ハイエントロピー合金 $(TaNb)_{0.7}(ZrHfTi)_{0.3}$ の磁場中超伝導特性

Superconducting magnetic properties in high-entropy alloy $(TaNb)_{0.7}(ZrHfTi)_{0.3}$

九産大 [1]，福工大 [2]，大阪公大 [3]，東北大 [4]　○(M1) 川崎佑太 [1]，西嵜照和 [1]，末吉哲郎 [1]，
北川二郎 [2], 石津直樹 [2]，加藤勝 [3]，野島勉 [4] 淡路智 [4]，佐々木孝彦 [4]
Kyushu Sangyo Univ.[1], Fukuoka Institute of Technology[2], Osaka Metropolitan Univ.[3], Tohoku Univ.[4]
°Yuta Kawasaki[1], Terukazu Nishizaki[1], Tetsuro Sueyoshi[1], Jiro Kitagawa[2], Naoki Ishizu[2],
Masaru Kato[3], Tsutomu Nojima[4], Satoshi Awaji[4], Takahiko Sasaki[4]
E-mail: K22gti03@st.kyusan-u.ac.jp

１．はじめに

ハイエントロピー合金 (High-entropy alloy, HEA) は，5 成分以上の元素がほぼ等原子組成比で単相固溶体を形成する合金である．HEA の超伝導現象は Koželj et al. [1] によって $Ta_{34}Nb_{33}Hf_8Zr_{14}Ti_{11}$ (T_c = 7.3 K) において発見され，その後，$(TaNb)_{1-x}(ZrHfTi)_x$ (x = 0.3 で T_c = 8.03 K) [2] や $Hf_{21}Nb_{25}Ti_{15}V_{15}Zr_{24}$ (T_c = 5.3 K) [3]など, 様々な超伝導 HEA が報告されている．

本研究では，$(TaNb)_{0.7}(ZrHfTi)_{0.3}$ の臨界電流密度 J_c とその熱処理効果から磁束ピン止め特性について調べた．

２．実験および結果

$(TaNb)_{0.7}(ZrHfTi)_{0.3}$ 試料はアーク溶解法で作製された．アーク溶解後の as-cast 試料とアーク溶解後に T_{an} = 200 ~ 1000℃で 4 日間の真空中熱処理を行った試料について SQUID 磁束計で磁化測定を行った．

臨界温度 T_c は，as-cast 試料で T_c = 7.75 K, T_{an} = 1000℃ の試料 で T_c = 7.85 K であった．その差は 0.1 K であり，熱処理は T_c に大きな影響を与えないことが分かった. 図 1 に様々な T_{an} で熱処理を行った試料における T = 4 K での J_c の磁場依存性を示す．as-cast 試料では，ゼロ磁場近傍の J_c は 2×10^4 A/cm^2 程度であり，T_{an} = 400℃ 以下の熱処理では J_c の増加は観測されなかった．これに対し，T_{an} = 600℃では J_c と不可逆磁場が急激に増加し，J_c は 7×10^5 A/cm^2 に達した．さらに高い T_{an} (= 800℃, 1000℃) では J_c は減少傾向を示すが as-cast 試料の J_c よりも 1 桁以上大きい値を示した．以上より，$(TaNb)_{0.7}(ZrHfTi)_{0.3}$ の J_c に対する最適熱処理温度は T_{an} = 600℃であり，NbTi の場合よりも 2 倍程度高いことが分かった．粉末 X 線回折や FE-SEM による EDX 分析を行った結果, 熱処理による格子定数の変化や組成分布の揺らぎが観測されたため，これらの変化と J_c との相関について議論する．

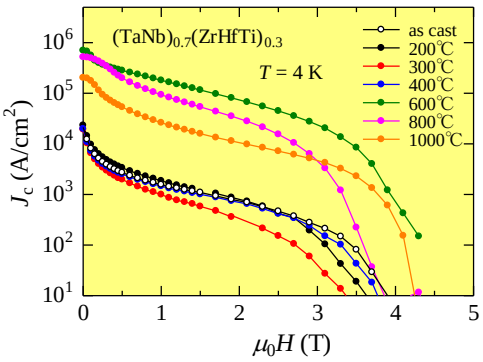

図 1　様々な熱処理温 T_{an} に対する臨界電流密度 J_c の磁場依存性 (T = 4 K).

参考文献

[1] P. Koželj et al., PRL, 113 (2014) 107001.
[2] F. von Rohr et al., PNAS, 113 (2016) E7144.
[3] N. Ishizu and J. Kitagawa, Results in Physics, 13 (2019) 102275.

© 2023年 応用物理学会