

# 高温超伝導線材の音波接合部の引張特性評価

## Evaluation of Tensile Characteristics of Sonic Welding Joints between HTS Tapes

鉄道総研<sup>1</sup>, 九大シス情<sup>2</sup> ○鈴木 賢次<sup>1, 2</sup>, 富田 優<sup>1</sup>, 木須 隆暢<sup>2</sup>

Railway Technical Research Institute<sup>1</sup>, Kyushu Univ.<sup>2</sup>

○Kenji Suzuki<sup>1, 2</sup>, Masaru Tomita<sup>1</sup>, Takanobu Kiss<sup>2</sup>

E-mail: [suzuki.kenji.64@rtri.or.jp](mailto:suzuki.kenji.64@rtri.or.jp)

### 1. はじめに

高温超伝導線材は、簡便な冷却システムによる応用が可能であり、マグネットやケーブルなどへの適用が期待されている。鉄道用超伝導ケーブルを利用した送電では、長距離化に向け、ケーブル長の長尺化が進められている[1]。高温超伝導線材単長の制限やケーブル敷設時の要求により、高温超伝導線材同士を低抵抗で接合する技術が求められている[2]。これまで、多くの接合方法が提案されているが、ハンダや中間金属を用い、加熱処理を必要とするものがほとんどであり、再現性、信頼性を向上するためには、接合条件の正確な管理や熱処理に伴うプロセス時間を許容せざるを得ない。木須らは、音波エネルギーのみによって高温超伝導線材の安定化層界面同士を直接接合する音波接合を用い、ハンダ、中間金属ならびに熱処理を必要とせず、迅速にかつ再現性良く低抵抗の接合を実現出来る事を示した[3]。本研究では、本音波接合について、液体窒素中での引張特性試験を行った結果について報告する。

### 2. 実験方法

高温超伝導線材には、Superpower製の2mm幅銅安定化層付きREBCO線材を用い、超電導層側同士を合わせ、20mmをラップさせた状態(接合面積40mm<sup>2</sup>)で音波接合し、全長100mmの引張試験試料を作製した。引張特性評価は、試料を液体窒素浸漬冷却して張力を印加した状態で、四端子法によってin-situに電流-電圧特性を計測し、接合抵抗値と臨界電流値を取得した。

### 3. 実験結果および考察

Fig. 1に引張応力下での接合試料の電流-電圧特性を示す。グラフの傾きから算出した接合部の抵抗値は110nΩであり、接合抵抗率44nΩcm<sup>2</sup>の低抵抗接合が得られている事が分かる。電流の増大とともに、線形抵抗から外れて非線形に電圧が立ち上がる点は素線の臨界電流 $I_c$ に対応する。引張応力印加前の $I_c$ 値は60Aであり、素線の値と一致しており、接合による劣化は見られなかった。

引張応力の増大とともに $I_c$ は徐々に低下したが、接合抵抗値は変動がなかった。 $I_c$ が初期値の95%に低下する際の引張応力は約400MPaであった。Fig. 2に $I_c$ の引張応力依存性について素線と接合時のものを比較して示す。両者の特性は一致しており、引張応力による $I_c$ の低下は接合部ではなく、素線の劣化によると考えられる。すなわち、音波接合部の強度は素線自体よりも大きく、十分な強度が得られている事を示している。

謝辞:本研究は、JSPS 科研費 JP19H05617ならびにJST 未来社会創造事業、JPMJM17A2の助成を受けて実施したものである。

### 参考文献

- [1] M. Tomita *et al.*, *Energy* **122** (2017)579-587
- [2] H. Maeda *et al.*, *IEEE Trans. Appl. Supercond.* **29** (2019) 4602409
- [3] T. Kiss *et al.*, *ASC2020*, Wk2MPo2A-01

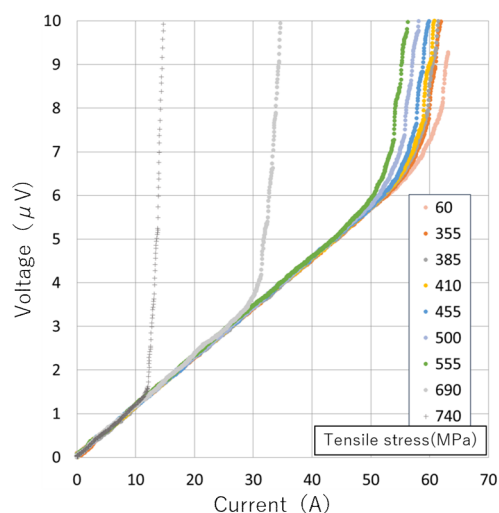


Fig. 1 Current-voltage characteristics of sonic welding joint under the tensile stress

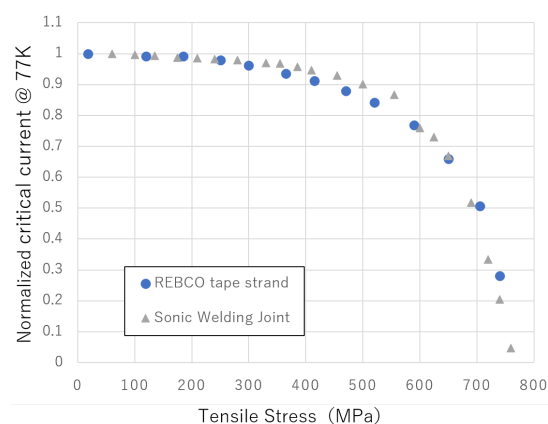


Fig. 2 Comparison of normalized  $I_c$  characteristics between REBCO tape strand and its sonic welding joint under the tensile stress