

Bi-2223 線材間超伝導接合作製における一軸プレス圧力の最適化

Optimization of pressure of uniaxial pressing in fabrication of superconducting joints between Bi-2223 tapes

物材機構¹, [○]武田 泰明¹, 西島 元¹, 北口 仁¹

NIMS¹, [○]Yasuaki Takeda¹, Gen Nishijima¹, 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 (DI-BSCCO®) [1] の超伝導接合技術開発に取り組んでいる。低角度の傾斜研磨によって 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方法により、高特性の超伝導接合が実現できることを報告した [2]。最近では 4.2 K, 1 T で臨界電流 $I_c \sim 300$ A (10^{-9} Ω 基準) および接合抵抗 10^{-14} Ω 以下を実証した [3]。一方、接合のマグネット実装にむけた I_c 制御指針の議論はいまだ不十分である。従来では焼成前の一軸プレス圧力は ~ 200 MPa であった。プレス圧力が高いほど、接合界面における粒間結合が改善する可能性はあるが、線材のフィラメントに不可逆な機械的劣化を与えることも考えられる。そこで本研究では、接合 I_c 制御指針の確立を目指し、一軸プレス圧力 P の最適化を行った。

2. 実験方法

補強なし Bi-2223 線材 (DI-BSCCO® Type H) および 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)₂Sr₂C₂Cu₂O_y [Bi-2212] 主相) を使用した。スラリーはあらかじめ焼成して得た Bi-2223 粉末と前駆体粉末とを混合したものをアルコール中に分散させて調製した [4]。直線形状の接合試料は、 $\sim 0.3^\circ$ 傾斜での研磨でフィラメントを露出させた 2 本の線材 (~ 6 cm 長) 間に、スラリーを使って ~ 1 cm², ~ 100 μm² の中間層を形成し、圧力 P での一軸プレス後、 $P_{O_2} = 3$ kPa (3%O₂/Ar ガスフロー) の焼成を行って作製した [2]。作製した試料に対して、XRD により構成相を、SEM により微細組織を調べた。超伝導特性は主に液体窒素浸漬 (77 K, 自己磁場) での直流四端子法による通電測定で評価した。接合 I_c は 0.2 μV の電圧発生で定義した。

3. 結果と考察

$P = 170$ MPa の 810°C, 36 h 焼成試料の 77 K 自己磁場下での通電測定結果を Fig. 1(a) に示す。従来 ($P \sim 200$ MPa) より低いプレス圧力でも、超伝導接合の形成を示唆する結果が得られている。Fig. 1(b) に、焼成条件を 800°C, 12 h または 810°C, 36 h として P を変えた試料の 77 K 自己磁場下での I_c を示す。800°C, 12 h 焼成試料では I_c は低いものの、 P が高いほど I_c は改善した。中間層は未反応の Bi-2212 の残存が顕著であり、接合界面の粒間結合を改善して I_c を高めるためには比較的高い P が必要であったと考えられる。一方、810°C, 36 h 焼成の試料は、800°C, 12 h 焼成の試料よりも高い I_c を示した。中間層はほぼ Bi-2223 単相であり、 P が低い場合にも接合界面で高 I_c の達成に十分な粒間結合が形成したと考えられる。さらに、良好な粒間結合の形成と線材のフィラメントに与える機械的劣化の抑制を両立させて I_c が最も高くなる、適切な P 条件が存在することが示唆された。当日は I_c 制御の観点から接合作製における最適な一軸プレス圧力を議論する。

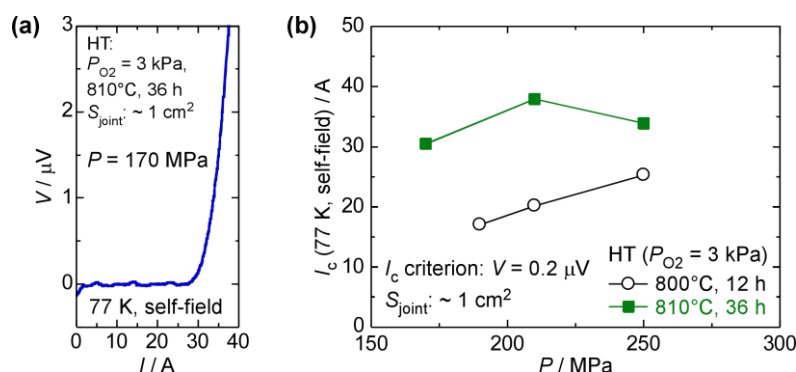


Fig. 1 (a) V - I curve at 77 K in self-field for a joint sample with $P = 170$ MPa. (b) I_c (77 K, self-field) for joint samples fabricated under various P and heat treatment (HT) conditions.

謝辞 本研究は、JST、未来社会創造事業、JPMJMI17A2 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* (in press). [4] Y. Takeda *et al.*, *SuST* **31** (2018) 074002.