TRUQ 法 Nb_3Al 線材の微視的組織と超伝導特性

Microstructure and Superconducting properties of TRUQ Nb_3Al superconductors

NIMS[A], UW-Madison[B]

○伴野信哉 [A],竹内孝夫 [A],二森茂樹 [A],菊池章弘 [A] 飯島安男 [A],Peter J. Lee[B],福崎智数 [A],辰巳憲之 [A],井上廉 [A],湯山道也 [A],和田仁 [A]

N. Banno, T. Takeuchi, S. Nimori, A. Kikuchi, Y. Iijima, Peter J. Lee, T. Fukuzaki, N. Tatsumi, K. Inoue, M. Yuyama, H. Wada

National Institute for Materials Science[A]

University of Wisconsin Madison[B]

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

1. はじめに

従来の変態法 (いわゆる RHQT 法) Nb_3Al 線材では, 変態後の A15 結晶粒内に多数の積層欠陥が観測され, それらが, 化学量論組成の Nb_3Al が本来有する T_c や B_{c2} を低下させていると考えられている．我々は最近，高速な昇温と高温変態とを組み合わせ，それら積層欠陥を抑制し，高磁界特性を大幅に改善させた新しい変態法，TRUQ 法を開発した．TRUQ 法はコイル形状にも適用できる可能性があり，実用的にも興味深い変態法であるが，その特性の向上の要因についてはは明確になっていない．そこで今回，透過電子顕微鏡(TEM)により，TRUQ 法 Nb3Al 線材における超伝導相の微視的組織を観察し，加えてピンニング特性を調べた．

2. 実験方法

TEM 観察試料として，線径 0.98mmφ（急冷後の断面減少率 40%，銅被服なし），Nb 比 0.59 の線材を 1000℃ 1min で TRUQ 処理し，その後 A15 相の規則化のために 750℃ 50h の後熱処理を施した．試料の T_c は 18.3K と従来変態法（17.8K）と比べ非常に高く，TRUQ 処理は良好に行われていると考えられる．観察試料は集束イオンビーム（FIB）加工装置により作製した．

ピンニング特性を調べるための試料には，Cu-clad 線材（$1.81mm^w \times 0.8mm^t$，Cu/non-Cu 比 0.39，Nb/SC 比 0.81）を用い，1000℃ 5min で TRUQ 処理後，800℃ 10h で追加熱処理した．試料を VTI に挿入して J_c の温度特性を測定し，ピンニング特性を求めた．試料温度は cernox センサ（SD タイプ）を試料の直上に設置してモニタした．比較データとして，加工なしの従来 RHQT 線材のピンニング特性も示した．

3. 結果

Fig. 1 に TRUQ 試料における A15 相の TEM 像を示す．RHQT 線材と同様に，A15 相は小傾角粒界で区切られたサブ結晶で構成されており，また A15 相の粒界はなめらかである．依然として粒内には Al 濃度に富んだ積層欠陥が観察されるが，その間隔は従来 RHQT 試料の間隔（約 20μm）に比べ広いように見え，このことが化学量論組成の改善をもたらし H_{c2} の向上に寄与していると考えられる．

Fig. 2 (a), (b)に TRUQ 及び RHQT 線材におけるピンニング特性の温度依存性を示す．横軸はともに，クレマープロットにより求めた B_{c2}^*で規格化した．RHQT 線材がほぼ同一のスケーリング則に乗るのに対し，TRUQ 線材では，低温ほど F_p のピーク位置が高磁界側へシフトする傾向を示した．掃引速度を速くし，試料の温度上昇を極力避けてはいるものの，通電電流が増加したときに，発熱により低磁界側で特性が寝た可能性もある．今後，磁化特性と合わせて検討を進めていく．

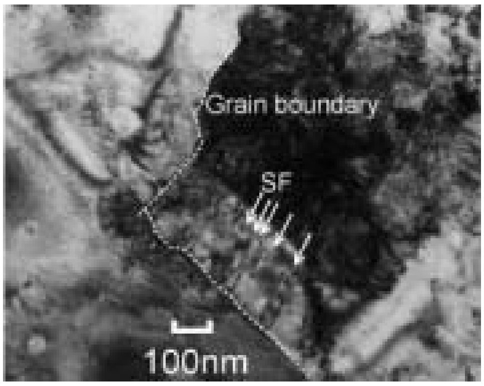
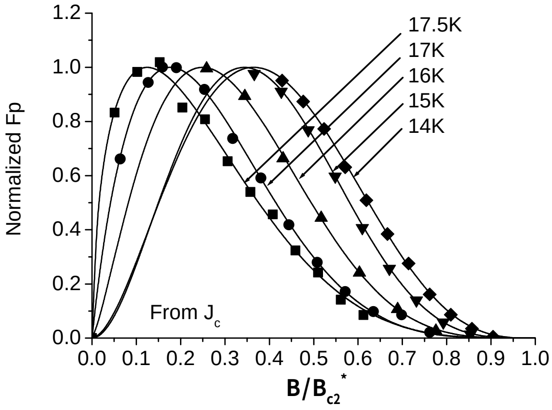
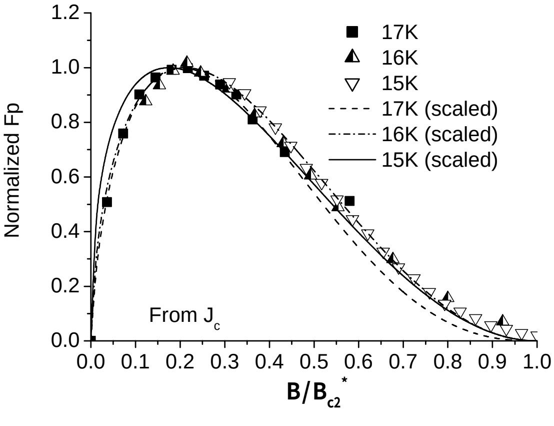


Fig. 1. TEM microstructure of Nb_3Al phase of TRUQ sample.



(a) TRUQ sample (Cu-clad)



(b) Ordinary RHQT (bare and non-deformed)

Fig. 2. Normalized Fp characteristics.