撚線加工を施した MgB₂ 多芯線材の X 線マイクロ CT による構造評価

Structure Analysis for Twisted MgB₂ Multi-filament Wires by X-ray Micro-CT

九大¹, 上智大², KEK³, 前川製作所⁴ ^O井上 昌睦¹, 東川 甲平¹, 葛 雅志², 安藤 憲之介², 水落 空², 高尾 智明², 槇田 康博³, 新冨 孝和³, 濱島 高太郎⁴, 木須 隆暢¹

Kyushu Univ.¹, Sophia Univ.², KEK³, Maekawa⁴ [°]Masayoshi Inoue¹, Kohei Higashikawa¹, Masashi Katsura², Kennosuke Ando², Sora Mizuochi², Tomoaki Takao², Yasuhiro Makida³, Takakazu Shintomi³, Takataro Hamajima⁴, Takanobu Kiss¹

E-mail: inoue@ees.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

MgB2線材の実用化においては、複数の素線を撚線加 工した集合導体の開発が不可欠である。このとき、加工に 伴う素線の変形やフィラメントのブリッジング等、素線の局 所構造の把握が重要となるが、現在のところ十分に明らか とされていない。これは、一般的な構造観察手法である SEM や TEM が基本的に 2 次元観察であることに起因し ている。一方、我々はこれまで、X 線マイクロ CT を用いる ことにより超伝導線材の欠陥構造を非破壊かつ 3 次元に 評価できることを報告してきた[1-2]。本研究では、機械加 工を施した 30 芯 MgB2線材内部のフィラメント構造をX線 マイクロ CT を用いて評価したので報告する。

2. 実験

HyperTech 社製の 30 芯 MgB₂線材 (直径 0.83mm、未熱 処理)を 3 本束ねて撚線を作製した。撚りピッチは 13.5mm、 撚線加工後の外径は 1.77mm である。その後、ダイス引き (ダイス径 1.35 mm) による減面加工を行った。

X 線マイクロ CT による内部構造観察は、減面加工前の ものと減面加工後のものの両方に対して行った。いずれの 試料も撚線を解いて熱処理(675℃、1 時間)を施している。 X 線マイクロ CT の空間分解能は 3 µm とした。

3. 実験結果及び考察

Fig.1に、両線材の断面 X線 CT 像を示す。左が減面加 工前、右が減面加工後の線材である。同図より、線材を構 成する銅、モネル、ニオブ、そして MgB2 の構造を明確に 観察できていることが分かる。両者を比較すると、減面加 工後の線材では、丸で囲んだ領域においてバリア材が破 れてフィラメントが接続するような構造が確認できる。これら の部位は、減面加工による圧縮率が高い部位に相当して いることから、減面加工時に生じたことが考えられる。

フィラメントの3次元構造を調べるため、2値化によるフィ ラメント部位の抽出と3次元像の構築を行った。その結果、 減面加工前の MgB2線材ではバリア材を破ってのブリッジ ングが全長に亘って生じていないこと、減面加工後の線材 では、一部のフィラメントを除いて長手方向に断続的なブ リッジングが生じていることが明らかとなった。この様子の 詳細は、フィラメント断面積の長手方向分布(Fig. 2)からも 確認できる。すなわち、減面加工後の健全なフィラメント② の断面積分布は、減面加工前のフィラメント①の断面積分 布に減面率を積したものに相当すること、ファイラメントの ブリッジング(③)は断面積の揺らぎとして観察されることが 分かる。当日は、フィラメントの3次元構造解析の詳細に ついて報告する。

謝辞

本研究の一部は、JST 先端的低炭素化技術開発 (ALCA)「未来の水素利用社会を支える低コスト高性能 MgB2線材の開発」の一環として行ったものである。

参考文献

[1] 井上他 第62回応用物理学会春季学術講演会, 11p-A1-6 [2] 井上他 第76回応用物理学会秋季学術講演会, 14p-4D-8



Fig. 1 Cross-sectional X-ray tomography for both 30-filmanet MgB_2 wires; (a) before area reduction working and (b) subjected to area reduction working at a rate of 16.1 %



Fig. 2 Longitudinal distribution of cross-sectional area for MgB_2 filaments denoted by arrows (1), (2) and (3) in Fig. 1.