

重点産業利用課題報告書

課題番号 2007B1852

実施ビームライン BL19B2

実験責任者 京都大学 工学研究科 奥田浩司

課題名

商用高温超伝導テープ材における低温での超伝導層の曲げ歪状態解析の基礎検討

高温超伝導複合線材は年々その臨界電流値や最大製品長さ、保証条件など、製品としての性能を向上させてきており、無磁場条件の臨界電流値としてはすでに Ag/Bi2223 系では 200A、薄膜材では 300A クラスがカタログ化されている状況にある。このような高性能材料の安定利用のためには、実装に近いような変形あるいは応力環境下において、脆性材料である超伝導層に実際に負荷されている歪の定量評価と制御が必要となる。現状は残留歪制御による破断歪調整などの構造設計が力学データからの推定計算となっており、実際に内部応力が設計のとおりか、あるいは設計が最適であるかについては間接的な判断である。われわれは SPring-8 での室温におけるその場引っ張り、曲げ試験にともなう超伝導複合材料の歪のその場測定実験を 2005B、2006B において進めてきており、負荷下にある超伝導線材の歪を明らかにすることに成功した。しかし実際の材料の使用時には室温 液体窒素温度間での熱歪に起因するさらなる内部応力の変化が予想されており、超伝導材料に対しては圧縮応力となる熱歪が室温曲げ変形ではダメージを受けないという結果が得られた圧縮側の破断を引き起こしている可能性も予想される。実使用で想定される液体窒素温度近傍への冷却によって歪状態がどのように変化するかを実測することは重要である。

そこで、液体窒素デューワーによる冷却により、超伝導線材を直接冷却して歪状態をその場観察することを目的とした測定をおこなった。申請時の予定では液体窒素デューワーによる曲げに伴う評価を予定していたが、回折計の都合でビームラインを BM に変更し、かつ配分ビームタイムが申請ビームタイムより少なかったため、その後の実験装置の効率化などの改良によっても冷却測定では曲げ試験の片側のみしか



図 1 作成した多軸回折計へのマウント可能な液体窒素冷却試料ホルダーの設置状況。本実験ではホルダを透過配置でのみ利用した。

測定できない事が判明した。そのため今回は冷却曲げに必要な測定精度と実験手順を評価することを目的として曲率半径 $R=$ (曲げなし) の試料を使った冷却実験をおこなった。

図2は得られた highIc 仕様の超伝導複合線材中の Bi2223 相が受ける軸方向の圧縮残留歪に対応する回折プロファイルの変化である。図の回折パターンより、冷却による明瞭な収縮の他、冷却に伴って Bi2223 相の残留歪自体の増加も確認できた。残留歪は室温試料で約 0.02% -0.05% に対し、冷却によって圧縮残留歪は約 0.1% 強増加していることがわかった。図3は2006Bの課題によって得られた曲げ試験での曲げ圧縮側と曲げ引張り側の Bi2223 層の歪の評価例である。図3に示す室温曲げ歪に関する結果 (Scr.Mater., 2008) からは、室温においては曲げの圧縮側、引張り側では異なる破壊挙動を示すことが明らかになっているが、2007B 期の実験結果と、2006B 期の実験評価による測定時間などの見積もりから、低温での曲げ歪測定の定量化には、挿入光源を用いて1セットで少なくとも約4シフト程度の時間が必要になると予想される。これは曲げ評価の場合に Ag 表面層による吸収が強く影響するために回折強度が約1%まで低下することが主たる理由であり、複合材料を試料として使う場合の本質的な影響であるため、回避できない。吸収効果により長時間測定が必要になることから、温度安定性などの課題も浮上しており、次の測定の焦点を何所に絞るかについての検討を進めている。

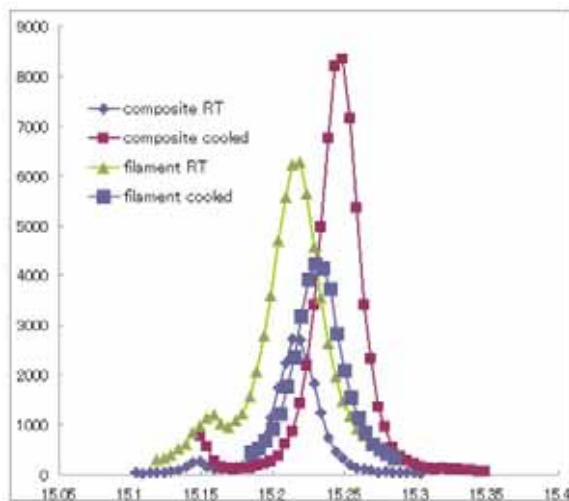


図2 Bi2223 層の透過回折プロファイルの温度による変化。Ag/Bi2223 複合テープと Bi2223 単独繊維 (抽出材) のピーク位置の差は複合化による残留歪負荷によるものである。

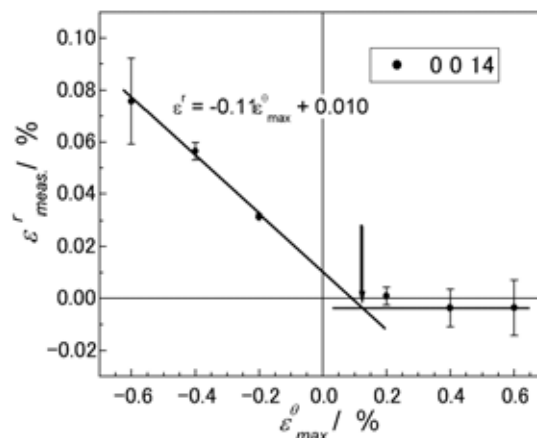


図3 室温で Ag/Bi2223 複合線材における Bi2223 層の曲げ変形下での歪の評価。圧縮側では Bi2223 繊維の破壊が大きな歪まで起こっておらず、弾性変形が維持されていることがあきらかとなった。

参考文献

H. Okuda, et al., ' In-situ strain measurements of Bi2223 superconducting filaments in Multifilamentary Ag-sheathed Bi2223 superconducting tapes ' *Physica C* 411(2004)114-119.

H. Okuda, et al., ' In-situ synchrotron- radiation measurements of axial strain in laminated Bi2223 superconducting composite tapes at room temperature' *Scr.Mater.* 55(2006)691-694.

H. Okuda, et al., ' Assessment of strain of Bi2223 filaments in bent Ag-sheathed superconducting composites by synchrotron radiation' *Scr. Mater.*,58(2008) 687-690.