

強磁場環境を利用した材料組織制御に関する研究 Studies on Structural Control of Materials in High Magnetic Field

(株)ケーヒン 保科 栄宏, 原川 俊郎, 長岡 隆弘
東北大・金研. 小山 佳一, 高橋 弘紀
H. Hoshina¹, T. Harakawa¹, T. Nagaoka¹, K. Koyama² and K. Takahashi²
¹ Keihin Corporation
² Institute for Materials Research, Tohoku University

1. はじめに

磁気エネルギーを材料開発プロセスへ活かす「材料電磁プロセス」[1]は、1980年代より注目されてきた分野である。近年においては、ヘリウムフリーの超伝導マグネットが開発されたことをきっかけに、強磁場を比較的簡便に利用する事が可能となり、強磁場を利用した様々な試みについて、研究、報告されるようになってきている。

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] このプロセスでは、固相状態を利用している点や、キュリー点以下の強磁性状態を利用しているなど、興味深い報告がなされている。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”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、成果も得られてきている。[4]

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、本報においては、磁場が組織的な配向に及ぼす効果確認を行うにあたり、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の設計、作製を行ったので、その詳細について報告する。

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

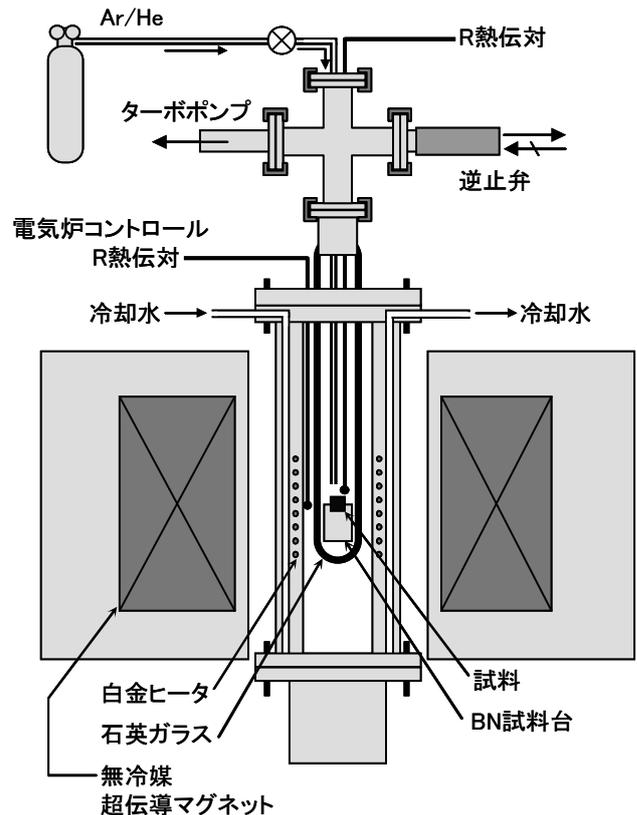


Fig.1 Experimental setup

要因を排除することが不可欠となる。特に 1000°C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。

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 40mm 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°C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熱伝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. 処理装置の性能

装置の基本的な性能確認として、1200℃まで加熱した際の真空度や炉内温度の推移について確認を行った。昇温過程、降温過程を通じて、リーク等による真空度の低下は確認されなかった。その際に、酸化などの影響確認用に、構造用鋼をサンプルとして処理を行ったが、表面に酸化皮膜の形成などは見られず、良好な処理が行えている事を確認している。

また、炉内設置熱伝対の表示値は、加熱炉ヒーター制御用熱伝対の表示に対して、約7℃低い値を示しているが、ほぼ、ヒーター表示に追従した値を示していた。

次に、不活性ガスを用いた冷却性能を確認するため、ガス冷却の有無による冷却速度の差異を確認している。Fig.2 にその測定結果の一例を示す。図中“冷却無し”は、ヒーターOFFのみでの冷却過程を示している。確認結果より、ガス冷却無しに対して、約5倍程度の冷却速

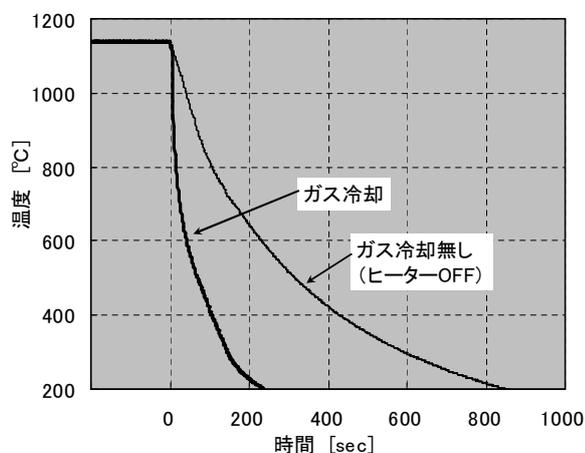


Fig.2 Influence of coolant gas on furnace temperature

度が得られていることを確認している。ガス冷却を行うことで、汎用性を持たせた処理条件の設定が可能となるが、急冷としての冷却速度に対してはまだ十分とは言えず、今後の課題と認識している。

4. まとめ

本報において、既存の磁場中熱処理炉に対し、高真空・高温の環境下で安定して磁場中熱処理が行える装置を設計製作し、ほぼ狙いに沿った装置性能が得られている事を確認した。

磁場の効果を検証していくにあたり、信頼性の高い基礎的なデータを蓄積していくことは重要であり、今後、本装置を活用していきながら、組織配向へ及ぼす磁場の効果をより明らかにし、新たな材料プロセス開発へ向けた取り組みを進めていく。

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