

## 産総研のハイテクものづくり(第18回)

### 臭気発生無し、型ばらし不要、複雑形状OKの 非鉄鋳物用オール凍結鋳型誕生！

—未来型環境対応プロセスによる鉛フリー青銅合金の鋳造技術—

経済産業省 産業技術総合研究所室長 渡邊政嘉

#### 1. はじめに

産総研はものづくり技術の宝庫だ。そこでは素形材技術の更なる発展に寄与する様々な先進技術の研究開発が進められている。今号では、産業技術総合研究所サステナブルマテリアル研究部門凝固プロセス研究グループ 多田周二 研究グループ長らによって取り組まれている未来型環境対応プロセスによる鉛フリー青銅合金の鋳造技術を紹介させて頂きたい。

今回は久々に素形材技術の周辺技術ではなく、保守本流の鋳造技術の話である。本号では、凍結鋳造の最前線をご紹介します。

凍結鋳型の実用化も進んでいる。大阪府の三共合金鋳造所が「環境低負荷型鋳造プロセス“凍結鋳型鋳造法”の生産ライン実用化」によって第2回ものづくり日本大賞で優秀賞を受賞している。同社は凍結鋳型による鋳造を世界で初めて事業化した企業で、主に鋳鉄の板材の生産が行われている。

今号で紹介させていただく産総研の「未来型環境対応プロセスによる鉛フリー青銅合金の鋳造技術」のすごいところは、鋳造プロセスの最大の特徴である複雑な形状にも柔軟に対応できるという点を最大限に活かせるよう、中子も含めたオール凍結鋳型による鋳造技術であるところにある。

#### 2. 凍結鋳型は異臭発生無し、型ばらし不要

凍結鋳型の歴史は実は古く1970年代にイギリスで考案されたのが最初であると言われている。鋳型は熔融金属を流し込み、金属が凝固するまでその形状を保つことが求められる。そのためには、一定の強度をもつとともに鋳型表面では熔融金属がなめらかに流れ、また発生するガスをうまく逃がすという様々な機能が求められる。

いわゆる砂型用鋳物砂は、石英粒の集合である珪砂を主成分とする山砂および珪砂が主体となっている。また、決められた性質の型砂を得るためには、材料(山砂、珪砂、粘着剤、添加剤)を用意し、配合し、砂処理機によって調合処理して造られる。

鋳型の強度や安定性を保つために粘結材が使用され、鋳物工場の特有の匂いは、この粘結剤が鋳造時の高温にさらされ気化した際の臭気である。凍結鋳型は、鋳物砂を凍結させることで鋳造時の強度を保てることから、粘結剤を使用する必要がないため、臭気が発生しない。粘結剤を使用しないので、砂の再生にかかる廃砂がほとんど発生しないのだ。また、鋳造時の熱によって凍結鋳型が自然崩壊するので、振動による型ばらし作業がいらぬ。作業従事者の作業環境の改善や臭気処理対策・型ばらし処理のコストを削減することができるといった利点がある。また、凍結鋳型では注湯時に発生する水蒸気の効果により、湯流れが向上し製品の薄肉化も可能となる。さらに、今回の技術開発では、シェル中子を凍結中子に転換することでシェル殻の廃棄はゼロとなる。

以上の利点を項目として整理すると以下のようになる。また、これらの利点を生かした凍結鋳型鋳造工場のイメージを図1に示す。

##### (1) 作業環境の改善

- ① 鋳型の自然崩壊(型ばらし不用)、② 騒音・振動・粉塵の抑制

##### (2) 公害の抑制

- ① 有機系添加剤不用(臭気発生無し)、② 凍結中子の適用(シェル殻など産業廃棄物の低減)

##### (3) 優れた型強度

- ① 自硬性鋳型と同等以上の型強度、② 大型鋳物へも対応可

##### (4) 良好な湯流れ

- ① 水蒸気の発生(摩擦を低減)、② 鋳造品の薄肉化

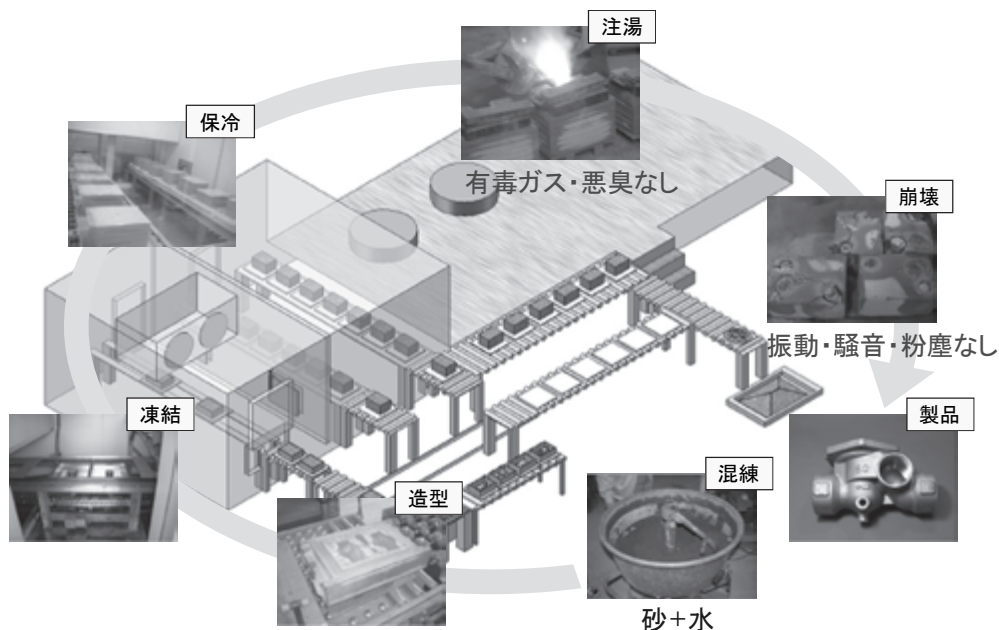


図1 凍結鑄型鑄造工場のイメージ

(出典：独立行政法人産業技術総合研究所資料)

### 3. 最大のポイントは凍結プロセスの開発と そのために必要なコストの削減

ここまではいいことづくめの説明となるが、前述のように1970年に英国で考案されてから今日に至るまで約40年以上の歴史の中で思うような実用化が進んでこなかった最大の理由は、鑄型を凍結するための凍結システムをどのように構築するかである。通常の造形プロセスには凍結するというプロセスは必要がないので、この部分だけは設備投資も含めて明らかにコスト増となる。得られるメリットと、そのメリットを享

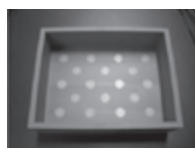
受するため必要となる新たなプロセスのコスト増のバランスの中で高付加価値なものを生み出せるかがポイントとなる。すなわち、通常の鑄造方法で実現できるものと同じものを作り出すのであればコストバランスの中で勝負がつくことになるが、通常の鑄造方法では実現できない製品の付加価値がこの方法で実現できればさらに強みとなる。今回の技術開発では、近年考案された減圧凍結システムを活用(図2参照)し、凍結鑄型の品質向上と大幅なコスト削減を可能とし、青銅合金鑄物の鉛フリー化も実現することでコスト削減と付加価値の創造も同時に達成したのである。

凍結鑄型・・・1970年代にイギリスで開発

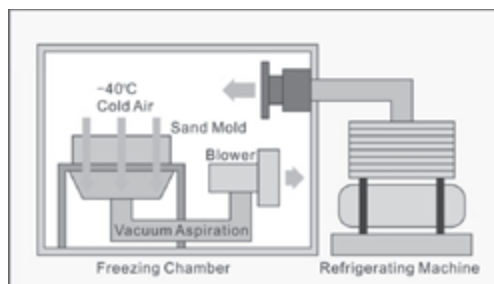
- ・省資源・低環境負荷
- ・コスト的な面で普及にいたらず

#### 減圧凍結システム

- ・鑄型内に冷気を通風
- ・短時間で鑄型を凍結
- ・大幅なコストダウン



ベントホール



減圧凍結装置



減圧テーブル

ブローア

図2 減圧吸引による鑄型の急速凍結

(出典：独立行政法人産業技術総合研究所資料)

## 4. 技術開発の概要

### (1) 技術開発の目的

水道配管用の青銅合金鑄物では、飲料水中への鉛の溶出を防ぐため、鉛をビスマスで代替した合金が普及しはじめている。しかし、希少資源であるビスマスを多量に使用することは将来の供給不安につながる。そこで、凍結鑄型を用いた急冷効果によって、鑄造組織の微細化に資する鑄造技術を開発する。これにより、優れた機械的特性と快削性を兼ね備えた鉛フリー青銅合金を実現し、製品の薄肉化によるビスマス消費量の低減をめざすものである。また、鑄造作業に対する凍結鑄型の環境負荷を評価し、鑄造プロセスとしての有用性を検証することである。

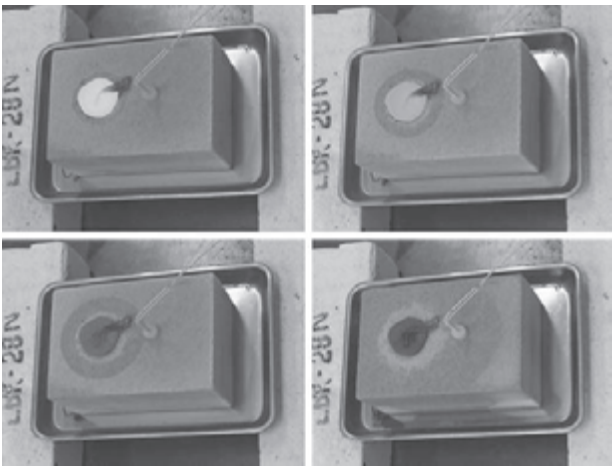


図3 凍結鑄型を用いた鑄造実験の様相

(出典：独立行政法人産業技術総合研究所資料)

### (2) 研究の内容

種々の砂により作製した凍結鑄型にビスマス系鉛フリー青銅合金を鑄造し、鑄物の冷却挙動に及ぼす鑄物砂性状の影響について調べた(図4参照)。その結果、

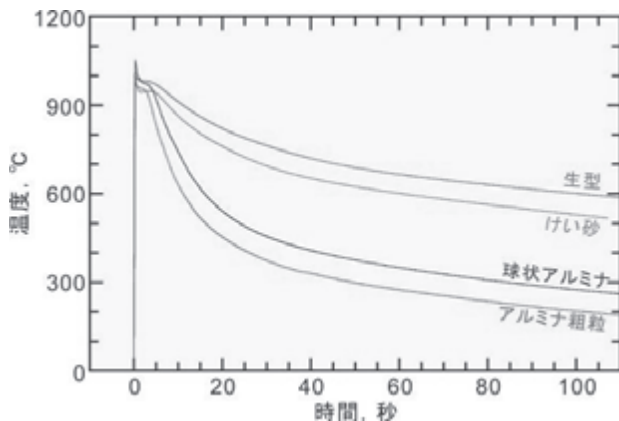


図4 凍結鑄型による鑄造と鑄物の冷却特性

(出典：独立行政法人産業技術総合研究所資料)

鑄型に使用する砂粒の熱伝導性が優れるほど、形状が丸みを帯びるほど、また粒径が大きくなるほど鑄造した青銅鑄物の冷却速度を加速できることが示された。これらの結果から凍結鑄型における伝熱モデルを考案し、鑄造シミュレーションの基礎データを収集した。急冷効果に優れる鑄物砂を選定することにより、凍結鑄型への鑄造によってビスマス系鉛フリー青銅鑄物の組織を微細化することに成功した。

## 5. 素形材技術への適応可能性

今回紹介させていただいた技術は、未来型環境対応プロセスによる鉛フリー青銅合金の鑄造技術である。素形材技術への適応可能性というよりは、まさに素形材技術の中の主要技術である鑄造技術そのものである。鑄造の生産現場の環境改善は大きな課題である。ものづくりのダイナミズムを感じられる迫力ある生産現場の魅力もあり、筆者は工場のものづくり現場独特の匂いを嗅ぐ血が騒ぐので気にならないが、鑄造産業の門をたたくフレッシュマンにとっては、異臭、騒音といった作業環境は無いことに越したことはない。今回の技術はそれらを克服しながらさらに、複雑形状にチャレンジする取り組みである。読者の皆様もこのようなピンチをチャンスに変える素形材技術の着想を持ちながらあきらめない工夫をされることを期待している。

## 6. おわりに

今般の紹介した未来型環境対応プロセスによる鉛フリー青銅合金の鑄造技術にご興味があれば筆者までご連絡いただきたい。適切なコンタクトポイントを紹介させていただく。

なお、当該技術は経済産業省の平成19年度の戦略的基盤技術高度化支援事業及び平成22年度ものづくり基盤技術実用化促進事業費補助金を得て開発されているものである。当該技術は産総研と愛知県の株式会社加藤製作所の共同開発が進められており、近い将来凍結鑄型を活用した鉛フリー銅合金の鑄造が実用化される見込みだ。加藤製作所による「凍結鑄型による鉛フリー銅合金鑄物の鑄造」は環境負荷の低減を可能とする未来志向の都市型鑄造技術であり、当誌の平成23年1月号の特集記事「わが社の素形材技術最前線」に掲載(<http://sokeizai.or.jp/japanese/publish/200706/20110109.pdf>)されているのでこちらも参照されたい。