

# サイドエアレーションと全面複合スクイーズによる 新型枠付造型機の開発

Development of New Tight Flask Molding Machine with side aeration sand filling and full-scale composite squeeze.

花井 崇\*      山崎 裕次\*      寺部 斗紀也\*\*  
Takashi Hanai      Hirotsugu Yamazaki      Tokiya Terabe

In late years Sinto developed the aeration sand filling technology that established saving energy and uniformity of the mold filling. The authors developed a new model and put it on the market as this innovative green sand molding technology. The authors revise the further aeration molding machine which evolved and a sensing technology of the machine movement for the stable operation, from the viewpoint of stable casting quality and productivity improvement by early trouble correspondence, we introduce here.

KEY WORDS: tight flask molding machine, aeration, green sand molding, sensing technology, stable operation

## 1. はじめに

2000年に新コンセプトの枠付造型機<sup>1)</sup>として、エアレーション砂充てん方式を採用した生型枠付造型機ACEシリーズ<sup>2)</sup>を上市してから既に18年が経過した。今般、生産対象となる鋳物の更なる高精度化、製品込め数の増加、不良率の低減、鋳造工場の生産性向上など様々な要求に応える為、生型枠付造型機ACEシリーズのオリジナル技術であるエアレーション砂充てん技術、複合スクイーズ機構を踏襲しバージョンアップした造型機の開発に取り組んだ。

またトレーサビリティの活用として、従来の生型枠付造型機ACEシリーズの付帯機能となっている“データ収集システム”に、ユーザーフレンドリーの機能を追加したので紹介する。

## 2. 開発のコンセプト

### 2.1 従来機における課題

一般的な生型造型の工程は砂入れ、スクイーズ、抜型があり、[砂入れ]と[スクイーズ+抜型]が別々のユニットで行われている。生型枠付造型機ACEシリーズは両工程を同じユニットで連続して行うことでコンパクト化を図ることを実現した。しかし、コンパクト化、動作工程を減らすコンセ

プトの弊害として、一部スクイーズユニットの構造に制限を設ける必要があった。具体的には、砂を金枠内に投入する為に開口されたノズルをスクイーズボードの端に配置する為、生型枠付造型機ACEシリーズの特徴である複合スクイーズで用いるプリセットシリンダの配置が制限されていた。

今回、この課題を解決すべく“全面複合スクイーズ”と“砂充てん性の更なる向上”の為、“サイドエアレーション方式”を採用した生型枠付造型機ACEXの開発に取り組んだ (Fig. 1)。

以下にその構造及び特徴について紹介する。



Fig. 1 Tight Flask Molding Machine ACEX.

### 2.2 開発コンセプト

開発のコンセプトには、従来の生型枠付造型機ACEシリーズで培った造型技術のメリットを踏

\* キャステックカンパニー 鋳造事業部 開発グループ 鋳造技術チーム  
\*\* キャステックカンパニー 鋳造事業部 技術グループ 第一プラント設計チーム

襲し、更に高品質な鋳型を作ることができる造型機を目指した。高精度な鋳型作りの為に必要な砂入れ、スクイズ、拔型工程での技術、イニシャルコスト、ランニングコスト低減などは開発時から常に意識し、その上で造型性能を向上させる機能の付加を検討した。

### 3. 従来のエアレーション方式とサイドエアレーション方式の違い

Fig. 2 に従来のエアレーション方式での金枠内への砂充てん挙動を、Fig. 3 に今回の生型枠付造型機ACEXで採用したサイドエアレーション方式での砂充てん挙動を示す。Fig. 2, Fig. 3 に示す線は一定間隔時間における砂の流れを示し、充てん時の砂上面の位置を示す。

本検証では、生型枠付造型機ACE、ACEXの実機（枠サイズ 900mm×700mm×高さ 300mm）を用い、アクリル板で金枠を製作し、金枠内の砂充てん挙動を高速度カメラで撮影した。

生型枠付造型機ACEシリーズではスクイズボードの両端にエアレーションノズルが配置され、そこから下方に向けて砂が投入される。一方、Fig. 3 に示す生型枠付造型機ACEXでは盛枠に配置されたエアレーションノズルから金枠内に向けて砂投入が行われる。

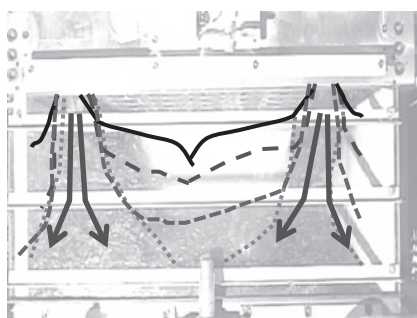


Fig. 2 Sand filling behavior of ACE.

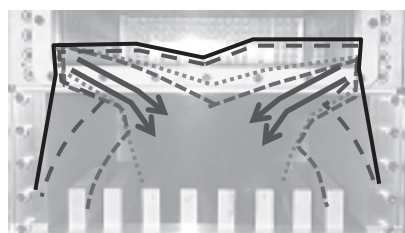


Fig. 3 Sand filling behavior of ACEX.

砂充てん挙動を見ると、生型枠付造型機ACEシリーズではスクイズボードの両端の2本のノズルから下方に砂が噴出され、斜面を下るように砂が投入されている。

一方、生型枠付造型機ACEXでは、金枠上方に配置される盛枠下方側面より金枠の中央部に向けて砂が噴出され、中央部から山の斜面を下るように砂が投入されている。

小ポケット部については、砂を落とす重力落下方式と比べ、エアレーション方式では低圧のエアを用いて金枠内に流し込む為、安息角が小さく砂の流れが横方向になり、小ポケット部にふたをすることなく充てん性の改善がなされている (Fig. 4, Fig. 5)。

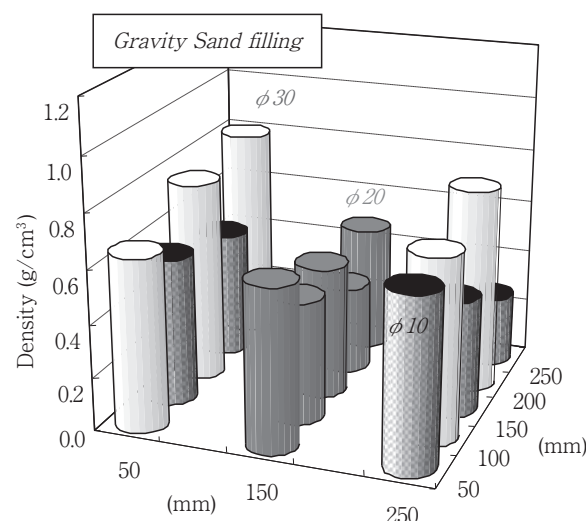
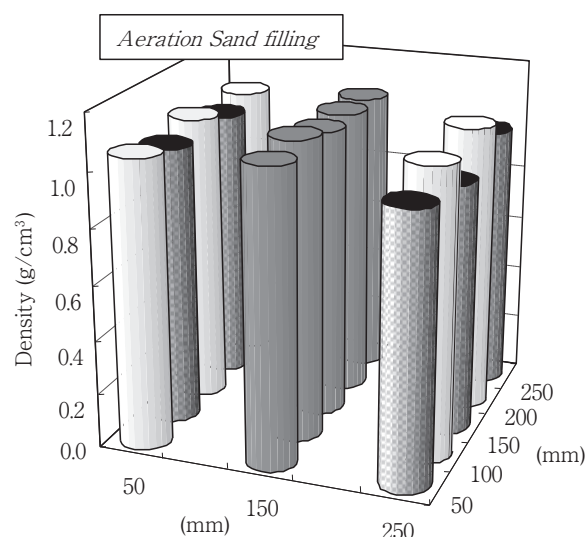


Fig. 4 Comparison of filling density between aeration sand filling and gravity fall method. <sup>3)</sup>

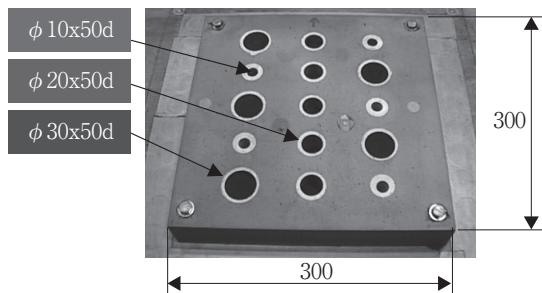


Fig. 5 Shape of test pattern.

生型枠付造型機ACEシリーズでは、これまで改善はなされてきたものの、一部のポケット形状ではノズル部の砂を固めてしまうことに起因する充てんの不十分さが課題として残っていた。生型枠付造型機ACEXでは、如何にノズル部の砂の塊を減らすか、次造型時の鑄型に悪影響を及ぼさないようにするか、という点も開発段階で解決すべき課題であった。そこで、ノズルを盛枠に配置することで、ノズル部にかかる圧縮力を緩和することが可能となった。Fig. 6に生型枠付造型機ACEシリーズの鑄型背面のノズル部の跡、Fig. 7に生型枠付造型機ACEXで鑄型背面にノズル部の砂を排出させた状況、Fig. 8に造型後のノズルに砂が残っていない状態を示す。

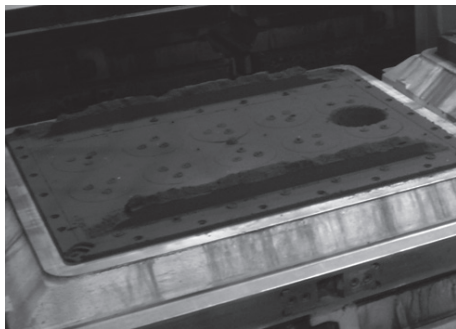


Fig. 6 Shape of the nozzle part at the back side of ACE mold.

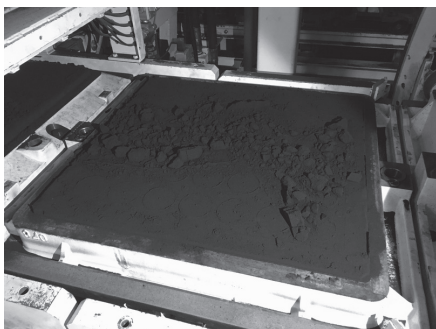


Fig. 7 Shape of the nozzle part at the back side of ACEX mold.



Fig. 8 State of nozzle after molding.

その結果として、Fig. 9にあるように実際の模型において更なる充てん性の改善を図ることができた。

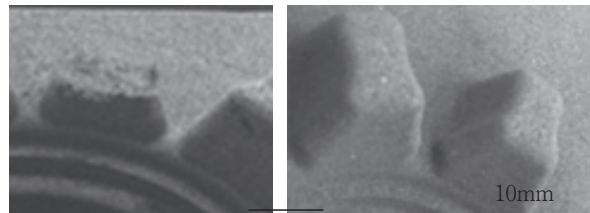


Fig. 9 Poor mold (left) . Improved mold (right).

#### 4. 全面複合スクイーズ機構の効果

生型枠付造型機ACEXの開発においても1つの課題であった、スクイーズボード全面への個別スクイーズ機構（全面複合スクイーズ機構）は前項で述べた砂入れ構造の変更により、スクイーズボード全面にプリセットシリンダを配置することが可能となった（Fig. 10）。

生型枠付造型機ACEXでは、プリセットシリンダを油圧化することで、砂充てん時の砂量調整とスクイーズ時の局部加圧の両機構として使うことができる。砂充てん時の砂量調整では、従来の生型枠付造型機ACEシリーズと同様、模型に対し背の高いスクイーズ力が最もかかる位置の直上にあるフットを下降させることにより模型上の砂量を減らし、スクイーズ時の過度な圧縮状態を緩和させる。一方、スクイーズ時の局部的な加圧によって部分的に鑄型の充てん密度を向上させたい場合は、その箇所を作動させ局部加圧し、充てん性を向上させることが可能となった。

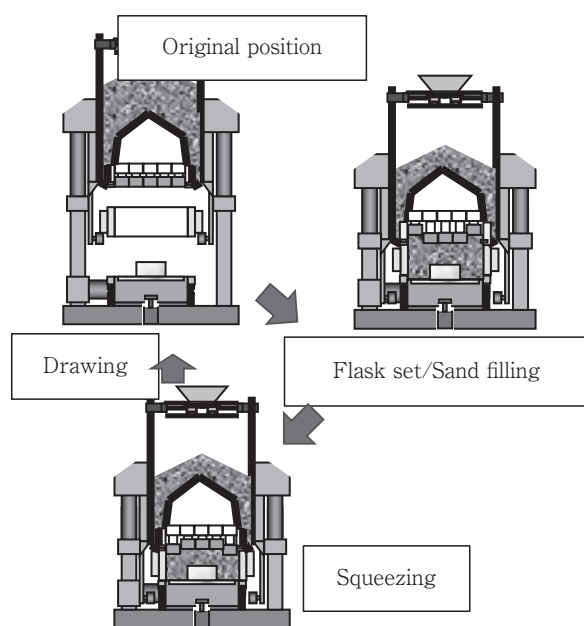


Fig. 10 Molding process of ACEX.

金枠近傍については、これまで複合スクイーズとして、プリセットスクイーズとレベリングフレーム機構で見切り面強度を向上させる技術は確立されていた。しかし、込め数の増加や模型形状が更に複雑大型化され、かつ鋳物製品の精度向上が要求される中、金枠近傍の製品縦面の強度向上や模型間での砂付きが少ない箇所の強度向上は改善の余地があった。

## 5. 検証テスト（箱型模型での検証）

生型枠付造型機ACEXにて基礎的な模型形状を用いて全面複合スクイーズ機構の検証を行った。

Fig. 12 に生型枠付造型機ACEシリーズを想定した条件 (Fig. 11, Table 1) での鋳型強度結果と、生型枠付造型機ACEXでの鋳型強度結果を示す。

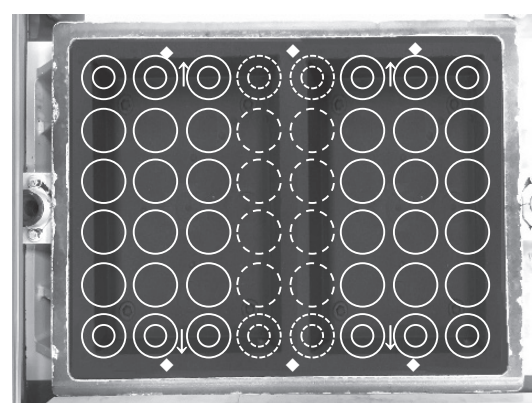


Fig. 11 Position of segment foot, position of measurement and box shape mold.

Table 1 Molding condition.

|                                                                        | Number of<br>Preset<br>cylinder | Number of<br>Segmented foot<br>cylinder |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|
| ACE assumption                                                         | 24<br>Fig. 11 ○                 | 8<br>Dotted line○                       |
| ACEX                                                                   | 36<br>Fig. 11 ○◎                | 12<br>Dotted line○◎                     |
| Pattern size (600 × 340 × 150 × 2pcs.)<br>Flask size (900 × 700 × 300) |                                 |                                         |

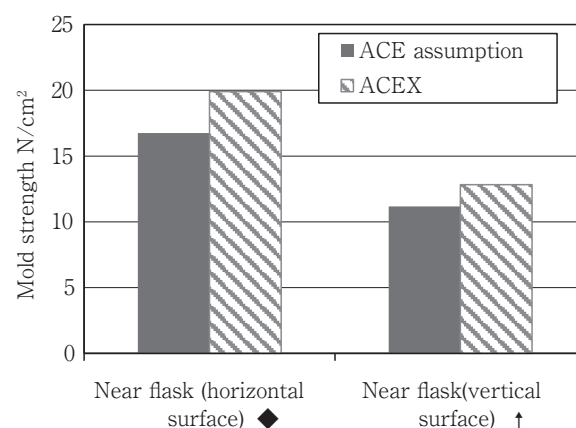


Fig. 12 Results of mold strength.

Fig. 12 に示すように金枠壁面までの砂付きの少ない鋳型に対し、鋳型の金枠近傍の見切り面強度、及び箱型模型の縦面強度を比較した。鋳型は砂付き量が少なく、生型枠付造型機ACEシリーズではノズルがあることで強度向上が困難であったが、生型枠付造型機ACEXではプリセットにより広い範囲で模型の担ぎが緩和でき、その効果

で縦面強度も向上している。

このことから、大きな製品が金枠近傍まで配置された場合でも従来以上に強固な鋳型を作ることができ、製品寸法のバラツキの減少が期待される。

## 6. 造型工程の見える化とトレサビへの活用

造型工程の見える化として、これまで生型枠付造型機ACEシリーズでは造型機に備わっている空圧や油圧、変位などを計測するセンサー類の情報を収集してきた<sup>4)</sup>。その情報は個別のパソコンに保存されたり、タッチパネルで表示される。しかし、個別のパソコンでは情報収集の為にお客様にスイッチを入れていただく必要があり、通常作業の中では忘れられがちであった。またタッチパネルではその1回の工程、かつエアレーション砂入れ状況の表示のみであり、情報は保存されないものであった。当社がお客様とともに造型情報を収集していくことで、トラブルがあった際にその原因が機械動作での正常か異常かを判断する情報として使用可能になる。勿論、定期的な設備診断の際には過去と比較し機械動作に異常がないか、動作の遅延がないか、そこから読み取れる機械の故障兆候はないかという診断にも用いられる。これまで異常が突発的に発生した際に必要な情報が得られず、また多くのデータを見直すことで時間がかかり対策が遅れることが多々あった。

今回の取り組みは、制御機器の改善により、ある特定期間の機械動作情報を保存していくとともに、毎サイクルデータを記録しつつ異常発生の手信号によりトリガーをかけ、そのサイクルの機械動作情報を残すというものである。

得られる情報はFig. 13のように造型機の成型条件や変位の値、油空圧などが記録されたデータであり、csv形式で保存されることから、異常発生時に保存されたデータを共有することで異常時の機械動作の確認が可能となる。

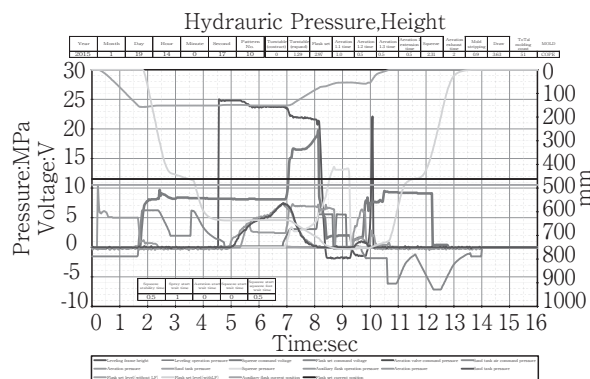


Fig. 13 Example of curve for molding machine movement.

本機能は生型枠付造型機ACEXを始め、今後、当社が提供していく造型機に搭載される機能として活用していく。

また、造型性のみならず、お客様の生産性を維持することもメーカーとして重要なことであり、IoT化の流れの中で、多くの情報から必要な情報を必要な時に使用できるソフト開発も進めていく。

## 6. おわりに

当社独自の技術であるエアレーション砂充填技術は2000年に開発され、種々の造型機に導入されている。今回、生型枠付造型機ACEXの開発は従来の生型枠付造型機ACEシリーズのコンセプトを踏襲し、更に近年のお客様の鋳物づくりに対しての要望も踏まえバージョンアップさせたものである。より安定した鋳型精度、それに伴った安定した鋳物づくりと装置の稼働をお客様にご提案できるよう、今後もハードとソフトの両面から開発を進めていく。

多種多様なお客様の鋳物づくりに対応できる造型機を提案することで、高品質な鋳物づくりや不良率低減に貢献できれば幸いである。

## 参考文献

- 1) M. Hirata, "Eco-Conscious Molding System, Featuring Aeration Sand Filling, Preset Squeeze And Mold Height Feedback Control," : AFS Transactions, Paper 02-081, (2002) 8.
- 2) 平田実、原田久、新田拓也：新東技報 No.25 (2007) 8
- 3) 波多野豊、大野剛：JACTニュース (2001.4) 35
- 4) 金藤公一、平田実、橋本邦弘：新東技報 No.21 (2003) 13