

分割型高温超伝導マグネットの機械的接合の研究進展

(1) 接合部熱処理条件改善による接合抵抗低減

Research progress in mechanical joint technique for a remountable high-temperature superconducting magnet. (1) Reduction of joint resistance by improving heating process condition in joint section

西尾樹 伊藤悟 橋爪秀利

Tatsuki Nishio, Satoshi Ito, Hidetoshi Hashizume

東北大学

Tohoku University

1. 緒言

核融合炉マグネットを分割製造・機械的接合する「分割型高温超伝導マグネット」が提案されている[1]。先行研究ではインジウム挿入式機械的ラップジョイント[2]の製作時に100℃程度の低温度熱処理を適用することで、接合抵抗(77 K, 自己磁場で評価)の低減に成功した[3]。本研究では接合時の接触圧力、熱処理温度・時間条件の最適化を図るとともに、製作したサンプルの接合抵抗の温度・磁場依存性の評価を行った。

2. 実験方法

実験サンプルにはREBCO系高温超伝導線材のGdBCO線材(FYSC-SC05, $I_c=270$ A at 77 K, 自己磁場)を用いた。接合部はサンドペーパー(研磨粒子径81 μm)で研磨しエタノールで洗浄後、インジウム箔(厚さ100 μm)とともにベーキング処理を行った[3]。ベーキング処理後、インジウム挿入式機械的ラップジョイントを製作した。このときの接合面積は50 mm^2 、接触圧力は各サンプルで5-100 MPaとした。サンプルは液体窒素冷却(77 K)で接合抵抗を測定後、熱処理を行った。熱処理条件は温度50-160℃、時間10-60分、また熱処理時の接触圧力はサンプル製作時の接触圧力に合わせて5-100 MPaとした。熱処理後に再度液体窒素下で接合抵抗を測定した。また最適条件で製作した接合サンプルの温度(10-70 K)、磁場(0-15 T)による接合抵抗変化を測定した。

3. 結果と考察

Fig. 1に接合抵抗率(接合抵抗と接触面積の積)の熱処理温度と接触圧力の依存性を示す。熱処理温度、接触圧力の増加とともに接合抵抗は低下し、接触圧力100 MPa、温度90℃以上で $2.6 \text{ p}\Omega\text{m}^2$ (77 K)程度で一定値を示した。一方、本研究で熱処理時間依存性は見られなかった。

温度90℃、接触圧力100 MPaで製作した接合サンプルの接合抵抗の温度・磁場依存性をFig. 2に示す。温度依存性として接合抵抗は温度低下に伴う電気抵抗率の低下が主な要因となり低下した。磁場依存性としては磁場増加とともに接合抵抗は増加した。また15 Tの熱処理後の接合抵抗は0 Tの時の1.2倍程度と熱処理前の値に比べて低い。熱処理接合法で製作した接合部は高磁場環境で優位であると考えられる。またFig. 3の磁場方向依存性では磁気抵抗効果による接合抵抗・臨界磁場の違いが示された。

4. 結言

本研究では熱処理接合法の接合条件を制御し、接合抵抗を評価した。熱処理温度90-140℃、接触圧力100 MPaとしたときに接合抵抗率 $2.6 \text{ p}\Omega\text{m}^2$ (77 K)を示した。また磁場

依存性の評価では、熱処理後の接合サンプルで磁場に対する抵抗増加が低く、高磁場環境での優位性が示された。

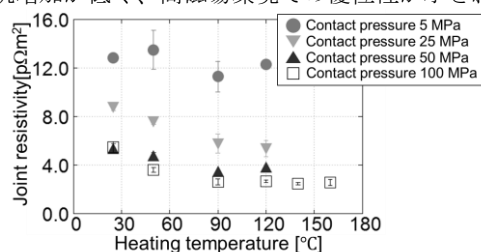


Fig. 1 Joint resistivity as a functions of heating temperature and contact pressure (Joint resistivity was measured at 77 K)

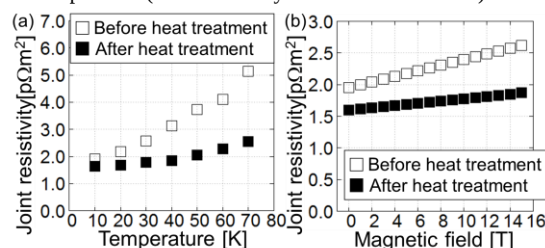


Fig. 2 (a) Relationship between joint resistivity and temperature (0 T), (b) Relationship between joint resistivity and magnetic field (10 K)

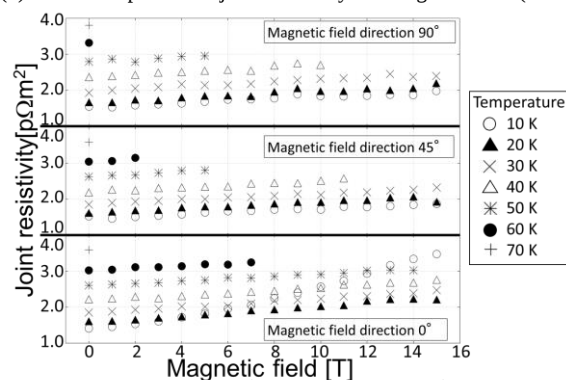


Fig. 3 Joint resistivity as a functions of magnetic field direction

謝辞

本研究の一部は、東北大学金属材料研究所附属強磁場超伝導材料研究センターで行われた。ここに記し謝辞を示す。

参考文献

- [1] H. Hashizume, et al.: J. Plasma Fusion Res. SERIES, Vol. 5 (2002) pp. 532-536
- [2] S. Ito, et al.: Plasma Fusion Res., Vol. 9 (2014) ID:3405086
- [3] T. Nishio, et al., IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 26 (2016) ID:4800505