

RHQ-Nb₃Al 線材の臨界電流の引張歪み依存性

Tensile Strain Dependence of Critical Current in RHQ-Nb₃Al Wires

金 新哲¹, 中本建志¹, 飯尾雅実¹, 荻津 透¹, 土屋清澄¹, 山本 明¹, 菊池章弘², 竹内孝夫², 小黒英俊³, 淡路 智³

¹高エネルギー加速器研究機構, ²物質・材料研究機構, ³東北大・金研

X. Jin¹, T. Nakamoto¹, M. Iio¹, T. Ogitsu¹, K. Tsuchiya¹, A. Yamamoto¹, A. Kikuchi², T. Takeuchi², H. Oguro³ and S. Awaji³

¹High Energy Accelerator Research Organization, ²National Institute of Materials Science,

³Institute for Materials Research, Tohoku University

1. はじめに

高エネルギー加速器研究機構と物質・材料研究機構では、将来の加速器応用を目指して、高磁場超伝導磁石用 RHQ-Nb₃Al 線材を共同で開発している。Nb₃Al や Nb₃Sn などの A15 系化合物超伝導線は、優れた超伝導特性を示す反面、応力/歪みに依存して性能が劣化することが知られており、その根本的な理解が高磁場磁石応用のために必要不可欠となる。

RHQ-Nb₃Al 線材において、臨界電流が線材横方向の圧縮歪みまたは螺旋状線材の引張歪みに依存性を示すことは、すでに報告されている^[1, 2]。しかし、これまでに RHQ-Nb₃Al 素線の臨界電流の軸方向引張歪みについては、ほとんど研究されていない。

そこで本研究では、マトリクス材料が異なる 2 種類の RHQ-Nb₃Al 線材に注目し、臨界電流の軸方向引張歪み依存性を詳しく調べた。実験では、東北大学金属材料研究所強磁場センターの 18T マグネット及び引張り歪み印加インサートを利用した。

2. 試料測定

Fig. 1 に試料 A の断面構造を示す。試料 A と B のマトリクス内部の構成材料を Table 1 に示す。試料 A と B はインターフィラメントが同じ Ta だが、それ以外につい

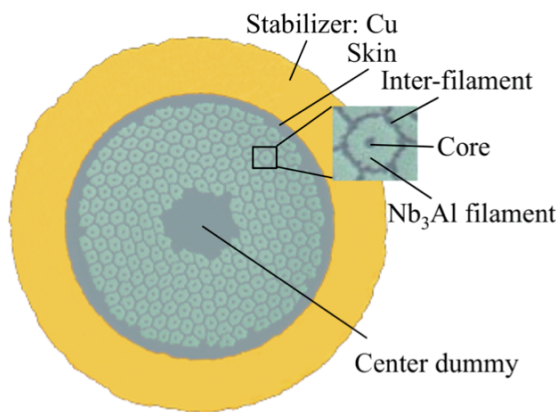


Fig. 1 Cross section of sample A.

Table 1 Matrix materials of samples

Matrix	Sample A	Sample B
Skin	Ta	Nb
Inter-filament	Ta	Ta
Core	Ta	Nb
Center-dummy	Ta	Nb

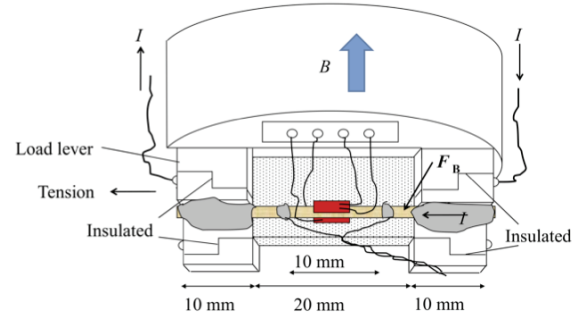


Fig. 2 Schematic illustration of I_c -strain measurement.

ては Ta と Nb で異なっている。

素線は 40mm にカットし、Fig. 2 に示すように両端各 10mm 程度をはんだで電極に固定した^[3]。電圧タップ間距離は 10mm で、その間にお互いに反対面に位置する 2 つの歪みゲージを貼り付けた。この 2 つの歪みゲージの平均値から歪みを求めることで素線の曲げ効果をキャンセルした。印加磁場の方向は図に示すように上向きであり、素線に加わる電磁力 (紙面鉛直方向) は支持板により支持される。実験中、ロードレバーにより電極ご

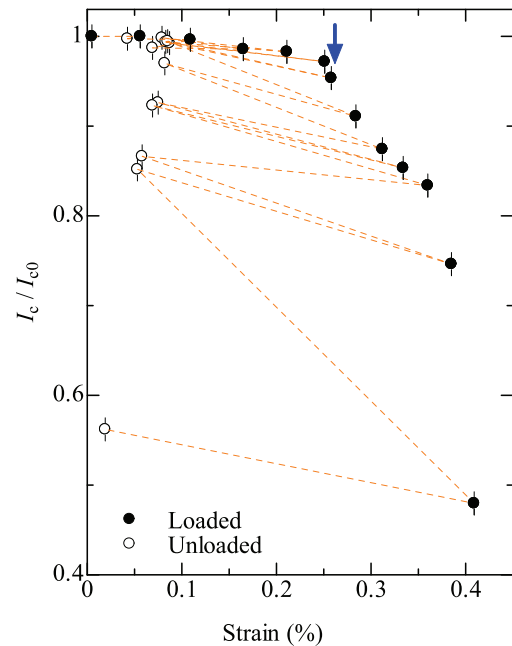


Fig. 3 Strain dependence of I_c for sample A in axial direction.

と素線を左側に引張ることで、素線に引張応力が印加される。

3. 測定結果及び解析

Fig. 3 に試料Aの軸方向引張応力歪みによる臨界電流特性の測定結果を示す。試料は 4.2K、外部磁場 18T において、載荷(●)と除荷(○)を繰り返しながら徐々に荷重を増加させていき、各点で臨界電流を測定した。除荷しても元の臨界電流が再現する最大歪み(いわゆる最大可逆引張り歪み)は、引張応力を印加する前の臨界電流の 98%を基準とした。図中の矢印(↓)が示す様に、試料 A では最大可逆引張り歪みは 0.26-0.28%の範囲にあることが判った。同様の測定を試料 B でも実施したところ、試料 A とは異なり、0.30-0.33%の範囲に最大可逆引張り歪みが存在することが判った。また本測定で同時に得られた応力-歪み曲線から、線材内部材料の塑性変形は、最大可逆引張り歪みよりも前に始まることが判った。

4. まとめ

異なるマトリックス材料を持つ2種類の試料において、臨界電流の線材軸方向引張歪み依存性に違いが現われた。これは、両線材の残留歪みの違いに起因する可能性がある。

参考文献

- [1] A. Kikuchi, *et al.*: IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 15 (2005) p.3372.
- [2] N. Banno, *et al.*: Supercond. Sci. Technol. Vol. 18 (2005) p.284.
- [3] G. Nishijima, *et al.*: IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 20 (2010) p.1391.