

電子・情報工学専攻	学籍番号	953307	指導教官氏名	太田 昭男 張 平祥
申請者氏名	稲田 亮史			

論文要旨 (博士)

論文題目	銀シース Bi 系 2223 相高温超伝導導体の交流電損失に関する研究
------	-------------------------------------

銀シース加工法を用いて作製した、様々な形状を有する $(\text{Bi,Pb})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ (Bi 系 2223 相) 高温超伝導線材、および複数の線材から構成される集合導体を試料として、液体窒素温度 (77K) における交流電損失特性を測定した。

任意の断面形状を有する超伝導体の電流分布、自己磁界分布および交流電損失を計算する方法を開発した。この計算方法の妥当性は、楕円断面テープの損失の計算結果が、Norris の方法から導かれる損失理論値と一致することにより確認した。長方形断面テープの損失値は、臨界電流 I_c 近傍の通電電流振幅 I_0 に対しては、厚さ 0 の超伝導薄帯テープ (thin strip) の損失理論値とよく一致する。しかし、 I_0 の減少に伴い計算結果は理論値からずれていくことが判明した、この不一致は、長方形テープ断面の幅と厚さの比で定義されるアスペクト比の減少と共に深刻になる。

銀シース丸線試料の通電損失は、超伝導フィラメント内で発生するヒステリシス損失と銀シース領域で発生する渦電流損失の和で表される。ヒステリシス損失は、超伝導フィラメントの数によらず、臨界状態モデルから予測される円柱型超伝導体の損失値よりも低い値を示すことが判明した。丸線試料では、超伝導コア内の微細構造の不均一性を反映して、線材表面近傍の臨界電流密度 J_c が中心部よりも著しく高い値となる。これに起因して、丸線試料内で発生する通電損失は、臨界状態モデルから導かれる損失値よりも低い値を示す。

銀シーステープ線材の通電損失は、線材の形状に関係なく超伝導フィラメント内で発生するヒステリシス損失が支配的である。また、テープ断面内における局所的な J_c の差異は、通電損失の振る舞いに影響を及ぼすほど深刻でない。しかしながら、多芯テープの通電損失は、楕円断面テープおよび超伝導薄帯の損失理論値と厳密には一致せず、その振る舞いは、テープ内の超伝導フィラメントの配置に依存して複雑に変化することが判明した。フィラメントが列状に配置されたテープはそうでないテープと比較して低い損失値を示す。これは、テープ内の filed-free core (FFC) が列状にブロック化されたフィラメント群ごとに分割され、FFC とテープエッジ近傍のフィラメントを鎖交する磁束が抑制されることに起因する。

抵抗性材料をバリア層としてテープ面に対して平行に配置することによって、多芯テープ線材の通電損失は著しく低減される。この結果は、通常の銀シース多芯テープと絶縁テープを交互に積層したモデル導体の損失測定結果と定性的に一致する。バリア入り多芯テープにおける通電損失の低減は、バリア層により電気的な結合が抑制されたシート状のフィラメント群ごとに FFC が分割されることにより、線材内で発生する損失が全体的に抑制されることに起因すると考えられる。

複数の多芯テープから構成される集合導体の通電損失は、テープ単体の場合と同様に、主に導体を構成するテープ素線のエッジ部分で発生する。しかしながら、その大きさは、素線内の超伝導フィラメントの配置や、導体内の素線配置に依存して大きく変化する。これらの結果は、導体を構成するテープ素線の形状や導体構造の最適化が、送電ケーブルなどの集合導体における通電損失の低減に有効であることを示唆している。