

地球も人も元気になれる!品質・生産性に優れた革新アルミダイカスト工場

1. はじめに

アルミダイカスト工法は複雑形状の製品を高精度で量産でき、自動車を始め多くの産業製品で採用されている。図1に従来のダイカスト工程の概略を示す。ダイカスト工程は大きく以下の4工程から構成される。

- I. インゴットを溶かす溶解工程
- II. ダイカストマシンへ溶湯を運ぶ搬送工程
- III. 溶湯を金型に流し固める鋳造工程
- IV. 製品を作業者が仕上げる後処理工程

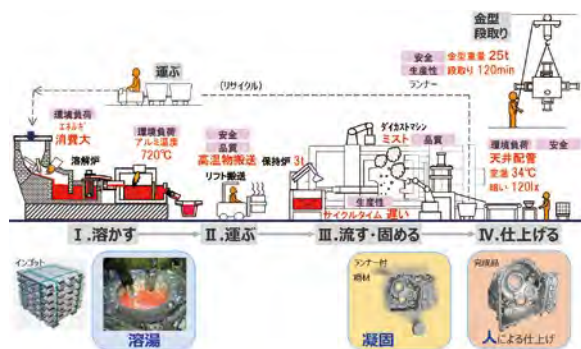


図1 従来のダイカスト工程

当社ではダイカスト工法でeAxele、ハイブリッドトランスミッション等のケーシング製品を量産しており、その生産量は日本のダイカスト生産量の10%を占める大規模なものである。

ダイカスト工程では溶解工程でアルミを溶かす熱や、大型設備を稼働させるための動力をはじめ、多くのエネルギーを必要とする。カーボンニュートラル実現の観点から、ダイカスト工程での消費エネルギー低減は喫緊の課題となっている。また、その熱や大型設備に起因する高温物や重量物の取り扱いのリスク低減、暑熱対策、照度アップなどの作業環境改善も重大な課題である。今後、自動車の電動化など部品が様変わりしても、優位性を発揮し、サステナブルな成長を維持していくためには、抜本的なダイカスト生産技術の革新が求められている。

図2は革新ダイカスト工場のコンセプトである。これまでに個別に培ってきたダイカスト技術を結集することで、

ダイカスト工場の課題を同時に解決しようとするものである。



図2 革新ダイカスト工場のコンセプト

今回、ダイカスト全工程にわたって、図2のコンセプトの幹を成す4つの革新的な技術を盛り込みダイカスト工程の課題解決を図った。その結果、実現に至った革新ダイカスト工場のイメージを図3に示す。

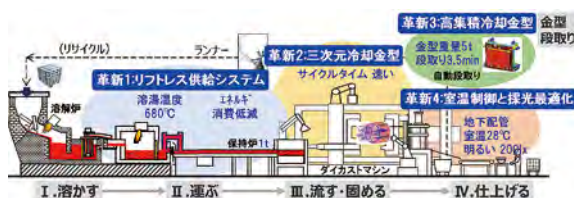


図3 革新ダイカスト工場

革新ダイカスト工場ではCO₂排出量削減、作業環境、品質、出来高の向上を同時に達成し、「地球も人も元気になれる!品質・生産性に優れた革新アルミダイカスト工場」を実現した。本稿ではこれら4つの革新技術とその効果について報告する。

2. 革新1「リフトレス供給システム」

従来のダイカスト工程においては、溶解炉で溶解した溶湯を作業者がフォークリフト等で各ダイカストマシンへ供給していた。運搬する間の溶湯温度低下を見込んで、溶解炉では余分に溶湯を加熱する必要があり、CO₂排出量を増大させていた。さらに、リフトでの溶湯運搬は人の技能による作業であることから、心理的負担がかか

るとともに、溶湯酸化物の混入や溶湯温度のバラツキが発生し、溶湯品質の低下につながっていた。そこで樋を用いて溶湯をダイカストマシンへ自動で供給するリフトレス供給システムを開発した。図4、図5に本システムによる搬送工程の変化を示す。

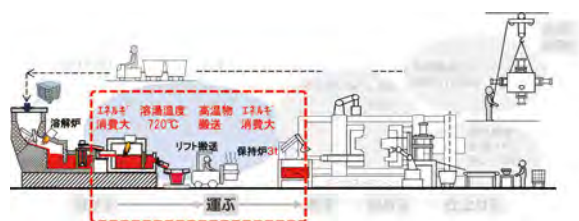


図4 リフトによる溶湯供給

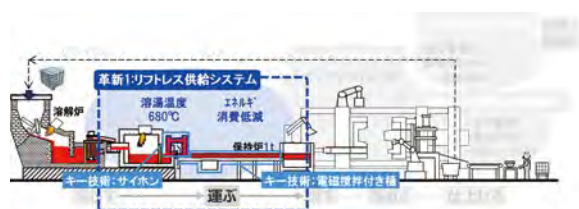


図5 リフトレス供給システム

本システムの成立には樋における溶湯酸化物の混入防止や温度バラツキを抑えることが課題であったが、「サイホン」と「電磁攪拌付き樋」を導入することでこの2つの課題を解決した。

本システムでは、溶湯自動搬送化により作業者の安全性向上、心理的負担の低減を実現、溶湯からの放熱抑制や溶湯温度のバラツキ低減により、溶解温度を720℃⇒680℃に下げCO₂排出量25%低減、溶湯酸化物の混入を抑え不良率22%低減を達成した。

3. 革新2「三次元冷却金型」

自動車の低燃費、高機能化に向けたニーズにより、ダイカスト製品の形状は複雑化するとともに高品質、低コスト化が求められている。その成立には、ハイサイクルの生産においても金型からの大量脱熱を精密に行う金型冷却回路が必要である。従来、一般的な金型冷却はドリル等の機械加工によって形成された直線状の冷却穴に通水することによって行われている。しかし、直線状の冷却穴では複雑な金型の高温部位に効率よく配置することができず、十分な脱熱が不可能だった。そのため、サイクルタイムの増大、離型剤ミスの増加という弊害を招いていた。そこで、三次元的な冷却回路の配置が可能な3Dプリンター技術に着目した。従来の冷却回路と開発した三次元冷却回路の例を図6に示す。

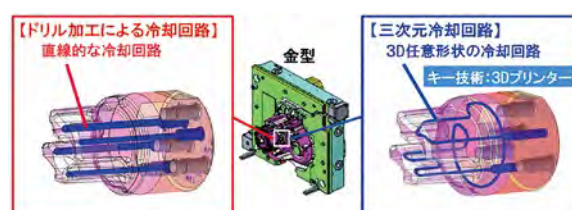


図6 従来の冷却回路と三次元冷却回路

この技術では三次元CADで設計された形状をそのまま造形できるため、所望の形状の冷却回路を持つ金型の製作が可能である。ダイカスト金型には、高温での疲労強度が求められるため、強度を確保できる成型方法が課題であった。成型方向の工夫や適用部位の適切な選定を行うことで、課題をクリアした。¹⁾

三次元冷却金型によって金型の冷却能力を向上させ、過熱を抑えることで不良率を27%低減した。この効果に付随してCO₂排出量を5%削減することができた。また、離型剤ミスト発生を抑えられ、大型集塵フードの廃止、作業環境の向上にも寄与した。

4. 革新3「高集積冷却金型(カセット金型)」

一般的に、ダイカスト工程では金型の段取り時間が生産停止時間の大部分を占めるため、コスト低減に向けてはその短縮が必須である。従来の金型と今回開発した高集積冷却金型を図7、8に示す。

従来の金型では、冷却水設備の供給口からマニホールドで多系統の冷却回路に分岐させ、多数の金属パイプで必要な箇所に冷却水を行きわたらせ、再び集約、設備へ戻す回路となっている。マニホールドや金属パイプの配管が金型内の大きなスペースを占めており、金型を交換するときにはこのスペースを含む金型全体を交換しなければならなかった。金型全体の重量は25トンで非常に重く移動や取り付けに時間がかかるため、金型の大幅な軽量化が段取り時間短縮に向けた課題であった。そこで、積層冷却板を用いた高集積冷却金型(カセット金型)を開発した。積層冷却板により、金型内の配管スペースを大幅に低減、製品によって一品一様の冷却配管スペースを専用部に収め、専用部のみを段取りする構造とした。

積層冷却板による専用部と汎用部の分離により、金型重量を25トン⇒5トンに軽量化することで、自動段取りが可能になった。図9に自動段取りの様子を示す。自動段取りによって作業者の重量物取扱いリスクを低減するだけでなく、段取り時間を120min⇒3.5minに短縮、ライン停止時間削減により、5%のCO₂排出量削減を実現した。さらに、冷却回路を高集積に配置することができるようになり、前述の革新2「三次元冷却金型」と組み合わせることで冷却能力は34%向上し、サイクルタイムを28%低減させることに成功した。

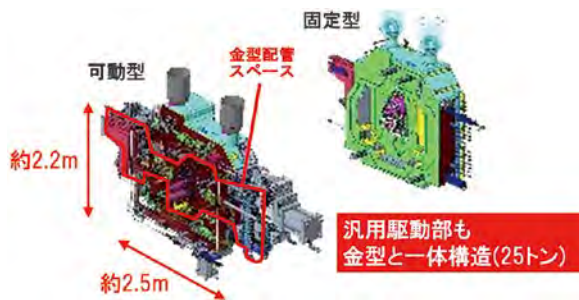


図7 従来の金型

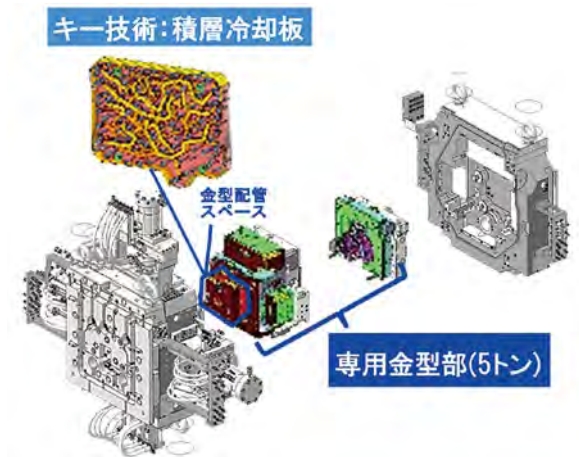


図8 高集積冷却金型(カセット金型)



図9 自動段取りの様子

5. 革新4「室温制御と採光最適化」

従来、図10に示すように、ダイカスト工程は暑く暗い環境が一般的であったが、下記の対策を実施することで、図11のように明るく快適な環境を実現した。

【温度対策】

- ・溶解炉エリアの間仕切りによる熱気拡散防止
- ・給気の取入れの大型化、開口部間隔の均一化
- ・天井排気による工場全体の換気の清流化

【照度対策】

- ・最適LED照明配置
- ・白色系内装による間接照明効果
- ・集塵フードレスによる遮光レス化



図10 従来ダイカスト工場



図11 革新ダイカスト工場

有効な温度対策を検討するため、複雑な工場環境を詳細に再現した温度・気流シミュレーション技術²⁾を工場レイアウト検討段階から活用し、大きな熱源である溶解工程を間仕切りで分離、換気効率向上による中央部熱溜り対策、自然風を利用した気流確保をし、天井から熱気を排気する棟内気流制御を導入した。同様に照度対策も事前シミュレーションを活用し、対策を立案した。

その結果、消費エネルギーを抑えながら、棟内温度を最大で6℃下げ、昼間照度を120lx⇒1500lx、夜間でも200lxに向上した。また、より快適な作業環境を実現しながら、5%のCO₂排出量削減にも寄与した。

6. 革新技術の相乗効果

それぞれの革新技術の効果は各項に示した通りであるが、これらの革新技術を工程スルーで導入することで、得られた「相乗効果」が革新ダイカスト工場の実現に大きく寄与した。革新技術の相乗効果を図12に示す。革新1～4による効果が相まって、環境・安全・品質・生産性すべての観点で飛躍的な向上につながっている。例えば、各革新の効果を同時に作用させることでCO₂排出量を従来比40%削減し、ダイカスト業界平均値に比べて半分以下とした。このような「相乗効果」により、「地球も人も元気になれる!品質・生産性に優れた革新アルミダイカスト工場」を実現した。環境、安全、品質、生産性をまとめ

て達成させた点が評価され、第9回 ものづくり日本大賞において経済産業大臣賞を受賞した。

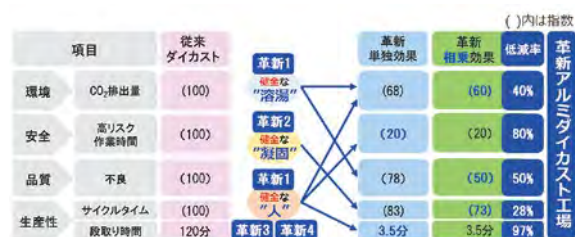


図12 革新技術の相乗効果

7. ダイカスト工場の目指す姿

今回の開発で革新ダイカスト工場の実現に成功したが、筆者らはダイカスト工場の目指す姿はさらに先にあると考えている。カーボンニュートラルやさらなる高品質・高効率生産に向けた品質ロスゼロ、無人生産という「究極のダイカスト工場」実現に向けて、今後も挑戦を続けていく。

8. おわりに

西尾ダイカスト工場、金型工機部、PE・環境生技部を始め、多くの方々のご協力により、革新ダイカスト工場の実現に至りました。多大なご尽力を賜りましたすべての関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 深見尚男、小林竜之、早藤哲典、ダイカスト金型における三次元冷却回路の実用化、*鑄造工学*, 2019, 91巻, 9号, p.648-651
- 2) 太田貴之、稲熊亮司、津曲俊、岩瀬純一、西尾ダイカスト工場 南棟建設における職場環境の追求、*アイシン生産技術技報*, 2019,

筆者



馬淵 潤

軽合金生技部 開発推進室
DX推進グループ
CAE及びデジタルツールの企画・開発に従事



鵜飼 伸介

軽合金生技部
ダイカスト製造プロセスの企画に従事



竹之下 正志

軽合金生技部 第1鑄造計画生準室
ダイカスト工程の工程設計に従事



横井 賢治

軽合金生技部 ダイカスト金型設計室
ダイカスト金型の開発・設計に従事



深見 尚男

軽合金生技部 第2鑄造計画生準室
設備グループ
ダイカスト設備の開発・設計に従事



兼氏 貴也

西尾ダイカスト工場 第1製造室
西棟DC1課
ダイカスト製品の製造に従事



安田 正臣

西尾ダイカスト工場 製造技術室
ダイカスト金型と設備の保全に従事



浅井 秀之

金型工機部 製造室 製造2課
ダイカスト金型の製作に従事



稲熊 亮司

PE・環境生技部
プラントエンジニアリング室
第2設備技術グループ
全社施設の維持管理強化に従事