

アルミニウム合金の低環境負荷技術開発

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

尾村 直紀

1. テーマ設定の背景

アルミニウム合金は軽量で比強度・比剛性に優れるなどの特徴を有し、輸送機器の軽量化に資する材料であり、低環境負荷社会を担う中心的材料として期待されている。しかし、現在のアルミニウム合金の主要用途であるエンジnbロックを始め多くの製品が、高環境負荷プロセスである砂型鑄造にて製造されている。また、そもそもアルミニウムは原料であるボーキサイトから精錬する際に非常に多量の二酸化炭素を排出する。その結果、アルミニウム合金は軽量材料としてのメリットを最大限に活かすことが出来ていないのが現状である。そこで、製造プロセス及びリサイクル性向上の観点から、アルミニウム合金の環境負荷低減について取り組んだ。

2. 素形材分野との関連性

本取り組みは、砂型鑄造プロセスの環境負荷低減、およびアルミニウム素材そのものの環境負荷低減に資するものであり、まさしく低環境負荷なアルミニウム合金素形材の提供を目的としている。いずれの取り組みも、その対象はアルミニウム合金に限定されるものではなく、鉄をはじめ他の金属材料全般に適用可能であり、金属材料全体の環境負荷低減に貢献する。

3. 研究開発の成果

砂型鑄造プロセスの環境負荷低減の方策として凍結鑄型に着目し、凍結鑄型を用いた鑄造技術について検討を行った。一般的な砂型に比べ凍結鑄型は湯流れ性が良いことが知られていたが、その理由は明らかとされていなかった。そこで、鑄造時の溶湯の流れや溶湯温度変化、更に鑄型の温度変化などを詳細に調べ、凍結鑄型と一般的な砂

型の結果を比較検討したところ、両者で湯流れ速度に大きな違いは無く、凍結鑄型において溶湯の温度低下（=冷却速度）が遅いことが分かった¹⁾。更に、凍結鑄型における遅い冷却速度が、一般的な砂型よりも低い鑄型温度に起因しているという、金型とは異なる砂型特有のユニークな特徴を明らかにした（図1）。これは、一般的な砂型にも適用可能な新たな湯流れ性改善手法を提示する結果であった。

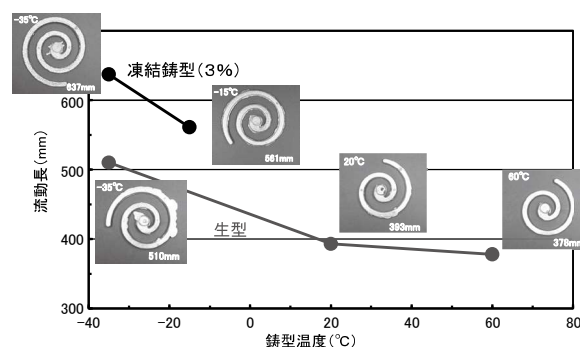
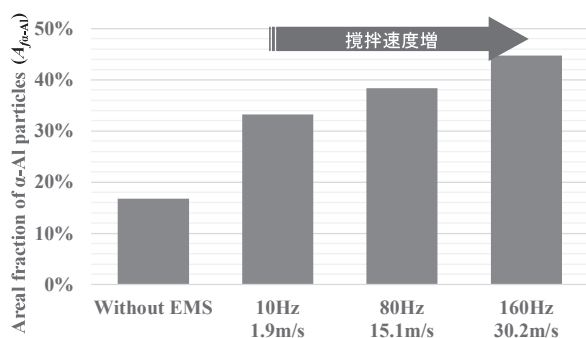


図1 流動長に及ぼす鑄型温度の影響

アルミニウム合金のリサイクル性向上として、電磁攪拌プロセスによる組織微細化技術の開発を行った。攪拌の条件を最適化することで、組織微細化剤を用いた場合と同程度の組織微細化を可能とした。電磁攪拌の条件によっては、組織微細化に加え初晶 α -Al 相の晶出力が増大する現象を新たに見つけ（図2）²⁾、分別結晶法によるアルミニウムスクラップの精製技術の適用範囲拡大・高収率化を着想した。これをベースとした新たなアルミニウム資源循環システムの構築について提案を行い、現在、複数の企業および大学と連携してNEDOの補助事業『資源循環型社会構築に向けたアルミニウム資源のアップグレードリサイクル技術開発』を実施している。

図2 α 相晶出量に及ぼす攪拌速度の影響

4. 訴求点

砂に水のみを加えたものを凍結して作製する凍結鋳型は、鋳造時に発生するガスは無害な水蒸気のみであり、また砂は再生処理等一切不要でほぼ100%再利用可能であり、産業廃棄物量の大幅な削減が期待できる。加えて、バインダーの役割をする氷が鋳造時の熱で融解・蒸発することで鋳型は強度を失い自然崩壊するため型ばらし作業が不要となり、それに伴う振動・粉塵・騒音も大幅に低減可能となる。このように非常に優れた特徴を有したプロセスであるにもかかわらず、その実用化例は数えるほどしかない。それは、凍結鋳型を用いた鋳造プロセスやそれにより製造される製品に関する理解が不足していることが要因と考えられる。そこで、凍結鋳型および凍結鋳型を用いた鋳造プロセスの利用拡大に資することを目的として研究開発を行っている。前述の通り、凍結鋳型における湯流れ性向上メカニズムは『鋳型温度が低い』という、金型における常識とは真逆の現象を明らかにしている。その他、凍結鋳型にて作製した鋳造材の組織・特性・含有ガス量・表面性状などの基礎的知見に関する研究を行っている。2050年カーボンニュートラルに向けた流れが加速するなか、環境負荷の観点で非常に優れた特徴を有する凍結鋳型を用いた鋳造プロセスは、大きな可能性を秘めている。実際、近年複数の企業から凍結鋳型に対する問い合わせを頂くなど、その注目度は増しており、今後の実用化拡大に向け本取り組みは大きく貢献するものと期待される。

組織微細化剤に代わる組織微細化手法の研究

開発は昔から多く行われ、超音波や電磁振動などのプロセスが開発されている。しかし、いずれの手法も特殊な装置を必要とし高コストとなってしまう、また適用可能なサイズ・形状に制限があるなどの理由で、実用化は行われていない。著者らは、比較的簡便な装置で且つ大型化も容易な手法として電磁攪拌プロセスの研究開発を行ってきた。前述の通り、本プロセスは組織微細化剤と同程度の組織微細化を行うことができ、またラボレベルサイズではあるが連続鋳造プロセスにおいてもその効果を確認した。組織微細化剤は組織微細化には有効である反面、リサイクル性低下以外にも様々なデメリットを含んでおり、電磁攪拌プロセスによる組織微細化が実用化されれば、リサイクル性向上以外にも様々な波及効果が期待される。電磁攪拌による初晶晶出量増大現象は、著者らが初めて見出した現象であり、それを基にしたアルミニウム資源のアップグレードリサイクル技術開発は非常に独創的な内容である。低環境負荷が志向される世相を受け、リサイクルアルミニウムに対する関心・期待は非常に高く、今後リサイクルアルミニウムやその原料となる高純度アルミスクラップの戦略物資化が懸念されるところであるが、本アップグレードリサイクル技術はその原料純度を選ばない(トレーサビリティ不要)といった特徴を有し、アルミニウム産業界の国際競争力強化にも貢献可能と期待される。

参考文献

- 1) 尾村直紀、村上雄一郎、多田周二, AC4CH アルミニウム合金の流動性に及ぼす凍結鋳型の水分量および初期鋳型温度の影響, 鋳造工学, 第85巻 (2013) 第10号 pp.659-664
- 2) Y. Murakami and N. Omura, Control of Amount of α -Al Phase Particles in Near Eutectic Al-Si Alloy by Electromagnetic Stirring, Solid State Phenomena, Vol.327, pp.250-254