

# 高温超電導バルク材の機械的特性改善による磁場特性向上

一般に使われている永久磁石は、元素の磁気モーメントで磁場の大きさが決まってしまうため、発生できる磁場はせいぜい1テスラ程度です。しかし、高温超電導バルク磁石となると、強い磁束ピン止め効果を利用して臨界電流密度を高くすることにより、永久磁石の10倍以上の磁場を発生することが可能です。

そこで極低温の冷却や液体ヘリウムの使用が必要ない、比較的安価でコンパクトなシステム応用を目指した、高温超電導の研究を進めています。

バルク体は、磁石化する場合に外部から磁場を与え捕捉しなければなりません。この捕捉した磁場が磁石の発生磁場となります。ところが、バルク材料は機械的強度で捕捉磁場が制限されるといった問題があります。材料強度が不十分であると、磁場中で捕捉を行う際、バルク体内部に電磁力が働き、バルク体内部に破損が生じるからです。小さな破損は1テスラ以下でも発生し、5テスラを超えるとバルク全体に割れが生じるほどにもなります。また、冷却および昇温時の熱ひずみによっても内部応力が発生します。その結果、発生磁場特性の劣化を引き起こし、高温超電導の実用化の妨げになっています。

そこで、ポイドや微少クラック部を直接強化するため、バルク材料を樹脂で真空中にて含浸する技法を提案しました(図1)。含浸材としてはバルク体が超電導を損なわない200℃以下の温度、すなわち150℃以下で低粘度が得られ、バルク材とのなじみ性がよく、超電導状態への阻害も少ないエポキシ系樹脂が最適と考えました。微少クラック進展を防ぐことが材料強度の向上に効果的で、樹脂含浸を施し微少クラック内に樹脂を浸透させることで、機械的特性を向上できます。曲げ試験によって、劈開面に平行方向の強度は約2倍、劈開面に垂直軸方向の強度は、約1.5倍も高くなることがわかりました。図2に磁場捕捉の繰り返し測定による発生磁場特性の変化と磁場分布を示します。樹脂含浸を施していないバルク体とは対照的に、樹脂含浸バルク体の特性は劣化がほとんど見られないことがわかります。樹脂含浸技術は発生磁場の安定を図る上で、合理的な強化法として世界的に注目を受けています。

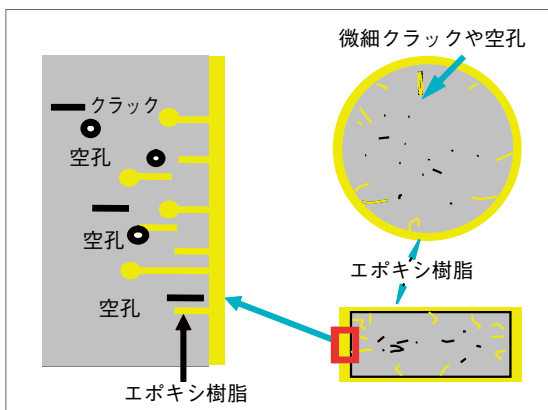


図1 超電導バルク体の樹脂含浸技術

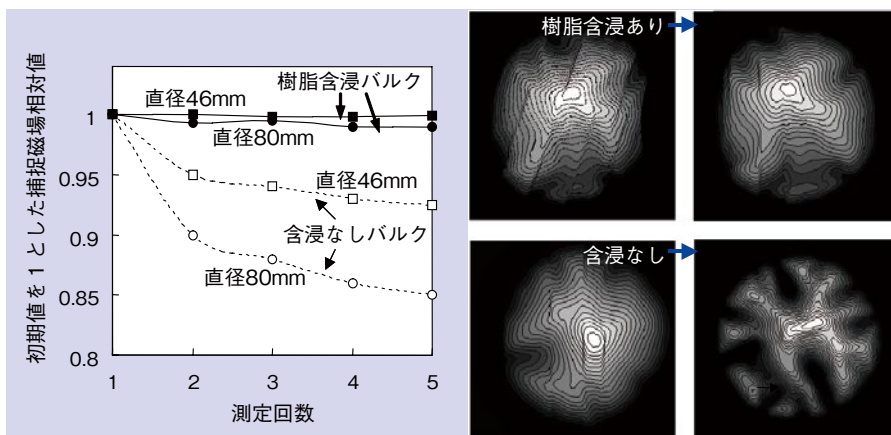


図2 超電導バルク体の繰り返し着磁による捕捉磁場変化

## 発明余話

超電導バルク材料は熱膨張係数が大きくかつ熱伝導率が小さいことと、異方性が強く劈開しやすいことから、製造時の冷却過程において試料内部と外部で引張応力が発生し、結果クラックが生じてしまいます。このクラックがバルク材料の強度を低下させていると考えられていましたが、推定の域を出ませんでした。

そこで、発明者はバルク材に繰り返し負荷を与え、破壊に至るまでの内部観察を試み、この間、同時にバルク体の捕捉磁場を計測し、内部クラックの進行と捕捉磁場値の劣化度合いから両者の相関性を確認しました(図3)。この実験でクラックの進行が発生磁場の低下を招くことがわかりました。

バルク材料には、製造の冷却過程で、試料内部と外部で引張応力が発生し、微小クラックが形成されてしまうといった望みがたい特徴を有しています。実験の中で、このことが超電導バルク体のクラック破壊を生成しやすい要因であると確信しました。これまで、強度不足の抜本的な対策はなく、ドイツの研究グループは、バルク体を鉄等の金属で覆う等といった工夫をしていました。この方法では、磁場は密閉空間でしか得られず、自由空間で利用できません。また、バルク体の外部からの補強で

### 《権利メモ》

発明の名称：酸化物超電導体及びその製造方法

概要：電磁力や熱歪等の内外力や腐食環境に影響されずに捕捉磁場の確保や長期にわたる性能維持が可能な酸化物超電導体及びその製造法を提供する。

出願番号：特願平10-361722 (1998.12.18)

公開番号：特開2000-178025 (2000.6.27)

登録番号：特許第3144675号 (2001.1.5)

総発明者：富田優

共有者：(財)国際超電導産業技術研究センター

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構

は材料マトリックスそのものを強化していないため、ボイドやクラック部に集中して発生する局所的な内部応力を緩和することはできません。よって、内部クラックそのものの進行は防げないため、磁場の劣化が生じやすく、抜本的な解決策が望まれていました。

この発明によって、機械的強度は飛躍的に伸び、実用に不可欠な特性劣化を防ぐことができました。

また、後に発明される熱的安定性技術との複合によって、極めて高い磁場の発生が可能となる基礎技術です。

(材料技術研究部 超電導応用 富田 優)

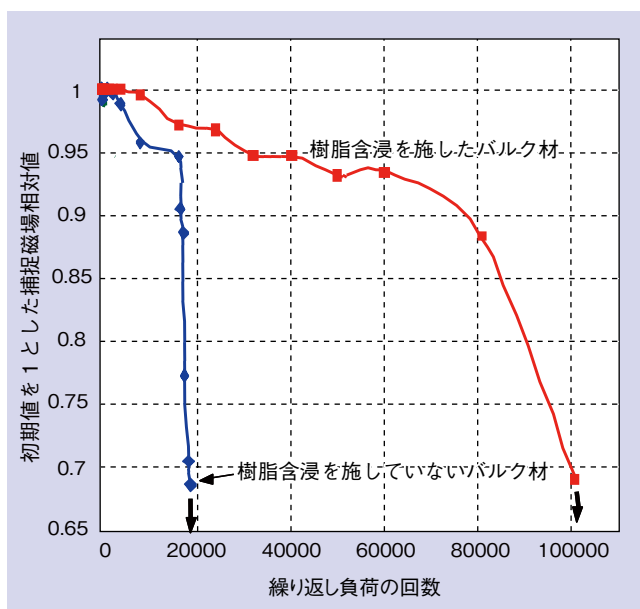


図3 超電導バルク体の負荷回数による磁場値

※記事に関するお問合せ先 情報管理部(知的財産)  
NTT:042-573-7220 JR:053-7220