

強磁場環境下の熱処理による材料組織制御 Structural Control of Materials in High Magnetic Field

(株)ケーヒン 保科 栄宏, 原川 俊郎
東北大・金研. 高橋 弘紀
H. Hoshina¹, T. Harakawa¹, and K. Takahashi²
¹ Keihin Corporation

² Institute for Materials Research, Tohoku University

1. はじめに

磁気エネルギーを利用した新しい材料組織の制御については近年注目され[1]、産業への応用が検討されている。特にヘリウムフリーの超伝導マグネットの開発をきっかけに、研究、報告が多くなされるようになった。

たとえば配向組織形成プロセスとしては、Bi-Mn 合金において、急冷凝固組織の粗大化過程で強磁場を印加する事により、BiMn 化合物を配向できる事が報告されている。[2] [3] また、同様の組織配向制御に関するものでは、“鉄系スーパーメタルプロジェクト” [4]において、炭素鋼を強磁場中で逆変態させることで、磁場の印加方向に配向した特異な組織が得られることが報告されている。ここで得られた組織をもとに、超微細粒鋼の創製につながるなどの報告がある。

一方、このように物理学的、金属学的な現象に対する磁場の効果が多くの研究者によって明らかにされつつあるが、その磁場効果の起源や理論的な基盤の構築については、いまだ途上の段階である。今後、この分野をさらに発展、確立したものとする為には、より信頼の高い基礎的な実験データを積み重ねていくことが不可欠であると考える。

そこで我々は、磁場による組織制御の可能性を検討するために、高真空・高温の環境下において安定した磁場中熱処理が行える装置を製作して、材料の組織変化に対する磁場の影響を調査してきた。本報では実施概要について報告する。

2. 装置概要

超伝導マグネットにより得られる有効磁場の領域は限られた空間であり、特に試料の大きさが限られる中で磁場の効果を確認していく場合、試料の酸化などの外的要因を排除することが不可欠となる。特に 1000℃を超える温度領域においては、その傾向が顕著であることから、安定した処理の実現にあたっては、高真空下での処理を行えることが重要となってくる。今回、このような観点について、特に配慮し、Fig.1 に示す構成としている。

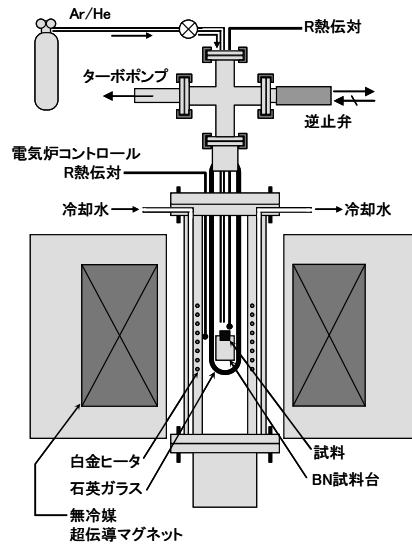


Fig.1 Experimental setup

既存の磁場中熱処理炉として構成されている、内径 100mm φ を有する超伝導マグネット (10T-CSM) と外径 50mm φ、内径 22mm φ の電気炉をベースに真空熱処理炉の部位を製作した。真空熱処理炉は、電気炉の規格上限である 1200℃ に対応できるように、外径 14mm φ、内径 12mm φ の石英ガラス管の一端を閉じたものを用い、ターボ分子ポンプを用いる事で、熱処理に際し安定した処理が行える程度まで減圧できる機構としている。

真空炉の上端側には、ステンレス製のクロスピースを取り付け、処理条件の汎用性を高める為、ステンレス製シームレス管を取り付け、Ar、He 等を用いたガス冷却に対応させている。また、ガス冷却時の安全性を考慮し、クロスピースには逆止弁を取り付け、内圧の上昇を抑える機構としている。

試料は窒化ホウ素 (BN) で作製した試料固定部を用いて固定されるようにし、処理中に試料が脱落しない機構としている。試料設置時には、磁場中心、電気炉の温度中心と試料中心位置が一致するように配置しており、また、試料付近の雰囲気温度は Pt-Rh 熱電対を用いて測定され、処理炉内の温度変化を把握可能としている。

3. 熱処理試験の概要

熱処理試験にあたっては、予め、処理対象の材料の結晶状態の変化温度を無磁場中で確認した。

次に、確認された結晶状態の変化温度のみに磁場を印加して、磁場の影響を評価した。磁場強度の影響を確認するために、磁場強度を 0、5、10、18T と変量した試料を作製して、材料特性を測定した。

熱処理と磁場の印加条件を Fig.2 に示す。

また、熱処理温度による材料特性の変化を評価するために、磁場を印加する保持温度を変量させた試料も作製した。

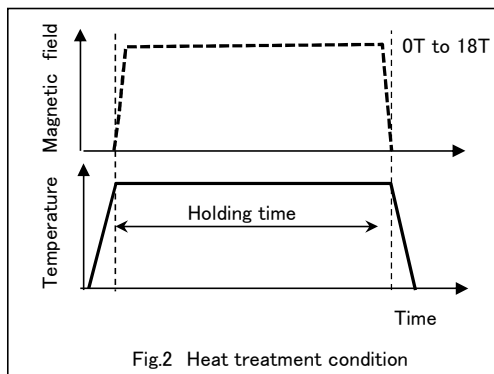


Fig.2 Heat treatment condition

4. 試験結果

磁場を印加した熱処理試験を行った結果、いくつかの結晶状態の変化において磁場の寄与が確認された。

Fig.3 に磁場を 0~18T まで変量させて印加した場合の熱処理後の材料特性を示す。グラフに示した材料特性 A,B ともに磁場を印加した場合、特性の向上が見られた。

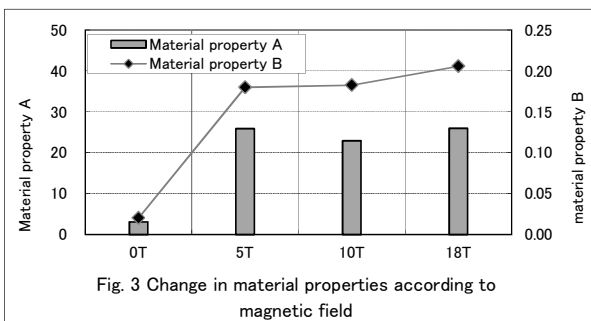


Fig. 3 Change in material properties according to magnetic field

また、磁場強度を 10T に固定して、熱処理温度を変量した場合の試験結果を Fig. 4 に示す。熱処理温度を変量させた場合、ある温度で材料特性の値にピークが見られ、最適な温度条件が存在することを示唆している。

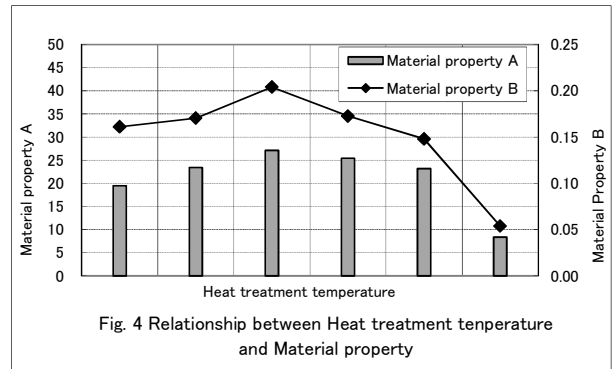


Fig. 4 Relationship between Heat treatment temperature and Material property

5. まとめ

磁場中熱処理炉を製作し、高真空・高温の環境下で磁場中熱処理を実施した結果、材料の結晶構造の変化中に磁場を印加することで、磁場を印加しない場合には見られない材料特性の向上が確認された。

今後は特性向上に最適な熱処理条件を確認するとともに、特性向上のメカニズムについても確認していく。

参考文献

- [1] 浅井滋生:入門材料電磁プロセッシング,内田老鶴圃,東京,(2000)
- [2] H. Yasuda, et al., Mater. Trans., 44(2003)2207.
- [3] H. Yasuda, et al., Mater. Trans., 43(2003)2555.
- [4] 例えば JRCM NEWS No.191 2002.9 等