

実用レベルの輸送臨界電流密度をもつ PIT-Ag/(Ba, K)Fe₂As₂ テープの作製

Fabrication of PIT-Ag/(Ba,K)Fe₂As₂ tapes with practical level transport critical current density

物材機構 [○]戸叶 一正, 高 召順, 松本 明善, 熊倉 浩明

NIMS [○]Kazumasa Togano, Zhaoshun Gao, Akiyoshi Matsumoto, Hiroaki Kumakura

E-mail: TOGANO.Kazumasa@nims.go.jp

1. はじめに

鉄系超伝導体は高い臨界温度 (T_c) と極めて高い上部臨界磁界 (H_{c2}) を有するため、液体ヘリウムのみならず液体水素、冷凍機冷却など中温度での強磁場発生用線材としての応用が期待されており、Powder-in-tube (PIT) 法や薄膜技術による線材化研究が行われてきている。長尺化を考えた場合は PIT 法が有利であるが、初期の PIT 線材は弱結合の問題が大きく、得られる輸送臨界電流 (J_c) 値は極めて低かった。その後 122 系の PIT 線材に関して、超高压印加や鉄シースを用いた圧延、熱処理による配向化などにより弱結合の解決が図られ、 J_c の向上が報告されたが、磁場中 J_c 値は 10^4 A/cm² 程度に留まっていた。

発表者たちはかねてから 122 系の (Ba, K)Fe₂As₂ を対象にして、将来の長尺化を念頭に置きながら通常の冷間加工と熱処理のみによる線材化と J_c 向上の研究を行ってきた。前回の講演 (2013 年春) では冷間圧延と熱処理を繰り返す手法によって、 J_c の大幅な向上が得られることを報告した。今回の発表では、前駆体のさらなる高品質化および最終工程に一軸圧縮を加えるなどの工夫を加え、さらに大幅な J_c 向上が得られたので報告する。得られた J_c 値は 4.2 K、6 T で 10^5 A/cm² を越え、実用レベルの J_c - H 特性を達成することに初めて成功した。

2. 実験方法

高品質の (Ba, K)Fe₂As₂ 前駆体を、各元素単体の原料をボールミルで混合、熱処理することによって作製した。次いで、その粉末を銀管につめて溝ロールと圧延によりテープ状に加工した。その際、加工性の改善のために必要に応じて中間熱処理を施した。また、同様の方法により 7 芯の多芯テープも作製した。これらのテープから短試料を切り出し一軸圧縮 (最大 4 GPa) を加え最終的な熱処理 (850°C) を施した。得られたテープについて、4.2 K、磁場中で臨界電流 (J_c) の測定を行い、銀被覆を除いたコア部の断面積で除して J_c を求めた。さらに光顕、走査電顕、X 線回折などにより組織を調べ、 J_c 向上の原因について考察した。

3. 結果と考察

Fig. 1 は得られた単芯、7 芯テープの代表的な J_c - H 特性を従来線材 (Nb-Ti, Nb₃Sn, MgB₂) の特性と比較して示した。また図中にはテープ断面も示した。単芯テープの J_c は 4.2 K、6 T の磁界まで 10^5 A/cm² を越え、磁場中で実用レベルを初めて達成した。また J_c - H 曲線は磁場依存性が極めて小さく、10 T でも 8.6×10^4 A/cm² の高い値を保持している。

組織観察の結果、圧延、一軸圧縮と加工が進むにつれて組織は確実に密化され、また配向化も若干起きる。また、クラックの発生方向が圧延の時にテープ横断方向であったものが、一軸圧縮では長手方向に変化する。この密化とクラック構造の変化が輸送 J_c の大幅な向上の原因になっているものと推察される。

4. 謝辞

本研究は日本学術振興会の最先端研究開発支援 (FIRST) プログラムにより助成を受けたものである。

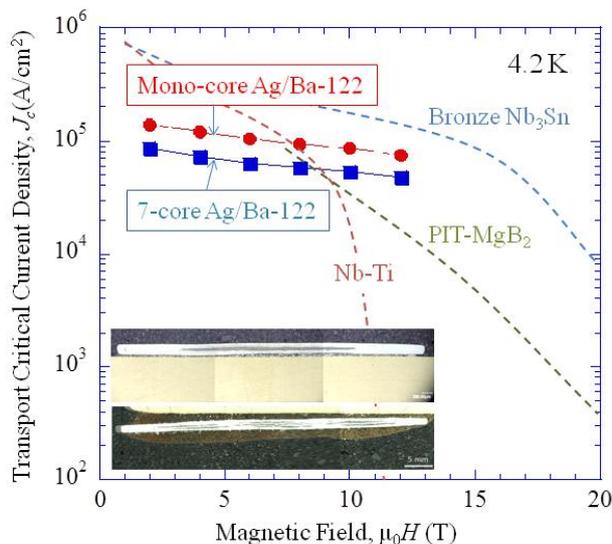


Fig. 1 J_c - H curves of pressed mono-core and 7 core tapes. J_c - H curves of Nb-Ti, Nb₃Sn and MgB₂ wires are also shown for comparison.