

(Ti, Ta)または(Ti, Ga)を添加した Nb₃Sn の上部臨界磁界及び臨界電流密度特性Upper critical fields and critical current densities of Nb₃Sn doped with (Ti, Ta) or (Ti, Ga)九工大¹, 大阪合金², 物材機構³, 東海大⁴, 応用科学研⁵ ○(M1)田邊 裕也¹, 木内 勝¹,小田部 荘司¹, 松下 照男¹, 文珠 義之², 水田 泰次², 太刀川 恭治^{3,4}, 長村 光造⁵Kyushu Inst. of Tech.¹, Osaka Alloying Works², NIMS³, Tokai Univ.⁴, RIAS⁵°Yuya Tanabe¹, Masaru Kiuchi¹, Edmund Soji Otabe¹, Teruo Matsushita¹, Yoshiyuki Monju²,Taiji Mizuta², Kyoji Tachikawa^{3,4}, Kozo Osamura⁵

E-mail: yuya@aquarius10.cse.kyutech.ac.jp

1. はじめに

超伝導応用で広く使用される Nb₃Sn への少量チタン (Ti) 添加は、Nb₃Sn 層への固溶に伴った空格子点の増加によって、Sn の格子拡散係数を増大し、結果的に Nb₃Sn の結晶成長を促進させる[1]。更に添加により結晶粒の微細化による結晶粒界面の増加とコヒーレンス長が短くなる効果から、臨界電流密度 J_c と上部臨界磁界 B_{c2} が向上する[2]。一方で、タンタル (Ta)、ガリウム (Ga) 添加によっても B_{c2} が向上することから、このような元素添加が更なる Nb₃Sn の特性向上に有効であることが予想される。ただし、様々な元素を添加した場合の最適化に関する調査は十分に行われていない。したがって、高特性を有する新しい Nb₃Sn 材料の開発のためには、どのような元素または組み合わせがどの特性に有効なのかを明らかにする必要がある。

本研究では Nb₃Sn 用ブロンズ (組成: Cu-15Sn-0.3Ti) に、Ta もしくは Ga 元素を添加し、 B_{c2} と J_c 特性へどのような影響を与えるかを調べた。

2. 実験方法

本研究で用いた試料はブロンズに Ti を添加した Cu-15Sn-0.3Ti を出発材料としたブロンズ法 Nb₃Sn である。拡散のために 700°C で 100 時間または 200 時間の熱拡散処理を行った。さらに、Ta と Ga を添加した Nb₃Sn も準備した。試料の諸元を Table 1 に示す。試料のサイズは縦 5 mm × 横 5 mm × 厚さ 2 mm である。 $B_{c2}(T)$ 及び J_c の測定には SQUID 磁力計を用いた。 B_{c2} は直流磁化率の温度依存性から、 J_c は直流磁化測定から求めた。

3. 結果・考察

低温度領域の B_{c2} を、14–16 K の実験結果から WHH 理論[3]を用いて評価した。0 K の B_{c2} を Table 2 に示す。

Table 1 : Specifications of the Nb₃Sn

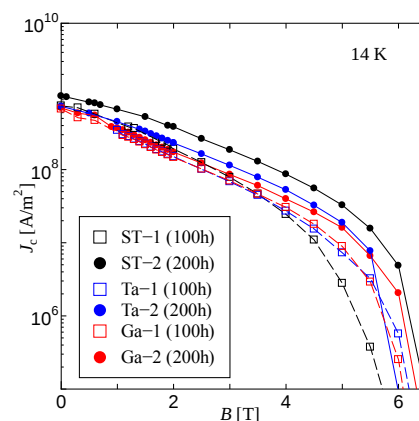
	100 hours of heat treatment	200 hours of heat treatment
Ti addition	ST-1	ST-2
(Ti, Ta) additions	Ta-1	Ta-2
(Ti, Ga) additions	Ga-1	Ga-2

一番高い B_{c2} は ST-2 で、一番低い値が ST-1 と、熱処理時間でも B_{c2} が大きく変化した。また、Ta 添加試料でも同様な傾向が得られた。一方で、熱処理時間が 100 時間で Ta-2 のと同程度の結果になったのが Ga-1 である。原因は現時点で不明であるが、Ga 元素添加は線材作製時間の短縮できる可能性がある。

Fig.1 に各試料の 14 K の J_c の磁界依存性を示す。 J_c が大きいのは B_{c2} が一番高い ST-2 で、悪い特性なのは ST-1 である。また、添加試料に関しても B_{c2} が大きい試料ほど特性がよくなった。ただし、高磁界領域の J_c の振る舞いが各試料で異なることから、 B_{c2} ばかりでなく、不可逆磁界 B_i の影響を受けている可能性がある。ここでは B_i 近傍の J_c 特性を議論するために磁束クリープ・フローモデル[4]を用いて理論解析を行った。解析結果は当日報告する。

Table 2: Estimated $B_{c2}(0\text{ K})$ in each samples by WHH theory.

	ST-1	ST-2	Ta-1	Ta-2	Ga-1	Ga-2
$B_{c2}(0\text{ K})$ [T]	22.4	24.5	22.8	23.5	23.3	22.9

Fig. 1: Magnetic field dependence of J_c at 14 K in each sample.

4. 参考文献

- [1] T. Asano et. al.: J. Inst. Met. Mater. 47 (1983) pp1115-1122
- [2] K. Tachikawa et. al.: J. Appl. Phys. 53 (1982) pp5354-5356
- [3] N. R. Werthamer et. al.: Phys. Rev. 13 23 (1964) pp686-688.
- [4] M. Kiuchi et. al.: Physica C 278 (1997) pp62-70