

高温拡散熱処理した Nb₃(Al,Ge)線材の超伝導特性

Superconducting properties of Nb₃(Al,Ge) superconductors fabricated by high temperature diffusion reaction

NIMS^A

伴野信哉^A, 竹内孝夫^A, 菊池章弘^A, 飯島安男^A, 井上廉^A, 小菅道雄^A, 和田仁^A

N. Banno, T. Takeuchi, A. Kikuchi, Y. Iijima, K. Inoue, M. Kosuge, H. Wada

National Institute for Materials Science^A

E-mail: BANNO.Nobuya@nims.go.jp

1. はじめに

Nb₃(Al,Ge)は H_{c2} が 40T 程度あり, 高磁界用超伝導材料として魅力的であるが, Nb/Al-Ge 複合材の加工性が悪く, 微細で均一な Nb/Al-Ge 拡散対構造をもつ極細多芯線の作製は容易ではなかった. さらに Nb/Al-Ge の複合加工性の低さを補うため, Nb マトリクスの体積率が大きく, それが材料費の増大と Overall J_c の低下の要因となるため, 実用化にはそれらの克服が課題である. 最近我々は, 伸線途中で急熱急冷処理をする簡便な手法により (中間急冷処理), Al-Ge 組織の微細化, 良好な Nb との硬さのバランスを達成させる新しい極細多芯線の製造方法を提案した. 今回, Nb マトリクス比を 1 以下に抑えた Nb₃(Al,Ge)線材の作製を行った. また高温拡散熱処理における超伝導特性に及ぼす熱処理時間, Al-Ge 芯径の影響を調べたので報告する.

2. 試料の作製方法

まず Nb チューブに Al と Ge の粉末を 3:1 の割合で充填し (Al 中の Ge 濃度は 25at%), Nb:Al-Ge 組成比で 3 となる 7 芯の Nb/Al-Ge ビレットを準備して, その後溝ロール, スエージャー, カセットローラーダイスにより伸線し, 約 0.9mm の Nb/Al-Ge 複合線材を作製する. この段階では, Al-Ge 芯の中に粗大な Ge 粒子が点在しており, その後の伸線において微細で均一な Nb/Al-Ge 拡散対構造を得る上での障害となる. そこでこのような初期の段階で, 急熱急冷処理を施し, Al-Ge 芯のみ熔融状態にして急冷凝固させ微細組織を得る. Al-Ge 芯の場合には急冷により準安定化合物相が生成されるが, 300 程度の後熱処理により, Ge が微細に分散した安定な組織を得ることができる. さらに微細化により硬さのバランスが図られ, Nb マトリクス比を容易に低減することが可能となる. こうして得られた 7 芯材をさらに Nb チューブにスタックして, 再び伸線作業を行う. 本研究では, 241 本をスタックし, 芯数 1687 本の Nb/Al-Ge 複合線材を作製した. Nb マトリクス比は, 最終熱処理後 Al-Ge がすべて A15 相に反応していると仮定すると 0.8 となる. Fig. 1 に作製した極細多芯線材の断面写真を示す. 今回, Al 芯径の依存性を調べるため, 得られた試料にさらに圧延加工を施した.

得られた線材に対し, 1400 で拡散熱処理を行った. ついで A15 相の規則化のため, 800 10h の後熱処理を行った.

3. 実験結果

Fig. 2 に各熱処理条件における T_c の Al-Ge 芯径依存性を

示す. 最高値では二元系のいわゆる RHQT 法 Nb₃Al の T_c を上回る 18.05K が得られた. Al 芯径の最適値は 2~5μm の範囲にあるように思われる. 二元系 Nb₃Al に比べ反応速度が非常に遅いことが大きな特徴である. Fig. 3 には 1400 2h の拡散熱処理を行った場合の J_c-B 特性を示した. ピーク効果を示しているが, マトリクス比の低減により, これまでに 21T で non-Cu J_c=75A/mm² が得られている.

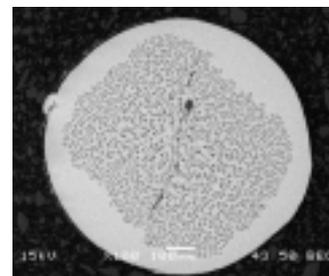


Fig. 1. Backscattered electron image of cross-section of 7x241-core Nb/Al-Ge multifilamentary composite.

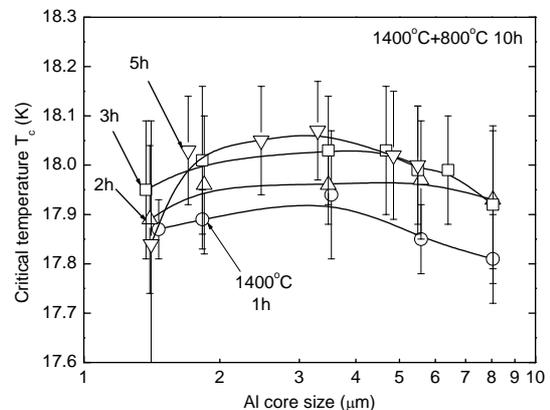


Fig. 2. T_c as a function of Al-Ge core size.

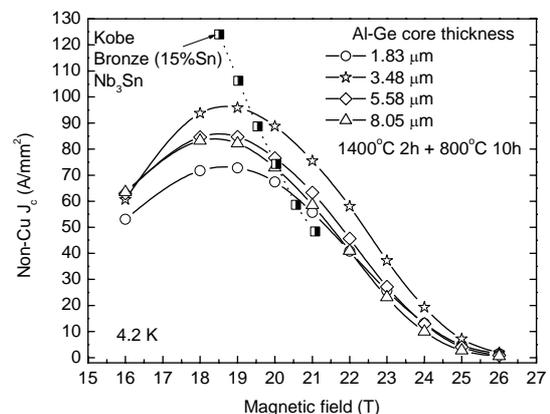


Fig. 3. non-Cu J_c vs. magnetic field.