

MgB₂超伝導線材の中性子回折によるひずみ測定

Strain measurements of MgB₂ superconductive wire by neutron diffraction

利用者 土屋 佳則¹⁾、茂筑 高士¹⁾、藤井 宏樹¹⁾、河村 幸彦¹⁾、鈴木 裕士²⁾、
町屋 修太郎³⁾、長村 光造⁴⁾

Yoshinori TSUCHIYA, Takashi MOCHIKU, Hiroki FUJII, Yukihiko KAWAMURA, Hiroshi SUZUKI,
Syutarou MACHIYA, Kozo OSAMURA

所属 1)物質・材料研究機構、2)日本原子力研究開発機構、3)大同大学、4)応用科学研究所

キーワード MgB₂超伝導線材、極低温引張装置、低温応力下その場中性子回折測定

1. 目的

MgB₂は金属系超伝導物質の中で最も超伝導転移温度が高く(39K)液体水素温度(20K)で使用でき、軽元素で構成されるため軽量で、様々な分野で実用線材としての応用が期待される。MgB₂は超伝導接合に粒子配向が不要であることから、種々の線材 製造方法が開発されている。MgとBの粉末を金属管に詰め、線材加工後の熱処理によってMgB₂を生成するin-situ法、MgB₂粉末を金属管に詰めて線材加工するex-situ法などが用いられる。MgB₂線材には磁気的不安定性を克服するためのフィラメント微細化や、添加物によるピン止め導入などの試みもあり、製造方法による応力・ひずみ 効果を考察するため、線材被覆材内部の超伝導相のひずみ測定を中性子回折により実施した。本研究では残留応力測定用中性子回折装置RESAと中性子応力測定装置RESA-II、中性子回折用低温引張試験装置^[1]を用いて、製法がより簡便であり工業的に有利なex-situ法で作製したFeシースのMgB₂超伝導線材に外部ひずみを加えたときのMgB₂変形挙動を、動作温度を想定した20Kでその場観察する。

2. 実験方法

試料

天然のボロンは質量数の異なる¹⁰Bと¹¹Bから成り、このうち¹⁰Bは中性子吸収断面積が大きく、天然比のボロンを使ったMgB₂では中性子線による回折ピークはほとんど検出されない。本研究では¹¹Bを用いてMgB₂粉末を焼成し、ex-situ法によりFeシースのMgB₂線材を作製して試料とした。作製したMgB₂で主要な中性子回折ピークが観測できることをRESA-IIで確認している。実験に用いた試料の詳細を以下に示す。

試料：FeシースMg¹¹B₂テープ線材(4.8mm×0.55mm×120mm) 1枚

Mg¹¹B₂はMg粉末と¹¹B粉末を混合し、880℃、8時間Ar雰囲気中で加熱処理して合成した。合成したMg¹¹B₂粉末をFe管に詰め、線引きしてテープ状にした後、真空中で950℃24時間加熱処理した。

中性子回折測定

JRR-3の残留応力測定用中性子回折測定装置(RESA)に極低温応力負荷装置を設置し、低温応力下で中性子回折のその場測定を実施した。線材に段階的に応力を付加してその都度Mg¹¹B₂の応力方向に対する回折ピークを測定した。図1、2に装置と試料装着状況を示す。測定したMg¹¹B₂面間隔からひずみ値を算出し、負荷応力との関係を求めた。

波長：1.5945 Å、荷重：30~390 N(破断時荷重は550 N)、温度：20 K

回折面：MgB₂(110)面(2θ~62.3°)

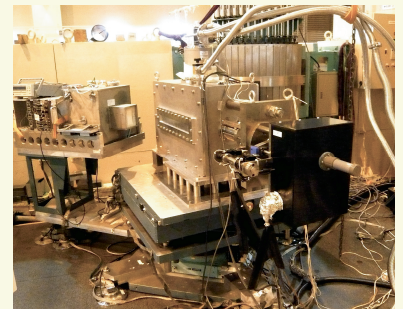


図1 極低温応力負荷装置を同架した残留応力測定用中性子回折装置RESA

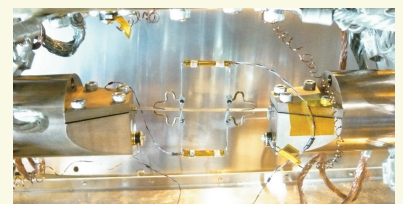


図2 試料装着状況

3. 実験結果

図3に線材軸方向に対するMgB₂(110)面回折ピークの負荷応力による変化を示す。回折測定で得られた面間隔から初期荷重30Nを基準として各負荷荷重でのひずみ値を算出した。

図4に応力とMgB₂(110)面のひずみ値の関係を示す。応力60Nまでひずみ値は直線的に増大し、それ以上の応力でひずみ値はあまり変化しない。同時に測定した線材全体の伸びは負荷荷重全域にわたって直線的に増大しているが、60N付近でその増加量が減少する。負荷応力60NでMgB₂相が降伏したか、粒子の移動が生じ、線材全体のひずみ値にも影響していると考えられる。また、線材としてのMgB₂相100面の回折弾性定数は約100GPaと算出された。ハルクヤング率参考値：E=167GPa(室温)^[2]

4. まとめ

MgB₂線材の低温応力下その場中性子測定により、線材全体のひずみとMgB₂相のひずみの関係が明らかになった。MgB₂相は負荷応力60Nまで線材全体の伸びに応じて弾性的にふるまう。また本研究により、初めて線材中のMgB₂相の回折弾性定数が求められた。

5. 参考文献

[1] Y.Tsuchiya, H.Suzuki, T.Umeno, S.Machiya and K.Osamura, Meas. Sci. and Tech., 21 (2010) 025904.

[2] F.Cordero, R.Cantelli, G.Giunchi and S.Ceresara, Phys. Rev. B.64.(2001) 132503.

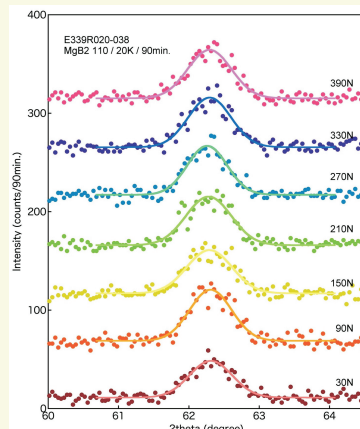


図3 MgB₂(110)面回折ピークの負荷荷重による変化(温度：20K)

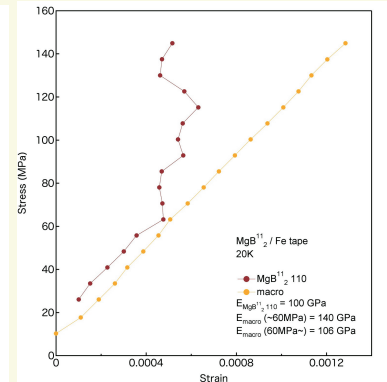


図4 応力-ひずみ線図