

埼玉県工業技術センターにおける共同研究

The Outline of Cooperative Researches in Saitama Prefectural Industrial Technology Center

簗輪幸三* (埼玉県工業技術センター生産技術部)

K.Minowa¹

¹Production Technology Div., Saitama Prefectural Industrial Technology Center

Abstract

埼玉県工業技術センターでは「各種・反応プロセスにおける磁気効果に関する研究」に関する共同研究のテーマとして(1)金属溶解・ castingプロセスへの磁気応用に関する研究、(2)金属の表面反応における磁場効果をメインテーマとして掲げ、それぞれのテーマに数本のサブテーマを設定して共同研究を推進した。

(1)の研究では、磁気浮揚溶解システムの開発として磁気浮揚溶解装置(CCLM)を用いた球状黒鉛鑄鉄の再溶解技術やチタンの溶解・注湯技術の確立、光造形法による光硬化樹脂模型(以下光樹脂模型と呼ぶ)の精度向上及び精密鑄造用模型への適用、チタン等活性金属用鑄型の造型技術の確立、さらにチタン精密鑄造品の試作、等多くの研究成果や新しい知見を得ることができた。(2)の研究では「銅の無電界めっきに対する磁場効果」、「強磁場中における銀の無電界置換めっき反応」の2つの研究テーマを中心に科学技術振興事業団埼玉研究室との間で共同研究を進め、磁場効果により結晶粒が微細化した平滑なめっき面を得ることができ、さらに磁場による異方性めっきの可能性や分散めっきや微粒子へのめっきの応用が期待されるなど、多くの新しい知見を得ることができた。

Keywords ; titan, levitation melting, rapid prototyping, precision casting, electroless plating

1. 緒言

埼玉県工業技術センターは平成8年から科学技術振興事業団の地域交流促進事業の一環である「各種反応・プロセスにおける磁気効果に関する研究」プロジェ

*埼玉県工業技術センター川口市芝下 1-1-56 Tel:048-265-1311 minowa@tech-lab.pref.saitama.jp

クトに参加し、事業団埼玉研究室、金属材料技術研究所との間で共同研究を開始し、この平成12年12月をもって共同研究は終了することとなった。本研究にはいくつかの個別研究課題が含まれ、基礎分野として科学技術振興事業団埼玉研究室が中心となる「物理、化学、生物における新しい磁気効果の探索」、応用分野として金属材料技術研究所が中心となる「強磁場制御技術の開発」、「材料プロセスへの応用」及び「生体プロセスへの応用」、埼玉県工業技術センターが中心となる「金属溶解・鋳造プロセスへの磁気の影響」及び事業団埼玉研究室との共同研究である「金属の表面反応における磁場効果」が含まれている。今回の共同研究における工業技術センターの役割は図1の通りである。センターでは2機関との共同研究以外にも、個別のテーマで県内企業と共同研究を実施した。

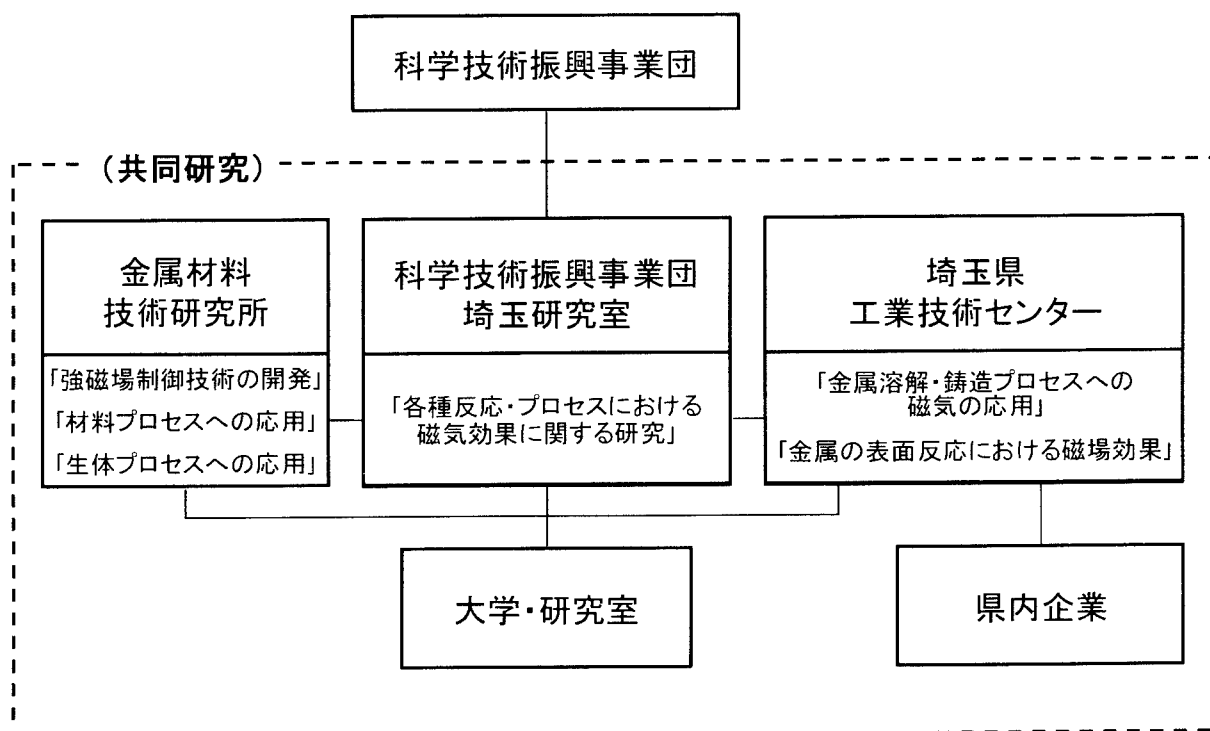


図1 工業技術センターにおける研究の概要

2. 金属溶解・鋳造プロセスへの磁気の影響

2.1 研究の概要

磁気浮揚溶解法は溶解金属を磁気浮上させることで、溶解炉の耐火物との反応による不純物の混入を防ぐとともに、高融点金属の急速溶解が可能であるため、現在大きな注目を集めている溶解技術であり、金属材料技術研究所において磁気浮揚溶解法による新しい装置が開発された。そこで、この新しい溶解技術を鋳造

に応用するシステムを開発し、最近ものづくり技術で注目を集めている光造形法で造られた光樹脂模型の精密鑄造用模型への適用を確立し、これらの技術を融合して軽くて強度が高く耐食性に優れているチタンの精密鑄造技術を確立することが本研究の目的である。研究開発のフローは図2に示す通りである。

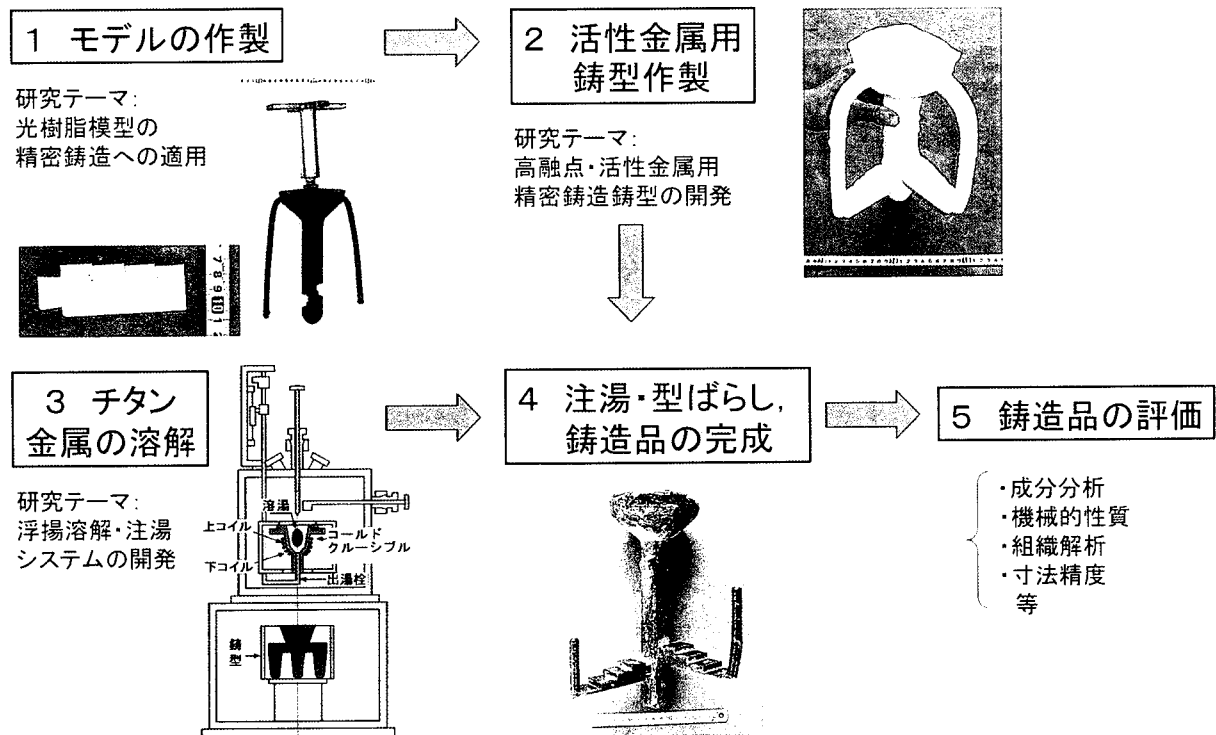


図2 研究開発のフローチャート

2.2 研究計画

平成8年度は主に設備機器の設計、選定、導入等に関する研究を事業団埼玉研究室、金属材料技術研究所及び県内企業と共同で実施し、平成9年度から本格的に研究がスタートした。この研究を進めるにあたり購入した補助設備は ①磁気浮揚溶解装置 ②光造形装置 ③ワックス射出成形機 ④自動鑄造型システム ⑤オートクレーブ ⑥焼成炉 である。

主な研究テーマ及び実施年度は以下の通りである。

- ・磁気浮揚溶解システムの開発（平成9～12年度）
- ・光樹脂模型の精密鑄造法への適用（平成9～12年度）
- ・チタン等高融点・活性金属の精密鑄造鑄型の作製及び鑄造（平成10～12年度）
- ・光造形システムによる迅速試作用マスターパターンに関する研究（平成10～11年度）

2.3 研究成果

2.3.1 磁気浮揚溶解システムの開発

磁気浮揚溶解法による金属の溶解・注湯技術を確立するため次の研究を行った。

①球状黒鉛鑄鉄の再溶解

球状黒鉛鑄鉄の球状化処理における粉塵発生を防止するため、すでに球状化処理をしてある球状黒鉛鑄鉄地金の再溶解実験を行ったところ、再溶解後の材料は機械的性質の劣化は認めらず、球状黒鉛鑄鉄として再利用できることがわかった。球状化済みの地金を用いて、この磁気浮揚溶解法で溶解すれば、球状化処理時の粉塵発生を防止できることがわかった。

②チタンの溶解・鑄造

磁気浮揚溶解装置の能力及び特性を評価するため、形状の異なるチタン地金をアルゴン雰囲気中のチャンバー内で溶解後、鑄鉄系の金型及び精密鑄造鑄型に鑄造し、機械的性質を調べた。その結果、本装置のルツボの大きさに適した形状の地金を用いることにより、目標組成のチタン溶湯を容易に得ることができ、装置の能力及び特性を評価することができた。また、鑄型の違いによる鑄造品の機械的性質の変化はほとんど見受けられなかった。

③形状記憶合金の溶製

るつぼからの汚染が少なく、急速溶解が可能で攪拌力が優れている利点を活かし、NiTi合金の溶解鑄造を行った。成分比などの条件を変えて実験を行い、原子数比1：1のNiTi合金で特徴的な結果が得られ、今後新しい分野への進展が期待される。

2.3.2 光樹脂模型の精密鑄造法への適用

光造形装置で作製した光樹脂模型の精密鑄造法への適用を図るため、次の研究を行った。

①光樹脂模型の精度向上及び精密鑄造模型への適用

光樹脂模型を精密鑄造用模型に適用するため、光造形法による模型の最適な製作条件について研究した。その結果、形状ごとに模型造形時の積層方向や最小積層厚さを変えることにより、光樹脂模型の寸法精度及び表面粗度を向上させる製作条件を見出した。また、光樹脂模型を用いた精密鑄造鑄型の焼成時の割れはガ

ス焼成炉の昇温方法を2段階で行うことにより防止できた。さらに焼成後の鑄型内の残さについては、焼成中に鑄型内に微量の空気を送ることにより除去できた。これらの結果から、光樹脂模型は精密鑄造用模型として利用できることが明らかになった。

②光樹脂模型を用いた精密鑄造品の作製

光造形法で作製した比較的小物の光樹脂模型を用い、精密鑄造品を造る技術をはば確立することができた。そこで、(株)池貝の協力によりさらに大型で複雑形状のマニホールド模型を用いたステンレス精密鑄造品の試作を行った。その結果、精密鑄造品の鑄肌は良好でマニホールドの内部も欠陥の少ない鑄造品を得ることができた。

2.3.2 チタン精密鑄造鑄型の開発と精密鑄造品の試作

光樹脂模型を用いたチタン用鑄型を作製し、磁気浮揚溶解装置で鑄造品を製作した。鑄型の作製条件は種々の実験を行った結果、ジルコニア鑄型を2層、バックのシリカ鑄型を5層以上コーティングし、鑄型の焼成温度は1473 Kが適していた。2～3種類の鑄造品を試作したところ、鑄造品の外観は正確にできているが、鑄肌面が粗い箇所や酸化色を呈した部分もあり、鑄型材の種類、造型工程、注湯方式などに改善の必要があることがわかった。

2.3.3 光造形システムによる迅速試作用マスターパターンに関する研究

複雑形状の鑄造試作品の短納期化を図るため、光造形装置によりこれら試作品のマスターパターンを作製し、砂型による鑄造品を作製して試作用模型としての適用を検討した。その結果、この模型は鑄造用模型として十分適用できることがわかり、精密鑄造以外にも光造形法の応用展開の可能性が明らかになった。

3. 金属の表面反応における磁場効果

3.1 研究の概要

近年、超伝導磁石の普及に伴い10テスラ(T)程度の強磁場が容易に得られるようになり、様々な電気化学プロセスへの磁場の応用が模索されている。無電解めっきは溶液中の化学反応を利用する表面処理法であり、被膜の均一性など優れ

た性質を持っているが反応の制御が難しい。今回の共同研究では強磁場中での無電解めっき反応に関する知見を得ることにより、めっき反応を制御する可能性を探索し、高品質・高機能な無電解めっきの実現を目指した。

3.2 研究計画

平成10年度からこの研究プロジェクトは発足し、めっき反応に対する磁場効果として、主に銅の無電解めっきと銀の無電解置換めっきについて検討を行った。

3.3 研究成果

3.3.1 銅の無電解めっきに対する磁場効果

銅の無電解めっきを磁場中で行い、磁場による影響を検討した。その結果、磁場中でめっきをする事により通常のめっきに比べて平滑なめっき面が得られた。また、磁場は物理的な攪拌効果が得られにくい形状のめっき面にも効果があることが確かめられたが、その効果は直径50 μm 以下の反応面では現れなかった。

3.3.2 強磁場中における銀の無電解置換めっき反応

銀の無電解置換めっきを磁場中で行い、磁場による影響を検討した。その結果、磁場強度が1 Tまではめっき量が減少し、その後10 Tまでは徐々に増加することが分かった。また、磁場により発生する流れの痕跡が発見され、反応電流の向きを制御することにより異方性めっきの可能性が示唆された。

3.3.3 高磁場中での銅粉への無電解置換めっき反応における粒子の挙動

高磁場中での銅粉への無電解置換めっきにおける、銅粒子の挙動について検討した。磁場中でのめっきにおいて、反応に伴い溶液全体が流動することが分かった。外部の力に頼らずに溶液を流動させることができるので、分散めっきや微粒子へのめっきなどへの応用が期待される。

4 今後の展望について

4.1 「金属溶解・ castingプロセスへの磁気応用」

磁気浮揚溶解法を用いてダクタイル鋳鉄、純チタン、さらに NiTi の溶解が可能となった。今後この方法で溶解できる金属、合金の種類をさらに増やそうと考

えている。具体的には超弾性、形状記憶、耐食性等の機能性を持った金属間化合物（NiTi、TiAl 等）と精密鑄造技術との組み合わせが期待される。また、比重差の大きい金属組成の合金、極めて高純度な金属など新しい材料の展開も有望であり、今後大学、企業と連携しながら実用化を図っていく予定である。

光造形法は、今回の研究で精密鑄造用模型として適用できることがわかった。さらに、試作鑄造用マスターパターンとしても適用可能なことが確認された。

今後、光造形法の長所を生かし自由曲面を持つ複雑形状の模型への応用や、消費者の社会的ニーズから多品種少量生産の可能なダイレクト型への応用が必要と考えられる。また、個人別仕様の必要な義肢製造等の医療分野への応用展開も図りたい。

チタンの精密鑄造品の試作は、今回の研究の中でも難しい技術開発の1つであった。鑄造品の鑄肌の凸凹や湯回り不良などが発生しており、現在鑄型材や鑄造型工程及び鑄型焼成方法の見直しを進めており、できるだけ早く欠陥のない精密鑄造品を完成させ、この技術の応用展開を図りたい。また、磁気浮揚溶解装置の注湯方式の改善、減圧鑄造や遠心鑄造技術を採用することも今後の検討課題である。

4.2 「金属の表面反応における磁場効果」

無電解めっき反応に磁場を作用させることで、従来にない特異なめっきが可能となることが示唆された。そこで、分散めっき等付加価値の高いめっき技術にこれらの知見を応用していきたいと考えている。

謝辞

本共同研究を推進するに当たり、多大なご指導をいただいた、科学技術振興事業団・埼玉研究室の青柿良一研究主任他研究員、職員の皆様、金属材料技術研究所・材料創製ステーションの福澤 章総合研究官、他研究員の皆様に深く感謝の意を表します。また、共同研究にご指導、ご協力いただきました下記企業の皆様にも深く感謝の意を表します。

(株)池貝川口事業部、(株)山城精機製作所、(有)サド技研、(株)田口型範、富士電気(株)、(株)ASABA、(株)インクス