

技術報告

鑄造設備の進化 －新工程高機能造型機とサークルトラムの開発－

金森 敬* 金平 諭三* 大島 義彦*

Technical Paper

J. JFS, Vol. 76, No. 7 (2004) pp. 593~598

Evolution of Casting Equipments – High Performance Molding Machine with New Process and Circle Tram

Takashi Kanamori*, Yuso Kanehira* and Yoshihiko Oshima*

キーワード：生型，造型機，みきり，ダブルスクイーズ，ネットシェーブ化，枠搬送

1. はじめに

当社では実際に鑄造工場で鑄造品を生産する立場から鑄造工場全体の建設に携わってきているが，造型，砂，模型の3要素が原則にのっとって進化していく時，次世代の競争力を持つことが可能であると実感している。

こうした考えで，当社では鑄造品に対する高精度化と鑄造工場における生産の高効率化の要請に応えるために，生型造型の要素技術を進化させるべく，以下の開発を行ってきた。

2. 鑄造設備の要素技術

表1に開発目的とその要素技術を示す。

2.1 ネットシェーブ化と後処理工数低減

模型の転写性向上と鑄型の高強度均一性の確保を行ない，

表1 金森新東(株)における要素技術の開発

開発目的	要素技術
1. ネットシェーブ化 転写性向上 鑄型の高強度、均一性確保	ダブルスクイーズ造型法
2. 後処理工数低減 バリレス化	ダブルスクイーズ造型法 熱成型砂処理設備 高精度模型
3. 複雑形状及び多数個込めへの対応	下スクイーズ距離可変技術
4. 設備の統合 鑄枠による製品制限をなくす	みきり可変技術
5. 技術の簡素化	キャリアプレートによるみきり可変
6. その他 造型機の簡易化 ラインの簡素化	抜枠方式ダブルスクイーズ造型法 半自動型ダブルスクイーズ造型法

同時にバリレス化に対応するダブルスクイーズ造型法の開発を行った。ダブルスクイーズ造型法と抜型機構の概念図を図1，図2に示す。

ダブルスクイーズ造型法は鑄型背面側からのスクイーズ（上スクイーズ）にみきり面である模型面側からのスクイーズ（下スクイーズ）を付加して鑄型強度の均一化を図ったものである。ダブルスクイーズ有無による鑄型強度の測定結果を図3，図4に示す。ダブルスクイーズを行わず従来造型法と同じ背面側からの加圧のみの場合は枠中央部の鑄型強度が最も高く，枠近傍部に近づくにつれて鑄型強度が低下する傾向にある。これに対し，ダブルスクイーズを行なった場合は枠近傍部の鑄型強度が向上し，全体的な鑄

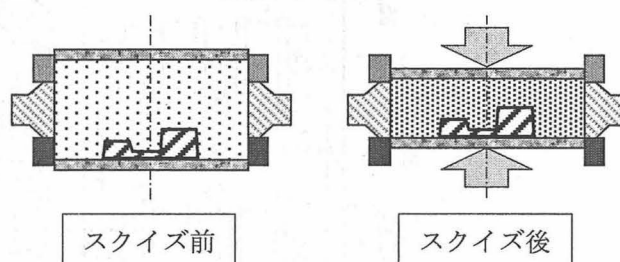


図1 ダブルスクイーズ概念図

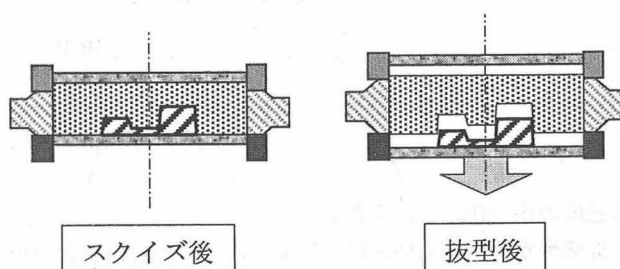


図2 シンクロナイズド抜型機構概念図

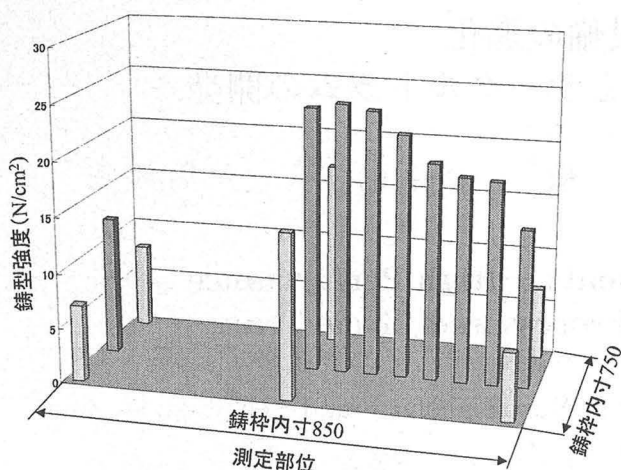


図3 ダブルスクイズなし

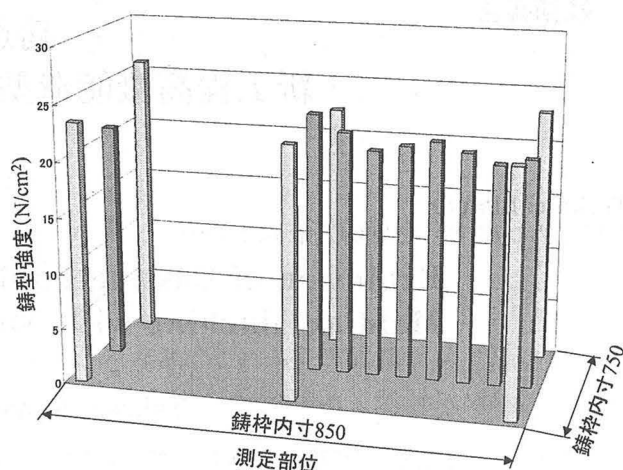


図4 ダブルスクイズあり

表2 鑄型強度測定結果

測定部位	(N/cm ²)																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	a	b	c	d	e
下スクイズ距離	17	18	15	19	18	SO	17	19	18	18	SO	17	18	SO	18	13	13	-	12	13
枠高さの15(%)	17	18	15	19	18	SO	17	19	18	18	SO	17	18	SO	18	13	13	-	12	13
枠高さの20(%)	SO	SO	SO	SO	20	SO	SO	SO	18	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	19	SO	SO

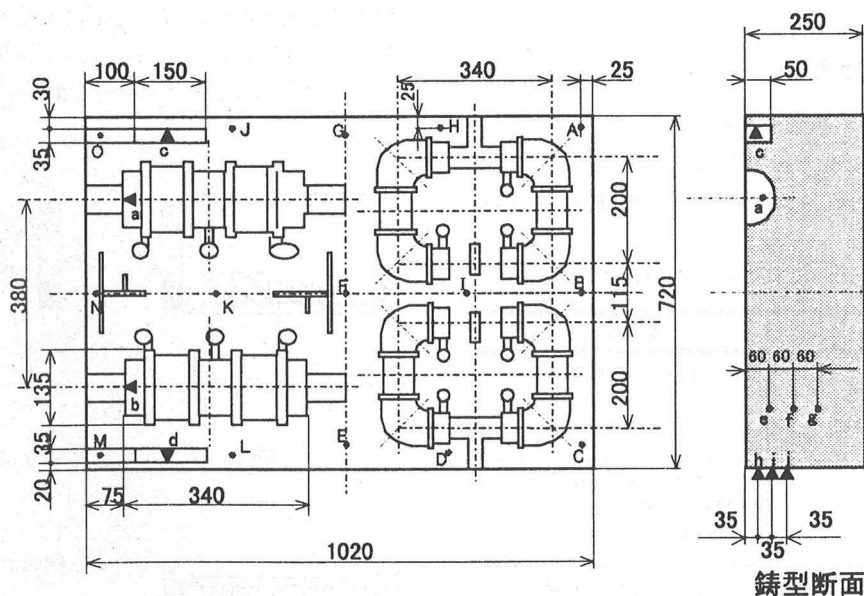
SO:Scale Over(20N/cm²以上)

図5 鑄型形状及び鑄型強度測定ポイント

型強度の均一化が認められる。

従来の水平割の造型法においては、生型砂の投入後の造型工程では鑄型背面側からエネルギーを加えている。これまで、従来の上スクイズ、ブロー（エアレーション）後の上スクイズ、流気加圧、そして、衝撃波等を与える造型法の開発によって、より大きなエネルギーを加えての鑄型の高強度化が図られている。しかし、これらは全て生型

砂を媒介とした鑄型背面側からの加圧を行うものである。これに対し、ダブルスクイズ造型法では模型面を動かすことから、高効率で直接キャビティ部が成型される。したがって、使用する生型砂の性質が造型性に与える影響が少ないことからその性質を変更する必要がなく、これにより、既存の模型を使用することが可能となった。さらに、模型面を動かして模型を転写するという特徴を生かし、加圧後

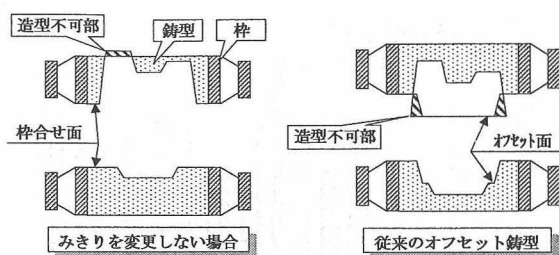


図6 みきり面と枠合せの関係

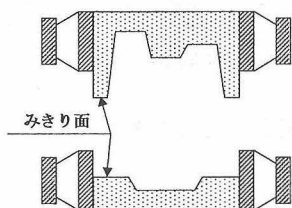


図7 みきり可変概念図

に模型を鑄型から離すという工程を抜型の第1工程とすることが可能となった。これによって微細な転写を行ない、角欠けを防止することができる。こうした転写(造型)を忠実に実現する機構として、模型面を水平に抜型するシンクロナイズド抜型機構を開発した。

2.2 複雑形状及び多数個込めへの対応

多数個込めを可能とするにはダブルスクイズ造型法により、枠近傍部のみならず模型間及び鑄型内部の強度確保が必要となる。これに対応する下スクイズ距離可変技術確立した。下スクイズ距離を枠高さの15%、20%とした時の鑄型強度測定結果を表2示す。この測定に使用した鑄型形状及び鑄型強度測定ポイントを図5に示す。下スクイズ距離を十分に確保することにより、模型間及び鑄型内部の強度が確保されることが分かる。

2.3 設備の統合

鑄枠の高さによる生産可能製品の制限をなくし設備を統合するには、みきり面を枠面とする規制をはずさねばならない。これを可能にするみきり可変技術の開発を行なった。従来技術の問題点を図6に、みきり可変技術で解決した状態を図7に示す。図示する形状の製品を仮定し、枠面でみきる場合、縦方向に造型不可能な部分ができる。また、オフセット鑄型とした場合、有効面積の減少から横方向に造型不可能となり、もし他の平面的に造型可能な場合でも、既存の模型を改造しなければならない。既設の造型ラインで使用していた模型を流用する場合には、枠面にかかわらず合わせた枠の内部でみきり面を設定する必要がある。この考え方をみきり可変と称することとする。みきり可変において、みきり面が枠面でないためには、鑄型高さを高く設定した型では、枠面から設定量だけ砂型が突出した状態となる。これは上型、下型いずれかに設定されてもよい。

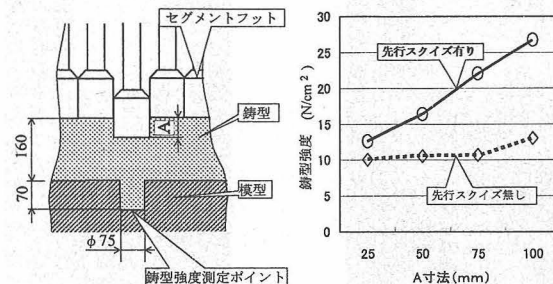


図8 セグメントフット高さと鑄型強度の関係

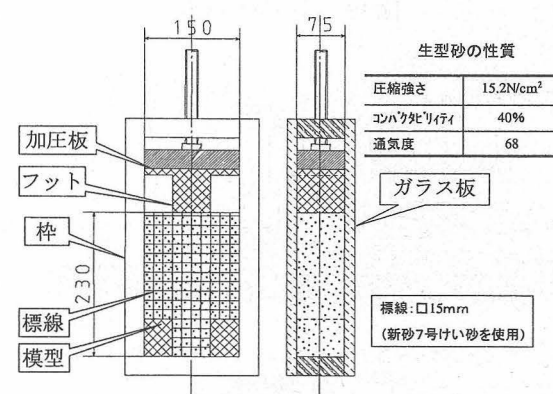


図9 先行スクイズ時の砂挙動確認装置

一方、前述の鑄型と合わせられる方は突出した高さと同量だけ枠内にへこんだ状態で造型される。これらの鑄型を枠合わせするのであるから突出した砂型側面はストレートに造型され、かつ、表面や鑄型外周も高い精度で安定している必要がある。鑄枠の内面も砂持ちと呼ばれる加工が施されることなくストレートな造型でなければならない。これはダブルスクイズ造型法を用いることで可能となるものである。

3. 新たな要素技術

表1に示される要素技術の他に、次のような新しい技術を開発し、これを新ダブルスクイズ造型法としたので報告する。

3.1 方案形状に障害される島部の強度確保

実際の模型は島部となる凹部周辺に湯口をはじめとする突起が林立しており、砂の流入が障害されること、模型材質によっては凹部の摩擦抵抗が大きいことなどから、島部の鑄型強度が確保されないことがある。この対応策として、スクイズヘッドのセグメント化、さらに、各スクイズフットの個別制御を行ってきたが、十分な効果が得られないことがある。そこで、更なる効果を得るため、ダブルスクイズの前に先行スクイズ(後述)を行ない、個別制御されたスクイズフットで選択的に島部の強度をコントロールする新ダブルスクイズ造型法の開発を行なった。

鑄型背面側のスクイズ工程において、個別制御化され

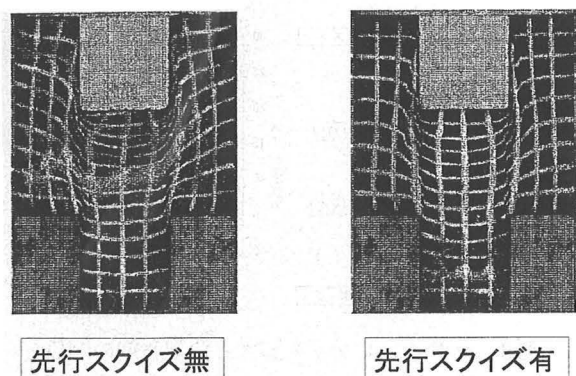


図10 砂の挙動解析

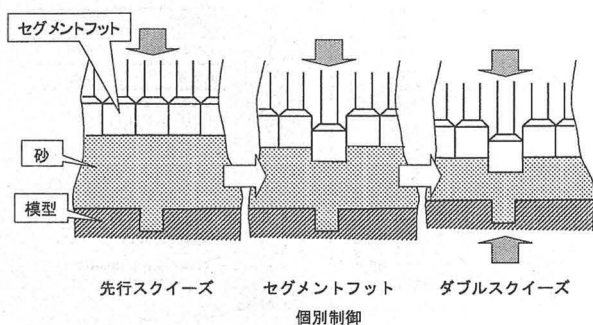


図11 先行スクイズを付加した工程

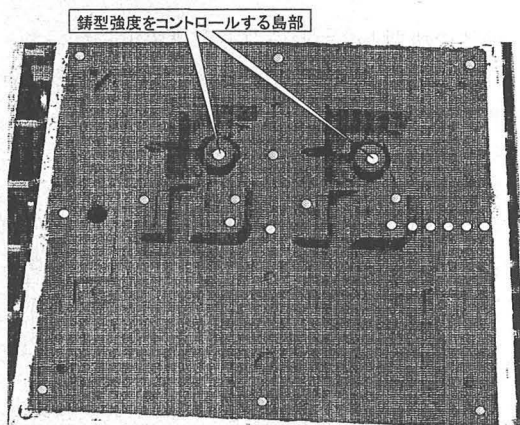


図12 鑄型形状と鑄型強度の測定部位

たスクイズフットがフラットな状態でスクイズを行なう。これを先行スクイズと言う。その後、ターゲットの上のスクイズフットを個別制御にて凸状態として造型を行なうことにより、島部の強度を選択的に上げることに成功した。図8に先行スクイズ有無における、セグメントフット高さと鑄型強度の関係を示す。

3.2 新ダブルスクイズ造型法における砂の挙動解析

先行スクイズを実施した場合と実施しなかった場合における、スクイズ時の砂の挙動を調査した。

3.2.1 実験方法

実験に使用した装置及び、生型砂の性質を図9に示す。

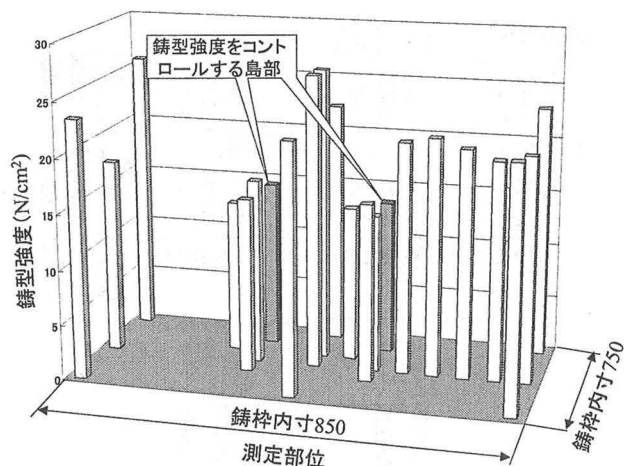


図13 先行スクイズなし

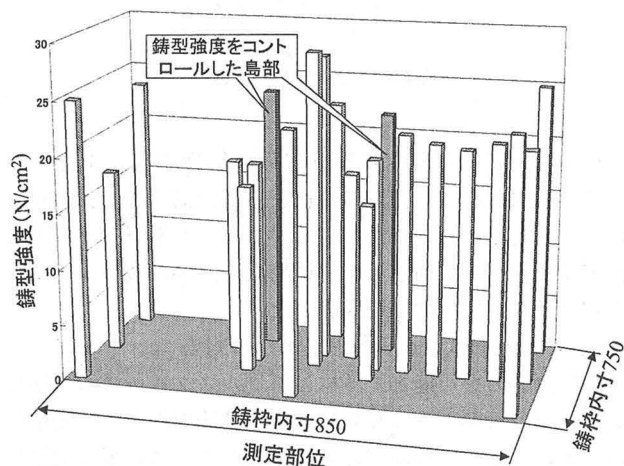


図14 先行スクイズあり

実験装置はうちのり 230×150 奥行き 75 mm の箱状の鑄枠があり、ねじで動く加圧板が備えられている。砂は加圧板を外した状態でふるいを通して 230 mm の高さまで鑄枠に入れた。砂入れ後、セグメントフットを想定した、フットが付いていない加圧板を取付け、ガラス板を外し、新砂 7 号けい砂で圧縮方向及びそれと直角方向にそれぞれ 15 mm 間隔で標線を入れた。なお、先行スクイズを伴う試験条件では先行スクイズを実施後、標線を入れた。その後、ガラス板で上面を覆いセグメントフットを想定したフットが付いた加圧板を取付け、ねじを回転させて加圧板を動かし、圧縮時の砂の挙動を観察した。

3.2.2 実験結果

先行スクイズ有無による砂の挙動を図10に示す。

先行スクイズを実施しなかった場合は、フット先端部を中心として、標線の湾曲が認められる。これに対し、先行スクイズを実施した場合は、先行スクイズを実施しなかったものに比べ、標線の湾曲が少ない傾向が認められる。

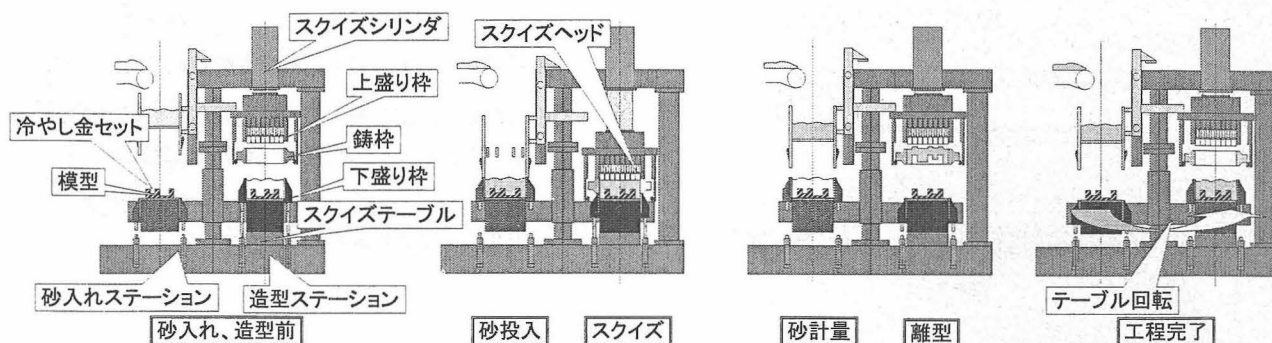


図 15 新工程高機能造型機 KDH 型工程図

3.2.3 考 察

鑄型背面からのスクイズエネルギーは砂を介して伝達されているが、先行スクイズを行うことにより、砂の流動拡散によるスクイズエネルギーの分散が防止され、直進的な伝達が生じている。このスクイズエネルギーの直進性が選択的に鑄型強度のコントロールを可能としている。

3.3 実機による検証

先行スクイズを付加した工程を図 11 に示す。確認に使用した鑄型形状と鑄型強度の測定部位を図 12 に示す。先行スクイズ有無による鑄型強度の測定結果を図 13、図 14 に示す。先行スクイズを行なうことによりターゲットとした島部の鑄型強度の向上が認められる。

4. 鑄造設備の進化

以上の技術は健全な鑄造品を生産する上での大前提となるものであるが、鑄造工場での「使う立場」の視点から更なる進化を図ることとした。現在、鑄造工場において問題となっている、残る課題として次のことが挙げられる。

- (1) 設備の垂直立ち上げの困難さ
- (2) 大型設備の維持管理と費用
- (3) 砂性状の厳密な管理の必要性（造型にエアを使う場合）
- (4) 大きなエネルギーの使用量

そこで、こうした問題を解決するためには、前述の要素技術を確認したまま、造型ラインを頑丈でありながらシンプルで、なおかつコンパクトにしなければならない。そこで、機械の工程を分析し、造型機及び造型ラインを新しい概念で開発することとした。

4.1 開発の内容

造型機及び造型ラインの具備すべき条件を以下に記す。

4.1.1 造 型 機

- (1) 砂投入にエアを使用する工程があると砂管理が難しくなり、一次充てん不良が出る。砂の投入不良は造型条件をいかに変更しても改善されない深刻な問題を発生させる。また、これらを防止する砂管理は実際の稼動中に維持管理することは不可能である。従って、本機ではエアを使わないこと。

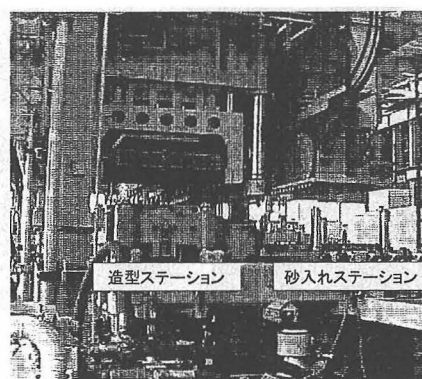


図 16 KDH 型造型機

- (2) 砂投入にエアを使用するために対処すべき砂こぼれ防止をエアを使わずに実現し、なおかつピットレスとすること。
- (3) 造型機の各工程で重複しているものは分離し、負荷を軽減すること。
- (4) これらの条件を満足し、かつ前述の要素技術を取り入れるように開発すること。

4.1.2 造型ライン

- (1) アクチュエータを極少化すること。
従来のプッシャー→ホールド→トラバーサのくり返しをやめる。これによって使用するエネルギーを減少させると共に、部品点数の削減により管理項目を少なくする。
- (2) 従来のモールドコンベヤについての下記の問題点を解消する考え方で、全く異なった搬送装置を開発する。
(a) 方向転換時の回転半径が過大なため、大きなスペースが必要。(モールドコンベヤの内側のスペースはほとんどが、デッドスペースとなる)
(b) 各モールド台車の連結部が台車の中央部にあり、連結部のメンテナンスに多大な工数を費やす。
(c) 鑄杵の載せ、降ろし等に際して、位置決めが困難。

4.2 開発の成果

4.2.1 新工程高機能造型機 KDH 型の開発

KDH 型造型機の工程を図 15 に、外観を図 16 に示す。

- (1) 砂投入は造型と別なステーションでキャリヤプレー

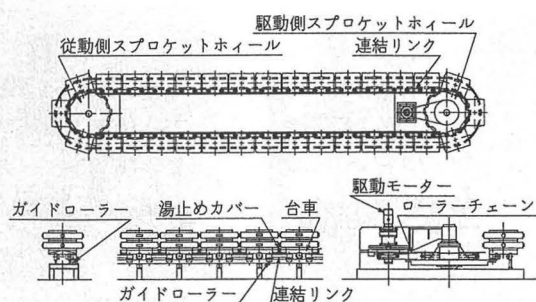


図17 サークルトラム構造図

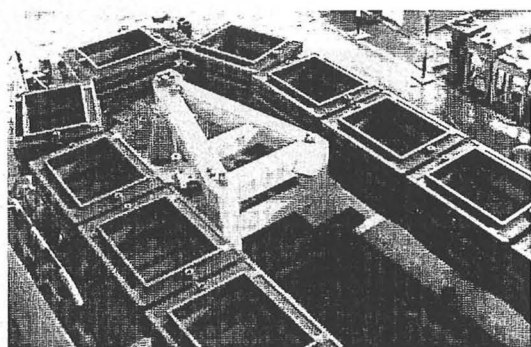


図18 サークルトラム

ト内に投入される。この砂は造型ステーションにおいて、下方向より鑄枠内に送り込まれる。これにより砂投入はエアを使用せずに確実にこなわれ、スピルサンドも発生しない。

- (2) 造型はダブルスクイズ造型法で行なわれ、新ダブルスクイズ造型法やみきり可変技術などの要素技術をいづれも採用でき、ピットレスで造型される。
- (3) 各工程は余裕を持ち、従来であれば20秒/上下枠の造型には2台の造型機が必要であるが、本機は1台で対応できることからシンプルな設備となる。
- (4) 使用エネルギーについては、砂投入にエアを使用しないことから、大量のエア消費がない。また、スクイズシリンダを含むアクチュエータ類の使用エネルギーは、従来2台の造型機が必要であったものを1台とすることが可能となったこと、及び、工程の見直しにより、従来機比1/2以下となる。

4.2.2 新型造型ライン—サークルトラムの開発

サークルトラムの構造図を図17に、外観を図18示す。

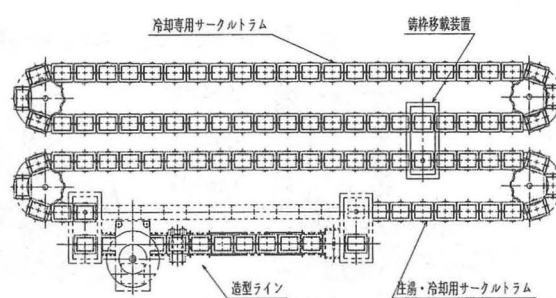


図19 サークルトラムのレイアウト例

サークルトラムのメリットは以下の通りである。

- (1) 造型ラインを動かすアクチュエータは1つとすることができ省エネルギー化、メンテナンス性の向上、管理項目の削減が可能となる。
- (2) 台車の連結部を内側に配置することにより、下記のようにモールドコンベヤの問題点を解消している。
 - (a) 方向転換時の回転半径を小さくでき、省スペース化が可能となる。
 - (b) 台車の連結ピッチを最小限にすることができ、省スペース化が可能となる。
 - (c) 台車を降ろすことなく、連結部のメンテナンスが可能となる。
 - (d) スプロケットによるダイレクトモータ駆動方式の採用により、位置決めのためのコントロールが可能となる。
- (3) 省スペース化が可能となったことで、冷却専用のサークルトラムを並列に設置して、製品を選択的に冷却することも可能となる。その実施例を図19に示す。

5. まとめ

鑄造品に対する高精度化、高効率化の要請に応えるために、生型造型の要素技術を進化させるべく、開発を行ってきた。さらに、これらの要素技術をベースとした今回の開発で、設備をコンパクトでスリムなものとするにより、設備導入時の垂直立ち上げが可能となり、日常の維持管理が容易なものとなる。冒頭で述べた様に、造型機と造型ラインについて、原則通りの無理のない工程を要素技術で確立し、同時に実稼働上の問題点を克服することで鑄造設備を進化させることができるものと考えている。