

イットリウム系酸化物超電導線材

一括式製造法での500m級線材の作成に世界で初めて成功

昭和電線ケーブルシステム株式会社
財団法人国際超電導産業技術研究センター

このたび、昭和電線ケーブルシステム(株)(取締役社長:島津正明:以下CS社、本社:東京都港区)*¹は、(財)国際超電導産業技術研究センター(理事長 荒木浩:以下ISTEC、所在地:東京都江東区)*²と共同で開発を進めているイットリウム系酸化物超電導線材*³を安価・高速製造することができる連続塗布・仮焼システムと電熱パッチ式熱処理製造法のスケールアップを行い、同法による500m級イットリウム系酸化物超電導線材の製造に世界で初めて成功しました。

今回の成果であるイットリウム系酸化物超電導線材は、世界トップクラスに当たる性能〔臨界電流(Ic)x長さ(L)の積(500mx310A=155,000Am):超電導線材の特性を比較する指標〕です。

今回作製に成功した線材の仕様

基板: イオンビームアシスト蒸着法による配向中間層付きハステロイ基板((株)フジクラ製)
線材長: 500m 臨界電流値*⁷: 310A (塗布熱分解法による線材での世界記録)
製造速度: 20m/時 (応用基盤プロジェクトの目標値の4倍の高速製造速度)

イットリウム系酸化物超電導線材の電熱パッチ式熱処理製造法は世界で昭和電線のみが保有する技術であり、この稼働により製造速度で見ると2007年度末の目標であった5m/時を大きくしのぎ、20m/時に到達しました。これにより低コストかつ量産性に優れた安定製造プロセスに目処がつき、実用化の目安とされる線材長を工程上のボトルネック無く製造することが可能になったことによって、今後のイットリウム系酸化物超電導線材の機器応用の進展に寄与できるものと考えられます。

本技術および成果は、ISTEC及びCS社がNEDO)*⁴より2007年度末まで受託した、「超電導応用基盤技術研究開発プロジェクト」(H15FY~H19FY、プロジェクトリーダー:塩原融 超電導工学研究所)*⁵所長代行兼副所長)で開発した技術を用いて達成したものであります。

本技術を用いて製造するイットリウム系超電導線材は、2008年度より開始した(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(:以下NEDO)*⁴から委託を受けて進める「イットリウム系超電導電力機器技術開発プロジェクト」(H20FY~H24FY、プロジェクトリーダー:塩原融 超電導工学研究所)の中で開発する電力機器のうち、超電導電力ケーブルと超電導変圧器の開発に使用する線材として提供を始めています。

なお、今回の成果は、2008年10月27日~29日につくば市で開かれたISS2008及び11月10日~12日に高知市で開催された低温工学会においても、発表しております。

今回製作した超電導線材の超電導層の製造に使われた溶液塗布熱分解法とは、金属元素を混ぜ込んだ溶液を基板上に塗り、これに熱処理を施すことによって超電導層を形成するため

- ①製造工程が簡単。
- ②従来多用されてきた薄膜作製用の真空プロセスが不用。
- ③原料のロスが極めて少ない。
- ④安価で高速製造が可能。

等の特長とする工業化に適したプロセスです

今回さらに、超電導層の材料として ISTEK において開発された大電流が流せる技術(混ぜ込む金属元素の比率を調整と超電導層の厚膜化により1本当たり735A通電:世界最高値)を長尺線材に適用しています。

また、処理工程における製造速度を上げるため、次の二つの工程でスケールアップを図りました。

①基板上に溶液を塗布して前駆体膜を作製する工程の大型化と高速化。

これは、ISTEKにおいて開発されたマルチターン機構を持つ連続塗布・仮焼システムの技術移管を受け、弊社において大型化とそれに伴う製造条件の最適化を図りました。

②前駆体膜を結晶化する電熱バッチ式炉を用いた熱処理において、一度に長尺(500m長)の超電導線材を処理することができる大型の電気炉を設計し、導入。

電熱バッチ式熱処理炉は、炉内が密閉空間であるため安定した炉内環境を保つことが可能であり、量産向きの電気炉として知られています。我々は、既に2007年1月から200m長の線材を作製するための炉を稼働させて製造歩留りが高いことも確認できております。

今回は電気炉の大型化に伴い、流体解析システムを適用して炉内でのガスの流れを最適化する工夫を行い、投入した線材の全長にわたる均一な反応を実現しました。

これにより、これまで発表されている気相プロセスを使ったものに比べ、本プロセスによる超電導層の作製コストは大幅に安価となり、酸化物超電導線材の実用化を加速することが期待されます。

現在、更なる低コスト化についても開発を進めており、NEDO 殿から ISTEK を通じて再委託を受けて進めた超電導応用基盤研究開発(第Ⅱ期)プロジェクトで開発したニッケル合金基板*6を用いる事によってプロセスを簡略化させ、更なるコストダウンが期待されております。

【報道関係お問合せ先】

○昭和電線ホールディングス株式会社

総務統括部 広報課 担当:菅井

〒105-0003 東京都港区虎ノ門1丁目1番18号

TEL:03-5532-1911(直通)FAX:03-3503-4506

【技術に関するお問合せ】

○昭和電線ケーブルシステム株式会社

技術開発センター 超電導プロジェクト 担当:青木

〒229-1133 神奈川県相模原市南橋本4丁目1番1号

TEL:042-773-7163(直通)FAX:042-773-7291

○財団法人国際超電導産業技術研究センター

超電導工学研究所 担当:和泉

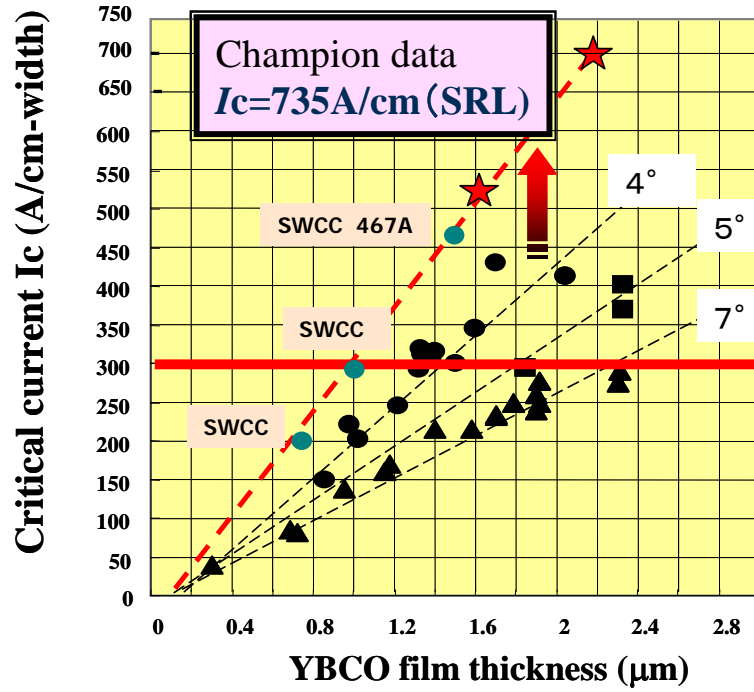
〒135-0062 東京都江東区東雲一丁目10番13号

TEL:03-3536-57(代表)FAX:03-3536-5717

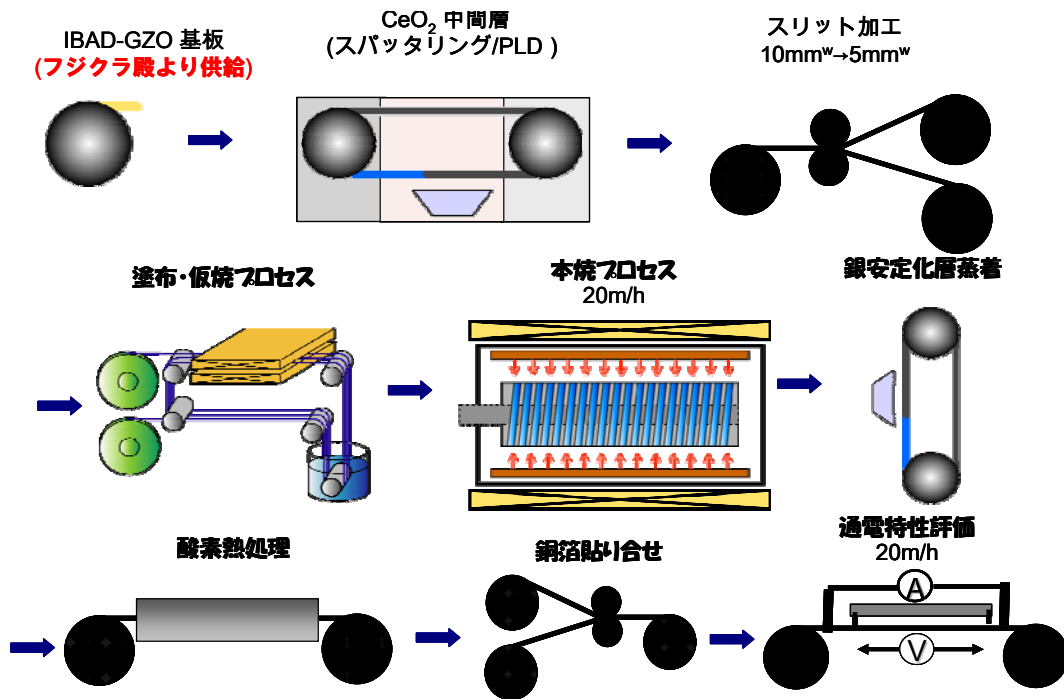
- * 1 昭和電線ケーブルシステム(株) : <http://www.swcc.co.jp/cs/>
- * 2 (財)国際超電導産業技術研究センター : <http://www.istec.or.jp/index-J.html>
- * 3 イットリウム(Y)系超電導体: 高温超電導体の一種。高温超電導体とは、77ケルビン(−196°C)以上の温度でも超電導状態となる物質のこと。イットリウム系超電導体は、イットリウム(Y)・バリウム(Ba)・銅(Cu)・酸素(O)から構成される酸化物。
イットリウム系酸化物超電導線材は臨界電流密度が大きく、安価な液体窒素中(マイナス196°C)で大電流が流せ、磁場中での通電特性も良好であることからあらゆる超電導機器への応用が可能であり、機器の小型化や省エネの観点から実用化が期待されている線材です。また、この線材は従来のビスマス系酸化物超電導線と比較して、被覆材として使われている銀の使用量が極めて少ないことから、特性の高さと共に低コストの酸化物超電導線材として期待されています。
- * 4 (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 : <http://www.nedo.go.jp/>
- * 5 超電導工学研究所: (財)国際超電導産業技術研究センター(ISTEC)の研究部門。Superconductivity Research Laboratory の頭文字を取って SRL と略す。(塩原融 所長代行兼副所長), 所在地: 東京都江東区東雲。
- * 6 ニッケル合金金属基板: 金属を強圧延加工すると結晶の向きが揃う事が昔から知られており、イットリウム系酸化物超電導体の結晶格子と結晶格子の長さが近いニッケルを配向させて基板として利用する。タングステンの濃度を上げる事でニッケルの磁性を低くする事が出来るが、濃度を上げすぎると材料が硬くなって加工性が悪くなり、配向度も低下する傾向がある。
- * 7 臨界電流値: 超電導状態を維持しつつ流し得る最大の電流値を臨界電流といい、この値は温度、磁場の強さに依存する。これを、単位断面積あたりに流れる電流値として算出したものを臨界電流密度という。

今回開発した線材は1センチメートル幅換算で 310A の臨界電流値^{*7}を持ちます。この値は単位面積(1平方センチメートル)あたりに約2百万 A の電流値を流していることに相当し、従来のビスマス系超電導線材と比べて 40 倍の電流密度を持つことを意味します。線材の構成は金属テープの基材の上に Gd₂Zr₂O₇(ガドリニウムとジルコニウムの酸化物)と CeO₂(セリウム酸化物)の2層の中間層を備え、その上に作られた 1.5 ミクロンの厚さを持つ酸化物超電導層から構成されています。

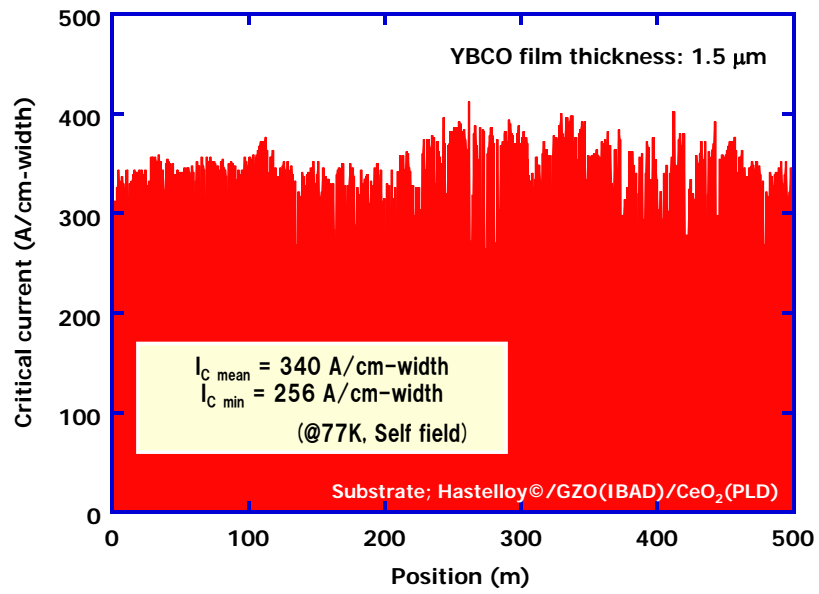
溶液塗布分解法における厚膜化による臨界電流向上と出発組成の制御によるさらなる特性向上



昭和電線における長尺イットリウム系線材の製造の流れ



今回開発したイットリウム系超電導線材の特性



500m 長 イットリウム系超電導線材

