

急熱急冷法で作製された Nb₃Ga 線材

Nb₃Ga Conductor Fabricated through Rapidly-Heating & Quenching Process

物質・材料研究機構 超伝導材料研究センター 井上 廉、吉田勇二、菊池章弘、飯嶋安男
NIMS, Superconducting Materials Center, Kiyoshi Inoue, Yuji Yoshida, Akihiro Kikuchi, and Yasuo Iijima

E-mail : INOUE.Kiyoshi@nims.go.jp

1. はじめに

A15 型化合物 Nb₃Ga は $T_c=20.7$ K、 $H_{c2}(4.2\text{ K})=32$ T という実用 Nb₃Sn 線材を大幅に凌駕した特性を有する。

この優れた超伝導特性は、化学量論組成比の Nb-Ga 化合物を 1800 付近で熱処理した後、クエンチし、次いで 700 で規則度を高める熱処理をする事で最初に得られ、次いで CVD、同時蒸着、スパッタ - 、拡散、レ - ザ - 照射等で、19 K を越える T_c が報告されたが、高い J_c は報告されず。30 年以上にわたって実用的に Nb₃Ga は無視されてきた。大きい J_c が得られなかった理由は、どの製法でも高温の比較的長時間の熱処理を施しており、この熱処理で結晶粒が粗大化し、ピン止めセンター - 密度が低下したためである。最近、我々は高温でミリ秒程度の超短時間熱処理が行える急熱急冷法を開発したので、この高温・超短時間熱処理を Nb₃Ga の線材化に適用する事を試みた。

2. 実験方法

Nb 線を加熱しながら、Ga 浴中を通過させ、次いで 700 で熱処理して、表面が NbGa₃ で被覆された Nb 線を作成した。重量増から求めた Nb/Ga 比は 12.2 であった。この線材を 300 本束ねて Nb パイプ中に詰め、伸線加工により単芯前駆体線材 (Nb/フィラメント比 = 2.6) に加工した。一部の単芯線材は 163 本束ねて Nb パイプ中に挿入し、伸線加工により極細多芯前駆体線材 (Nb/フィラメント比 = 12.3) を作製した。前駆体線材は移動しながら真空中で通電加熱により 0.25 秒で 1800 付近まで急加熱され、連続的に Ga 浴中を通過し、クエンチされる。その後、線材上の付着 Ga を塩酸で溶かし落とし、真空中で 600 ~ 800 で秩序度向上の後熱処理を行い、4 端子法で T_c 、 J_c を求めた。 $H_{c2}(4.2\text{ K})$ はクレ - マ - プロットの外挿から決定した。

3. 結果

クエンチ状態の線材の T_c は急熱急冷処理時の線材投入エネルギー - 密度の増加 (到達温度上昇) と共に上昇するが、5 J/mm³ より投入量が増えても $T_c=16$ K とほぼ一定となった。後熱処理は T_c 向上に極めて有効であるが、クエンチ状態の線材と同じく、5 J/mm³ 以上のエネルギー - 投入量では T_c は一定となる (図 1)。得られた最高の $T_c=19.8$ K で、遷移幅は 0.3 K 程度で、極めてシャ - プである。

図 2 にこの Nb₃Ga 線材の J_c -B 特性を示した。極細多芯線と単芯線で、化合物層当たりの J_c に差は見られなかった。実用 (Nb,Ti)₃Sn 線材や、開発が進みつつある急熱急

冷・変態法 Nb₃Al 線材に比肩しうる極めて高い J_c が、特に高磁場で得られた。この製法で最初に作った線材がこのような優れた特性を示した事は驚くべき事で、急熱急冷法 Nb₃Ga 線材の実用線材としての高いポテンシャルを示している。なお、得られた最高の $H_{c2}(4.2\text{ K})$ は 32 T であり、実用 (Nb,Ti)₃Sn 線材や、急熱急冷・変態法 Nb₃Al 線材よりずっと高い。

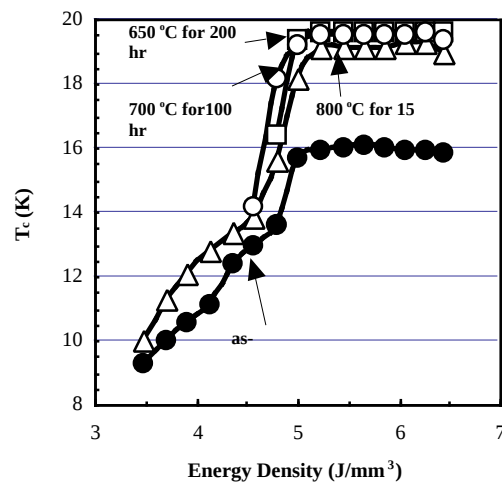


図 1 急熱急冷処理時の投入エネルギー - 密度と T_c 。パラメータとして後熱処理条件を変えている

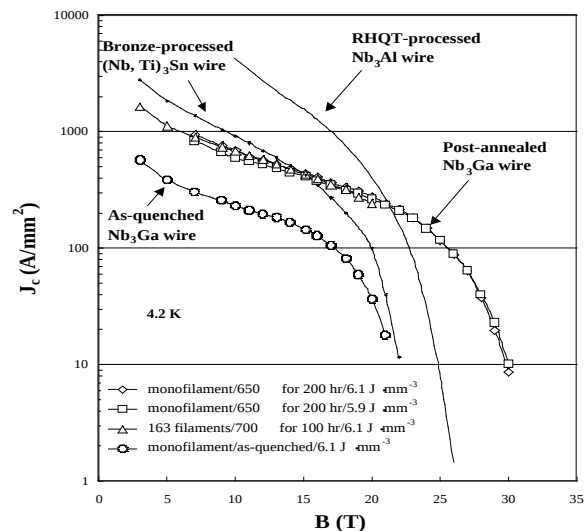


図 2 急熱急冷法 Nb₃Ga 線材の J_c -B 特性。 J_c は化合物層当たりの値。比較のためブロンズ法 (Nb,Ti)₃Sn 線材と急熱急冷・変態法 Nb₃Al 線材の典型的な J_c -B 特性が示してある。