

鑄造ライン中子納め自動化技術の確立

甲斐 秀幸
Hideyuki Kai

小木曾 達彦
Tatsuhiko Ogiso

鬼柳 祐樹
Yuki Kiyanagi

三屋 駿人
Hayato Mitsuya

概要

本論文では鑄造ライン中子納め作業の自動化において、多品種、高精度、高速化に対応するため、ロボットハンド構造の検討だけでなく、画像処理技術も適応した生産技術を紹介する。

1. はじめに

自動化の主な目的は作業者の労務費削減だけでなく、作業者のスキルに依存してバラツキが生じる品質や可動を安定させること、そして重筋作業の改善、安全性の向上が考えられ、当社においても適応工程の拡大を進めている。

鑄造ラインにおける中子納め作業は主に作業者に行っているが、今回自動化を検討した鑄造ラインでは使用する中子品番が多く、製品の要求品質から高精度での中子納めが要求され、1枠内に納める中子数が最大16個、中子納め時間も13秒以内と短い。これらのことから作業者への負担が大きく、製造現場からの自動化ニーズが高い。

近年、画像処理機器の処理速度、精度、撮像範囲などの向上により6軸ロボットと画像処理機器を組み合わせた自動化技術は様々な作業工程への適応が可能となっており、一般的な技術となってきている。

そこで、今回の自動化においては中子を掴むハンド構造の検討だけでなく、画像処理技術も活用し、鑄型の停止位置を2Dカメラで撮像し、停止ズレ量から補正計算された座標に基づいて6軸ロボットが中子納めを行う装置を構想し、トライによる検証と量産化を行った。

2. 鑄造ラインと中子納め工程

鑄造ラインの概要を図1に示す。造型工程では水とベントナイト(粘土)を加えて混練した砂を金枠に入れて製品形状の模型を押し付けて混練砂を押し固めて鑄型を成型する。中子納め工程では製品内に中空部分を形成するために中子と呼ばれる補助鑄型を鑄型に納める

(図2)。上下の鑄型を重ね合わせることで製品形状部分が空洞の鑄型が形成される。溶解工程ではトリベと呼ばれる注湯専用の容器を用いて溶かした鉄を鑄型の溶湯口から流し込むことで製品が成型される(図3)。その後、鑄型の中で必要な時間を掛けて製品を冷やし、鑄型から製品をバラシした後、更なる製品冷却を行う。製品と溶湯を流入させる経路部を切り離し、ショット工程にて表面の砂を取り除く事で鑄物製品が完成する。

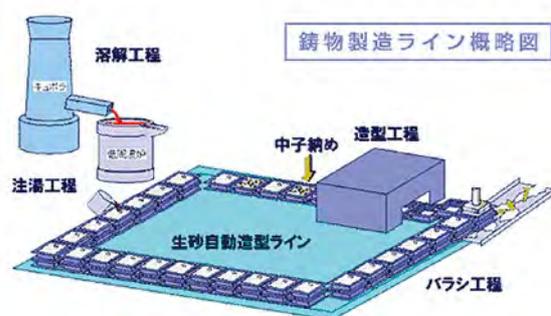


図1 鑄造ライン概要



図2 中子納め作業

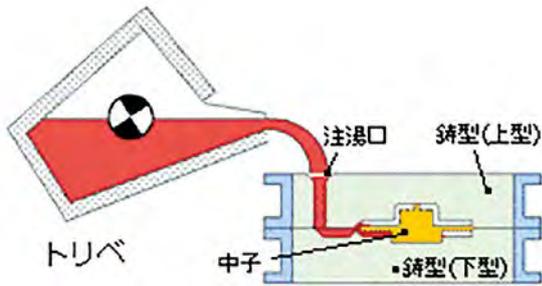
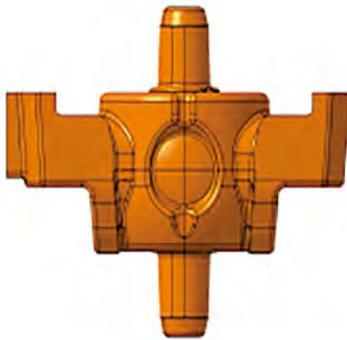


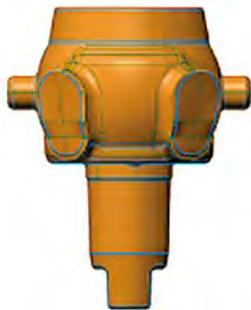
図3 注湯工程

3. 対象中子

今回の鑄造ラインにて中子を使用する鑄物製品としてデフケースがある。デフケースの製品形状から中子は大きく3種類に分けられ(図4), 21品番存在しており, 品番によって中子形状, 大きさが様々である。



(a)デフケース中子タイプ1



(b)デフケース中子タイプ2



(c)デフケース中子タイプ3

図4 デフケース中子形状

4. 技術課題と検証評価

4.1 多品種対応

今回の自動化において多品種対応は1つ目の技術課題であり, 品番ごとに様々な形状, 寸法, 重量の中子に対して専用ハンドを製作すると費用面と生産性(段替え時間)のロスとなるため, グリッパーの共通化を検討した。

対象となる全ての中子形状から, 同一ストロークでもチャッキング可能な部位を割り出し, グリッパー形状を図5に示す様な3段構造にすることで, 全品番に対応, 段替えレスを可能とした。

また, 従来のような金属製グリッパーでは摩擦抵抗が小さいため, 中子を掴む際やロボットによる搬送および鑄型への中子納め時に中子がズレることがあったため, グリッパー材質を耐摩耗性も考慮した硬質ウレタンにすることでズレを抑制することができた。



図5 共通グリッパー

4.2 中子取出しの高精度化

6軸ロボットを用いて高精度でチャッキングするには, プリセット工程にて中子姿勢の精度確保が2つ目の技術課題である。

中子納めは鑄型に対して中子のX軸, Y軸, Z軸のズレと傾き, さらにZ軸回転方向の位相を許容精度以内で行なわないと砂掻き不良が発生してしまう。

鑄型内での中子の位置決め, および姿勢を安定させるために“巾木”と呼ばれる製品形状に影響を与えない部分がある。そこで, 中子姿勢の精度を確保するため, 巾木形状を見直すとともに, ロボットチャッキングに適したプリセット構造を検討した。

プリセット台に中子を着座させることで傾きを抑制し, デフケース中子タイプ1の場合, 巾木部を2箇所ピンで位置決めすることでX軸, Y軸のズレ, 位相ズレを抑制し, 精度を確保することができた。(図6)

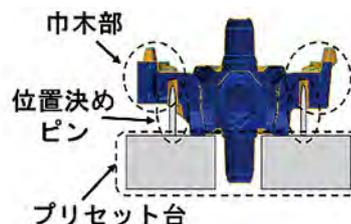


図6 デフケース中子タイプ1の位置決め箇所

4.3 鋳型の搬送ズレの補正

高精度な中子納めに必要な他の技術課題として、鋳型搬送後の停止位置のバラツキがある。今回の鋳造ラインも鋳型搬送は連なった鋳型を油圧シリンダーにて1ピッチ送りする方式を採用しているが、鋳型の重量や大きさから停止位置精度を中子納めの許容精度以下に抑えることが困難であった。

そこで画像処理技術を用いて鋳型の停止位置のバラツキを測定し、補正座標をロボットに転送して中子納めを行う技術の適応を検討したが、高速な撮像と画像処理が可能な2Dカメラでは鋳型の深さ方向、傾きを補正することができない点、また、砂である鋳型のエッジ箇所を鮮明かつ高い繰り返し精度で撮像する点に技術課題があり、その2点について技術検討を行った。

1点目の課題については、中子納め工程において鋳型の四隅をリフトアップする機構を設け、鋳型の水平度を担保することで、鋳型の深さ方向、傾きの課題を解決した。

2点目の課題については、カメラの撮像視野を限りなく狭くすることで解像度を確保し、また、現場の照度に適した、カメラのシャッター速度と感度を最適化(表1)することで鮮明かつ繰り返し精度のある画像を撮像でき、鋳型の停止位置のバラツキの計測および補正を可能にした。

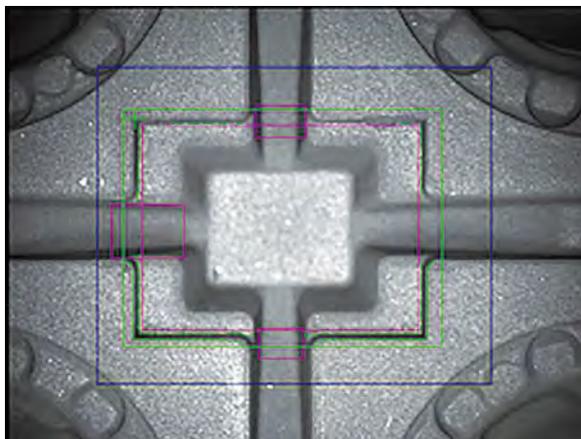


図7 鋳型内エッジ形状撮像画像

表1 撮像条件調査結果

シャッター速度	目標値	繰返し精度, mm				
		カメラ感度				
		3	4	5	6	7
1/15	±0.05mm	±0.040				
1/30		±0.042	±0.034	±0.058		
1/60		±0.050	±0.047	±0.063	±0.093	
1/120			±0.088	±0.090	±0.113	±0.081

4.4 2個掴みと高速化

今回の対象ラインは競争力向上を狙い、鋳型1枠あたりの製品数が最大16個の物もあり、また中子納め時間も13秒と短いことから高速・多数個込めに対応できるハ

ンド構造の検討を行った。

1度の動作で2個の中子をチャッキングおよび納めができるダブルハンドを採用し、品番に応じて中子納め位置のピッチと位相を自動調整できる機構を織り込むことで全21品番の中子納めを段替えレスで対応することができた。

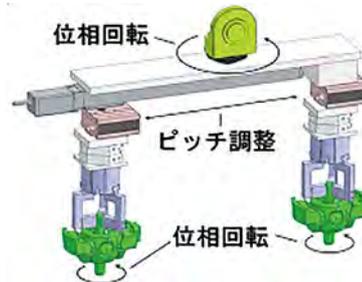


図8 自動ピッチ/位置調整ダブルハンド

5. 量産結果

今回の中子納め自動化設備(図9)は2021年12月から量産を開始しており、技術課題である①多品種、②高精度、③高速化の対策を織り込むことで、日当たり6名の省人化、中子の砂掻き不良70%低減、原価を6%低減しており、ラインの生産性、品質および競争力向上に貢献することができている。



図9 中子納め自動化設備

6. 技術展開

6軸ロボットと画像処理技術を適応した今回と同じコンセプトの中子納め自動化設備を中国拠点の新規鋳造ラインにも導入し2022年12月より量産運用を開始している。

対象中子がディスクブレーキやフライホイールであること、また将来的な多品種対応から、画像処理技術を応用してプリセット工程にもカメラを設置し、中子の中心位置、回転方向の位相を測定し、ロボットに補正座標データを転送する事で位置および位相決めの手具レス化も行っている。

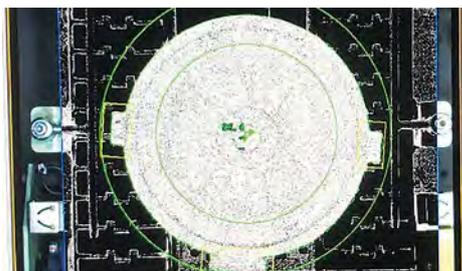


図10 プリセット工程の中子撮像画像

7. おわりに

今回の中子納めの自動化技術は弊社としても初の試みであり、非常に難易度の高いテーマであったが、部内検討会や精度の高い事前検証を効率的に実施することで、生産性、品質、コストを満足でき、また海外の新ラインにも展開できている事から大変有益な技術であると自負している。

現在も同様の効果をねらい6軸ロボットと画像処理技術を活用してバラ積みされた鑄物素材をピックアップして次工程の設備に供給する技術なども開発しており、更なる自動化が進むと考えている。

最後に本技術の検討ならびに量産化においては社内外的関係者様には本当に多大なご協力をいただき心から感謝いたします。

筆者



甲斐 秀幸

アイシン高丘株式会社
ものづくり革新部
スマートファクトリー推進G
自動化、DX技術の開発と量産化に従事



小木曾 達彦

アイシン高丘株式会社
製造技術部
鑄造技術G 鑄造技術T
鑄造ラインの品質・可動改善に従事



鬼柳 祐樹

アイシン高丘株式会社
社製造技術部
鑄造技術G 鑄造技術T
鑄造ラインの品質・可動改善に従事



三屋 駿人

アイシン高丘株式会社
ものづくり革新部
スマートファクトリー推進G自動化技術開発T
ロボット、AGVの生産技術開発と量産化に従事