

In-situ 法による MgB₂/Nb/Monel 線材の臨界電流密度 J_C — Mg 粒径依存性 —

Critical Current Density of In-situ MgB₂/Nb/Monel Wire - Magnesium Size Dependence -

○尾崎泰文¹, 中山佳威², 鈴木康正¹, 吉田史治¹, 三浦悠太¹, 久保田洋二³

*Yasufumi Osaki¹, Yoshitake Nakayama², Yoshimasa Suzuki¹, Fumiharu Yoshida¹, Yuta Miura¹, Yoji Kubota³

We studied the size effect of starting Mg powder on superconducting properties of MgB₂/Nb/Monel wires. All MgB₂ wires were fabricated by an *in situ* PIT technique. B powder (0.85 μm) and three different kinds of Mg powders (300 - 760, 150 and 50 μm) were used as starting materials with the composition of Mg : B = 1 : 2. The powder mixture was pressed into a pellet and then put into a Nb tube. The composite was cold-rolled to an O.D. of φ3.5 using a two-axial grooved roller and then inserted into a Monel tube. The double-stacked composite was cold-rolled into a wire with an O.D. of φ0.87 using the same roller. The fabricated wire was cut into 3.5mm in length and then sintered at 650degrees C for 0.5, 1, 2, and 4 hours. It was found that the J_C at low field for wires sintered at 650 degrees C for 2 hours showed higher value with decreasing Mg particle size, while the J_C at high field enhanced as the Mg particle size increased.

1. はじめに

2001年に発見された MgB₂超伝導体は、金属系超伝導体の中で最も高い臨界温度 ($T_C = 39K$) をもつ。これにより、冷凍機で簡単に到達できる温度 (約 20K) で使用できる可能性が高く、その実用化に世界が注目している。

MgB₂線材の作製方法には大きく分けて2通りある。Mg と B の混合粉を金属シースに充填し圧延加工を行い、熱処理を行う *In-situ* 法と、MgB₂粉末を金属シースに充填し圧延加工を行う *Ex-Situ* 法である。

本研究では、前者の *In-situ* 法を用い、MgB₂/Nb/Monel 線材を作製し、その時の Mg の粒径サイズを変化させ、臨界電流密度 J_C がどのように変化するかを調べたので報告する。

2. 実験

使用した試薬は、B (0.85μm, 95%) と Mg である。これらを MgB₂ の化学量論比で Mg : B = 1 : 2 になるように秤量し、Ar ガス中で 40min 混合する。混合粉を円柱状の圧粉型 (φ5.3) で 4t - 10min の加重で圧粉体を成型する。これを長さ 40mm, 内径 (I.D.) φ 5.5, 外径 (O.D.) φ9.5 の Nb シースに詰め、溝ロールで O.D. φ3.5 まで圧延加工を施し、さらに O.D. φ 6.5, I.D. φ 3.5 の Monel シースに挿入する。これを溝ロールで O.D. φ0.93 まで圧延加工し、その後丸ダイスを用いて O.D. φ 0.87 まで細くした。

作製した wire の Mg Size と O.D. を Table 1. に示す。

これを真空中で 650C - 30, 60, 120, 240min の熱処理を行い試料とした。線材の断面積から Monel と Nb の断面積を引いたものを MgB₂ Core とする。試料の J_C は I_C 測定装置を用いて調べた。臨界電流 I_C は 1μV/cm の電場が発生したときの電流で定義した。 J_C は I_C を線材の断面積で割った値である。また、試料の横断面を観察するため走査型顕微鏡(SEM)を用いた。650C - 120min の熱処理を行った MgB₂ Core の断面積 S と S / (S+N) [N : Monel と Nb の断面積] を Table 2. に示す。各試料とも Mg のサイズに関係なく S / (S+N) 比は、12% 程度でほぼ同じである。

3. 結果及び考察

Fig. 1. (a)~(c)に各試料の SEM イメージを示す。(a),(b),(c)はそれぞれ D30, D15, D05 の wire を 650C - 120min で熱処理した試料である。(a)の画像で中央のグレーに見える部分が MgB₂, 周りのグレーの部分が Nb, 黒く見える部分が空隙である。(b),(c)の画像では周りのグレーの部分が Nb, 中央の部分はすべて MgB₂ で、空隙はほとんど確認できないので、(b),(c)の試料の空隙は(a)と比べて極めて小さくなる。Mg 粒径が細くなるほど MgB₂Core の空隙は減少した。

Fig. 2. に熱処理条件 650C - 30min で焼いた D30-3, D15-3, D05-3 試料の 20K における J_C 対磁場依存性グラフを示す。D15-3, D05-3 試料は、D30-3 試料と比べると低磁場側で J_C が高く、逆に 5T 付近では、D30-3 試料の方が D15-3, D05-3 試料と比べて J_C が高くなる。また、

D15-3, D05-3 試料は J_C の値も磁場依存性もほぼ同じである。

Fig. 3. に熱処理条件 650C - 60min で焼いた D15-6, D05-6 試料の 20K における J_C 対磁場依存性グラフを示す。D15-6, D05-6 試料は J_C の値も磁場依存性もほぼ同じである。

Fig. 4. に熱処理条件 650C - 120min で焼いた D30-12, D15-12, D05-12 試料の 20K における J_C 対磁場依存性グラフを示す。D15-12, D05-12 試料は、D30-12 試料と比べると低磁場側で J_C が高く、逆に 5T 付近では、D30-12 試料の方が D15-12, D05-12 試料と比べて J_C が高くなる。また、D15-12, D05-12 試料は J_C の値も磁場依存性もほぼ同じである。

Tabel 1. Specifications of wires

wire	Mg Size (μm)	O.D. (mm)
D30	300 - 760	0.87
D15	150	0.87
D05	50	0.87

Tabel 2. MgB₂ Core specifications

Sample	S (10^{-4}cm^2)	S / (S+N) (%)
D30-12	7.2	12
D15-12	6.8	12
D05-12	7.0	12

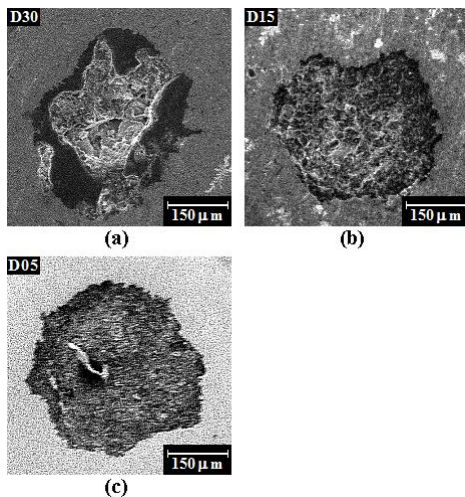


Fig. 1. SEM Images

以上の結果より、 J_C は低磁場側では Mg の粒径が小さい方が高く、逆に 5T 付近では、Mg 粒径が大きい方が J_C が高くなる。

また、 J_C の磁場依存性は熱処理時間に関係なく、各試料とも傾向は変わらない事が分かった。

今後は、より大きな粒径の Mg で試料作製を行い、また、熱処理条件を変化させるなど最適化を行うと共に、線径を細くして J_C の磁場依存性がどのように変化するかを研究する予定である。

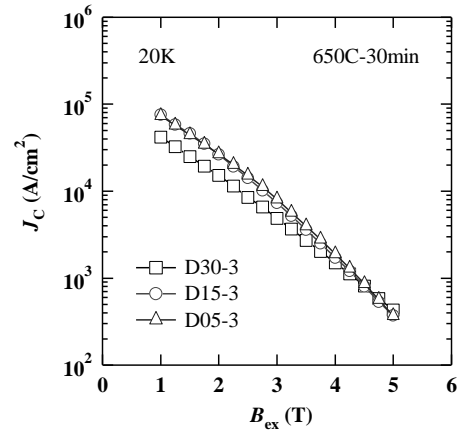


Fig. 2. J_C at 20K vs. B_{ex}

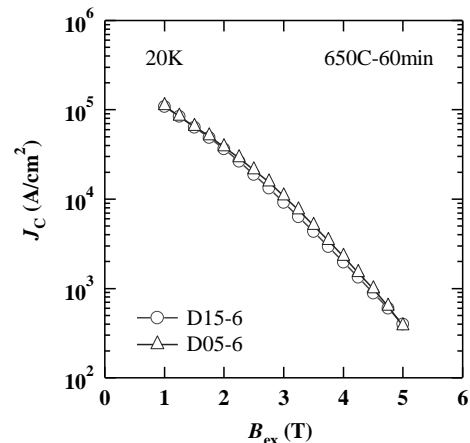


Fig. 3. J_C at 20K vs. B_{ex}

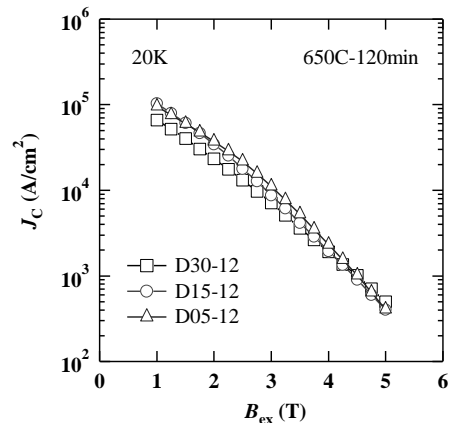


Fig. 4. J_C at 20K vs. B_{ex}