10^8 \text{ Pa} \cong 200 \text{ MPa}$) した後、接合部分に HOPE を装着して $N = 0.20 \text{ N m}$ によって室温で $P = 5 \times 10^6 \text{ Pa}$ を印加して、昇温と冷却を含めて 24 h で完了する熱処理でホットプレス処理を行った。

直線状の接合試料に対しては、液体窒素中 (77 K) 自己磁場における直流四端子法による通電測定と、FE-SEM による中間層の微細組織観察を行った。閉ループ試料に対しては、我々が開発した接合抵抗評価装置 [4] を使ってループ電流 I_{loop} の時間 t 依存性を調べ、接合抵抗 R_j を $I_{\text{loop}} \propto \exp(-R_j t/L)$ より見積もった。

3. 結果と考察 [5]

直線状の接合試料に対する通電測定から、超伝導接合の形成が示唆された。HOPE を外すことで、中間層の密度低下に由来すると考えられる I_c の低下が確認された。閉ループ試料の電流減衰測定は、評価装置の設計上 HOPE を外した後にいった。Fig. 2 に測定結果の一例を示す。4.2 K 自己磁場で $\sim 130 \text{ A}$ の永久電流が確認され、 $R_j = 7.3 \times 10^{-15} \Omega$ と見積もられた。当日の講演では、 P を変えた試料や中間層の微細組織、閉ループ試料を使った他の測定結果も紹介する。比較的短時間の熱処理で完了できるホットプレス処理が、Bi-2223 超伝導接合作製手法として有望であることを議論する。

謝辞

本研究は、JST 未来社会創造事業 JPMJMI17A2 および科研費 22K14482 の支援を受けたものである。

参考文献

[1] N. Ayai *et al.*, *J. Phys.: Conf. Ser.* **97** (2008) 012112. [2] Y. Takeda *et al.*, *APEX* **12** (2019) 023003. [3] Y. Takeda *et al.*, *SuST* (to be published) [4] K. Kobayashi *et al.*, *IEEE TAS* **30** (2020) 9000204. [5] Y. Takeda *et al.*, submitted.

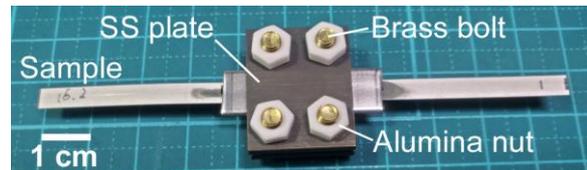


Fig. 1 Photograph of a straight joint sample before heat treatment with HOPE (HOt-Pressing Equipment) [5].

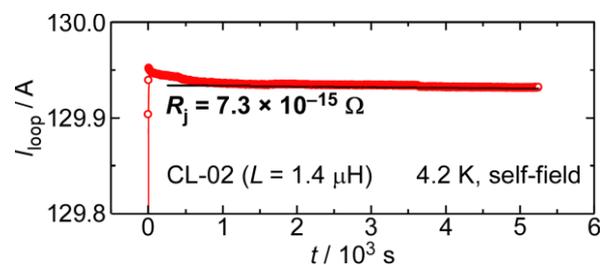


Fig. 2 $I_{\text{loop}}-t$ curve for a closed-loop sample at 4.2 K in self-field. Solid line represents the exponential decay curve [5].