

バットジョイントによる接続特性 — NbTi 強制冷却超伝導導体の固相接合 —

(株) 東 芝 ○ 渋谷純市 金井芳治 山本徹 中本一成

Solid State Welding of NbTi Superconductor

by Jun-ichi Shibuya, Yoshiharu Kanai, Tooru Yamamoto, Kazunari Nakamoto

1. 緒言

超伝導導体の一方式である強制冷却超伝導導体は浸漬方式に対して導体を直接絶縁できるなどの特徴を生かし、核融合実験装置などの大型の超伝導コイルに用いられている。

この大型の超伝導コイルを製作する上ではコイル間など導体の接続が必要であり、今までに超伝導フィラメント同志をラップして接続する方法を NbTi 合金の導体に、また導体の端部をかしめた後に突合せて接続するバットジョイントを Nb₃Sn 化合物の導体に、それぞれの導体・コイル仕様に応じた接続技術を開発し、実用化してきた^{1) 2)}。

本報では NbTi 合金の強制冷却超伝導導体を用いたバットジョイントについて検討し、ジョイントサンプルの製作及び接続特性を調査したので報告する。

2. 接続方法

使用した強制冷却超伝導導体は Fig. 1 に示すように、486本の NbTi 合金の超伝導線の素線が、ステンレス鋼からなるコンジットに納められたもので、導体サイズ 31.8×27.5(mm) のケーブルインコンジットである。この導体の主な仕様は Table 1 に示すように、素線径 ϕ 0.89mm、銅比 1 : 4、フィラメント径 ϕ 14 μ m である。

接続はコンジットを除去した後に、導体の素線を鋼パイプに入れ、ボイド率 0% まで半径方向にかしめ、接続面を加工後、真空中で突合せて加熱・加圧する固相接合法である。

Fig. 2 にボイド率 0% までかしめた導体の断面形状を示す。接続後の調査は接続部の断面調査及び接続部に最大 30 kA 通電し、その臨界電流と接続抵抗を測定した。

3. 接続部の特性

接続は再結晶温度以下の 723 K, 面圧 150 MPa, 保持 600 sec の条件で行った。

接続部の断面観察結果は Fig. 3 及び Fig. 4 のマクロ及びミクロ組織写真に示すように、接続部に空隙は認められないが、接合界面は完全に消失していない。

通電試験は接続部から 5mm 角に切り出した縮小サンプルと実機大サンプルで行った。Fig. 5, Fig. 6 は縮小サンプルを用いた接続部の臨界電流と接続抵抗を測定した結果を示す。

縮小サンプルの接続抵抗は 2~5 テスラに於いて 2~6 n Ω であった。一方、実機大サンプルでは Fig. 7 に示すように 0.2~0.4 n Ω であった。この値は断面積比が 1:25 であることを換算するとほぼ一致し、抵抗測定法としての縮小サンプルの有効性が確認出来た。

4. まとめ

NbTi 合金の強制冷却超伝導導体の接続法として、接続部のコンパクト化が可能なバットジョイント法について検討した結果、接続部の低抵抗と大電流を通電しても電磁力による強度上の問題がないことを確認した。本接続法による実機適用の可能性が得られた。

参考文献：1) 2) 渋谷他；溶接学会全国大会講演概要第 59 集 (1996) P254, 第 60 集 (1997) P176

溶接学会全国大会講演概要 第 61 集 ('97-9)

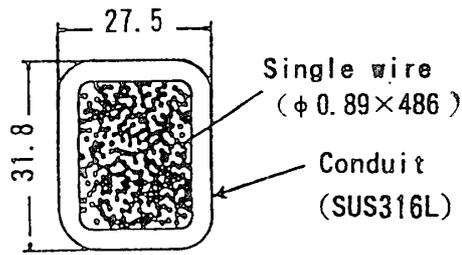


Fig. 1 Cross-section of the Superconducting conductor

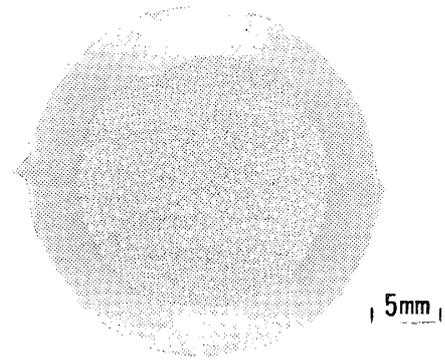


Fig. 2 Cross-section of the conductor (after swaging)

Table 1 Conductor spec.

Void fraction	38 %
Strand configuration	3 ⁴ x6
Strand diameter	0.889mm
Composition(NbTi:Cu)	1:4.16
Filament diameter	14 μm

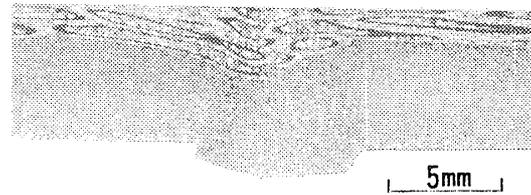


Fig. 3 Macrostructure of bonded area

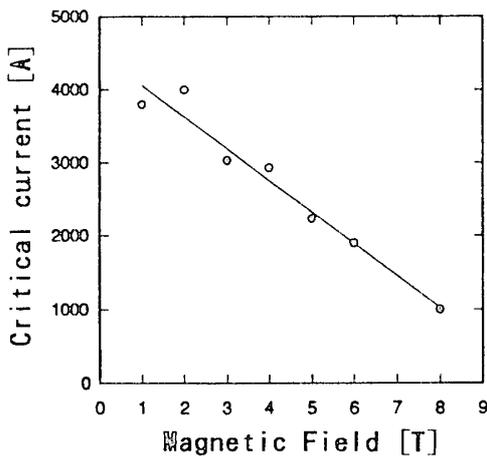


Fig. 5 Critical current of the small scale

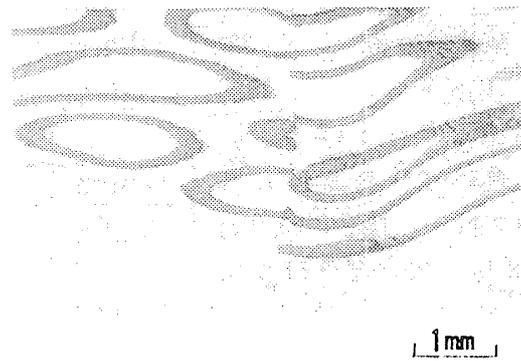


Fig. 4 Microstructure of bonded area

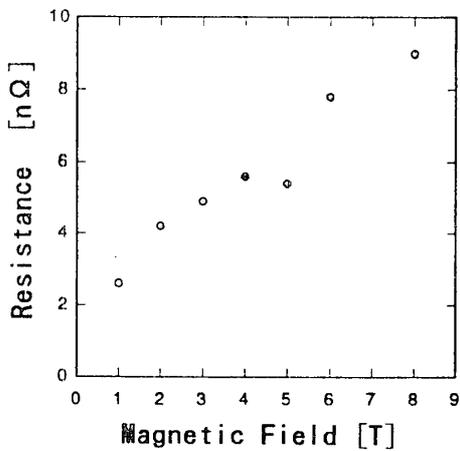


Fig. 6 Resistance measurement of the small scale

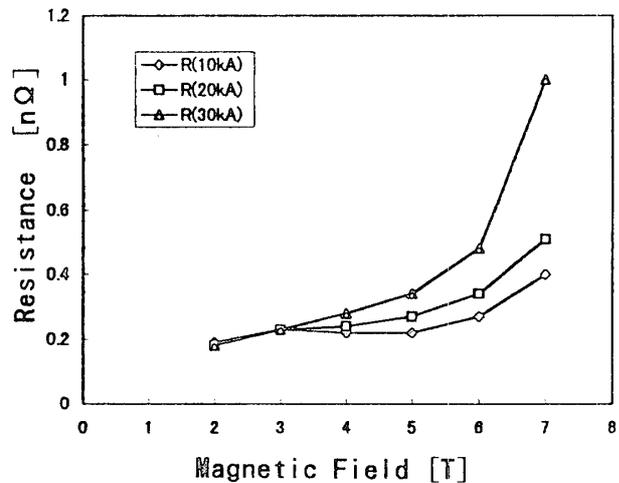


Fig. 7 Resistance measurement of the real scale