

3Dカメラを用いたアルミ溶解炉操業の省エネ支援システムの開発

Development of energy saving support operation system for aluminum melting furnace with 3D camera

材料重量の算定によりエネルギーロスを減らし、省エネに貢献

ダイカスト工場において多量のエネルギーを消費するガス燃焼式の金属溶解炉では、炉内材料の溶け具合を適切に把握できずに空焚きとなり、エネルギーロスが発生していた。これまでもこのロスを低減する省エネ支援システムを開発したが、今回、画像解析により炉内の未溶解重量の算定精度を向上させる機能改良を行い、更なる省エネルギーを実現したので報告する。



執筆者
先端技術応用研究所
先端技術ソリューショングループ
棚橋 尚貴

1 背景と目的

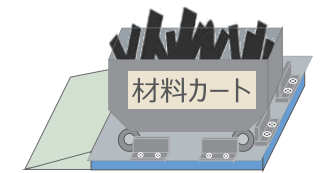
ダイカスト製品は、金属材料をガスバーナで溶解し、金型に注いで冷やすことで生産される（第1図）。この工程で、第1図の保持室の溶湯が満杯になると、溶解バーナ停止など溶解速度が不規則で溶け具合が把握できず、第1図左上に示す空焚きとなりエネルギーロスが生じていた。そこで、第1図の①～④の計測で最適な材料投入時期をお知らせする省エネ支援システム『MiELDieCAST』を株式会社トーエネックと共同で開発し、省エネルギー運用を実現した。

今回、更なる省エネルギー運用によるランニングコスト低減を図るため、投入する材料の画像を解析して重量を算定する新規の重量算定システムを開発し、株式会社ジェイテクト岡崎工場様のご協力を得て、フィールド検証を行った。

2 材料重量算定システムの開発概要

(1) 開発の経緯

溶解保持炉に投入する材料重量を計量する機器としては第2図に示すロードセルがあるが、インゴットを搭載した材料カートの総重量は300kg以上となることから、材料投入の都度、スロープの昇降で作業負荷が大きくなる。一方、ロードセルの地下への埋め込みは、既設投入機では対応困難な場合があるほか、高価なロードセルに加え、設置工事も必要となり、大幅なコスト増となる。そこで、既設投入機に後付けで容易に取り付けが可能なカメラを用いた簡易重量算定システムを開発した。

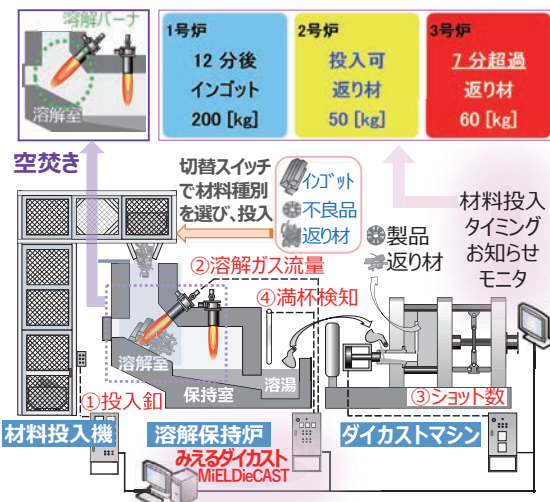


スロープ 大容量ロードセル
第2図 ロードセルによる計量

(2) 重量算定手法の検討

まず、汎用カメラでカート内の重量既知の材料画像から、カート底面に対する材料堆積エリアの面積比を算出し、重量毎に同様の画像を得て、重量と面積比の相関式を求めた。この相関式に基づき、重量未知のカート内材料の重量を算定したが、材料投入機内は非常に暗く、部品形状により、かさ比重も大きく変化したことから、この手法は適用できなかった。

そこで、3D Time-of-Flightカメラ（以下、3Dカメラと記す）でカート内の材料を上方より撮影し、二次元の画像情報ならびに三次元空間座標の情報（距離情報）を取得した。3Dカメラは、赤外光を被写体に照射し、撮影エリア内の各位置からの反射光がカメラに戻るまで時間を計測して、各位置の距離を算出するものである。この原理を応用し、重量既知のカート内材料の体積を算出した（第3図）。重量（カート内充填量）を変えて同様に算出し、重量と体積の相関式を導出した。さらにAIの活用でインゴット先端部の形状を学習させてインゴット（新材）と返り材（製品分離後の端材）を判別し、重量算定精度を高めた。



第1図 ダイカスト生産工程と省エネ支援システムの概要

3 重量算定システムの検証

(1) 重量算定システムの自動化

材料投入機内の材料カート搬入部より上方、かつカートの昇降の際にカメラが接触しない位置に、固定バーを製作して3Dカメラを取り付けた（第4図）。カメラで取得可能な二次元および三次元データの活用で、材料カートが搬入され、扉が閉まった直後に自動で画像を取得し、重量算定まで行えるようにした。

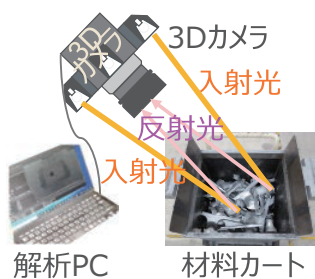
重量算定システムの自動化により、計量に伴う新たな作業負荷が生じず、新規の検知センサも不要となった。

(2) 検証結果

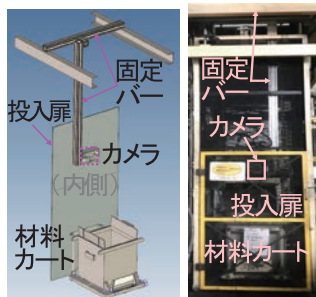
材料投入機内で取得したカート内材料の画像の例を第5図に示す。(a)の上図ではインゴットが4列で整列した状態であるが、下図は、搬入部のストッパーにカートが当たった衝撃で、配列が乱れた状態を示している。このような画像でもインゴットに判別できることを確認した。

一方、(b) 返り材の上図と下図は異なる製品から発生した端材であり、堆積時の形状が大きく異なっている。

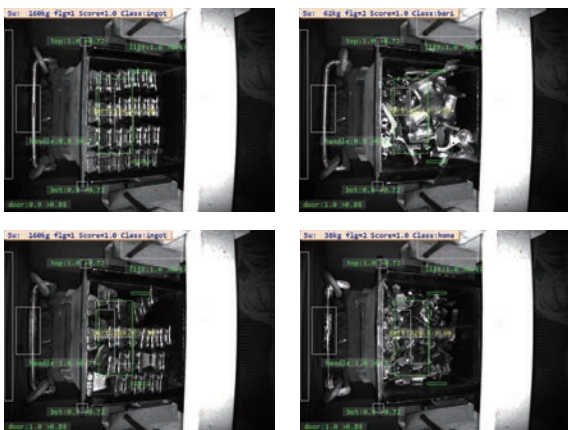
これらが大幅な誤差を生じさせずに算定できるか確認するため、2基の溶解保持炉に投入される材料重量を実測し、第6図の通り、算定値との誤差を求めた。(a)は個別重量絶対誤差の合計値で、(b)は1日の総実測重量に対する誤差重量（正負を考慮）である。



第3図 3Dカメラの原理



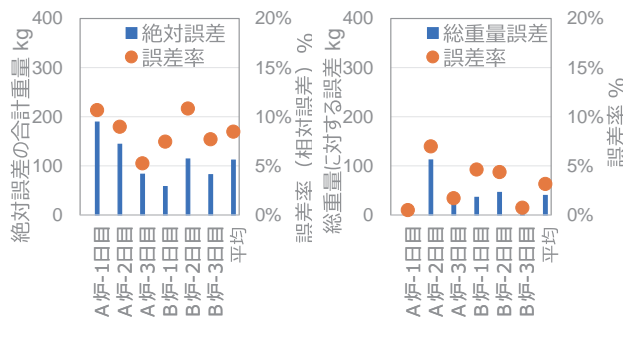
第4図 カメラ設置状況



(a) インゴット (b) 返り材

第5図 3Dカメラでの取得画像例

この結果、相対誤差の平均値が8.5%、総重量に対する誤差率の平均値が3.0%となり、従来の手動で材種を選択し、材種毎に固定値を設定する方式より精度が向上した。



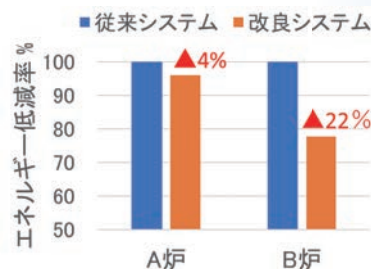
(a) 絶対誤差 (b) 総重量に対する誤差
第6図 実測重量に対する算定重量の誤差

4 省エネ支援システムとの連携検証

重量算定システムで得られた材料投入時の重量をリアルタイムに省エネ支援システム「MiELDIECAST」に転送し、溶解炉内の残重量ならびに材料の適正な投入タイミングを算出した。

この運用を1か月間継続し、従来システムで運用した前年同月の溶解エネルギー原単位と比較した。溶解エネルギー原単位の低減率を第7図に示す。第7図の通り、A炉では従来比4%、B炉では22%のエネルギー低減の結果が得られ、重量算定システムと連携した省エネ支援システムが一定の効果をもつことが分かった*。

* 操業条件が前年同月と同一ではない為、低減率の値は参考値



第7図 従来システムとの比較

5 今後の展開

本システムは、中部電力ミライズ株式会社にて販売している。今後、ダイカスト工場のお客さまへの開発品の普及、展開により、ガスの省エネルギー推進に貢献したい。