

プラスチック機械特集

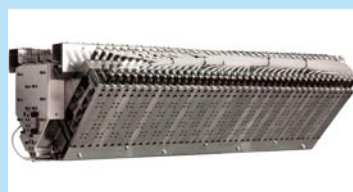
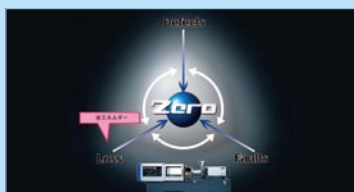
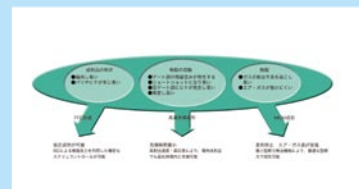
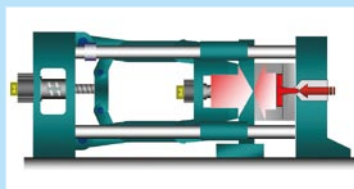
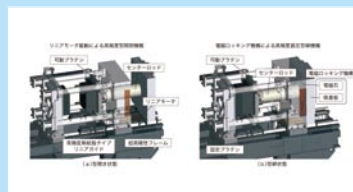
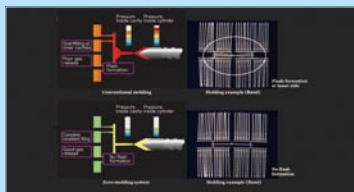
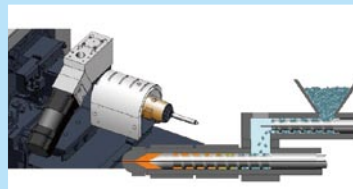
論文・報告	Zero-moldingシステムを使用した型内樹脂流動の制御 徳能竜一, 山下秀樹, 中川和道, 阿部昌博	1
	低型縮力成形における動的型開力の解析技術 仲谷隆男	5
	Zero-moldingシステム成形法による省エネルギー効果 羽野勝之	9
	新熔融理論に基づく新理論可塑化システム 丸本洋嗣	13
	射出成形機の高精度型縮装置 田村惇朗	17
	コンパクトな大型全電動射出成形機 CL7000 早川真博, 牧野嘉彦	21
技術解説	フィルム成形用空圧式自動偏肉制御Tダイ SMART FLIPPER 中野勝之	25
	高精度・高性能異材射出成形機 SE-CI シリーズ 齋藤泰史, 鈴木啓介	29
	電動縦型ロータリー横射出成形機 SR100H 三品 成一郎	31
	薄肉ハイサイクル容器成形機 SE180DUZ-PACK 小林彰久	33
新製品紹介	薄肉導光板成形技術 横山 拓	35
	ハイブリッド式射出成形機 SE-HY	37

Special Section of Plastics Machinery

T/PAPER	Controlling Resin Flow in Mold Using Zero-molding System Ryuichi TOKUNOU, Hideki YAMASHITA, Kazumichi NAKAGAWA, Masahiro ABE	1
	Technology for Analyzing Dynamic Mold Opening Force with Low Clamping Force in Molding Takao NAKAYA	5
	Energy-saving Effect of Zero-molding System Katsunobu HANO	9
	New Theory Plasticization System Based on New Melting Theory Hirotsugu MARUMOTO	13
	High-accuracy Mold Clamping Unit for Injection Molding Machine Atsuro TAMURA	17
	Compact All Electric Injection Molding Machine with Large Capacity CL7000 Masahiro HAYAKAWA, Yoshihiko MAKINO	21
	Automated Pneumatic Thickness Profile Control T-die for Film Casting SMART FLIPPER Katsuyuki NAKANO	25
T/INVITATION	High Multi-material Injection Molding Machine SE-CI Series Yasushi SAITO, Keisuke SUZUKI	29
	Electric Vertical Rotary Injection Molding Machine SR100H Seiichiro MISHINA	31
	Thin Wall Packing Use High-cycle IMM SE180DUZ-PACK Akihisa KOBAYASHI	33
	Injection Molding Technology for Light Guide Plate Taku YOKOYAMA	35
NEW PRODUCT	Hybrid Injection Molding Machine SE-HY	37

プラスチック機械特集

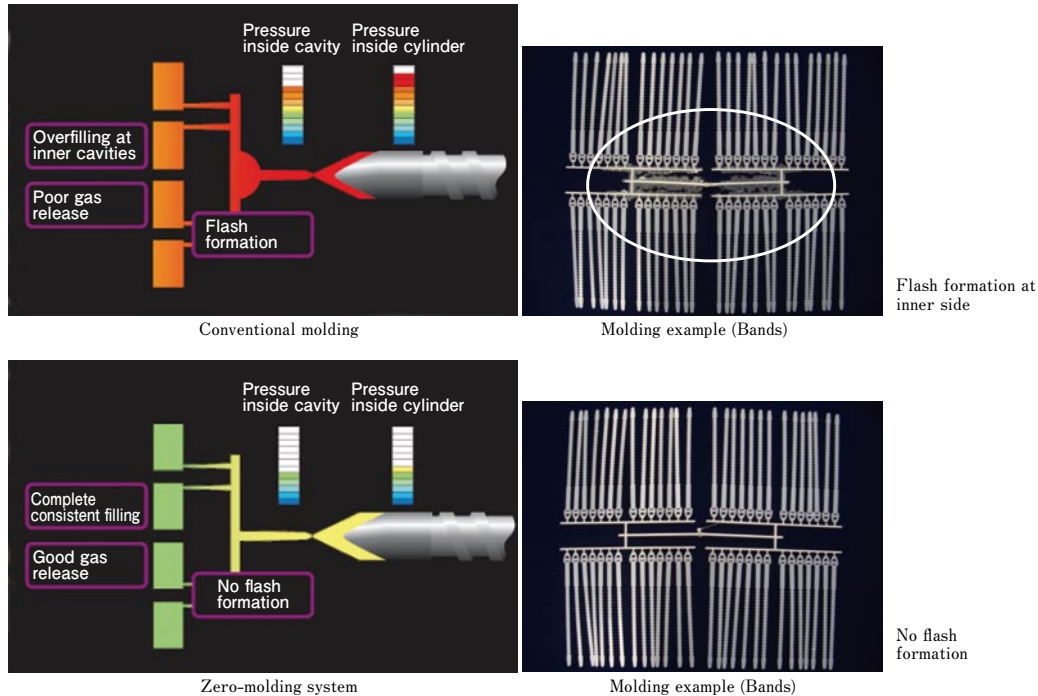
Special Secion of Plastics Machinery



Zero-moldingシステムを使用した型内樹脂流動の制御

Controlling Resin Flow in Mold Using Zero-molding System

● 徳能 竜一* 山下 秀樹* 中川 和道* 阿部 昌博**
 Ryuichi TOKUNOU Hideki YAMASHITA Kazumichi NAKAGAWA Masahiro ABE



従来成形とZero-moldingシステムの違い
 Difference between conventional molding and Zero-molding system

現場の成形ユーザが日々直面する問題(不良, 無駄および失敗)を解決すべく, 当社はZero-moldingシステムという成形思想を提案し, これを搭載した最新成形機を上市した。

Zero-moldingシステム機能の一つであるFlow Front Control(FFC)成形では, 従来機と違い, 金型に樹脂を完全充填するときに, 樹脂に無理な力を掛けることなく充填できる。しかしながら, 本制御中の樹脂流動モデル化が充分できていない。

本報では, 可視化金型の実験設備を準備し, FFC成形中の樹脂流動を撮影し, 本制御で流動先端速度が制御できることを確認した。さらに, 樹脂圧と流動先端速度の相関関係を調べ, 本制御以前に樹脂に蓄積された圧力を利用して, 樹脂が流れることを推察し, この樹脂流れを理論式からモデル化した。理論式と流動解析を使い, 充填バランスの悪い金型においてFFC成形を使用すると, 成形条件幅が広がる理由を考察できた。

To solve problems (defects, loss and faults) faced daily by mold users on the shop floor, our company recently proposed a molding concept called “Zero-molding system” and a leading-edge molding machine equipped with the same. With the “Flow Front Control (FFC molding),” which is among the Zero-molding system’s functions, users can completely fill the metal mold with resin without forcing it into the mold, unlike conventional molding machines. However, the resin flow in this control system has not been sufficiently modeled. For this paper, we prepared an experimental facility of a visualized mold, took photos of the resin flow during FFC molding, and confirmed that this control system was capable of controlling the flow front speed. In addition, we examined the correlation between the resin pressure and the flow front speed, and assuming that the resin would flow using the pressure accumulated in the resin prior to this control, we modeled this resin flow based on a theoretical formula. By using the latter and flow analysis, this paper discusses why the range of molding conditions for a metal mold with unbalanced filling widens if the FFC molding is used.

1 まえがき

射出成形機は, 油圧式から電動式への移行により高応答性および繰返し安定性が大幅に向上した。今後, 国内だけでなく海外でも電動式成形機の入替えが進んでいくと考えられる。しかしながら, 最新設備の電動機を使っている客先でも, メ

ーカーに要望することの8割は成形不良が起らないことで, 不良の内訳のうち5割が樹脂の余剰充填(バリ)および充填不足(ショート)である。現状の機能では, まだまだ成形現場の要望を完全には満足していない。

バリおよびショートは, 樹脂の充填プロセスで発生する。射出成形機は, 加熱筒の中にある溶融状態の樹脂を設定され

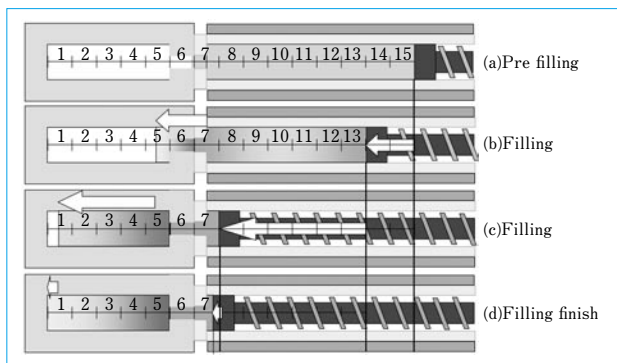


図1 粘弾性流体の充填プロセス
Filling process of viscoelastic fluid

た速度でスクリュを押し出し、金型に充填させ、冷却により樹脂が収縮した分を後で補充する。従来の方法では、樹脂に無理な力が掛かったまま金型に完全充填させがちになる。金型が多数個取りの場合、バリおよびショートと同時に発生させる原因になる。

本報では、まず従来機の成形工程の問題点を説明し、金型内部の樹脂流動を制御する必要性を論じる。当社はこの問題の解決に、Zero-moldingシステムという成形方法を提案している⁽¹⁾。ケーススタディを用いて、Zero-moldingシステムにより本制御が可能なることを、可視化金型により確認した。本制御により、成形品のバリおよびショートが低減できる理由を考察したので報告する。

2 型内樹脂流動制御の必要性

2.1 従来の成形方法の問題点

一般的な射出成形機の樹脂充填プロセスは、次の二つの工程で構成される。

(1) 射出工程

加熱筒の中にある溶融状態の樹脂(粘弾性流体)を、設定された速度でスクリュを押し出すことで、金型内部に充填する。

(2) 保圧工程

溶融樹脂が充填されると同時に、金型壁面から樹脂が冷却され、収縮および固化が進行する。体積収縮分の補充にスクリュを一定圧力で押し続け、樹脂を金型内に補充する。

(1)および(2)を行うべく、射出成形機は、射出工程ではスクリュを速度制御し、保圧工程では充填圧力が設定圧力になるように圧力制御する。速度から圧力に切り替わるタイミングは、一般的にはスクリュ位置で行う。

次に、粘弾性流体の流動を意識しながら、充填プロセスを再度説明する。図1は、イメージ図を使い充填プロセスを表現したものである。図1の左側は金型内部の樹脂を入れる空隙(キャビティ)を示し、右側は射出成形機のスクリュを示す。縮流部は、成形機のノズル、金型側のスプル、ランナおよびゲートを示す。なお、充填量が分かるように、意図的に目盛りを振っている。

射出前は、スクリュ内部にのみ樹脂がある(図1(a))。

次に、射出開始で2目盛りスクリュが動くとき、粘弾性流体の場合、縮流部にて樹脂が圧縮されることから、製品部には

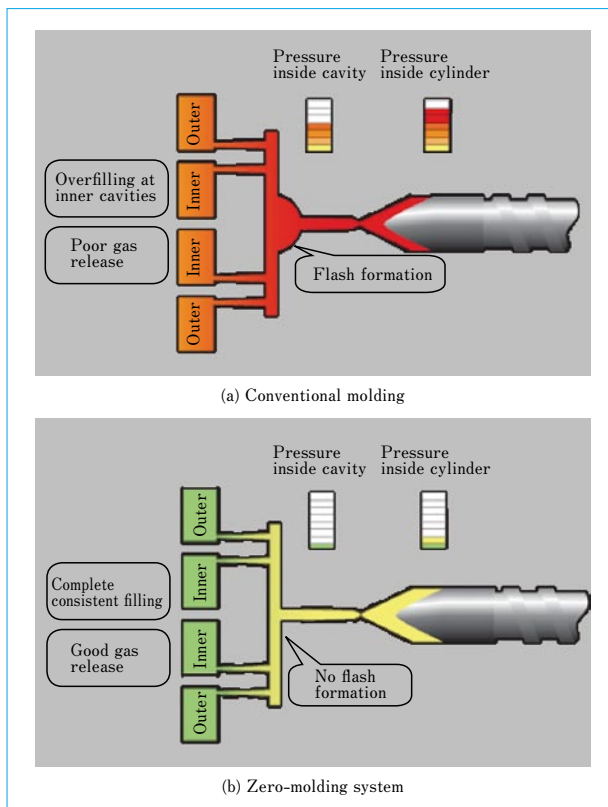


図2 充填プロセスと成形不良の関係
Relation between filling process and molding defects

1.5目盛りしか入らない(図1(b))。樹脂内部では、図のグラデーションで示すような圧縮が起こる。その後も射出が進行し、射出完了直前まで、圧縮がどんどん進行しながら樹脂が充填され、射出工程が完了する(図1(d))。したがって、このまま保圧工程に入ると、樹脂に無理な力が掛かったままになる。

次に、金型レイアウトをより実態に近づけて、充填プロセスを再度説明する。図2は4個取りの不等距離ランナの成形をイメージしている。この成形では、流動長の短い内側2個が先に充填し、外側2個が後に充填する。図2(a)に、従来成形の完全充填時の状態を示す。これまで説明したように、粘弾性流体では射出工程で樹脂に無理な力が掛かる。外側2個を完全充填させようとして、スクリュを前進し続けると、内側2個は前進分だけ過充填状態になる。その結果、外側と内側の製品品質に差が出る。最悪の場合、内側がバリ、外側がショートというように、同時不良が発生し、良品が取れない。(成形条件幅が狭い)

従来機では、この対策に、射出工程を製品部の8~9割充填で切り上げ、早めに保圧工程に入るか、または、射出工程の最終部で圧力制限に転じ、スクリュを減速させる方法がある。両方とも成形現場で広く用いられているが、前者は保圧で収縮分を補うと言いつつ射出工程も兼ねており、射出・保圧の定義を無視した使い方になる。また両者とも射出~保圧工程でスクリュを前進させ続けることから、樹脂の圧縮は避けられない。

2.2 Zero-moldingシステムの成形方法

Zero-moldingシステムとは、客先の成形現場で起こる不良(Defects)、無駄(Loss)および失敗(Faults)をゼロにする新しい成形方法である⁽¹⁾。この思想の実現に、最新機種に30種類

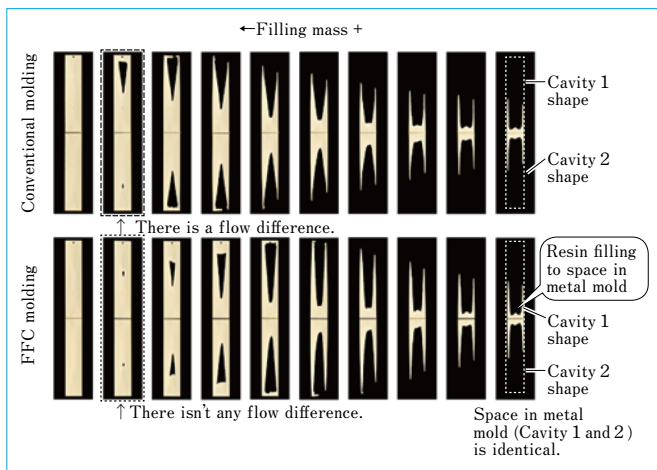


図3 充填バランスの違い
Difference of filling balance

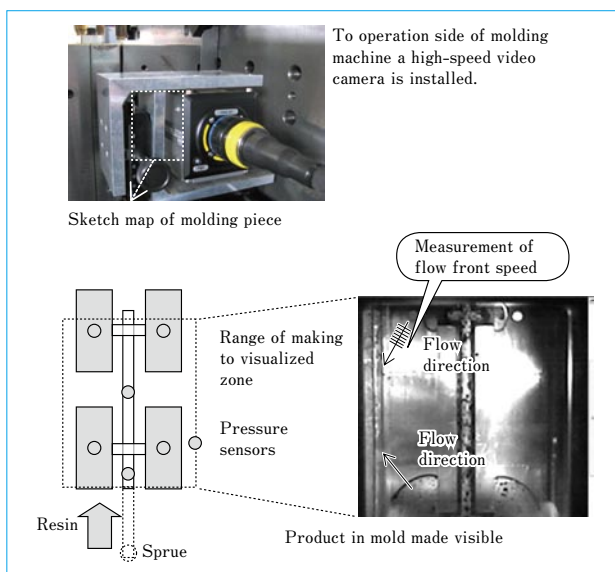


図4 フローフロントの測定方法
Measurement of flow front speed

の新機能を搭載しており、次に説明するのはその一機能である。

粘弾性流体を充填するとき、樹脂が圧縮される問題は避けて通れない。Zero-moldingシステム制御を搭載した機械では、射出と保圧の工程間にフラッシュという設定を設けている。この工程は、射出により圧縮された樹脂が、樹脂自身の力で充填できるように、射出動作に制限を掛ける。図2(b)に示すように、フラッシュ制御を内側2個が充填したタイミングで使えば、外側2個は残圧で充填できる。こうすれば、内側2個にバリが発生することなく、外側も充填することができる。製品部を低圧で充填できれば、ランナ圧やスクリュウ圧は製品からの圧力損失の積み重ねであるので、これらも低圧にすることができる。システム全体の充填圧力を低下でき、金型を締めつける力(型締力)も低減できる。型締力が下がれば、金型内のガス逃げも良好になり、転写不良も低減できる。

このように、フラッシュ制御を使い、樹脂流動先端部(フローフロント)を制御する成形をFlow Front Control(FFC)成形と呼ぶ。

図3は、2個取り成形品における充填バランスの違いを観察したものである。横軸は樹脂の充填量を示しており、左方向へいくほど、金型内の隙間に樹脂が充填されている。この

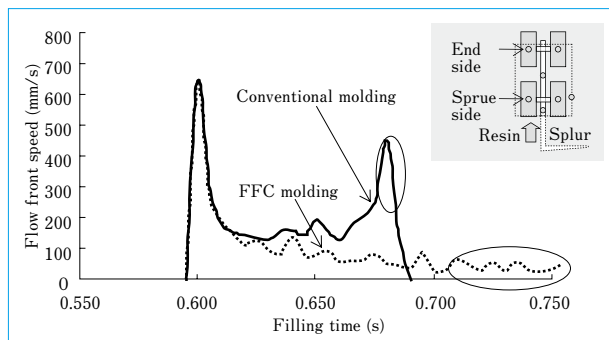


図5 フローフロント速度の比較(末端側CAV)
Comparison of flow front speeds (End side CAV)

充填の様子を従来成形とFFC成形で比較した。従来成形の場合、充填バランスは揃いにくい、FFC成形の場合、充填バランスが揃う。次章では、金型内部の流動を可視化し、FFC成形により型内流動が制御できるか確認したので報告する。

3 型内流動制御の確認

図4に、可視化実験設備の仕様を示す。本実験では、金型固定側にガラスプリズムを装着した可視化金型を使用する。可視化窓からは、金型加工部のうち、ランナから製品末端までを、ガラスを透過して観察できる。なお、本報では製品部を構成する金型空隙をキャビティ(CAV)と呼ぶ。樹脂の充填状態は高速度ビデオカメラで撮影する。撮影画像をコマ送りし、樹脂流れ方向におけるピクセルの増加分から、充填中の樹脂フローフロント速度を計算する。この速度を従来成形とFFC成形で取得し比較すれば、フローフロント速度が変化したか確認できる。

図5は、製品4個のうちスプルから遠方の製品(末端側CAV)について、樹脂流速をグラフ化した結果である。グラフ横軸は充填開始からの経過時間、縦軸がフローフロント速度である。フラッシュ制御は、スプルに近い方の製品(スプル側CAV)が完全充填する直前に開始した。グラフの丸印に着目すると、通常成形では、充填末期に成るほどフローフロントが高速化し、充填完了しているのに対し、FFC成形では、フローフロントが高速化せず、充填完了していることが分かる。

次に、フローフロントと樹脂圧の変化を動的に観察する。可視化金型には、図4下に示すように、各製品部4箇所とランナ2箇所の計6箇所に型内圧センサを設けてある。可視化画像と型内圧センサの測定トリガは成形機動作と同期している。同じトリガで計測開始することで、フローフロントと樹脂圧の時間経過を同時に観察できる。図6の上側は、FFC成形中の各部樹脂圧を時間ごとに重ね書きしたグラフ、下側はこのときの内部流動を0.1秒ごとにコマ送りした画像である。グラフの結果より、フラッシュ制御の時間が伸びると充填ピーク圧が下がり、代わりに金型内部の型内圧が上がる傾向が観察された。画像からは、フラッシュ制御中に流動長が伸びることを再度確認した。

実験データをまとめると、FFC成形は、

- (1) 製品末端部のフローフロント速度が上がらない。
- (2) 充填ピーク圧が下がり、逆に型内圧は上がる。この間

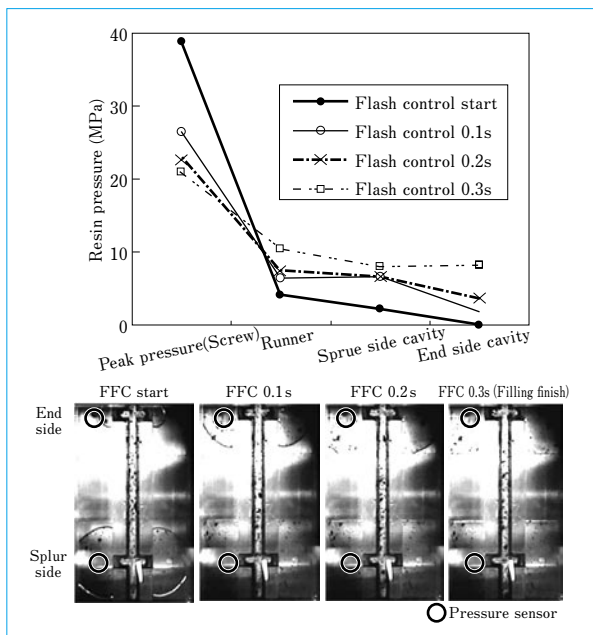


図6 樹脂圧力と樹脂流動の関係
Relation between resin pressure and resin flow

に流動長が伸びる。

これらから、FFC成形では、フラッシュ制御以前までに樹脂に蓄積された残圧により、樹脂が金型側に流動すると推察できる。しかしながら、可視化だけでは、残圧流動のメカニズムが充分解明できない。次章では、理論式によるモデル化を試みた。

4 型内流動制御と成形不良の相関

FFC成形中の残圧流動を理論的に考察する。圧力損失、流動長および樹脂流速の関係式を次に示す。

$$Q = 2\pi \int_0^a U r dr = -\frac{dp}{dx} \frac{\pi a^4}{8\eta} \dots\dots\dots (1)$$

Q 樹脂流速 dp 圧力損失 dx 流路長さ η 樹脂粘度
a 円管の半径 U 管内平均流速

(1)式は、円管内を流れる樹脂流動を等温流れでモデル化した式⁽²⁾である。

樹脂、金型および成形機の形状を固定すると、 $\pi a^4 / 8 \eta$ が固定値となる。このとき、樹脂流量Q(=樹脂流速)を少なくすると、圧力差dp(=流動距離間の圧力損失)も小さくなると考察できる。

図7は、今回の可視化金型形状をモデル化し、流動解析を使って型内圧分布を考察した例である。流動解析ソフトは、Vero Software社製 VISI Flowを使用した。図7(a)は通常成形の型内圧の変化、図7(b)はFFC成形の型内圧の変化を示す。型内圧分布はコンタ図で示しており、圧力とコンタ色の関係はモデルの左側にバー表示してある。今回のコンタ色設定では、緑色ほど樹脂圧が高く、青色ほど樹脂圧が低い。なお、成形条件は可視化実験と同じとし、FFC成形は擬似的にスプル内圧を制御し実現した。図の左側はフラッシュ制御開始時のタイミング、右側は完全充填時である。従来成形では、射出工程が進むにつれてスプル側CAV、末端側CAVの型内圧が相対的に上がり、完全充填時に両者の型内圧差は大

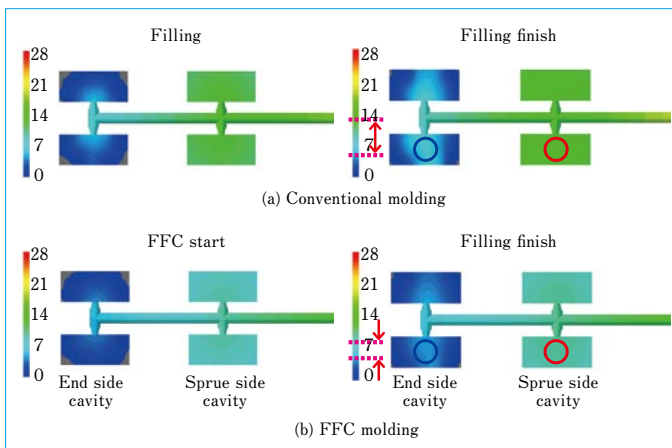


図7 FFC成形中の型内圧分布
Pressure distribution in FFC molding

きくなる。一方FFC成形では、スプル側CAVの型内圧の上昇が抑えられ、一方で末端側CAVは充填し型内圧が上がる。したがって、通常成形と比べて、両者の型内圧差が縮まる。本章の考察を次のようにまとめる。FFC成形によりフローフロント速度を下げると、流動に必要な圧力損失も下がる。したがって、フラッシュ制御中は型内圧差が縮まる。多数個取り金型において、スプル側の製品が充填したタイミングでフラッシュ制御を使用すると、残りの充填で型内圧差を縮めることができる。差が縮まった分、良品条件幅(バリなし、ショートなし)が広がると考察できる。

5 今後の課題

樹脂に無理な力を掛けない成形法は、充填バランスだけでなく、肉厚製品、偏肉部の製品などにも効果があると考えられる。現在、Zero-moldingシステムの適用範囲のより広いことの確認に、いろいろな成形品(金型)で成形実験を積み重ねている。これらの結果から、充填末端部の制御方式をさらに拡充し、不良、無駄および失敗をより低減するZero-moldingシステムのバージョンアップを検討中である。

6 むすび

- (1) 射出成形での成形問題(バリおよびショート)の原因の一つとして、樹脂の充填工程中に樹脂が圧縮される問題に着目し、金型内部の樹脂流動制御の必要性を説明した。
- (2) Zero-moldingシステム機能の一つであるフラッシュ制御を使い、樹脂に無理な力を掛けない成形にすることにより、金型内部の樹脂流動が制御できることを、可視化実験を使い確認した。
- (3) フラッシュ制御により樹脂フローフロント速度を制御する間、製品部の型内圧差が縮まり、成形条件幅(バリなし、ショートなし)が拡大することを、樹脂流動のモデル式と流動解析を使い考察した。

(参考文献)

- (1) 徳能竜一. Zero-moldingを搭載した住友射出成形機の紹介. 産業機械, 702号, 2009, p.11~15.
- (2) 今井功. 第8章粘性流体の工学. 流体力学(前編). 日本機械学会, 1986, p.288~289.

低型締力成形における動的型開力の解析技術

Technology for Analyzing Dynamic Mold Opening Force with Low Clamping Force in Molding

● 仲谷 隆 男*
Takao NAKAYA

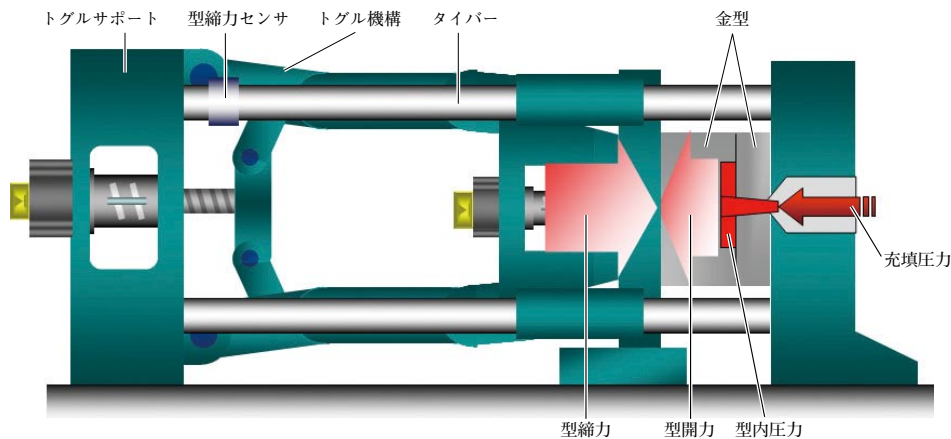


図1 型締装置と発生する力
Mold clamp unit and generated power

射出成形加工プロセスの、金型での大きな問題点として、モールドデポジットの付着量や金型変形量の低減がある。それらを低減させる方法に、低型締力成形がある。しかし、低型締力成形は、バリが発生する危険が生じる。したがって、過剰な型締力をかけて成形しており、金型変形による金型破損が発生する。低型締力成形技術を向上させるには、型締力の下限值を検出する方法が必要となる。

バリは、キャビティ内の型内圧力の上昇により、金型を開く方向に働く力である型開力が大きくなることで、金型が開いて発生する。また、キャビティ内の型内圧力が增大すると型締力も増大する結果から、型開力と型締力に関連性があると考えられる。

可視化測定による画像処理を用いて動的な型開力解析手法を考案した。また、型開力と型締力の関連性を解析し、型締力測定による低型締力設定の下限值が検出可能であることを確認したので報告する。

The injection molding process has major problems with metal molds, such as the adhesion of mold deposits and deformation of molds. Lowering the clamping force is one of the methods to reduce these problems. However, since doing so may cause burrs, excessive clamping force is frequently applied in molding, resulting in fracture of the metal mold due to deformation. To improve the technology for reducing the clamping force in molding, a method to detect the lower limit of the clamping force must be developed. Burrs are produced if the mold opening force, which is applied in the direction of opening of the metal mold, rises as a result of increased pressure inside the mold in the cavity to open the mold. In addition, as the pressure inside the mold in the cavity rises, the clamping force follows suit, hence the inferred link between the mold opening force and the clamping force. We recently developed a method for analyzing the dynamic mold opening force by using image processing based on visualization measurement. This paper has analysed the link between the mold opening force and the clamping force, and has verified that it is possible to detect the lower limit of the clamping force to be set by measuring the clamping force.

1 まえがき

近年、プラスチック成形品への高機能化要求が高まり、高温での成形や金型キャビティの複雑形状化に伴い、モールドデポジットの発生や金型変形による金型構成部品の破損が大きな問題となっている。モールドデポジットの原因となるガスを逃がすべく、型締力を下げることで減少させる方法⁽¹⁾がある。しかしながら、型締力を下げるとバリが発生し、品質

面での心配が生じることから、単純に型締力を下げることはできない。

バリは、射出成形機の充填プロセスにて発生する。そのことから、過剰な型締力をかけて成形しているので金型変形による金型破損が発生する。

射出成形機は、型締機構にて金型を閉じる。金型を閉じる力は、当社機では標準装備である型締力センサを用いて型締力を検出および設定している⁽²⁾。次に、加熱筒にて熔融され

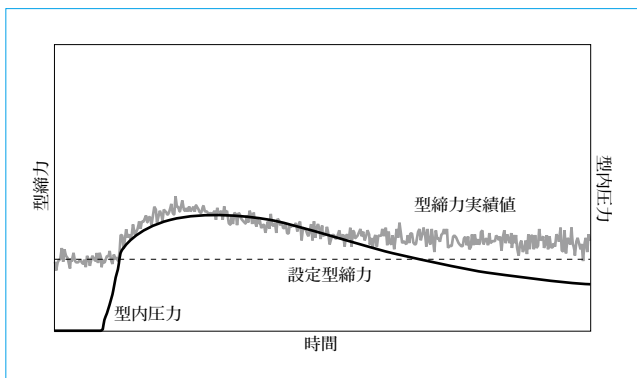


図2 型締力と型内圧力の比較
Comparison between mold clamping force and resin pressure in mold

た樹脂をスクリュを押し出すことで、金型内部に充填させる。樹脂が金型内部に充填されていくと型内圧力が上昇し、金型が開く方向の力(型開力)が大きくなり、ある閾値を超えると型が開き、樹脂が漏れてバリとなる。従来は型開力によって型が開く閾値が分からないことから、型締力の下限値を判断できなかった。

本報では、まず、当社機である電動射出成形機の型締装置を用いて、型内圧力により生じる型開力が樹脂の余剰充填(バリ)と型締力に与える影響について説明し、余剰充填時の型締力と型開力の関連性を解析する必要性を論じる。当社は、当社機の標準装備である型締力センサを用いた測定方法を提案する。次に、実験結果より、ピーク値による観点から型締力と型開力を解析し、解析結果より動的な解析が必要であることを論じる。最後に、動的な解析に必要な測定方法および解析結果を報告し、型締力と型開力の関連性を解析し、低型締力成形における型締力の下限値が検出可能かを考察したので報告する。

2 型締力と型開力解析の必要性

充填プロセスより余剰充填(バリ)の発生プロセスと型締装置への影響を次に説明する。図1は、当社機の型締装置の概略と発生する力の関係図である。

(1) 型締工程

型締装置において、トグル機構により金型を閉じ、タイバーを伸ばすことにより所望の型締力を発生させる昇圧動作が行われる。型締力の調整は、タイバーの伸び量を型締力センサにて検出し、調整することにより行われている。

(2) 射出・保圧工程

加熱筒内で熔融された樹脂を、スクリュを押し出すことで金型内部に充填させ、冷却により樹脂が収縮した分を後で充填させる。

(2)にて、金型内部に充填させていくと、樹脂の充填圧力によって型内圧力は上昇し、金型が開く方向の力(型開力)が大きくなる。さらに充填されていくと型開力が大きくなり、ある閾値を超えると金型が開き、余剰に充填された樹脂が漏れることでバリとなる。通常、トグル機の場合、金型が開くことでタイバーが伸ばされることから、型締力は大きくなる。

バリの発生防止に型開力がある閾値を超えないようにするには、型内圧力を検出する方法が考えられる。これは、金型

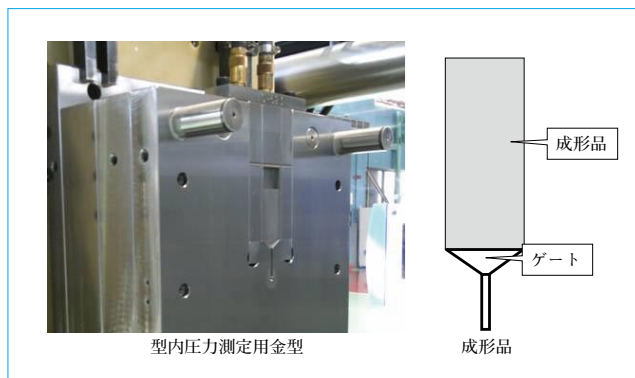


図3 型開力解析の実験設備
Experimental equipment of mold opening force

内部の樹脂圧力を圧力センサを用いて検出する方法である。圧力センサを金型キャビティ内に設置し、型内圧力の変化を検出することが可能なことから、型開力の変化を検出することが可能であると考えられる。しかしながら、金型内部に圧力センサを設置するには金型を改造する必要があり、またセットアップに時間が掛かることから、量産成形の現場には実用的ではない。そこで、簡単に型開力の変化を検出する方法として、型締力に着目する。

図2は、余剰充填時の型内圧力と型締力を測定した例である。設定型締力にて型締を行ったのち、樹脂が充填されていき、型内圧力が大きくなると型締力も大きくなっていることが分かる。型締力が大きくなることから、余剰充填により型開力が大きくなることで金型が開き、タイバーが伸ばされていると考えられる。

よって、余剰充填時における型締力変化が最も大きいピーク値と型開力のピーク値を解析することで、低型締力の下限値の検出が可能と考える。また、型締力は当社機の標準装備である型締力センサを使用していることから、セットアップも不要である。次章では、実験結果を用いて、余剰充填時の型締力と型開力のピーク値の関係を解析し、考察する。また、その結果より動的解析の必要性を論じる。

3 動的型開力解析の必要性

3.1 型開力の定義

成形品の良品状態より、余剰に充填されたときに、樹脂の型内圧力によって金型が開かれる方向に働く力である型開力がある閾値を超えて金型が開くとすると、このとき型内圧力はピークに到達すると考えられることから、金型が開くときの型開力の関係式を次に示す。

$$F_{open} = P_{cav} \times S_{cav} \dots\dots\dots (1)$$

F_{open} 型開力のピーク値 P_{cav} 型内圧力のピーク値
 S_{cav} 成形品の投影面積

3.2 型締力および型内圧力のピーク値による型開力解析

図3に、型締力測定による型開力解析の測定設備を示す。本実験では、3.1にて示した型開力のピーク値 F_{open} 解析は、型内圧力を検出する必要があることから、金型キャビティ部に圧力センサを設置可能な金型を使用する。型締力は当社機の型締力センサを使用し、型内圧力は金型キャビティ内部に

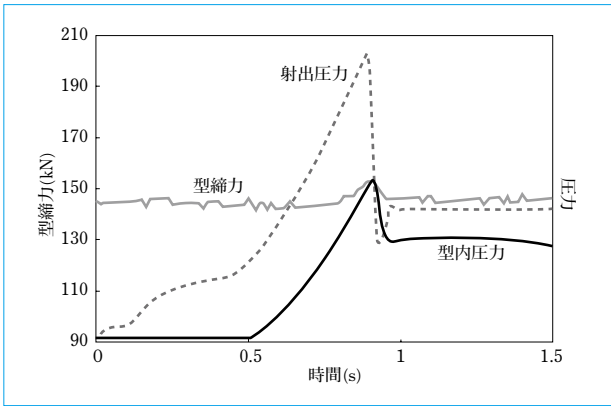


図4 ピーク型締力とピーク型内圧力の比較
Comparison between peak mold clamping force and peak regin pressure in mold

圧力センサを設置し、成形機信号を用いることで同期させて、射出開始より測定を開始している。充填面積は成形品の投影面積とし、一定と考えることから、型締力のピーク値および型内圧力のピーク値より型開力の解析を行う。図4に、低い型締力で成形し、成形品の良品状態より余剰に充填されたときの型締力と型内圧力の実験結果を示す。結果より、型締力に明確なピークが発生していること分かる。また、型内圧力も型締力のピーク発生と同時にピークが発生している。型締力に明確なピークが発生している理由として、射出圧力と型内圧力に着目する。充填工程において溶融された樹脂をスクリュを押し出すことで射出圧力が上昇し、金型キャビティ内部に充填されることで型内圧力が上昇することから、射出圧力に遅れて追従する形で上昇する。本実験では、保圧工程まで射出圧力が上昇し射出圧力に明確なピークが発生しており、型内圧力も追従して上昇していることから、型内圧力に明確なピークが発生し、型開力がある閾値を超え、金型が開くことで、型締力に明確なピークが発生したと考えられる。また、(1)式から、型内圧力のピークが型開力のピークと考えられる。このことから、射出圧力に明確なピークが発生している場合、型締力のピークを検出することで、型開力のピーク値を検出可能であり、余剰な充填により金型が開くことを検出可能と考える。

これに対し、射出圧力に明確なピークが発生しないときに、型締力のピーク値によって、型開力のピーク値 F_{open} を検出できるか疑問が生じる。

次に、充填工程の最終段の射出速度を遅くし、射出圧力の上昇を抑えたときの型締力と型内圧力の実験結果は次の通りである。型締力は上昇しているが、明確なピークが発生していない。これは、型内圧力が上昇するときに射出圧力を抑えたことで型内圧力が緩やかに上昇し、明確なピークが発生しなかったことから、型開力がある閾値を超えても型締力に明確なピークが発生しなかったと考えられる。

以上より、型内圧力に明確なピークが発生しない場合もあることから、3.1で定義した型開力算出方法では不十分である。動的な解析から型締力と型開力を考察する必要がある。次章では、動的な解析の測定方法および解析結果を報告したのち、型締力測定によって低型締力成形の限界値が検出可能かを考察する。

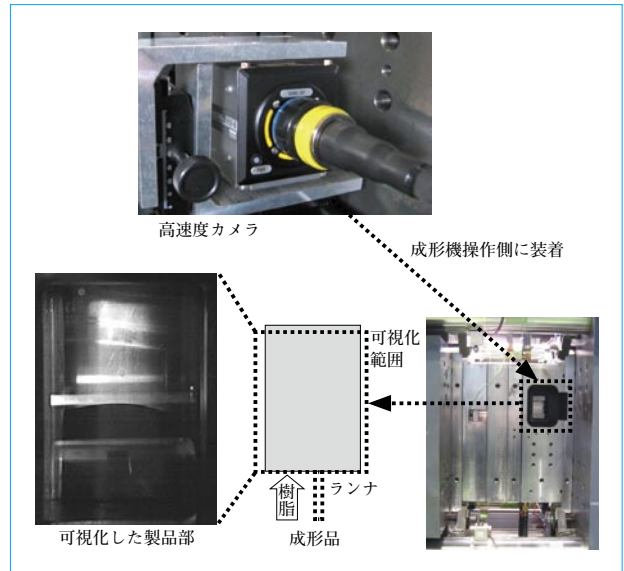


図5 動的型開力解析の実験装置
Dynamic analysis equipment of mold opening force

4 型締力測定における動的型開力解析

4.1 動的型開力の定義

前章3.1の型開力を参考とし、動的な型開力の算出方法を以下に定義する。

$$F_{open}(t) = P_{cav}(t) \times S_{cav}(t) \dots\dots\dots (2)$$

$F_{open}(t)$ 時間 t の型開力 $P_{cav}(t)$ 時間 t の型内圧力
 $S_{cav}(t)$ 時間 t の充填面積。

4.2 動的型開力の測定および解析

動的な型開力の解析を行うには、時々刻々と変化する、型内圧力および充填面積を計測するシステムが必要となる。そこで、型内流動パターンを測定する目的で一般的な可視化測定を行う。図5に、可視化実験設備を示す。金型固定側にガラスプリズムを装着した可視化金型を使用する。操作側の可視化窓より金型のランナから製品末端まで観察することができる。充填挙動は高速度ビデオカメラ(分解能1000コマ/s)を可視化窓に設置して撮影する。成形機の出力信号をトリガとして同期し、充填開始より測定を開始する。型内圧力は、金型キャビティ内部に圧力センサを6点設置し測定する。図6に、測定結果を用いた型内圧力および充填面積の解析方法を示す。充填面積は、充填中の撮影画像を数値化し、同じく数値化した充填前の画像を減算することで充填面積を抽出する。型内圧力は、撮影画像にて、金型内部に設置されている圧力センサのどの部位まで樹脂が充填されているか解析し、充填されていた圧力センサの検出値を平均化する。動的型開力は、画像解析より算出することから、型締力と動的な型開力の比較が容易な充填面積の変化が大きいショートショットにて測定を行っている。

図7に、型締力と撮影画像より解析した、充填面積および型内圧力より動的型開力の結果を示す。解析結果より、型開力が増大し、ある一定の値を超えると型締力が増大しており、型開力がピークを迎えたときに型締力がピークを迎えていることが分かる。実験結果をまとめると、型締力は、

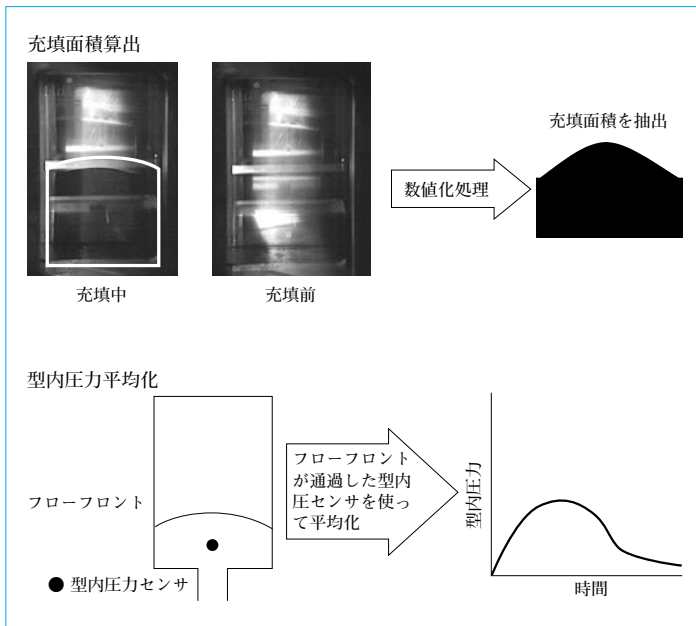


図6 動的型開力の解析方法
Dynamic analysis method of mold opening force

- (1) 樹脂が充填していき、型開力がある一定の値を超えて増大していくと、型締力が増大する。
- (2) 型開力がピークを迎えたとき、型締力の増大もピークを迎える。

これらから、型締力の増大と型開力の増大には関連性があり、型開力がある閾値を超えると型が開き、タイバーが伸ばされることで型締力が増大すると考えることができる。よって、従来の高い型締力設定で成形している場合、成形中の型締力が増大しないところまで型締力を下げられる可能性がある。

5 むすび

- (1) 型内圧力が増大すると型締力も増大することに着目し、バリが出ない型締力の下限値を検出するには、型内圧力の増大により型が開かされる力である型開力と、型締力の関係を解析する必要性を論じた。
- (2) 型締力と型開力をピーク値の観点から解析し、型開力解析がピーク値による解析では不十分であることを確認し、動的な解析が必要なことを論じた。
- (3) 画像処理を用いた動的な型開力の解析手法を考案し、可視化装置の実験結果から、型締力測定による低型締力設定の下限値が検出可能であることを示唆した。

本型締力測定方法および解析技術を活用することで、低型締力成形技術の向上および製品開発を行う予定である。

(参考文献)

- (1) 早崎寛朗.電動成形機の新展開—新成形法と新理論可塑化装置.プラスチックエージ,vol.55,Feb.,2009,p.61~62.
- (2) 伊藤晃.射出成形機の型締力フィードバック制御技術.住友重機械技報,no.161,2006.

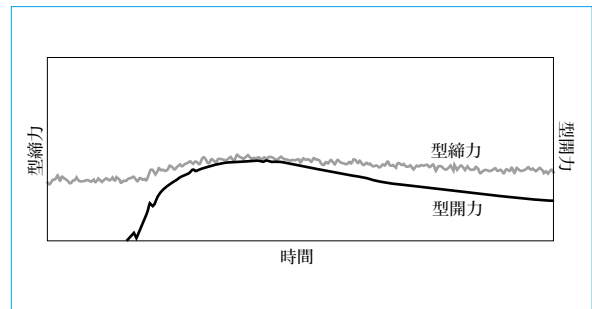


図7 型締力と動的型開力の関係
Relation between mold clamping force and dynamic mold opening force

Zero-moldingシステム成形法による省エネルギー効果

Energy-saving Effect of Zero-molding System

●羽野 勝之*
Katsunobu HANO



図1 Zero-moldingシステム
Zero-molding system

射出成形機はプラスチック製品を容易に大量に作るができることから、電気機器、食品および自動車などあらゆる産業においてなくてはならないものになっている。当初、射出成形機は油圧式が主流だったが、省エネルギー化の要求から、現在では日本で生産される成形機の約80%を全電動式が占めている。

当社は、モータおよびサーボドライバの自社開発・自社生産の強みを活かし、モータの効率アップを徹底的に行うことで、低慣性・高応答サーボモータとインテリジェントサーボコントロールの技術を確認することができた。

本報では、当社が今までに行ってきた省エネルギーにつながる開発と、当社の全電動技術を利用することで生まれた新成形法Zero-moldingシステムの省エネルギー効果について報告する。

Injection molding machines are capable of producing plastic articles economically and in bulk and are thus considered essential in various industries, including electrical appliances, foods and automobiles. Early forms of injection molding machines were mostly of the hydraulic type. To meet energy saving requirements, approximately 80% of molding machines manufactured in Japan today are fully electrically powered. We have been able to establish the technologies for a low-inertia, high-response motor and an intelligent servo control system by maximizing motor efficiency while exploiting our strength in self-developing and self-producing motors and servo drivers. This paper describes the developments leading to energy saving achieved by our company, and the energy-saving effect of the new molding system "Zero-molding," which has been developed by utilizing our technology for full electric molding.

1 まえがき

近年、地球温暖化の影響による環境破壊が騒がれるなか、2005年に発効の京都議定書で、日本は1990年対比6%の温室効果ガスを削減することとなった。しかしながら、温室効果ガスの大半を占める二酸化炭素の排出量は、2005年の実績ベースで1990年対比約+14%となっており、温室効果ガスを排出しないエネルギーへ早急に転換する必要があるほか、

より一層省エネルギーを推進していかなければならない状況となっている。

資源エネルギー庁⁽¹⁾のまとめによると、2007年度の産業部門における最終エネルギー消費は全エネルギー消費の約45%を占めており、産業界における省エネルギー化推進活動の重要性が伺える。このような状況のなか、射出成形機も1990年代後半頃より油圧式から全電動式への移行が急激に進み、現在では日本で生産される成形機の約80%を全電動式

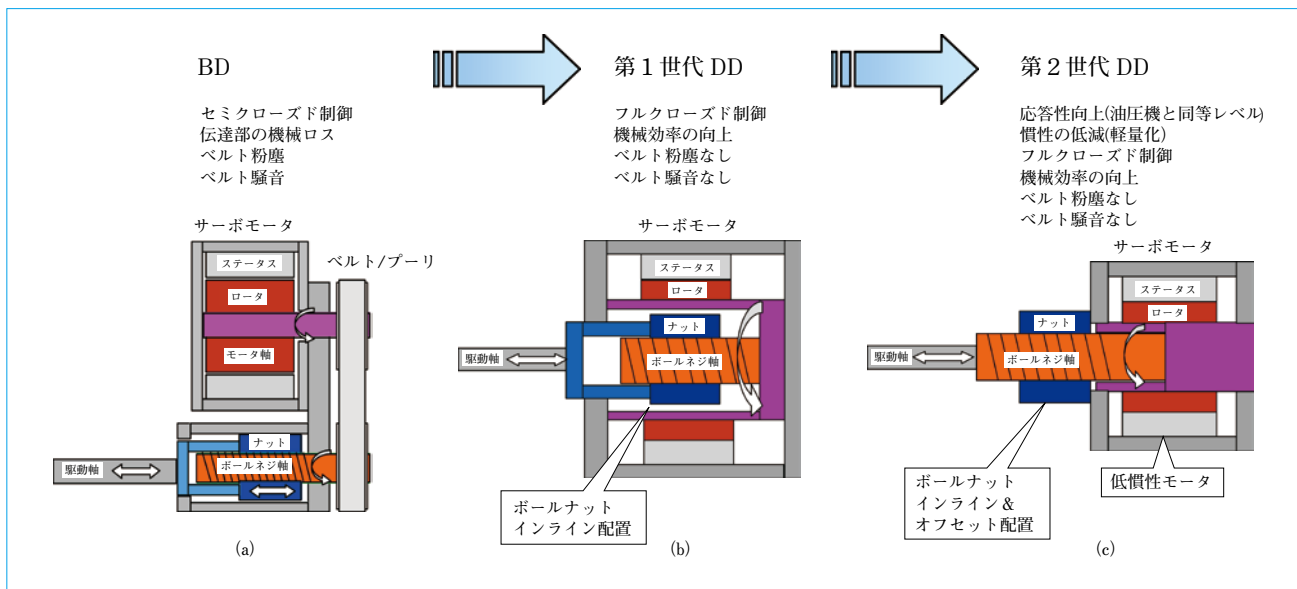


図2 ダイレクトドライブ機構
Direct drive mechanism

が占めている。当社はプラスチック機械の草創期より積極的に電動式射出成形機の開発に取り組み、1998年には画期的なダイレクトドライブ(DD)機構を採用した「SE-Sシリーズ」を発表し、全電動射出成形機においてリーディングカンパニーの地位を築いた。その後、2001年に第2世代DD機構を搭載した「SE-Dシリーズ」を、2005年に新サーボ機構を採用した「SE-DUシリーズ」をそれぞれ市場投入してきた。これら新シリーズの開発では、全電動射出成形機の性能を十分に引き出すべく、各種機構の見直しやアプリケーションの充実を図ってきた。また、消費電力削減に、モータの効率アップやヒータの放熱量低減に必要な技術開発も合わせて実施してきた。その結果、旧シリーズよりも消費電力を低減しつつ高速・高精密で動作する全電動射出成形機を市場投入することができた。近年、熟練成形技術者が少ない新興国への輸出が増加するなか、成形機の基本性能を高めるだけでは不十分で、誰もが容易に成形できる機械が求められるようになってきた。また、地球温暖化により環境破壊がクローズアップされる現在では、電動射出成形機においても更なる省エネルギーへの取組みを行う必要がある。そこで当社は成形の原点に立ち返り、複雑になった成形をシンプルにするZero-moldingシステムという新しい成形方法を考案し(図1)、昨年、「SE-DUZシリーズ」、「SE-HDZシリーズ」、「SE-HSZシリーズ」および「CL7000」として市場へ投入した。第2章では射出成形機における省エネルギー化の流れについて触れ、第3章ではZero-moldingシステムの概要とZero-moldingシステムで成形を行うことで生まれた省エネルギー効果について報告する。

2 射出成形機における省エネルギー化の流れ

2.1 油圧式から電動式へ

射出成形機は1990年代後半頃より油圧式から全電動式への移行が急激に進んだ。油圧式は、機械的エネルギーを油圧ポンプによって作動油のエネルギー(流体エネルギー)に変換し、この流体エネルギーを油圧制御弁によって調整・制御し、油圧アクチュエータ(油圧シリンダなど)によって再び機械的

エネルギーに変換して、このエネルギーを利用し仕事を行っている。高負荷成形には向いているが、作動油の温度上昇に伴う油の粘性変化などの影響により、電動式と比べて制御精度が悪い。また、機械動作中は油圧を一定に保つべく常に油圧ポンプ用の電動機を作動させておくのが普通であり、さらに油温の上昇の防止に、普通はオイルクーラに冷却水を通してあり、電気や水などのランニングコストが比較的増える⁽²⁾。一方、電動式は成形機の駆動部ごとにサーボモータを使用しており、ベルト、歯車およびボールネジなどを介して機械エネルギーを伝達しているが、機械エネルギーの伝達が直接的なことから油圧式と比べエネルギー効率が良く、制御精度も高い。また、モータは各駆動部が動作している時のみ回転することから、電力消費を押さえることができる。その他、一般的なモータはファンによる空冷方式が主流となっており、油圧式と違い冷却水の使用量を大幅に削減できるといった特長も有する。

電動式射出成形機は図2(a)のようにベルトによって動力伝達を行う方式が一般的であるが、ベルトドライブ機構(BD)はモータ容量や減速比の変更が容易である反面、騒音の問題およびベルト調整などのメンテナンス性、駆動軸への偏荷重およびベルトの伸びによる機械剛性の低下などが問題となる。また、プーリなどの減速機構部も回転運動することから、モータの慣性負荷を増大させる。このことから、装置の加減速時間が長くなり、制御的にも速度ループのゲイン低下を招き、高速高応答を必要とする分野では不利である。

そこで当社は、図2(b)のようにプーリなどの減速機構を排除し、ボールねじを直接駆動させる第1世代DDを開発し「SE-Sシリーズ」へ搭載した。図3は、第1世代DDを採用した「SE-Sシリーズ」と当社油圧機「SGシリーズ」で同一成形品を成形した場合のユーティリティ削減事例を示したものである。消費電力については約70%削減され、電動射出成形機(SE-S)のエネルギー効率の高さを証明している。また、冷却水消費量についてもSGシリーズ比約95%削減され、作動油も合わせたユーティリティ全体のランニングコス

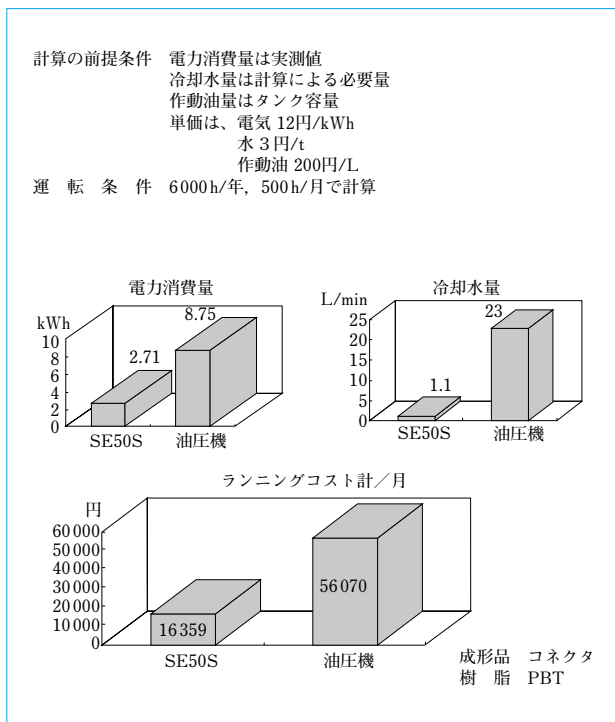


図3 ユーティリティの削減事例
Example of utility reduction

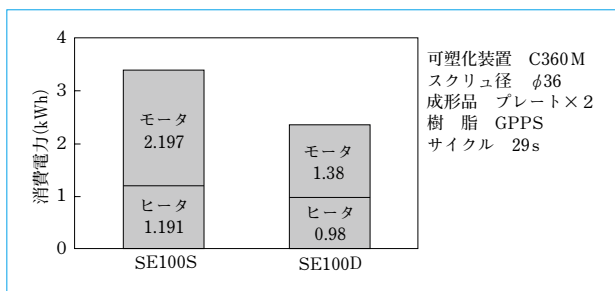


図4 電力消費量比較 (SE100S vs SE100D)
Comparison of power consumption (SE100S vs SE100D)

トは年間約48万円もの削減効果が期待できる。

2.2 全電動射出成形機における省エネルギー

油圧式から電動式に変わることで大幅な省エネルギーにつながったが、地球温暖化防止やコスト削減の観点から全電動射出成形機においても更なる省エネルギー化が求められるようになった。当社は、モータの効率をさらに高めるべく、第1世代DDの回転駆動部をできる限りコンパクトにし、低慣性化・高剛性化した第2世代DD(図2(c))を開発した。そして、この第2世代DDを搭載した「SE-Dシリーズ」を2001年に市場投入した⁽³⁾。第2世代DDの登場により、サーボ制御によるアキュムレータ付き油圧成形機以上の高速、高応答、精密およびハイサイクル成形性能を実現すると同時に、第1世代DDを大幅に低慣性化したことで、図4に示すようにSE-Sと比べ約30%の消費電力の削減の効果をもたらした。

その後も、2005年に市場投入したSE-DUシリーズでは、省エネルギー加熱シリンダカバー(2層構造)を標準搭載することで、図5に示すようにSE-Dと比べ3~5%の消費電力を削減した。

また、電動射出成形機では機械から放出される熱量が油圧式成形機と比べ大幅に削減されることが分かっているが、SE-DUシリーズでは、低慣性のモータを採用し、さらにヒータ

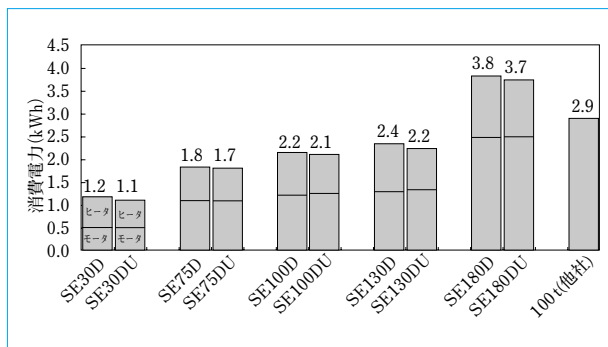


図5 電力消費量比較 (SE-D vs SE-DU)
Comparison of power consumption (SE-D vs SE-DU)

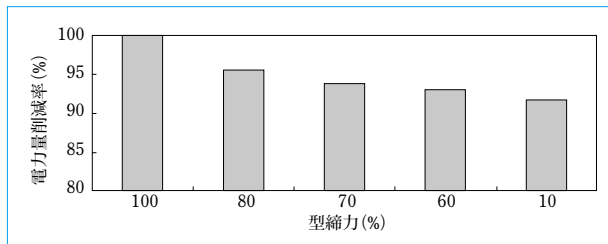


図6 型締力の違いによる電力量削減率
Rates of electric energy reduction for different clamp forces

からの放熱量低減を図ったことで、当社油圧機SGシリーズ比約50%放出熱量が削減された。これにより、成形工場の空調に必要な電力を大幅に削減できるといった省エネルギー効果ももたらした。

3 Zero-moldingシステム成形法における省エネルギー効果

3.1 Zero-moldingシステムとは⁽⁴⁾

Zero-moldingシステムは個別の機能の集まりであるが、大きく充填機能としてのFFC(Flow Front Control)、型締機能としてのMCM(Minimum Clamping Molding)に分かれ、これらをうまく設定する画面としてSPS(Simple Process Setting)を搭載した。図1に、Zero-moldingシステムの概念を示している。例えば、成形品のコストや品質は重要で、コストだけを下げることや、品質だけを良くすることが可能であればよいが、直面する問題の多くは、どちらかを良くすると他方が悪化する傾向が見られる。コストを下げるべくサイクルを短くすると、品質が問題になる。取り数を多くすると、成形が複雑になる。金型メンテナンス頻度が多いほど品質は維持できるが、手間が増えるということがある。これらの成形現場での問題は個別には対応が難しいのが実情である。Zero-moldingシステムでは金型に付着するガスを減らし、成形条件幅を広げ、充填バランスを良くすることでそれぞれのジレンマに対応することが可能となった。

金型に付着するガス量を低減するには、金型に充填されたガスをうまく逃がす必要があるが、Zero-moldingシステムでは従来の常識では考えられなかった型締力まで下げることで金型に充填されたガスを金型のパーティング面から逃がそうとしている。しかし、単に型締力を下げるだけの方法では量産中にバリが発生するなど品質面での心配が生じる。したがって、バリの発生しにくい成形方法も同時に必要となる。そこで、低型締力の実現に、充填方法も工夫した。それが、FFCである。FFCは、樹脂の圧縮性を利用して完全充填を

名称	リアランプアウターレンズ*
取り数	1セット(2個取り)
樹脂	PMMA
成形品質量	274.2g



成形品

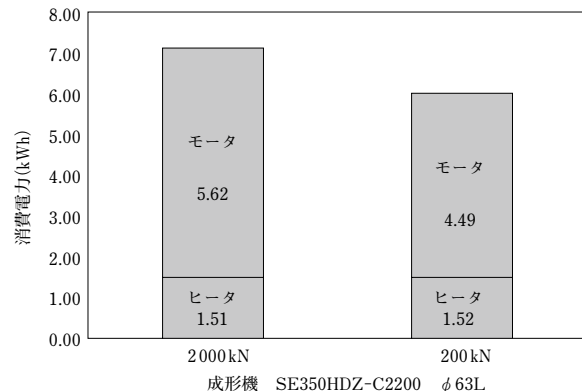


図7 実成形におけるZero-moldingシステムの省エネルギー効果
Energy-saving effect of Zero-molding system in real molding

行う成形方法である。射出成形ではスクリュの移動分金型の中に樹脂を充填するが、樹脂の圧縮性や逆流防止機構からの樹脂漏れがあるとキャビティの全体積以上にスクリュの移動体積を増やす必要がある。このことから、バック工程では過大な圧力がかかり、バリや固定側への成形品の抱きつきなどの不良が発生し易くなる。FFCでは、キャビティ内に樹脂が充填する(バック工程)直前にスクリュの動きを制限し、スクリュが押し込んだ樹脂が金型内に充填するまで待つ時間を設定する。このような充填の方法ではバック工程でのキャビティ内の流速は極めて低速になる。低速の充填ではバリが発生しにくいことは経験的にもよく知られるが、FFCではバック工程のみで流速を下げることで樹脂の固化に伴う影響を減らしながらバック工程に発生するバリを出にくくしている。このように充填の方法を変えることで、従来よりも低い型縮力でバリが出ない成形をすることが容易になり、バリを出さずにガスの付着を防止することが可能となった。また、FFCによりキャビティ間のバランスが良くなるという結果も得られている。これらの機能を利用し、図1の三つのベクトルを限りなくZeroへと収束する新しい成形法がZero-moldingシステムである。

3.2 Zero-moldingシステムにおける省エネルギー効果

3.1で述べたように、Zero-moldingシステムは従来の成形方法と比べ大幅に型縮力を減らすことができることから、型縮モータの負荷低減が期待できる。モータの消費電力は負荷トルクに比例するので、モータのトルクを下げるのであれば消費電力の削減につながる。

図6は、75tクラスの成形機で型縮力を10%ずつ下げたときの電力量の違いを比較したグラフである。これを見ると、型縮力が低下するに従い、電力量も低下していることが分かる。型縮力を10分の1にできれば、約8%の電力量削減効果が見込める。また、Zero-moldingシステムでは、FFCにより充填時に樹脂の圧縮性を利用し無理なく金型内へ樹脂を充填することから、型縮モータ同様、射出モータにおいても負荷が低減されるといった効果もある。これら低型

縮力成形(MCM)およびFFCを組み合わせることで、実際の成形においても図7のように16%もの消費電力削減につながった事例もある。

Zero-moldingシステムは消費電力の削減以外にも、金型へのガス付着量低減による金型メンテナンス周期の長期化や、充填バランスの改善による不良率低減が期待できる。これらを合わせると、Zero-moldingシステム全体での省エネルギー効果は非常に大きいと言える。

4 むすび

- (1) 射出成形機が油圧式から電動式へ移行することで省エネルギーに大きく寄与した。その後、当社は電動式においてもモータの低慣性化やヒータの放熱低減対策をさらに進め、エネルギー効率の向上を図ってきた。
 - (2) Zero-moldingシステムという新しい成形方法を行うことで機械負荷を減らし、消費電力の削減につなげた。
- 今後も、電動射出成形機の基本性能の向上はもちろんのこと、誰もが容易に最低限のエネルギー消費で成形できる機械を目指して、研究開発に取り組んでいく所存である。

(参考文献)

- (1) 資源エネルギー庁.平成19年度(2007年度)におけるエネルギー需給実績(確報).Apr., 2009.
- (2) 射出成形機.プラスチックエージ, July, 1986.
- (3) 大西祐史.全電動射出成形機 SE-Dシリーズ.住友重機械技報, no.150, Oct., 2002.
- (4) 早崎寛朗.電動成形機の新展開-新成形法と新理論可塑化装置.プラスチックエージ, vol.55, Feb., 2009.

新溶融理論に基づく新理論可塑化システム

New Theory Plasticization System Based on New Melting Theory

●丸本 洋嗣*
Hirotsugu MARUMOTO

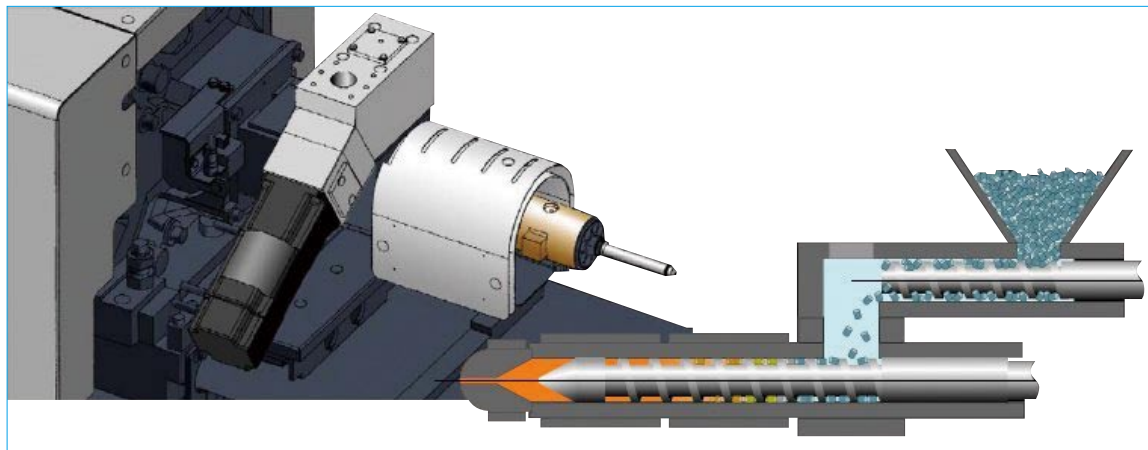


図1 新理論可塑化システム
New theory plasticization system

成形現場では、嚙込み不良、発熱、焼けおよびガスなど可塑化に関する慢性的な課題を抱えたまま成形が行われている。それらの課題への対応として、Spiral Logic社(SL社)の新溶融理論に基づいた新理論可塑化システムを同社と共同で開発した。SL社は、2002年から成形現場の問題解決を目的とした可塑化装置の開発を開始した。可視化バレルにサファイア単結晶を採用することにより、バレル内温度の測定に成功した。さらに、圧力センサによる測定結果の解析で、成形の問題に対して根本の原因がせん断発熱であると結論した。

新理論可塑化システムは、せん断要素を排除した樹脂溶融システムであり、定量供給装置(GSローダ)、新デザインスクリュ(SLスクリュ)および新逆流防止機構(GSバルブ)から構成されている。新理論可塑化システムの特長として、(1)安定した成形が実現できる、(2)発熱や焼け、ガス影響を抑制することができる、(3)固体樹脂輸送の影響を低減できる、および(4)樹脂の溶融を効率的に行い、スクリュ長を短くできる、の4点があげられる。

On the molding shop floor, molding is performed amid chronic plasticization-related problems, such as defective resin feeding, overheating, burning and gases. To cope with these, we recently developed a new theory plasticization system in cooperation with Spiral Logic Limited (SL), based on its new melting theory (Dynamic Uni-layer Melting Model). SL started developing plasticization systems designed to solve problems on the molding shop floor in 2002. By adopting a single-crystal sapphire in a visualization barrel, SL succeeded in measuring the temperature in the barrel. In addition, it concluded that the root cause of the molding problems was shearing heat generation by analyzing the results of measurement performed using a pressure sensor. The new theory plasticization system is a resin-melting system that eliminates shear elements; consisting of a volumetric feeding device (GS loader), a newly-designed screw (SL screw) and a new back-flow preventing mechanism (GS valve). The major features of the new theory plasticization system are: 1) stable molding, 2) reduced overheating, burning and gas impact, 3) a reduced impact from solid resin transportation, and 4) a shortened screw achieved through efficient resin melting.

1 まえがき

デジタル化に伴うエンジニアリングプラスチック(エンプラ)の急速な普及、原材料の環境への負荷低減および鉛フリーハンドの使用による耐熱要求など、プラスチック製品を取り巻く環境や条件が急速に変化してきている。成形現場では嚙込み不良、発熱、焼けおよびガスなど可塑化に関する慢性的な課題を抱えたまま成形が行われ、成形機メーカーは、成形条件やスクリュ部品形状、表面処理などで対応することで成形現場の課題を緩和させてきた。しかし、環境や条件の変化に伴い、従来とは違う対応が成形現場に迫られるようにな

ってきている。

本報では、エンプラ成形の最前線で起きる問題の根本的な解決策として開発を行った、Spiral Logic社(SL社)の新溶融理論に基づく新理論可塑化システム(Spiral Logic SL)を紹介する(図1)。

2 スクリュアッシィのデザイン

国際プラスチックフェア2008(IPF2008)には当社をはじめ、国内の成形機各メーカー社、そして台湾、中国および欧州などから機械が出展された。さらに、スクリュ単体のメーカーも出展している。しかしながら、そのスクリュは全て同じデ

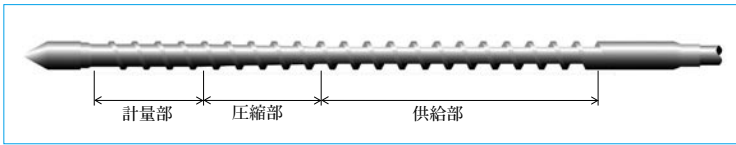


図2 従来スクリュのデザイン
Design of standard screw

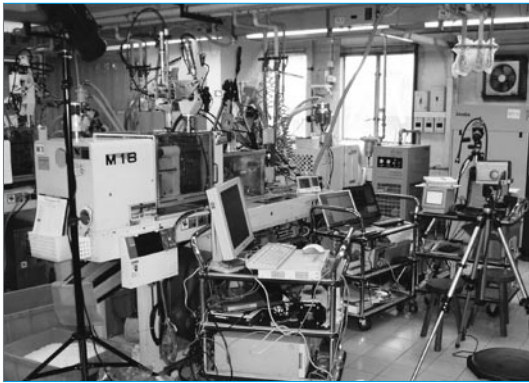


図3 SL社研究棟
Laboratory of Spiral Logic Co.

ザインである。日本製であれ台湾製であれ、射出成形機であれ押出機であれ、スクリュそのものは、図2のようなデザインである。

この構造は、1950年代にドイツで研究されたもので、既に半世紀も経っているにもかかわらず、供給部、圧縮部および計量部の基本的な3ゾーンから構成される設計に何ら変化は起きていない。

射出成形機の駆動源は、油圧から電動サーボに代わり、操作性、繰返し安定性および省エネルギーなど大きな変化があったにもかかわらず、射出成形の源流である「融解」にかかわるスクリュデザインはほとんど進化していないのである。

現代の成形現場を見てみると、成形機は電動サーボにより正確に動作しているはずである。しかし、汎用プラスチックの時代の技術でLCP(液晶ポリマ)、耐熱ナイロンおよびエラストマなどさまざまなエンブラを溶かすことから、当然いろいろな問題が起きる。成形現場で起きるこれらの問題の解決に、当社では新機種SE-DUZのコンセプトであるZero-moldingシステムとともに、SLを発表した。

3 せん断発熱の功罪

バレル内部のペレットおよびメルトの挙動については複雑で、掴みどころがないと言われてきた。このことから、半世紀も前に開発されたスクリュデザインが今でも使われている。最近では、スクリュプリプラプランジャ式や付帯機器としてのペレットフィーダなどが上市されているが、それも可塑化スクリュは圧縮部のある設計である。バレル内部の挙動については、国立大学法人東京大学生産技術研究所などが、可視化バレルで研究をしている⁽¹⁾。しかしながら、生産現場の問題点を解析するまでには至らずに、結局、成形機メーカー各社は同じものを作り続けている。

今回のスクリュ開発は、中国(香港)のSL社と技術提携をして進めてきた(図3)。

SL社は、2002年から成形現場の問題解決を目的とした可塑化装置の開発を開始した。バレルの一部にガラスを埋め込

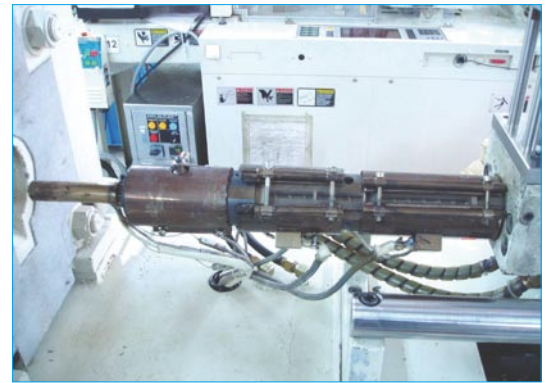


図4 サファイアバレル
Sapphire barrel

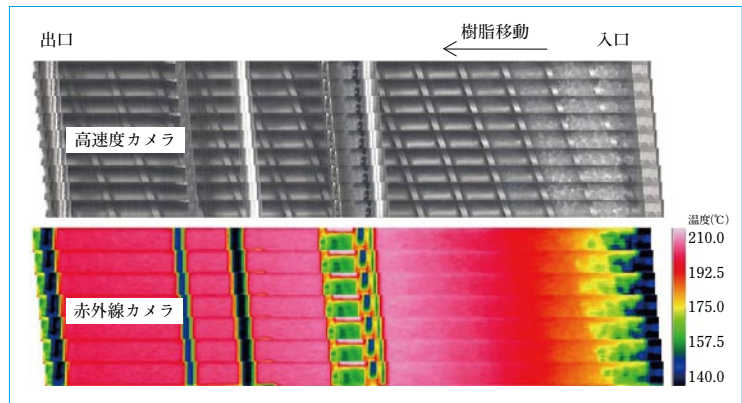


図5 サファイアバレル画像によるせん断発熱融解モデル
Standard theory plasticization by sapphire barrel image

むこと、樹脂の溶融状態を観察する可視化実験およびバレルに樹脂圧センサを設置することで、バレル内の圧力を測定する圧力実験などを行っている。可視化バレルにはサファイア単結晶を採用することにより、石英ガラスでは見えなかったバレル内温度の測定に成功した(図4)。さらに、圧力センサによるバレル内圧力の測定結果の解析で、エンブラ成形の問題に対して根本の原因がせん断発熱であると結論し、せん断発熱を引き起こしているスクリュデザインに起因していることを発見した。次に、成形現場で遭遇する課題、その原因および課題に対するSLの効果をSL社の行った研究結果から紹介する。

4 原因の追及

突然のショートショットは、LCPおよびナイロンなど低粘度樹脂で頻繁に遭遇する不良現象である。原因が不明であり、再現性がないのでは、対策の立てようがない。ひとたび不良品が社外に流出してしまうと、成形技術者泣かせの不良現象となる。図5は、サファイアバレルで樹脂の溶融状態を観察した画像を時系列的に下から上に積み上げた擬似展開画像で、上段が高速度ビデオカメラ、下段が赤外線カメラで撮影した画像である。樹脂は、右から供給され、左へ送られている。右に、ペレットのかたまりが確認できる。透明な部分は、溶融した樹脂で満たされている。図6は、バレル内の圧力を測定し、10ショットの計量中のデータをプロットした図である。

図5の高速度ビデオの画像を見ると、低粘度樹脂の場合は、ホップから入ったペレットはすぐに溶けてしまっているのが

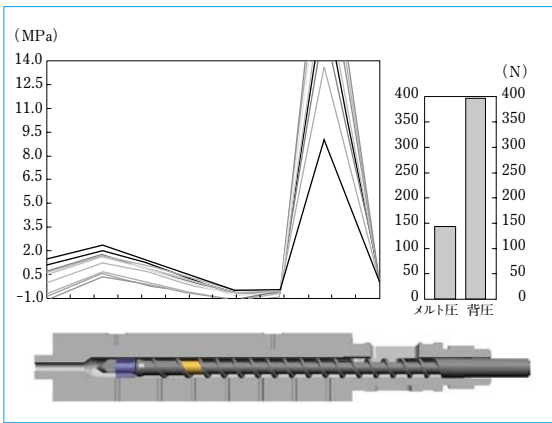


図6 バレル内圧力分布によるせん断発熱融解モデル
Standard plasticization theory by pressure profile in barrel

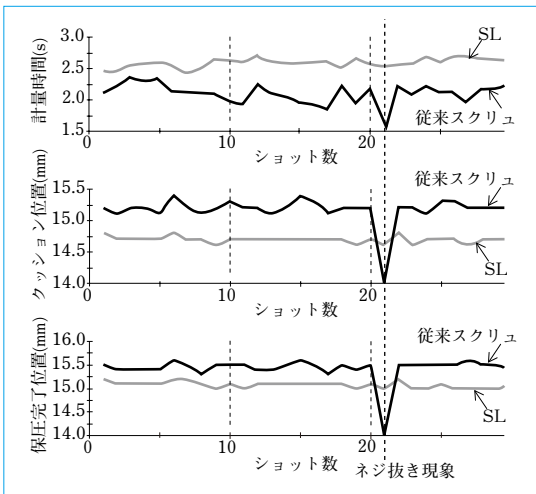


図7 ロギングデータ
Logging data

分かる。粘度の低いメルトは、圧縮部を起点とした渋滞が後方に伸びてしまっている。このことから、ホッパーから入ってきたペレットとメルトがぶつかる付近、つまりホッパー口から比較的近い部分で大きな内部圧力が立っているのが図6で分かる。この位置では樹脂に十分な熱が与えられていないので、ペレットに強い摩擦が加わってしまっている。さらに、赤外線写真を見ると、せん断発熱では中央部付近が白くなっている。これは、過剰発熱の放熱である。ヒータの設定温度は200℃ながら、発熱部の測定温度は206℃を示している。樹脂からの放熱は成形機では制御できないものであり、温度、乾燥状態および製造ロットの違いなど成形機に供給される樹脂の状態や昼と夜および季節など環境に左右されてしまう。その結果、粘性の不安定につながる。

動きの取れないペレットは、バレルの壁面と一体化してナット状態となる。この状態ではスクリュはペレットを前に押し出すことなく、スクリュがネジ回しで抜かれるように後退してしまう。これがインライン式スクリュの致命的な課題である「ネジ抜き」である。成形機はスクリュ回転中の樹脂がスクリュを押し出す力(背圧)を検出し、スクリュを後退することで、樹脂の計量を行う。しかし、背圧の検出はスクリュの後側の射出装置で行っているため、スクリュのどの部分に背圧が作用しているのか成形機で判断できていない。溶けてスクリュの先端にたまった樹脂の圧力(メルト圧)のみ検出でき

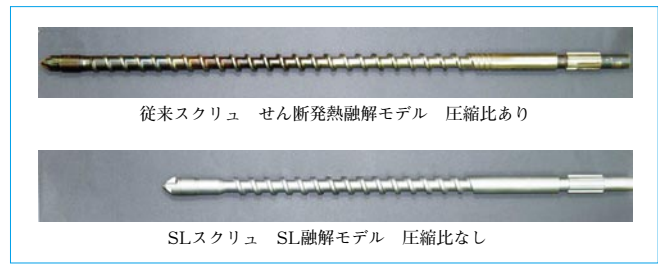


図8 従来スクリュとSLスクリュ
Standard screw and SL screw

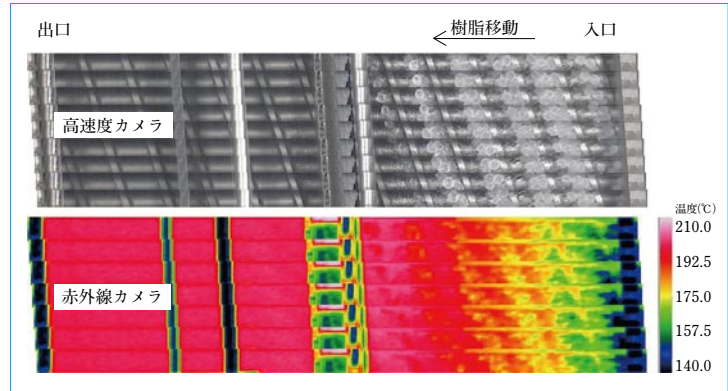


図9 サファイアバレル画像によるSL融解モデル
New plasticization theory by sapphire barrel image

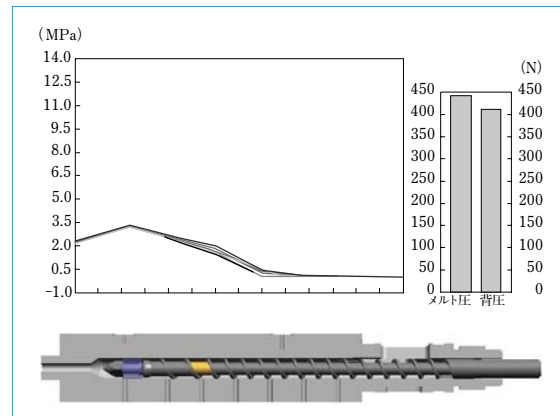


図10 シリンダ内圧力分布によるSL融解モデル
New plasticization theory by pressure profile in barrel

ば、問題ないが、ナット状態となった固体樹脂によって発生する背圧も検出してしまい、スクリュが後退してしまうのである。図6の圧力分布グラフの左端の部分がメルトの圧力だが、このようにネジ抜きが発生する状態では大きなバラツキがある。棒グラフは、右側が設定背圧、左側がメルト圧を示している。背圧に対してメルト圧が小さくなっていることが分かる。実際の量産の現場では、3点セットの閉まり挙動の遅れから、樹脂がスクリュ先端に向かって流れ込むので連続成形はできている。しかし、何かの要因でそれが狂うと、計量時間が平均値より早くなり、メルト圧が減少する。射出時にクッション位置が小さくなることで、ある程度のバラツキは吸収できるが、ひどい場合には突然のショートショットになると思われる。図7に、計量時間、クッション位置および保圧完了位置を比較したデータを示す。従来のスクリュでは、21ショット目に計量時間が早くなり、クッション位置および保圧完了位置が小さくなっている。これがネジ抜き現象である。

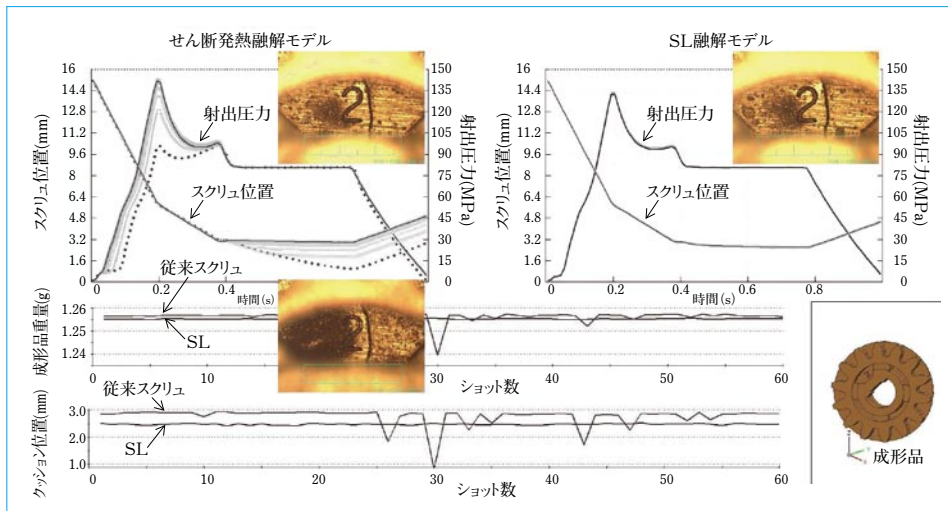


図 11 成形事例
Molding cases

表 1 成形事例の重量バラツキ比較
Comparison of weight dispersion for different molding cases

Model	SL	従来スクリュ
平均 (g)	1.2552	1.2562
σ (g)	0.000215	0.002421
6σ /平均 (%)	0.10	1.16

SLは、メルトの渋滞の起点となる圧縮部のないスクリュである。そのことから、せん断発熱はしない(図8)。図9に示すように、過剰発熱をせずにスムーズに溶けている様子が分かる。設定温度通り、樹脂の温度を制御できている。図10の圧力分布のグラフからも、バレル内の圧力が安定していることが確認できる。インラインスクリュの弱点である固体樹脂の影響を低減することにより、バレル入口部付近で発生していた圧力がなく、設定背圧通りメルト圧を制御できている。SLでは、ネジ抜き現象が起きていないことが分かる。

図10の左端を見ると、メルト圧の10ショットの重ね書きが1本になっている。このメルトの安定があれば、繰返し安定性の高い電動成形機であれば成形品のバラツキは発生しないはずである。昨今はこのメルト圧を制御機能により改善しようというソフトウエア対応が各社から発表されているが、SLはハードウエアの更新により問題そのものが発生しない機械を提供するものである。メルト圧安定および転写性能では、スクリュプリプランジヤ式並みの新しいインラインスクリュ式とも言える。さらには、全く新しい第3の可塑化システムの誕生と考えられる。

5 成形事例によるSLの効果

図11は、ポリカーボネートのギアをせん断発熱する従来のスクリュとせん断発熱しないSLで成形して、60ショットの結果を比較したものである。上段は成形機のロードセル圧力波形とスクリュ位置の重ね書きを、下段は製品重量の変化とミニマムクッション位置の変化を示している。図11の30ショット目では、せん断発熱融解モデルの製品重量が大きく落ちている。このときの圧力波形は破線の波形で、射出開始から圧力の上昇まで時間が掛かっているのが分かる。これがネジ抜き、つまりメルト圧力が減少している状態である。そのことから、保圧でスクリュ位置が大きく前進するが、それでも

製品はショートショットとなっている。(中央部の製品の写真、キャビ番号2の左側の黒い部分がショートショットである)一方で、右側のSLは圧力波形が60ショットほぼ1本になっている。下の製品重量の変化でもそれが確認できる。

6 SLの将来

表1は、第5章の成形事例において60ショットの成形品重量バラツキを比較したものである。比較を見ると、バラツキが一桁違う。SLが成形のデフォルトになり、将来は、突然のショートショットという不良現象がなくなっていることを期待したい。また、図11の60ショット重ね書きグラフを見ると、左側のせん断発熱モデルでは幅が広過ぎてこのグラフを活用しにくい、右側のSLモデルでは重ね書きがほぼ1本の線になっている。この安定は、前述のメルトの安定そのものである。このグラフなら、全ショットの充填工程中の作業内容を保証するものになる。成形品のトレーサビリティとして、この波形が保存されるようになるかもしれない。今後は、このソフトの開発にも注力していきたい。

7 むすび

- (1) 嚙込み不良、発熱、焼けおよびガスなど可塑化に関する慢性的な課題への対応として、SL社の新溶融理論に基づいた新理論可塑化システムを同社と共同で開発した。
- (2) 可視化バレルにサファイア単結晶を採用することにより、バレル内温度の測定に成功した。さらに、圧力センサによる測定結果の解析で、成形の問題に対して根本の原因がせん断発熱であると結論した。
- (3) 新理論可塑化システムはせん断要素を排除した樹脂溶融システムであり、特長として、a. 安定した成形が実現できる、b. 発熱、焼けおよびガス影響を抑制することができる、c. 固体樹脂輸送の影響を低減できる、およびd. 樹脂の溶融を効率的に行い、スクリュ長を短くできる、の4点があげられる。
- (4) 成形現場での量産テストにより、システムの効果を確認した。

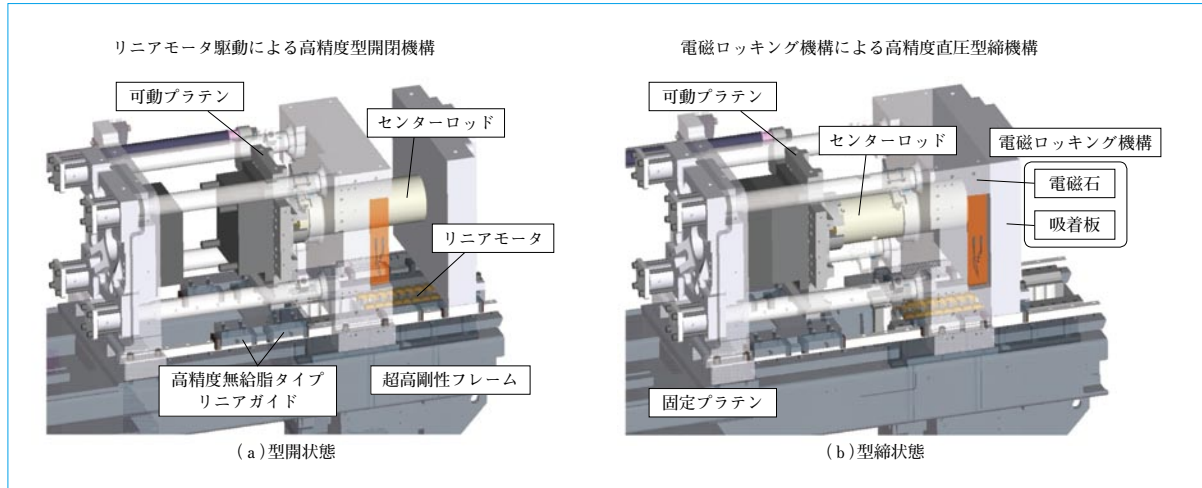
(参考文献)

- (1) 横井秀俊. 射出成形機における加熱シリンダ内現象の可視化. 成形加工, 第11巻, 第11号, 1999, p.868~873.

射出成形機の高精度型締装置

High-accuracy Mold Clamping Unit for Injection Molding Machine

●田村 惇朗*
Atsuro TAMURA



非接触式直圧型締装置(ML200)
Contactless direct pressure mold clamping unit(ML200)

近年、プラスチックレンズ高精度化の要求が高まっており、これに伴って「高精度な製品を低不良率で安定して成形する」べく、射出成形機の型締装置に対して高精度化を求める声が大きくなっている。成形は型開閉・充填・冷却などさまざまな工程から成り、それぞれの工程で異なる成形不良が起こると考えられる。すなわち、成形中の型締挙動を把握しないことには、型締装置の高精度化は進められない。

本報では、型締挙動の把握の計測技術の紹介と、実測データから導かれる高精度型締装置の必要条件、およびそれら条件を満たした非接触式直圧型締機構を採用したML200について述べる。

Recently, the demand for more accurate plastic lenses has been intensifying. In line with this, the demand for more accurate mold clamping units for injection molding machines has also been increasing in order to “stably mold highly accurate products at a low defective fraction.” Molding consists of various processes including mold opening/closing, filling and cooling, and it is considered that different types of defective molding may occur in different processes. In other words, we cannot increase the accuracy of mold clamping units unless we know the mold clamping behavior during molding. This paper introduces the measuring technology for determining the mold clamping behavior, and describes the requirements for a high-accuracy mold clamping unit identified from measurement data, and ML200, which adopts a non-contact center press mold clamping unit that meets these requirements.

1 まえがき

近年、プラスチックレンズの高精度化の要求が非常に高い。撮像素子カメラでは5Mピクセルを超える高画素のカメラ付き携帯電話の需要拡大に伴い、レンズの小型化とミクロンオーダーのレンズ偏心精度が求められている。一方、ピックアップレンズにおいても記録メディアがCD、DVDおよびBlu-rayへと進化していくなかで、撮像素子カメラと同様に高い偏心精度が求められている。また、DVDとBlu-rayを一つのレンズで読み込む手段として、レンズ表面形状に関する要求精度も高くなっている。このようにプラスチックレンズの要求精度が向上していくなかで、成形難易度が高くなり、良品率の確保が難しくなっているが、これら精密レンズの不良回避には、主に金型技術の向上や成形ノウハウに依存しているのが現状

である。それでも金型ガイド摩耗によるメンテナンス費用の増大や歩留まりの問題は依然起こり続けており、射出成形機の特に型締装置に対して高精度化を要求する声は大きい。

成形機に対する「高精度化の要求」は、言い換えれば「高精度な精密成形品を低不良率で安定して成形する」ことである。図1のように成形中にはさまざまな工程があり、各工程で異なる成形不良が起こると考えられる。現在求められている型締装置の高精度化を実現するには、型締挙動を解明することが必須となる。ここで言う型締挙動とは、金型およびプラテンの動きや力の伝わり方を指す。つまり、「どの」タイミングで「何」が起こり、そのときに機械が「どういう状態」になっているかを把握しないことには機械の高精度化(機械の作込み)は不可能であり、従来射出成形機分野で用いられてきた計測技術だけでは、こうした機械挙動を把握すること

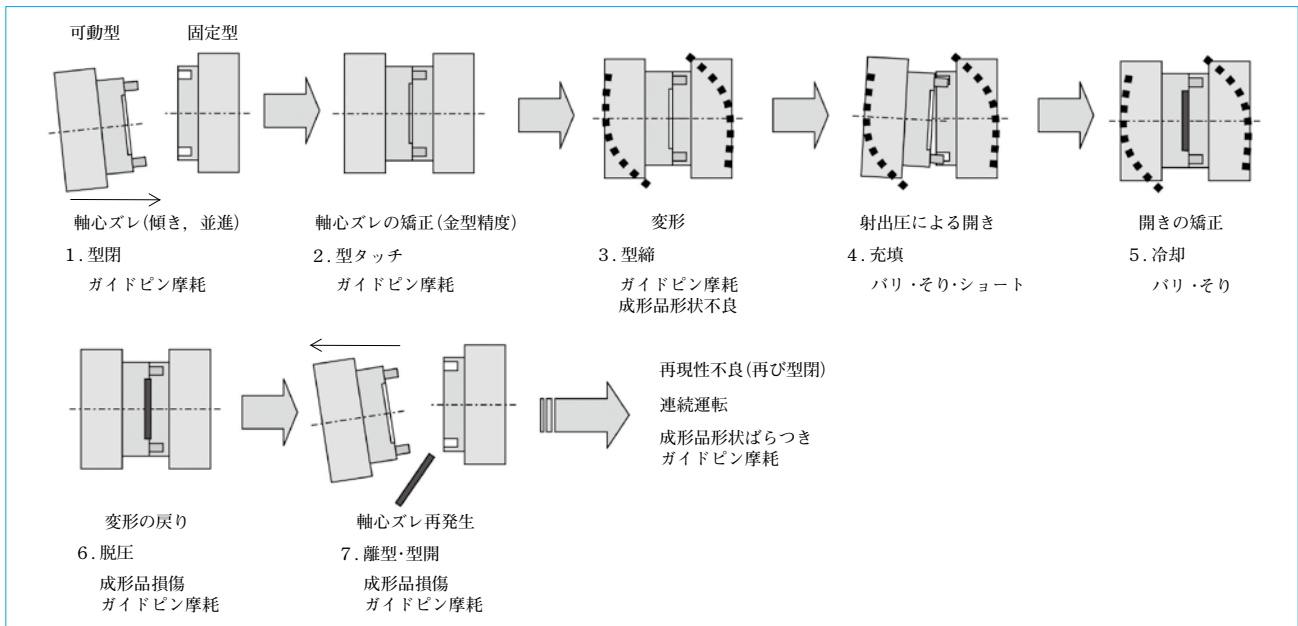


図1 型締挙動と成形不良の相関
Correlation of mold clamping behavior and injection molding defects

は困難であった。特に、精密成形においては数ミクロンオーダーの金型ズレが問題となっており、こうした微小な動きの把握が不可欠である。

2 各成形工程における型締挙動と成形不良の相関

成形の各工程における型締挙動と成形不良について述べる。

2.1 型閉

型が開いている状態では、プラテン間の平行度による金型の軸心ズレが問題となる。平行度は、調整状態によって変わるほか、金型重量および金型昇温の影響によっても変わる可能性がある。軸心がずれた状態で型閉が行われると、ガイドピンやガイドリングかじりの問題が発生する可能性がある。

2.2 型タッチ

金型のPL面(固定型と可動型の合わせ面)が閉じる手前でガイドピンは挿入されており、この時点ですでに金型の姿勢は決まっているものと考えられる。金型PL面の平行度の良し悪しでタッチの瞬間に型が動く可能性もあり、ガイドピン摩耗が発生する可能性がある。

2.3 型締

型締力による変形が起これ、型ズレと考えられる挙動の主原因となる可能性がある。当然、型締力の大小や剛性の大小により金型もプラテンも変形量が異なる。また、金型の歪みにより成形品形状が再現されない可能性がある。

2.4 充填

充填工程では、射出圧により金型が開かされる可能性がある。型締力が射出圧より小さければバリの原因となり、型締力が射出圧より大きければ金型が過剰に変形することになり、ベントがつぶされガス抜き不良の原因となる。

2.5 冷却

射出圧が抜けると、開かされた金型は元に戻ろうとする、と考えられる。充填工程と同じく、型締力の変化や成形品形状の不良が起これる可能性がある。

2.6 脱圧

型締に伴う変形が戻る工程である。型締力による変形の戻

り、他、摩擦のヒステリシスにより型タッチ工程で起これた変化の戻りが同時に起これる可能性がある。力が抜けると同時に金型の並進や傾きが起これる場合、成形品の損傷やガイドピン摩耗の可能性はある。

2.7 離型

型タッチとは逆の動きをたどる。金型PL面の平行度による金型姿勢の矯正分が戻ると考えられる。金型ガイドピン摩耗、型の落込みおよび姿勢変化による傾きが起これ、成形品に損傷を与える可能性がある。

2.8 型開

型閉と逆の動きをたどり、再び軸心ズレが起これる。ガイドピン摩耗が起これる可能性がある。

3 計測技術

3.1 従来の計測技術

一般に広く知られている計測方法として、成形機のレベル計測、プラテン間平行度計測、タイバーバランス計測および面圧計測の四つがある。一般的にこれらの数値が優れている場合には、成形の評価が高い傾向にある。しかし、これらは成形工程の一部(プラテンが停止しているとき)しか測定できず、型締挙動の把握には不十分である。上記測定方法以外に、直進性の測定も行われているが、これだけで機械挙動を正確に把握できるわけではない。

3.2 型締挙動(型締精度)の測定方法

型締挙動の測定に必要な要件としては、

- (1) 成形工程を全て網羅できること
 - (2) 各部位の絶対的な動きが把握できること
 - (3) 平面だけでなく空間的な挙動が分かること
 - (4) 測定の段取りにより結果が変わらないこと
- といった点が重要になる。

これら条件を満たすようさまざまな計測手法を組み合わせ、成形工程の型締挙動を網羅できる計測システムを開発した。このシステムは従来からある面圧、タイバーバランスおよび直進性計測に、新たな計測手法としてカメラ計測を加え

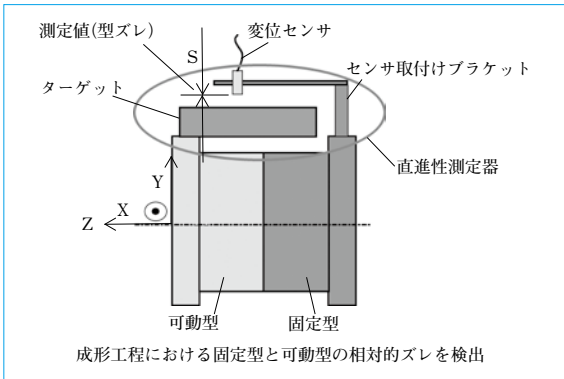


図2 直進性測定器
Measuring instrument for mold straightness

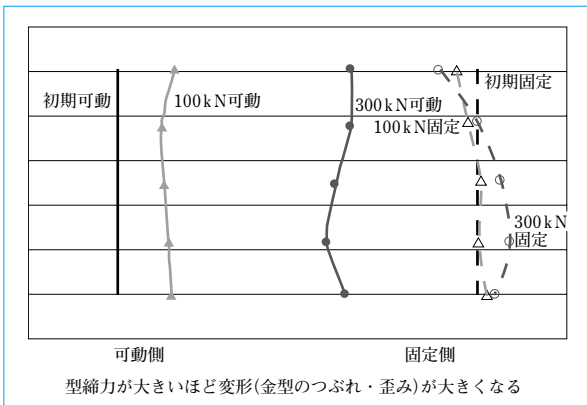


図3 型締力とプラテン変形
Mold clamping force and deformation

たものである。次に、成形機分野ではまだ馴染みが薄いと思われる計測手法について述べる。

3.2.1 直進性計測

主に、型開閉中の型ズレを示す指標として使われている。変位センサで可動型に取り付けたターゲットの動きを読み取る(図2)。取得されるデータは可動金型の固定金型に対する相対的な動きを表しており、無負荷状態では固定金型が動くことはないので可動型の動きを正確に測定できているが、負荷状態あるいは負荷が刻一刻と変わる昇圧や脱圧の際にはプラテンや金型の変形により測定の基準である固定型が動くことから、データの扱いには注意が必要である。

3.2.2 カメラ計測

カメラで撮影した画像から変位を割り出す計測手法である。主に、型締装置変形の絶対量を測定する。従来困難であった同時多点計測が可能である。型締力の違いによるプラテン変形の様子を計測した例を、図3に示す。型締力と変形量の関係が明確に把握できる。

3.2.3 面圧計測

プラテンと金型の間または金型パーティング面に感圧紙をはさみ、その接触圧力を割り出す計測手法である。感圧紙の色の濃淡から圧力の大小を求める。接触圧力は「金型の当たり」を示していることから、色ムラがなく圧力分布が均一なほど精度が良いと判断する。SE-DUZにて測定した面圧の一例を、図4に示す。感圧紙をスキャナで読み取り、「色の濃淡」を「色分け」表示に変換した。図では圧力の大きい箇所が赤、小さい箇所が青で示されている。レベル、平行度およびタイバーバランスなどの型締精度が狂っている状態(図4左)

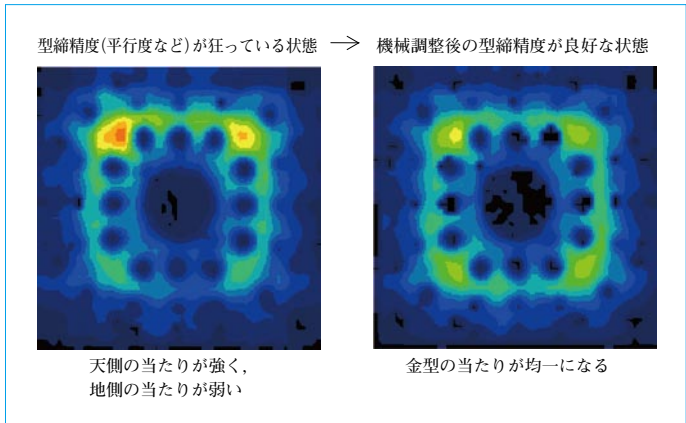


図4 面圧測定の一例
Measurements of surface pressure

では、天側の当たりが強く地側の当たりが弱いといった面圧分布のムラが確認できる。機械を再調整し型締精度(レベル、平行度およびタイバーバランスなど)を当社出荷基準内に収める(図4右)と、面圧分布が均一になっていることが分かる。

3.3 高精度の条件

カメラおよび面圧計測の例から分かる高精度型締の必要条件を次に述べる。

(1) 低型締力であること

カメラ計測により型締力と変形(金型をつぶれおよび歪み)の関係が分かった。変形が大きいと、金型がつぶれガス抜き性が悪化したり、ガイドピンに過大な負荷がかかり早期摩耗が起ったりする可能性が高い。

(2) 機械精度(レベル、平行度およびタイバーバランスなど)が良いこと

面圧分布の計測により、機械精度と面圧分布に関係があることが分かった。面圧分布が悪化すると、ガス抜き性の悪化やキャビティバランスの悪化などが起こる可能性が高い。さらに、機械の精度調整後は長期間にわたってその精度が維持される必要がある。精度の長期的な安定性がないと、歩留まりが悪化する恐れがあることによる。

4 型締精度(型締挙動)不安定化の要因

精度の長期安定性実現の障害となる要因を直進性計測により抽出した。

4.1 潤滑の影響

図5(a)に、トグル機におけるグリース潤滑した際の挙動波形(直進性波形)を示す。これは、直進性測定器を用いて、グリース潤滑を行った直後と10ショット目および100ショット目の型締挙動の違いを示したものである。各ショットで型閉および型開中の挙動に1 μ m程度の微小なバラツキが見られる。これは成形機摺動部分(接触部分)の潤滑油膜の厚さがショット間でバラツキ、結果として直進性波形のバラツキにも現れていると考えられる。油膜厚さによる挙動変化の模式図を図5(右上)に示す。各摺動部分の油膜厚さが刻一刻と変わり、プラテンの挙動が安定しない。接触部分の油膜厚さの管理は非常に困難であることから、この不安定さは油圧シリンダを有する直圧式型締装置でも同様である。

4.2 摺動部クリアランス(摺動部のガタ)の影響

図5(b)に、摺動部クリアランスの影響を表した直進性波

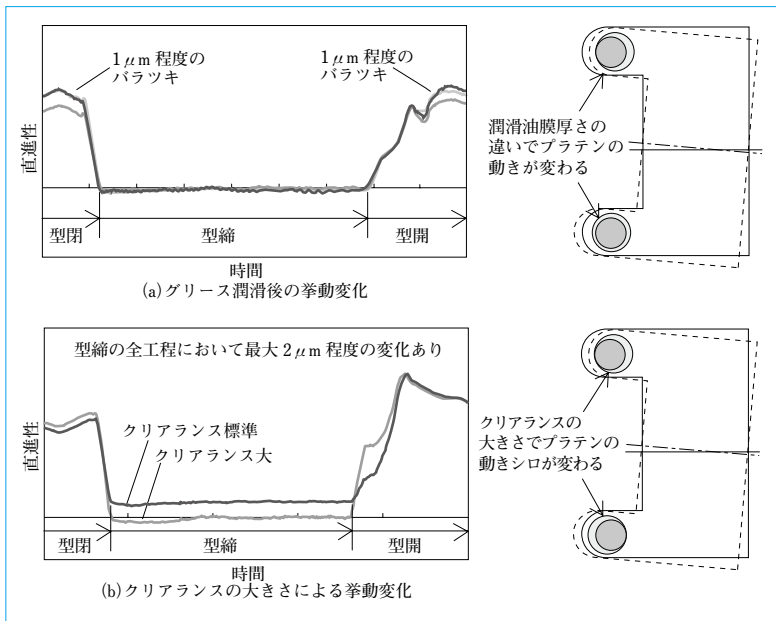


図5 型締挙動変化の要因
Change in mold clamping behavior

形を示す。機械の摩耗を想定して一部の摺動部クリアランスを故意に大きくした場合と標準的な場合とで直進性波形を取得し比較した。摺動部クリアランスの大小により、型締の全工程において直進性に変化が見られた。

クリアランスの大小でプラテンの「動きシロ」が変わることによるものと考えられる。トグル機でも直圧機でも摩耗を伴う機構を採用した成形機では、長期間使用していくなかで精度が変わる可能性が高い。

5 非接触式直圧型締機構

油膜や部品摩耗は、精度の長期安定性を求めるうえで大きな障害となる。こうした点を踏まえ高精度型締装置として考案されたのが、非接触式直圧型締機構を備えたML200である(冒頭の図)。

5.1 可動部

リニアモータの真上に電磁石の磁力により吸着される鉄板(吸着板)を備え、センターロッドを介して吸着板と可動プラテンが結合されている。これらが一体となり、リニアガイドに案内されてリニアモータによる型開閉を行う。なお、リニアガイドには無給脂タイプのものを採用し、潤滑による挙動の乱れを排除している。

5.2 固定部

フレームに電磁石が締結されており、電磁石から伸びるタイバーによって固定プラテンが支持されている。リニアモータにより型が完全に閉じられた時点で、電磁石に通電し吸着板を引きよせ、型締力を発生させる。電磁石と吸着板の間には必ず空隙が存在し非接触となっている。

5.3 ML200における成形品心ズレの評価結果

当社所有のテスト金型にて成形品の心ズレを測定し、ML200の長期安定性を評価した。成形品の概要と評価結果を図6に示す。可動型と固定型で外形の異なる円形のキャビティが正面に向かい合い、段付きの製品が成形される。円の外形から、それぞれの円の中心座標を求め心ズレを測定した(図

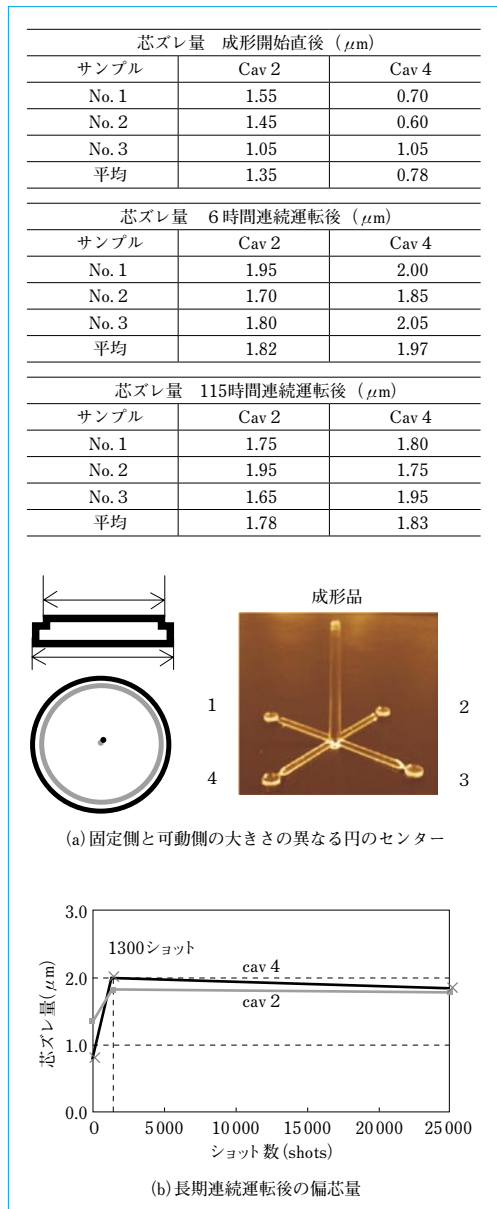


図6 ML200長期連続運転後の偏心量
Eccentricity after long run of ML200

6(a))。成形開始から約6時間後までは、1 μm程度の心ズレが確認できる。しかし、1300ショット以降は心ズレが起これず、成形品の精度は安定していた(図6(b))。

ML200では、リニアモータと電磁石の非接触式直圧型締機構の採用により、従来の機構では不可能であった精度の長期安定性を実現している。

6 むすび

本報では、当社独自の計測技術と、それにより判明した型締挙動およびML200について述べた。

- (1) 当社独自の計測技術で型締挙動が分かるようになった。
- (2) 高精度型締には、低型締力、良好な機械精度および精度維持が必要である。
- (3) 潤滑と摩耗(摺動部クリアランス)が精度の長期安定性に大きな障害となる。
- (4) 非接触式直圧型締機構を採用したML200で成形を行い、ML200の精度長期安定性を確認した。

コンパクトな大型全電動射出成形機 CL7000

Compact All Electric Injection Molding Machine with Large Capacity CL7000

●早川 真博* 牧野 嘉彦*
Masahiro HAYAKAWA Yoshihiko MAKINO



図1 CL7000

2008年に、当社は全電動射出成形機SE550S(型締力5500kN)の後継機CL7000を開発した。商品コンセプトは「小さな機械で大きな仕事ができる」であり、機械仕様(特に金型サイズに関する部分)を従来の他社の6500kNクラス相当とすることで、大きな仕事ができるようにした。さらに、多彩な先進機能を盛り込むことで、コンパクトな機体にすることに成功した。これにより、従来は6500kNおよび8500kNクラスの成形機で生産していた製品も、CL7000で不良や無理・無駄のない成形が可能となった。

本報では、CL7000の多彩な先進機能と成形事例を紹介する。

In 2008, we developed a fully motorized injection molding machine CL7000 as a successor to SE550S (mold clamping force:5500kN). With its machine concept of "compact machine for large works" CL7000 not only achieves a large capacity with machine specifications (those related to mold size, in particular) being equivalent to competitors' 6500kN-class models, but is also compactly built by incorporating various advanced functions. As a result, CL7000 is capable of molding products that have previously been produced with 6500kN-and 8500kN-class molding machines in a lean and defect-free manner. This paper introduces the various advanced functions of CL7000 and examples of molding using CL7000.

1 まえがき

1990年代後半より、日本国内の射出成形機は、環境保護や省エネルギーの意識の高まりから、油圧式成形機から電動式成形機に移行し、国内では電動成形機が主流となっている。

当社においても、1998年から全電動射出成形機の「SE-Sシリーズ」(型締力170~1760kN)を上市した。この機械は従来の駆動機構にベルト・プーリを用いる電動機とは違い、モーターで直接駆動するダイレクトドライブ機構を採用し、精密安定成形・低騒音において高い評価を得た。そして、2001年に「SE-Dシリーズ」、2005年に「SE-DUシリーズ」、2008年に「SE-DUZシリーズ」としてモデルチェンジを行い、「精密安定成形性に優れた全電動射出成形機」として高い評価を得て、現在当社の主力機種となっている。

また、型締力2150~5390kNの中型機においても、電動化の流れが進むなかで、2000年に電動中型成形機「SE-Sシリーズ」を上市し、2005年に自動車業界を代表する厚肉成形品から容器業界を代表する薄肉成形品まで市場の多様で幅広い要求に応じて、「SE-HDシリーズ」と「SE-HSシリーズ」を上市、2008年に「SE-HDZシリーズ」、「SE-HSZシリーズ」とモデルチェンジを行い高い評価を得ている。

型締力5000kNを超えるクラスの大型射出成形機でも、現在では電動化の比率は大きくなっている。このクラスに、当社は「SE550S」を上市していたが、市場のいろいろな要望に応じて、当社の小型機および中型機の基本性能・機能を踏襲したうえで、単なる機種延長としてではなく、新しいコンセプトの「CL7000」として機種開発をした。

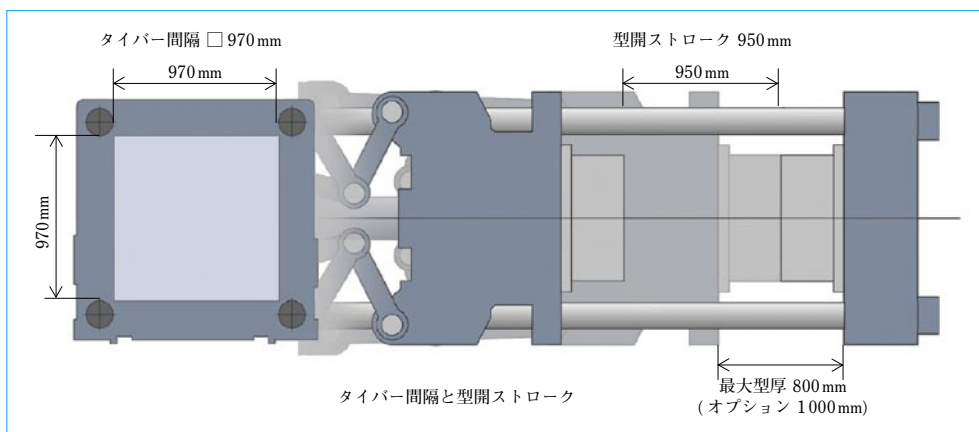


図2 型締仕様
Specifications of clamp unit

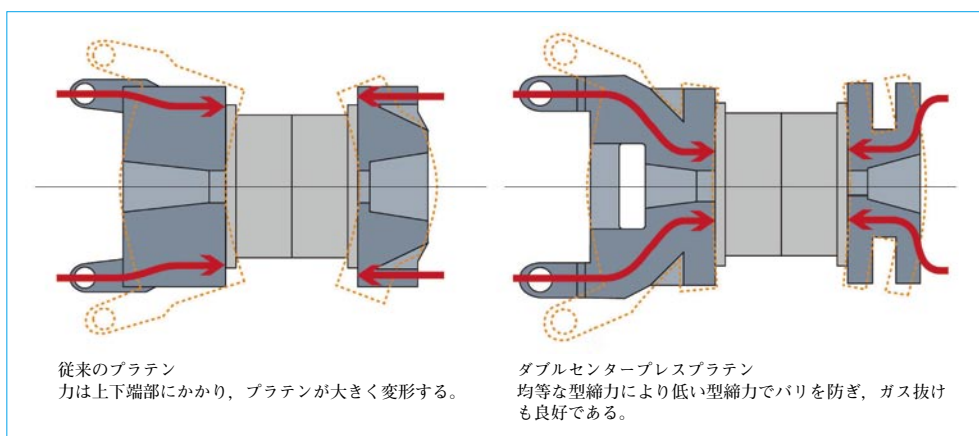


図3 ダブルセンタープレスプラテンの構造
Structure of double-center-press platen

2 市場のニーズ

型締力5000kNクラス以上の成形機市場は、自動車部品向けあるいは事務機部品向けが主流である。いずれの業界も近年の傾向として成形品の形状・スペースの制約、軽量化および複雑化が要求されている。金型は複雑化かつ大型化されているが、成形品の方は軽量化に伴い使用樹脂量の減少化の傾向もあり、成形品から見ると過剰に大きな成形機が必要になっている場合が多い。

一方、成形メーカーにおいては生産拠点のグローバル化が進むなかで、部品種類の増加、金型種類の増加にも対応するべく、レイアウトし易い生産設備が必要となり、成形機もスペース効率の良い機械が求められている。

さらには、近年の材料費の高騰、金型の複雑化、大型化に伴う金型コストの増加および部品種類の増加に伴う多品種少量生産の傾向から、成形品の不良率の削減、高スループット化が求められている。

以上より、市場の要求としては、金型の大型化にも対応でき、スペースを取らない機械で、さらには、スループットが良く立ち上げ易い機械、が求められていると言える。

3 商品コンセプト「小さな機械で大きな仕事」

第2章で述べた、成形機に対するコンパクト化などに対する要求の達成に、「小さな(Compact)機械で大きな(Large)仕

事ができる」を商品コンセプトとした全電動成形機CL7000を開発した。具体的には従来型締力6500kNの成形機で行っていた仕事ができ、かつ型締力4500kNの成形機クラスの大きさととどまる型締力5500kNの成形機の開発である。つまり1ランク下の成形機と同等の機械サイズで1ランク上の成形機の仕事ができるようにした「2ランクダウンサイジング」を達成した。

4 コンパクト&ラージを達成する最新の電動技術

4.1 CL7000の特長

図1に、CL7000の外観を示す。

全長は従来の一般的な型締力4500kNの成形機と同等の8.4mであり、コンパクトな機械となっている。

また、日本産業機械工業規格安全通則に対応しており、安全性と信頼性を確保している。カラーリングは従来機から大きく変更し、コンセプトが異なることを示した。

4.2 プラテンサイズ

図2に、型締装置の主な仕様を示す。

タイバー間隔は970mmのスクエアプラテンとし、金型の横入れにも対応し易くなっている。また単にタイバー間隔が広いだけでなく、型開ストロークも、従来機のSE550Sが900mmに対し950mmに変更、標準仕様の最大型厚は従来のSE550Sと同じ800mmであるが、最大型厚1000mmまでの対応を標準オプション選択可能としている。これらの仕様によ

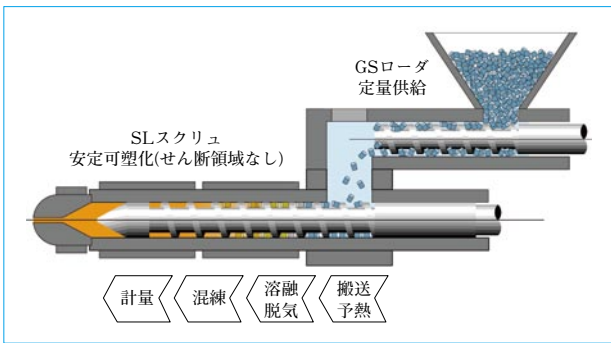


図4 新理論可塑化システム
Plasticizing system based on dynamic uni-layer melting model

り、金型の複雑化、大型化に対応しており、また、従来1ランク上の成形機で生産していた金型の搭載が可能となった。

4.3 ダブルセンタープレスプラテン

CL7000では、可動、固定両方のプラテンを型締力が中央部により伝えやすい構造「ダブルセンタープレスプラテン(DCPP)」にすることにより、プラテンのたわみを最小限に抑え、金型に均一な面圧を与えることができるようになっている(図3)。従来のトグル型締では型締力が上下端部分にかり、プラテンが大きく変形する。プラテンが大きく変形することにより、面圧の低い金型中央部ではバリが発生しやすく、面圧が高くガスが逃げにくい周辺部ではショートが発生し易くなる。しかし、DCPPの採用により、従来の変形を抑え、金型面圧を均一に分布させることから、バリやショートの混在を解消することができるようになった。

このDCPPによって、面圧分布が均一になることから、従来よりも低い型締力にて成形が可能となった。詳細は、成形事例にて後述する。

その他の効果として、金型周辺の面圧とたわみが抑えられることから、金型の偏摩耗が低減し、金型寿命の延長にも効果が期待できる。

4.4 型締力フィードバック

CL7000では、型締力センサが実際に発生する型締力を検知してフィードバック制御をしている。そのことから、型締力を正確に検知、変動を抑制し、金型の温度膨張の影響を受けずに常に安定した型締力で成形が可能となる。これによって、キャビティのガス逃げの状態や成形品の肉厚も一定となり、成形品の安定性に寄与できる。また必要以上の型締力を与えることがないことから、金型の長寿命化の効果が期待できる。

4.5 高精度・高出力ノズルタッチ

CL7000では、ノズルタッチ機構に従来の1軸アーム構造に代えて、ノズルに対称な2軸のアームの支持機構を採用した。これにより、ノズルタッチ力による固定プラテンの傾斜させることのない、高精度・高出力ノズルタッチ機構となった。また、より高精度を維持し、成形の安定化、金型の長寿命化の効果が期待できる。

4.6 新可塑化スクリュシステム

CL7000では、従来の熔融理論と全く異なる新可塑化システムを採用している。新可塑化スクリュシステムは、スクリュアッセンブリ本体とホッパ下のGSローダ(樹脂供給装置)で構成されている。従来の成形機のスクリュにおいては、樹

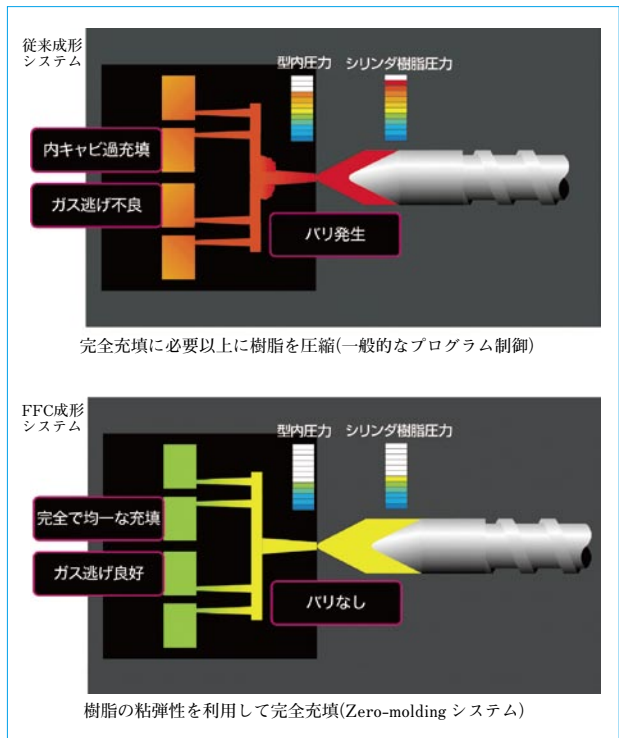


図5 FFC成形システム
FFC injection molding system

脂はヒータからの伝熱によるエネルギーとスクリュによるせん断エネルギーの両方を受けて溶融されている。特に高可塑化能力を要求される場合などは、スクリュからのせん断エネルギーによる溶融する割合が多くなり、無理に樹脂にエネルギーを与え、焼けなどの問題の原因となっていると考えられている。しかし、本溶融システムでは、GSローダによる樹脂の定量供給と、スクリュデザインのせん断領域をなくすことで、樹脂に無理なせん断をかけずに、ヒータからの熱を効率的に与えて溶融させ、混練させることに成功した(図4)。特にせん断による発熱を抑えることから、樹脂の焼けおよびガスの減少に大きく寄与することができる。さらには、射出時の樹脂の抵抗が低減し、溶融樹脂の均一化されるとともに、射出制御がより精密になり成形安定性の向上がすることができた。また、効率的な溶融システムから、従来のスクリュの約2/3程度の長さとなり、機械全長も短縮された。

4.7 Zero-moldingシステム

CL7000のその他の大きな特徴として、Zero-moldingシステムの搭載があげられる。これは、不良(Defects)ゼロ、無駄(Loss)ゼロおよび失敗(Faults)ゼロで量産可能というコンセプトのシステムである。そのうちのFFC(Flow Front Control)成形システムとMCM(Minimum Clamping Molding)成形システムの機能について紹介する。FFC成形システムは、充填時のV-P切換え前後のスクリュの挙動を精密に制御し、フローフロントを最適化することで、無理なくキャビティ内に樹脂を充填させるものである(図5)。

また、MCM成形システムは、前述の型締力フィードバック機能を利用して金型の状態を検出し、必要最小限の最適型締力で成形可能にする機能である。

これら全てのシステムの利用により、型締力の低減と充填ピーク圧を低下させ、成形品のバリの解消、キャビティバラ



図6 アウターパネル成形品および従来機とCL7000の金型息付き量の比較
Molding part of outer panel and comparison of amount of mold movements for injection pressures of general machine and CL7000

ンスとゲートバランスの向上および金型の変形の減少、ガス、エアの排出性の向上ができ、成形トータルでのスループットを向上させた。

5 成形事例

CL7000による成形事例を紹介する。まず、材料が高粘度ポリカーボネートのトレーの成形事例について示す。成形品の必要型締力の計算方法は、成形品の投影面積と平均型内圧に依存する。この成形品は、縦450mm、横560mm、深さ約40mm、肉厚が約10mm程度で、従来の計算方法から必要型締力は、7000~10000kN程度必要である。しかし、DCPPとZero-moldingシステムの効果より大幅に型締力を下げることができ、2000kNで成形が可能となった。

次に、図6で、アウターパネルの成形品事例と従来油圧直圧機とCL7000における成形時の金型息付き量を比較した。ここで、金型息付き量とは、射出圧力による金型パーティング面の開き量のことを言う。この成形品は、従来8500kNクラスの直圧油圧機にて成形していた製品である。この息付き量は、射出圧によって金型パーティング面が、僅かに隙間が開く量であるが、この量が多すぎると成形品にバリが発生する。従来の油圧直圧機8500kNの型締力での息付き量とCL7000の4500kNの型締力での値がほぼ同等で、従来比約半分程度の型締力でバリひけのない良品成形が可能となり、不良、無理および無駄のない成形が可能となった。

これらの成形評価からも、CL7000が1ランク上の成形機より大きな仕事ができると言える。

また無理に型締力を掛けない、無理に樹脂にせん断を加えない本機は省エネルギーの面でも優れており(図7に消費電力を示す)、同クラスの油圧成形機より約80%、従来の電動

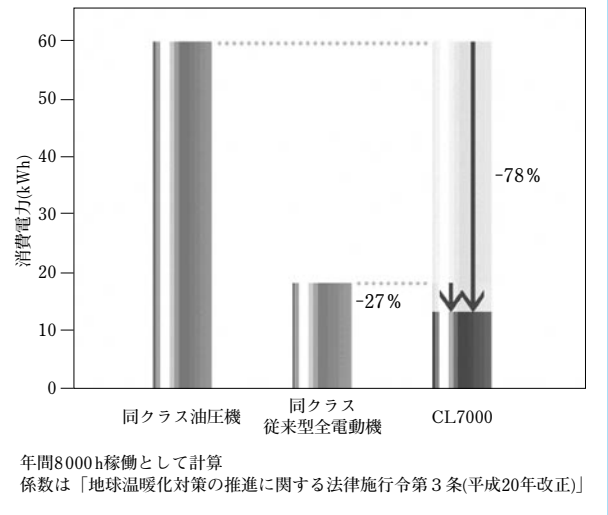


図7 消費電力の比較
Comparison of power consumption

成形機に比べても約30%の消費電力の削減となり、大幅な省エネルギーが可能となっている。

以上より、省スペース性と合わせて省エネルギー性にも優れ、成形現場に大きな貢献ができるだけでなく、地球環境にも優しい機械であると言える。

6 むすび

当社の新コンセプトの大型電動射出成型機についての、最新の全電動技術の紹介と実際の効果事例について紹介した。

- (1) 「コンパクト&ラージ」のコンセプトで、従来から1ランク下の機械サイズでありながら、1ランク以上大きな機械と同等の仕事が可能で2ランクダウンサイジングを達成したCL7000を開発した。
- (2) DCPP、型締力フィードバック制御およびZero-moldingシステムにより、従来は、6500kN、8500kNの型締力が必要であった成形品を約半分程度の型締力で成形が可能となった。また、新理論可塑化システムと合わせて、無理および無駄のない成形から生産性の向上に貢献可能となった。

(参考文献)

- (1) 西尾與人. 全電動射出成型機CL7000の紹介. プラスチックス 9月号別冊, Sep., 2008.

フィルム成形用空圧式自動偏肉制御Tダイ SMART FLIPPER

Automated Pneumatic Thickness Profile Control T-die for Film Casting SMART FLIPPER

●中野 勝之*
Katsuyuki NAKANO

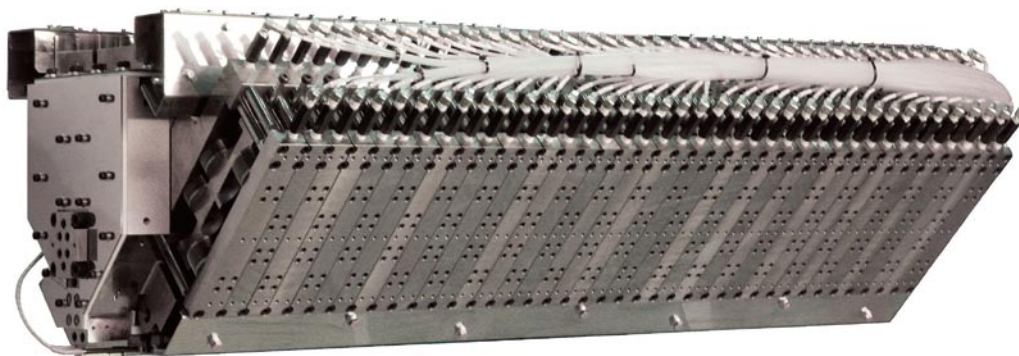


図1 フィルム成形用空圧式自動偏肉制御Tダイ SMART FLIPPER
Automated pneumatic thickness profile control T-die for film casting SMART FLIPPER

住友重機械モダン株式会社は、短時間で偏肉調整可能なフィルム成形用自動偏肉制御Tダイシステムを開発した。本システムのTダイ(SMART FLIPPER)は、空圧式アクチュエータの発生力により、ダイリップの弾性変形を行う機構を採用している。この空圧駆動方式は、リップ変形の応答時間が数秒で行える優れた応答性を有する。さらに、熱的環境に影響を受けないことから、安定したダイリップ変形の維持および高い再現性が実現できる。SMART FLIPPERはこれらの利点を有することから、その偏肉制御システムでの偏肉調整は数分以内の偏肉調整が可能となる。

本報では、SMART FLIPPERの特長および機能を示し、本偏肉制御システムでの偏肉調整事例について報告する。

Sumitomo Heavy Industries Modern, Ltd. recently developed an automatic thickness profile control T-die system for film casting that is capable of adjusting an uneven thickness in a short time. The T-die (SMART FLIPPER) of this system adopts a mechanism that performs elastic deformation of the die-lip using the force generated by a pneumatic actuator. Our pneumatic drive system achieves an excellent lip deformation response time of a few seconds. In addition, it is unaffected by thermal environments. Therefore, the pneumatic drive system is capable of maintaining stable die-lip deformation, and achieves high repeatability. Since SMART FLIPPER has these advantages, the thickness profile control system containing SMART FLIPPER is capable of performing uneven thickness adjustment in a few minutes. This paper describes the features and functions of SMART FLIPPER, and reports an example of adjusting an uneven thickness using this thickness profile control system.

1 まえがき

近年、プラスチックフィルム製品は新たな樹脂材料の開発、高精度化、多機能化および複合化が進み、従来からの包装材料、日用品などの生活必需品だけでなく、電子部材、光学部材およびIT関連部品にも幅広く適用されている。

これに伴い、フィルム成形業界においても、製品の用途拡大と多様化およびきめ細かいニーズを反映して、多品種・小ロット生産が増加する傾向にある。多品種・小ロット生産におけるユーザの最大の懸念事項は、ロット替え時に発生する材料ロスと製品品質の安定性・再現性であり、これらは製品フィルムの膜厚バラツキ(偏肉)の調整・安定時間に大きく依存している。

偏肉調整は、Tダイの幅方向リップ開度の微調整にて実施

され、従来型は熟練作業者が、Tダイの側面に取り付けられた多数のボルトの操作によって行っていたが、上記の状況を反映して自動偏肉調整システムを導入するユーザが増加している。

自動偏肉制御システムは、インライン膜厚計で検出した厚さプロファイル(偏差)を基に、Tダイの幅方向リップ開度を自動調整するシステムである。自動偏肉制御Tダイにはアクチュエータが搭載され、このアクチュエータとしてはヒートボルト(電熱線による熱膨張変位)方式が主流となっている。しかしながら、ヒートボルト方式のリップスリット応答時間(Tダイのスリット開度分布の変更時間)は単位の時間が掛かるうえ、また同じリップ開度を即座に再現することは機構上難しい。

一方、住友重機械工業株式会社においては、1995年に押

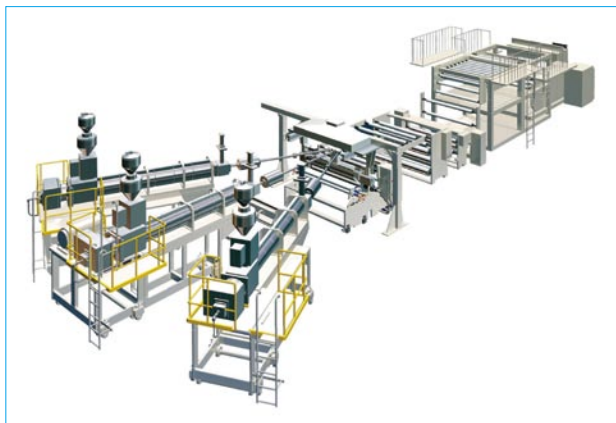


図2 フィルム製造装置
Casting film production line

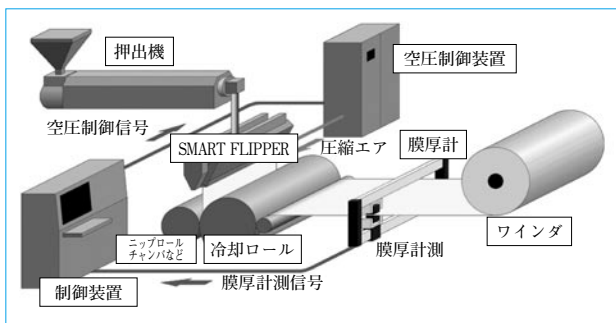


図3 偏肉制御システム構成
Configuration of control system

出ラミネータ用途に、独自機構の空圧式アクチュエータを搭載した自動リップ調整Tダイシステム⁽¹⁾を市場投入し、以降応答性の高さと同再現性のメリットによって、多くのユーザーから好評を得ている。今回、本アクチュエータの構造・作動面をより進化させ、フィルム成形用途にも適応させた、フィルム成形用空圧式自動偏肉制御Tダイ(SMART FLIPPER)を開発した(図1)。本方式のTダイは、リップ応答時間を数秒と高速に行えることと、熱的環境に相互影響を及ぼさないことから、安定した膜厚保持と高い再現性が実現できる特長を有する。

第2章以降では、まず全体システムの構成を簡単に述べ、続いて空圧式自動偏肉制御Tダイの詳細と偏肉調整例について報告する。

2 全体システムの構成

図2に、フィルム製造装置全体例を示す。

図3に、偏肉制御システムの概略構成を示す。本システムの主構成機器は、主にSMART FLIPPER、膜厚計、制御装置および空圧制御盤から構成される。膜厚計は生産品の幅方向にセンサーヘッドをスキャンして膜厚をオンラインで計測し、その計測値とスキャン位置とを制御装置へ送る。制御装置は、偏肉調整の演算とオペレータとのマンマシンインターフェースの機能を果たす。この制御装置により演算された補正值は空圧制御盤に送られ、空気圧指令値に従ってTダイへの給気圧を制御する。これにより、Tダイのスリット開度を変更されて、膜状に成形されて押出される溶融樹脂の流量分布が変化し、生産品の幅方向膜厚分布が調整される。

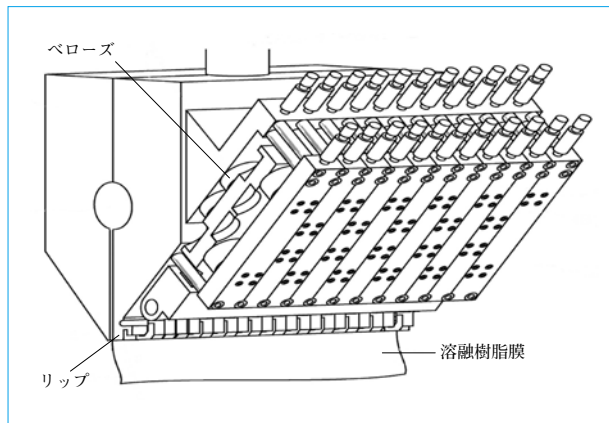


図4 SMART FLIPPERの全体構造
Configuration of SMART FLIPPER

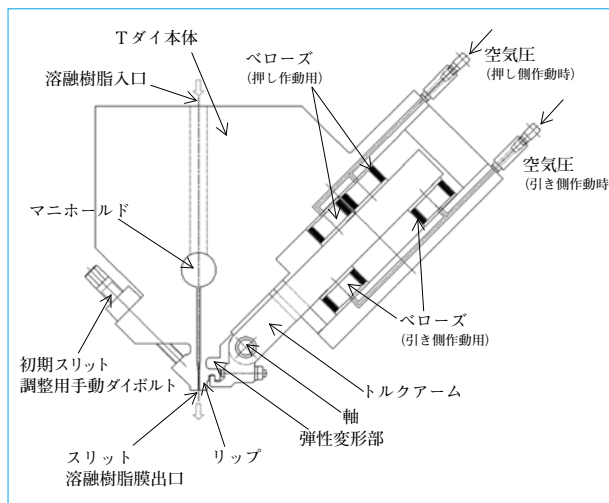


図5 SMART FLIPPERの断面
Cross section of SMART FLIPPER

3 SMART FLIPPER

Tダイの全体構造図を、図4に示す。

Tダイは押出機にて可塑性・溶融された樹脂を、リップと称するスリットを通して薄い膜状に成膜する役割を果たす。この際、製品の幅方向の膜厚分布精度は、Tダイのスリット開度の調整に大きく支配される。住友重機械モダン株式会社オリジナルの空圧駆動機構アクチュエータは、次のような特長を有する。

- (1) リップスリット開度変更の応答性が高いことから、偏肉調整時間が短い。
- (2) 熱環境に影響されず常に安定したリップスリット開度を維持できる。
- (3) 設定圧力値保持およびリップ部に力荷重伝達を行っていることから、空圧指令値に対するリップ開度の再現性が極めて高い。

フィルム成形用Tダイにおいては、ラミネータ用Tダイに比して、Tダイ内で流動する樹脂粘性が高いことと、より精密な変形パターンが要求されることから、アクチュエータの駆動力アップや小ピッチ化などを実現する必要がある。そのことから、フィルム成形用のアクチュエータ仕様については、次の通りラミネータ用のTダイから仕様変更を行った。

- (1) 使用空圧値最大0.6MPaを維持し、アクチュエータの

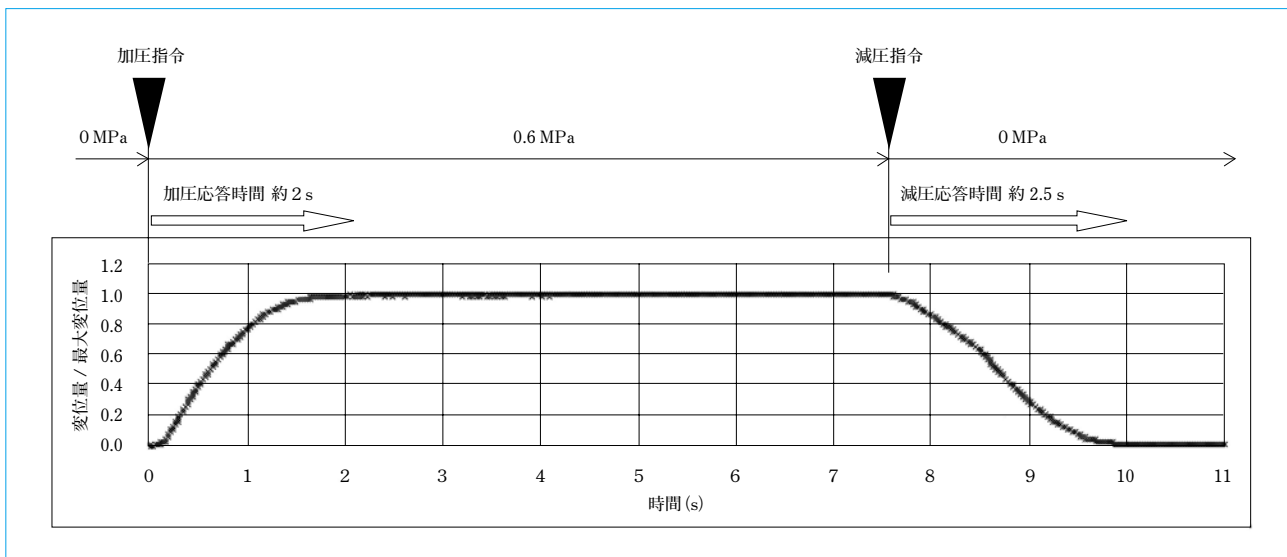


図6 ダイリップの応答
Response of SMART FLIPPER die-lip

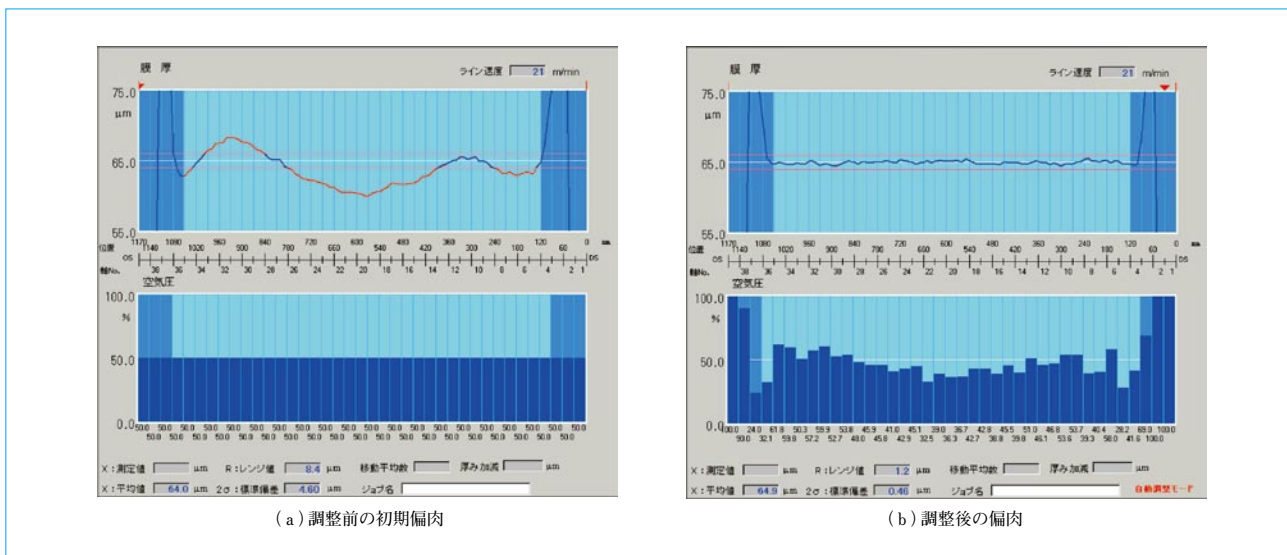


図7 偏肉調整時の画面
Display of automatic thickness adjustment

- リップ駆動発生力の増大はラミネータ用の1.6倍である。
- (2) アクチュエータ間隔は、ラミネータ用50mmから30mmと小ピッチ化している。
- (3) リップ部への作動荷重方向は、ラミネータ用押し側のみを押し・引き側作動としている。

Tダイの断面図を、図5に示す。

アクチュエータは幅方向30mmピッチに配分し、アクチュエータごとに圧力作動用のペローズを設けている。ペローズは各々独立に給気され、その発生力がダイ本体側から連結された軸に支持され回転するトルクアームを介して、梘子(てこ)の原理で増力されリップ部に力加重として伝達される。その結果生ずる弾性変形部の曲げ変形により、スリット開度が変化する。上記(1)および(2)の達成に、隣接するアクチュエータのペローズの配置を工夫することにより、ペローズの受圧面積を小さくすることなく、アーム比の見直しとともに発生力を高めている。(3)については、押し側作動だけでなく、引き側作動用ペローズを搭載した。リップ隙間を狭くする場合は、引き側ペローズ空圧を開放し、押し側ペローズに設定空圧値

を作動させてリップ部に押し方向の伝達荷重を発生させる。逆にリップ隙間を広くする場合は、押し側ペローズ空圧を開放、引き側のペローズに設定空圧値を作動させることにより、リップ部に引き方向伝達荷重を発生させることが可能である。

4 Tダイリップスリットの応答時間測定事例

本アクチュエータ搭載ダイにおいて、操作盤(制御装置)から空圧制御指令を出力し、その際リップ部の変位量を高速度カメラにて計測した事例を、図6に示す。縦軸にTダイリップのある位置での変位量を、横軸には時間(秒)を示す。全アクチュエータ最小空圧指令値(0 MPa)の状態から、最もリップ変位量が大きくなる全アクチュエータを最大圧力指令値(0.6 MPa)に設定した直後の加圧作動時の応答性と、その後最小圧力値(0 MPa)の状態へ再設定した場合の減圧作動時の計測結果を示す。図中▼で示す部分が、各々空圧値指令を変更したタイミングである。図より、加圧作用時は約2秒で一定のリップ変位量へ収束している。また、減圧指令開始後約2.5秒でリップ変位が元の値に収束している。本結果は測定

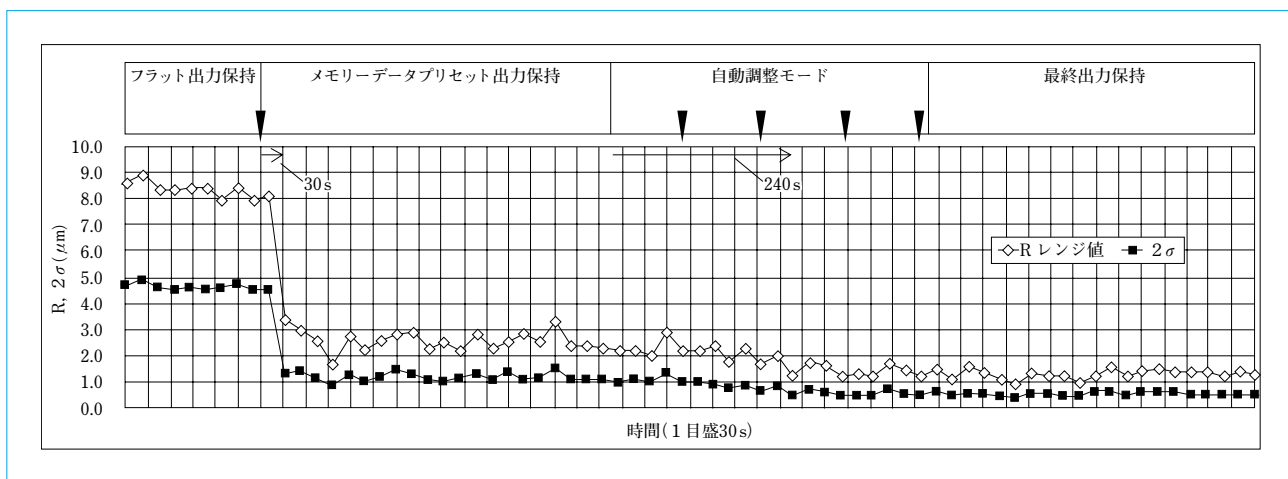


図8 偏肉調整時における偏肉評価値の時系列プロット
Time history plot of thickness profile evaluation value during thickness adjustment

の一例ではあるが、本Tダイのリップスリット応答時間が極めて短いこと、高い安定性と再現性を有することを示している。

5 自動偏肉制御システム全体での偏肉調整例

SMART FLIPPERでの偏肉調整例を示す。なお、成形条件については次に示す。

- (1) 成形方式 キャストエアチャンバ成形，エッジブラストあり
- (2) 成形原料 メタロセン系直鎖状低密度ポリエチレン(m-LLDPE)，成形温度 240℃
- (3) Tダイスリット開口長 1200 mm，初期リップ隙間 1.2 mm，成形速度 21 m/min
- (4) 設定厚み 65 μm ，膜厚評価幅 930 mm

図7に、偏肉調整前および調整後の膜厚分布表示画面を示す。画面内のグラフ中、上段の連続した線で膜厚分布が、また下段の棒グラフでTダイのアクチュエータごとの空圧指令値が表示されている。ここで、空圧指令値の縦軸の値において、50%値は押し側・引き側ともに作動空圧を発生させないニュートラル状態(リップスリットがイニシャル隙間)を意味し、50~100%は押し側作動領域で%値が大きくなるに従い押し側空圧値が増加、逆に50~0%は引き側作動領域で%値が小さくなるに従い引き側空圧値が増加する表示方法としている。膜厚の厚い部分は押し側作動域にてリップ隙間を狭める方向へ、逆に膜厚が薄い部分は引き側作動域にてリップ隙間を広げる方向へその膜厚偏差量に応じて空圧指令値が自動演算され膜厚が補正される。この二つの画面から偏肉が低減されていることが分かる。なお各画面下部には評価幅範囲におけるRレンジ値(最大値と最小値の差)と膜厚測定値の2 σ 値が表示されており、これらの値は偏肉調整評価の値として通常用いられ、膜厚計の1スキャンごと(本例では20秒ごと)に更新される。

次にこれらRと2 σ を時系列にプロットし、その際の空圧指令状態を記したデータを、図8に示す。空圧指令状態としては、順に「初期フラット出力保持」、「メモリーデータプリセット出力保持」、「自動調整モード」および「最終出力保持」までの一連の状態を示す。なお、図中▼で記した部分は、

リップ開度変更(空圧値更新)の指令が行われた時間である。ここで、メモリーデータプリセット出力は、あらかじめ自動調整により空圧設定値を導出・記憶しておいた値を再現するモードである。図より、プリセットデータ指令直後にリップ開度変更し、R値および2 σ 値が急激に低下していることが分かる。この状態をしばらく保持した後、自動調整モードを行いより精度を高めた調整を実行した。その結果、自動調整による空圧値修正回数2回でR値2 μm 以内、2 σ 値約0.5 μm の範囲へ収束している。本例では計4回の空圧値修正の後、最終導出の空圧設定値を保持した運転状態を示すが、Rも2 σ も一定の推移を示している。これらの結果を集約すると、本例ではプリセット入力安定までの時間(30秒)+自動調整回数2回(240秒)の計270秒程度の時間で、初期偏肉の状態から、高精度レベルまで偏肉調整が行えることを意味しており、本Tダイの再現性の高さと高応答性が示されている。

6 むすび

ラミネート用Tダイの独自機構である空圧式アクチュエータをさらに進化させることにより、フィルム成形用Tダイに適応させた、SMART FLIPPERを開発し、その特長と性能を報告した。

- (1) SMART FLIPPERのリップ隙間変更の応答時間が約3秒と極めて早いこと、再現性が高いことから、偏肉調整時間を数分で行えることを示した。
- (2) 空圧パターン設定を保持した状態で、安定した膜厚を維持できることを示した。

現在種々の原料樹脂対応および成形条件などの運転条件を変えての試験評価およびデータ蓄積を実施し、より信頼性向上と使いやすい装置へ改善を進めている。SMART FLIPPERが、偏肉調整ロス低減と品質安定性の向上にいち早く貢献できるように努める所存である。

(参考文献)

- (1) 仲宗根雄一. 住友偏肉制御装置 SPS-3000. コンバーテック, Oct., 1997, p.32~34.

高精度・高性能異材射出成形機 SE-CIシリーズ

High Multi-material Injection Molding Machine SE-CI Series

● 齋藤 泰史*
Yasushi SAITO

鈴木 啓介*
Keisuke SUZUKI



図1 SE30DU-CI

1 はじめに

ダイレクトドライブ全電動2材成形機「SE200D-CI」を開発上市して9年が経過した。「SE-CIシリーズ」は、型締、射出、可塑化および反転装置など各部の動作が高精度であり、かつ高性能を有しており、いろいろな成形に適合できることから好評を博し、順調に売上を伸ばしてきた。

ニッチな業界での製品とされていた2材成形機ではあるが、今日では汎用機同様ハイサイクル化および製品の軽量化に伴う薄肉化などは当たり前の要求品質になってきている。

二つの型を移動させる反転動作時間は全て1秒以下(最速の機種で0.5秒)で、最高射出速度は300~500mm/sの能力を持ち、成形サイクルが大幅に短縮され、生産性と品質の向上に大きく寄与している。国際プラスチックフェア2008(IPF 2008)では、最高射出速度800mm/sの機械も出品している。

近年では、新しい生産システム、高付加価値製品の開発に重点が置かれるとともに、低コストの量産製造技術のニーズが増大していることから、対象となる2材化、複合化製品も増加する傾向にある。また、高生産性や高性能だけではなく、省エネルギー、クリーンおよび低騒音など環境への配慮も世界共通の要求品質となっている。

増加するニーズに応じて、SE-CIシリーズでは型締力も730kN、1270kN、2250kNおよび2740kNを揃え、また2008年は新たに290kNの小型2材成形機も上市し、ラインナップが完了した。図1に、シリーズの一つSE30DU-CIの外観を示す。

本報では、最近の多様化する製品の成形事例を紹介する。

2 異材成形の概要

2.1 一般の2材成形法

異なる樹脂を金型内で一体成形する2材成形は、組立工数

と部品点数の削減によるコスト削減と、多様な製品機能を付加することが比較的容易にできる。通常横型の2材成形をする場合、1次側の半製品を2次側へ移動する必要がある、方法としては次の3通りが一般的に採用されている。

- (1) 可動側金型を180度反転させて1次側と2次側を入れ替え成形する反転方式
- (2) コア金型を左右や、上下にスライドさせるスライド方式
- (3) 金型にスライドコアを組み込んでおき、最初にコアを前進させた状態で1次側を射出し、次にコアを後退させてキャビティ空間に2次材を射出するコアバック方式

3 異材成形の事例

3.1 熱可塑性エラストマとの組み合わせ

熱可塑性エラストマ(TPE)と硬質樹脂の一体成形は、ゴム部品の組立および加工に比べて、生産工数の削減と生産性向上を達成することが可能であり、また色の組み合わせも自由となる。

製品においては、防水機構、耐衝撃対策および耐候性などを付加することができる。また、手触り感覚およびすべり止めなどを含めガラス面に保護フィルムを貼り付けているのと同様、硬質樹脂にオーバーカバーすることにより保護プロテクタとして安全性も付加できる。

TPEはゴムのように軟らかく、プラスチックのように簡単に加工ができ、リサイクル性や他のゴムや塩ビに比較して燃焼ガスの有害性やコストに優れていることから、自動車、医療器具、IT関連機器、家電、事務機器、建材、工具、玩具および日用雑貨など、あらゆるセグメントに応用範囲が拡大してきている。数例を紹介すると、

- (1) 図2に示す灯油缶のキャップでは、キャップとシール性、さらには触感まで高めた成形事例である。従来はキ



図2 灯油缶キャップの成形事例
Molding samples of kerosene can cap



図3 自動車エアコン吹き出し口の成形事例
Molding sample of automobile air conditioner louver

ャップとシール, またはキャップと触感のどちらかという製品は見られたが, 金型技術の向上と併せ三つの機能を同時に成立させた事例である。

- (2) 自動車関連の最近の事例では, 流行のステアリングスイッチノブで光透過(PC)とTPEの組み合わせや, ワイヤレスキーの文字とスイッチ構造(ABS+TPE)や, 同じくワイヤレスキー内部ケース(PC+TPE)で2材の一体成形が行われている。
- (3) 最も事例が多いのが携帯電話, いわゆるモバイル機器であり, 非常に活用範囲を広げている。
 - a. 筐体側面に滑り止めとして活用している。
 - b. 筐体表面への外部衝撃からの保護として応用している。
 - c. アンダーカバーとの勘合に対して, 防水パッキン, スピーカーパッキンおよびマイクパッキンとしての機能面での活用がある。
 - d. 筐体部分にスイッチ一体押しボタンを具備させられる。
 - e. 筐体側面にジャック部を一体成形する。

3.2 エラストマ以外との組み合わせ事例

- (1) 2次加工でプラスチックにメッキを行う場合, 成形材

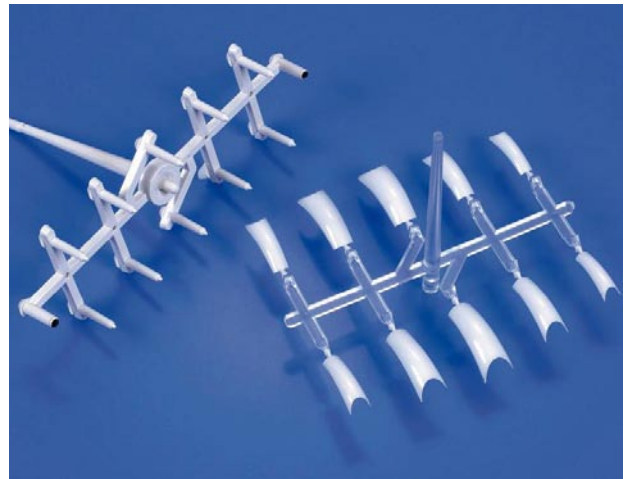


図4 薄肉製品(デザインネイル)の成形事例
Molding samples of thin product (Fashion design nail)

料によるメッキ付着性差があることを活かし, 記号や文字を表現することができる。携帯電話ではボタンにメッキを使ったデザインもので, メッキ照光式ボタンの2材成形品が採用されている。また, 携帯電話の内蔵のアンテナにもメッキ付着性差を利用した成形品が使われている。

- (2) 製品の高付加価値化を狙った成形品としては, 2材成形プラス成形加飾転写システム(IMD)を使ったものも出てきている。従来競合関係にあった2材成形とIMDの融合は新たな可能性を生み出している。

2材成形と加飾転写の三つの工程を同時に行えることから, スペースおよび時間コストの効率が極めて高いことや, 多様な意匠表現や, 優れた光学特性を表現できるなど, そのメリットは大きく, 携帯電話を中心に活用されている。

- (3) 材質の融合しない樹脂の特性を組み合わせることで, 機構部品を形成している一体成形品もある。図3で示す, 自動車のエアコン吹き出し口などがその事例である。

- (4) 図4は, 薄肉製品の成形例を示す。1材目が厚さ0.28mmのPCで, 2材目が厚さ0.32mmの透明ABSで形成されたデザインネイルである。製品の薄肉軽量化への要望から高速射出を実現した機械で成形したものである。

4 おわりに

- (1) SE-CIシリーズは, 型締, 射出, 可塑性および反転装置など各部の動作が高精度, 高性能である。
- (2) あらゆる一体成形に適したSE-CIシリーズを提供し, さまざまなセグメントで多くの国の多くのユーザーへ供給している。

今後も市場要求に応え, 更なる高付加価値化, 生産性および品質安定性に優れた成形機を提案していく所存である。

(参考文献)

- (1) 齋藤泰史. 小物2材成形システム. プラスチックエージ2月号, vol.54, p.89~p.92.

電動型ロータリー横射出成形機 SR100H

Electric Vertical Rotary Injection Molding Machine SR100H

● 三品 成一郎 *
Seiichiro MISHINA



図1 電動型ロータリー横射出成形機 SR100H
Electric vertical rotary injection molding machine

1 はじめに

近年、プラスチック成形市場では、自動車業界および電子部品業界を中心にプラスチックと金属部品を一体化させた複合成品が増加している。複合成品の利点としては、部品の組立工数削減、品質の安定化および高付加価値化があげられる。

成形工程においては、開いた金型内に金属部品をインサートする必要があるため、金型のパーティング面が上方に向く型成形機が一般的に適している。

昨今、金型の大型化に伴う機械サイズの拡大要求が高まっており、汎用的な型成形機では一般的な工場では天井高さが足りずに設置が不可能な場合がある。

そこで機械全高増加を抑えるべく、型成形機の型縮装置と横型の射出装置を組み合わせた「型縮横射出成形機」の需要が増えている。このような市場要求に応える形として、住友重機械工業株式会社は電動型ロータリー横射出成形機 SR100Hを開発した(図1)。

本機は、型縮装置として従来のSR-Dシリーズ(型縮力490kN、735kN)をベースに作業性向上を目的としてテーブル高さを低減し、成形サイクル短縮を目的としたテーブル回転時間短縮などの改良を行うとともに、精密安定成形において、市場の高い評価を得ているSE-DUシリーズの射出装置を組み合わせることによりインサート成形における、高生産・高付加価値射出成形機を実現している。

開発コンセプトを次に示す。

SE-DUシリーズの高性能・高機能を継承したパーティング成形における高生産性・高剛性・快適性を実現する。

- (1) 高生産性 テーブル回転時間の高速化を実現する。
- (2) 高剛性 高精度型縮装置(バリ防止効果)に対応する。
- (3) 快適性 トグル機構大幅改良による高さ低減化を実現する。

2 主要仕様

型縮装置

最大型縮力	980kN(100tf)
型開閉ストローク	250mm
金型厚さ	250~350mm
最大搭載金型サイズ	435×435mm
テーブル寸法	1300mm
テーブル高さ	1045mm

エジェクタ装置

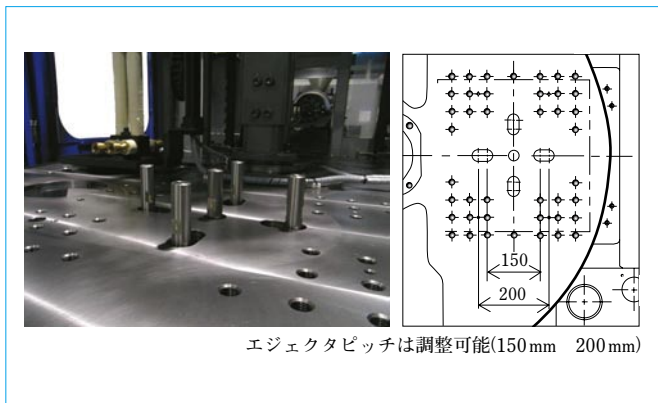
エジェクタ突出力	26kN(2.7tf)
エジェクタストローク	60mm

可塑化装置

最大射出速度	300mm/s
スクリュ最高回転速度	400min ⁻¹

機械寸法 質量

機械寸法	4283(L)×1540(W)×2003(H)mm
機械質量	5.3t



エジェクタピッチは調整可能(150mm 200mm)

図2 エジェクタ配置
Configuration of ejector

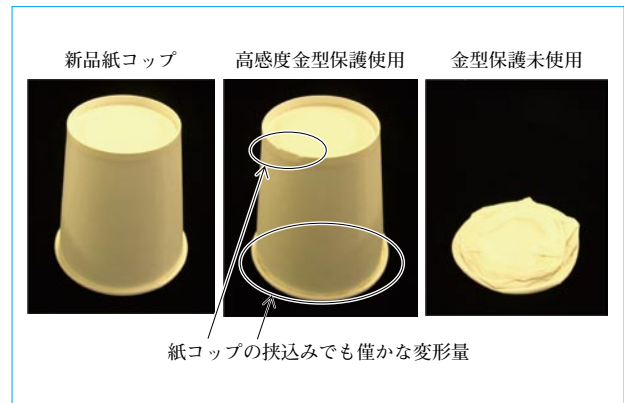


図3 高感度金型保護
Highly sensitive detector for mold protection

3 特長

射出中でも製品取出しやインサートなどの同時作業が可能である型ロータリーの特長はそのままに、特長として装置ごとに次の項目があげられる。

3.1 型締装置

- (1) パーティング成形機の特長を生かし、可動プラテン構造を高剛性化(FEM解析)し、バリを防止する。
- (2) トグル機構大幅改良によるテーブル上面高さ低減化(同クラス最低1045mm)を実現し、オペレータによるインサート成形・段取り時の金型への作業性を向上させている。
- (3) ロータリーテーブルの駆動にサーボモータを採用し、高速(同クラス最速180度反転時間1.2秒)かつ低振動のスムーズな動作、高い回転停止精度(繰返し停止精度10 μ m以下)を実現している。
- (4) エジェクタ装置は金型構造を自由に設計できるように突出位置のピッチ150mm, 200mmで調整可能である(図2)。
- (5) 段取り時、設定された型厚までワンタッチでできる型厚リモートを標準装備し、金型交換時間を短縮している。
- (6) 型での高感度金型保護を標準装備し、金型アンギュラピン折れも検知可能である(図3)。

3.2 可塑化装置

- (1) SE-DUシリーズのダイレクトドライブシステム射出装置を組み合わせることにより、インサート成形における精密・安定を実現している。
- (2) 可塑化移動にはHST(Hydro Static Transmission)を採用し高速化を図り、ハイサイクル成形に対応している。

3.3 制御装置

- (1) SE-DUシリーズにて採用している最新型の12.1inch大画面タッチパネルLCDを搭載したN9コントローラを採用し、画面が見やすく、実績と設定が一画面で表示されるなど優れた操作性を実現する。さらに、3ヶ国語をワンタッチで切り換え可能である。
- (2) USBインターフェースを標準装備し、USBメモリ使用により成形条件の追加記憶、画面、ロギングデータおよび設定履歴などを保存でき、パソコンなどでのレポート作成資料として利用可能である。

3.4 安全装置

- (1) 操作側および反操作側にフルオープン可能なスライド式安全ドアを装備し、安全と段取り時の作業性を配慮している。
- (2) 製品突出側にはライトカーテンを標準装備し、オペレータによるインサート成形時にも安全性を確保している。
- (3) パージング時の金型保護として、受け皿を標準付属品とし、リミットスイッチによるインターロックを追加している。

3.5 設置面積

- (1) コンパクト設計による同クラス最小を実現している。

4 おわりに

- (1) 開発の狙いは、複合成形ができ、かつ機械全高増加を抑えた型締横射出成形機の需要に対応することである。
- (2) 開発コンセプトはSE-DUシリーズの高性能・高機能を継承したパーティング成形における高生産性・高剛性・快適性を実現が開発コンセプトとしてあげられる。
- (3) 特に型締装置では、このクラスでのテーブル高さ最小化を実施するとともに、テーブル反転時間最速化を実現している。

金属部品のインサートなど高付加価値の成形品や組立工数削減の低コスト量産製造技術がますます増えると考えられる。これらに対応し、工場の建屋(天井高さ)に制約を受けないSR-Hの品揃えを進める所存である。

薄肉ハイサイクル容器成形機 SE180DUZ-PACK

Thin Wall Packing Use High-cycle IMM SE180DUZ-PACK

●小林 彰久*
Akihisa KOBAYASHI



図1 SE180DUZ-PACK

1 はじめに

近年、成形品の高密度化、薄肉化および高精度化が進んでおり、成形の難易度は年々と高まってきている。これらのニーズに対応して、SE-DUZシリーズの特長である高速・精密・ハイサイクルという優れた性能をさらに向上させたSE180DUZ-PACKを開発した(図1)。

本機の対象成形品として、0.4mm以下の超薄肉容器などがあげられる。

本機の特長を次に示す。

2 ダブルセンタープレスプラテン

標準機では可動プラテン側のみセンタープレスプラテンを搭載しているが、本機ではSE-HDZ/HSZシリーズで高い評価を得ているダブルセンタープレスプラテン(DCPP)を搭載した(図2)。これにより型締り発生時のプラテンの変形を大きく抑制することができるので、薄肉容器の多数個取りなどで発生している成形品肉厚の偏肉の問題に対して大きな改善が期待できる。

また、金型パーティング面の面圧は、従来機では図3に示すように、金型の四隅の面圧が高く、ロケート中央周辺の面圧は低くなっていることから、バリとショートが混在する場合は型締りをさらに大きくしてバリの発生を抑制するのが一般的である。しかし本機では、DCPPによってその面圧の均一性は大きく改善されており、過剰に型締りを大きくする必要がなくなった。つまり従来機よりも型締りを下げることができるので、ガス抜け性が改善され、金型清掃や金型のオー

バーホールなどの周期が長くなるなどの改善が期待できる。

3 高精度型締装置

金型搭載時の可動プラテンの沈み量や倒れ量を低減させるべく、図4に示すように可動プラテンのサポート装置には直動の転がり案内装置を装備している。これにより、金型ガイドピンの摩耗低減や金型メンテ周期の大幅アップなどが期待される。また、搭載金型質量は、標準機が970kgに対し本機は1600kgで、約1.6倍にアップしている。なお、本機では可動プラテンのサポートを上記直動転がり案内装置で支持していることから、タイバーと摺動するタイバーブッシュにグリースを給脂する必要がない。それにより、そこからの廃グリースの流出を心配する食品関連の顧客から非常に高い評価を得ている。

4 高射出速度・高射出圧力射出装置

射出速度は、標準機で300mm/sに対し、本機では500mm/s(約1.6倍にアップ)とし、また最大射出圧力(φ45スクリュー)は、標準機で200MPaに対し、本機では215MPa(10%アップ)となっており、高射出圧力成形を実現している。

5 ハイサイクル成形対応

ハイサイクル成形実現の対応に、型開閉速度を標準機の約1.5倍にアップすることで、最小型開閉時間を標準機に対して約15%短縮することができた。また、機械振動の低減に、型開閉の制御アルゴリズムを見直して、型開閉時間の短縮と低振動化の両立を実現した。

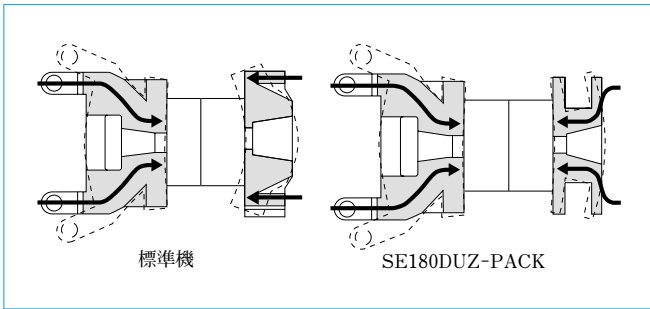


図2 ダブルセンタープレスプラテン
Double-center-press platen

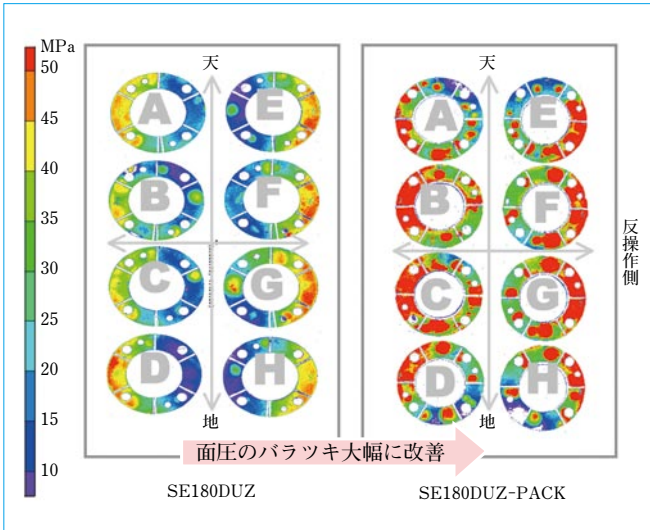


図3 DCPによる面圧改善の効果
Effect of surface pressure improvement by DCP

6 高出力・高精度ノズルタッチシステム

本機では、SE-HDZ/HSZシリーズで高い評価を得ているHST(Hydro Static Transmission)をさらに進化させて、更なる精度かつコンパクト化を実現した新HSTシステムを搭載している(図5)。ノズルタッチ力は、標準機で25kNであるが、本機では43kNで約1.7倍にアップしている。従来機のノズルタッチは、1本のアーム軸(1軸)で固定プラテン側から引っ張って行っているため、ノズルタッチ力が高出力になると、現状の1軸では固定プラテンに対し倒れモーメントが大きく発生し、固定プラテンに倒れが発生する。この結果、プラテン間の平行度の精度は悪くなり、ガイドピンなどのかじりなどの問題が発生する可能性があった。そのことから、本機では高精度で高出力なノズルタッチ機構を求めるニーズに対応して、高精度と出力アップを両立させた2軸ノズルタッチ機構を標準装備した。

7 容器キャップ用スクリュ(オプション)

本機では、容器キャップ成形に対応したSMIIスクリュを搭載している。このスクリュは、樹脂に過剰なせん断をかけずに溶融することで、過剰な発熱をさせないことを特長としている。

この特性と樹脂混練性能により、主にPPおよびPEなどのオレフィン系樹脂での成形において、せん断発熱が6℃低下(標準機に対して)、混練度が10%アップ、可塑化能力が10%

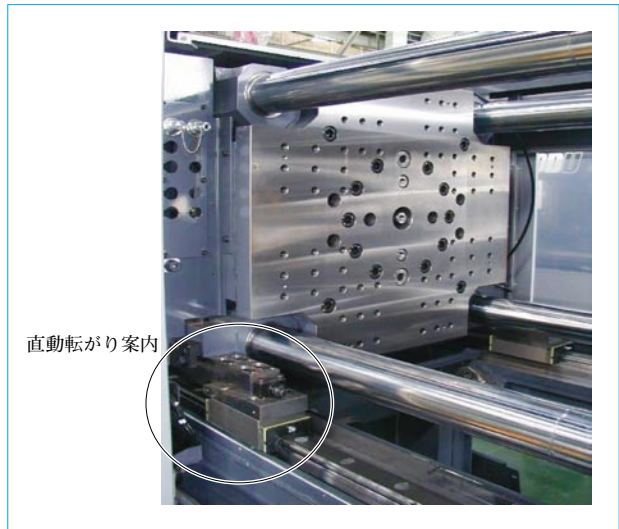


図4 直動転がり案内装置
Linear rolling guiding device

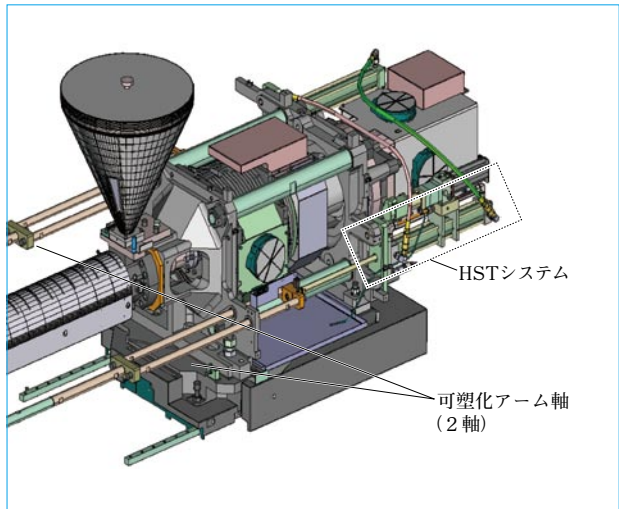


図5 新HSTシステム
New HST system

アップすることになり、樹脂焼けの低減および冷却時間の短縮による成形サイクルの短縮が期待される。

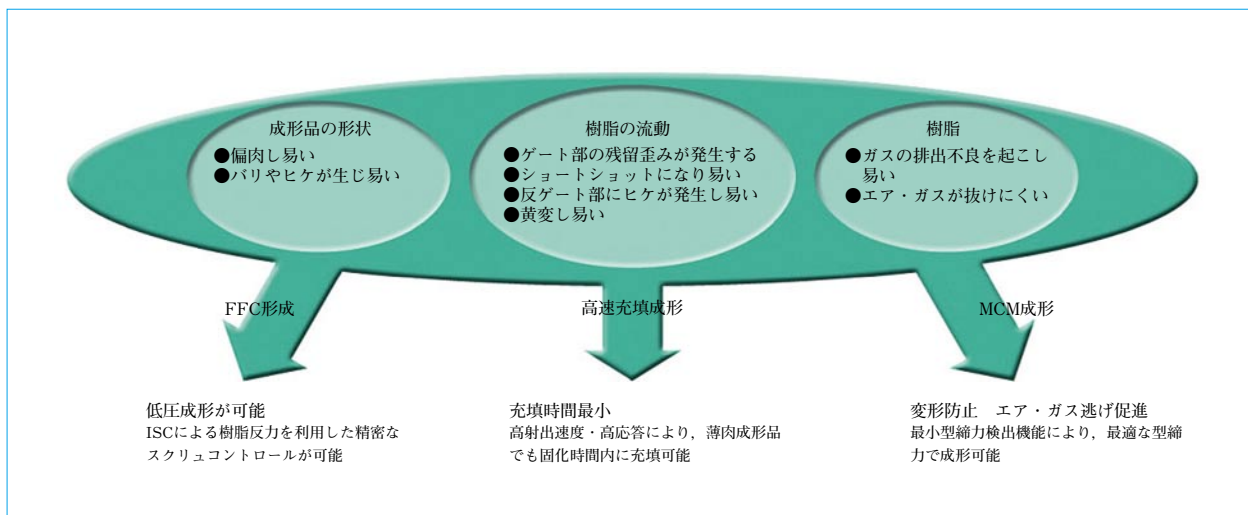
8 おわりに

- (1) DCPを標準装備した。
- (2) 高精度型縮装置としてプラテンサポート装置に直動転がり案内装置を採用した。
- (3) 標準機に対して射出速度を1.6倍、射出圧力を10%アップした。
- (4) 型開閉速度をアップし、型開閉時間を15%短縮できた。
- (5) 高出力、高精度ノズルタッチシステム(新HST)を搭載、標準機に対して出力は約1.7倍にアップした。

薄肉導光板成形技術

Injection Molding Technology for Light Guide Plate

● 横山 拓*
Taku YOKOYAMA



薄肉成形の特徴
Features of thin-wall product molding

1 はじめに

LEDは、高い効率性から省エネルギー光源、次世代照明とされている。従来は主に携帯電話などの小型液晶バックライト用途に使用されてきたが、近年ではバックライトに蛍光管ではなく、LEDを使用したLED液晶パネル市場(10inch以上の高精細なTFT液晶)が急速に拡大して、2009年には世界の出荷台数が1億台に達し、全液晶パネルの25%になると言われている。2009年中に小型・低価格なミニノートパソコンのほぼ全てがLEDを光源とする液晶となり、通常のノートパソコンでも半数以上がLED化されると言われている。

これに伴い、プラスチック部品材料はより高付加価値が求められ、形状の高精度化、高アスペクト比化が進んでいる。携帯電話などの小型ディスプレイを例にとると、小型化、軽量化および薄肉化に向けて、導光板の厚みは0.25~0.4mmへと薄くなってきている。また、導光板自体に微細プリズム(V溝)を形成し、シートの枚数を減らす傾向にもある。このような流れのなか、高速射出による成形方法について述べる。

2 超高速射出成形機

薄肉化・高精度化が進む薄肉成形品を成形するうえで、多様な問題が発生する。これらの問題に対応するべく、超高速全電動射出成形機(SE-DUZ HP/SE-HDZ HP)に加え、充填性の向上に有効な成形アプリケーションを開発しており、次に紹介する。

2.1 超高速全電動射出成形機 SE-DUZ HP/SE-HDZ HP

SE-DUZ HP/SE-HDZ HPは、薄肉成形品の成形に必要な

高速射出・高剛性型縮装置に加え、より進化した高精度な制御性能を有しており、これまでアキュムレータ付き油圧機で対応してきた分野をもカバーできるようになってきている。型縮力490kN(50tf)から4410kN(450tf)までラインナップしており、製品分野やサイズに応じて選択することができる。(SE-DUZ HP 50~180, SE-HDZ HP 220~450)

2.2 射出装置

薄肉導光板などの薄肉成形品では、充填時に溶融樹脂の流動末端部が固化しやすいことから、高速・高応答射出が必須となる。SE-DUZ HP/SE-HDZ HPでは、第2世代ダイレクトドライブ機構のサーボモータと高精度射出制御(インテリジェントサーボコントロール)との組み合わせにより、高速・高応答射出を可能としている。射出速度は、高馬力サーボモータの搭載で、SE-DUZ HPは最大1000mm/s(SE-HDZ HPは800mm/s)まで出すことが可能である。

射出馬力の面から見ても、当社の油圧高速機 SGM-HPを上回る性能を持つ。図1に、射出特性と射出圧力比較を示す。

薄肉品の成形で高速充填する際に、非常に高い射出圧力が発生することから、スクリュアセンブリの高圧対応も重要となる。SE-DUZ HPでは最大392MPa, SE-HDZ HPでは343MPaまで対応できる。

2.3 型縮装置

薄肉品を成形する場合、高い射出圧力が発生するのでバリが発生しやすく、プラテン面圧の均一性や剛性が重要となる。SE-DUZ HPではセンタープレスプラテンを採用(SE-HDZ HPはダブルセンタープレスプラテン)しており、従来トグル機に比べて均一な面圧分布が得られることから、バリ防止に

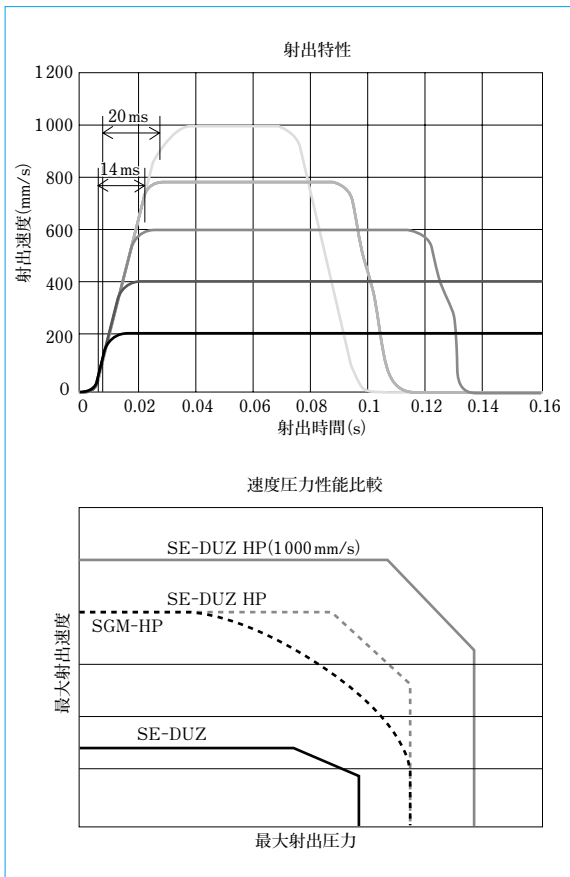


図1 HPの射出特性と射出圧力比較
Comparison of injection characteristics

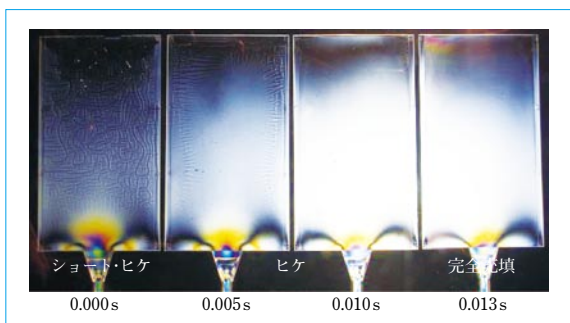


図2 流動長変化
Difference in flow length

過剰な型締力をかける必要がなく、ガス逃げも良好となる。また、SE-DUZ HPでは固定プラテンに高剛性タイプを採用しており、高い射出圧力が発生時もプラテンの変形を最小限に抑えることができる。

2.4 成形アプリケーション

SE-DUZ HP/SE-HDZ HPにも装備され、充填性の改善に有効な成形手法として開発されたZero-moldingシステムを次に紹介する。Zero-moldingシステムは、「FFC(Flow Front Control)成形(射出システム)」、「MCM(Minimum Clamping Molding)成形(型締システム)」および「SPS(Simple Process Setting)画面(設定システム)」から構成される。

FFC成形は、充填工程中に圧縮された樹脂の反発力を利用して充填を行うのが特徴である。FFC成形では、ある一定位置までスクリュ位置を追い込んだ後に、自然流動的に充填させることから、低型内圧充填が可能となり、バリを防止できる。また、スムーズな充填によるガス逃げ効果も期待され、

成形機	SE130DUZ-HP C360HP
スクリュ径	φ25
樹脂	PC
取り数	4個
成形品	3.0 inch t=0.3
射出速度	800 mm/s
樹脂温度	365 °C

成形機	SE450HDZ-HP C560HP
スクリュ径	φ36
樹脂	PMMA
取り数	1個
成形品	15.4 inch t=0.6
射出速度	450 mm/s
樹脂温度	275 °C

図3 導光板事例
Examples of light guide plate

ショートショットも防止できる。

次に、MCM成形について説明する。通常は金型全面タッチ後、必要以上に型締力を掛けてしまっているケースが多く、金型に負担を掛けたり、ガス逃げ不良を起こしているケースが見受けられる。MCM成形を使用するとPL面からのガス逃げ量が増え、ガスベントに集中してMDが付着する現象がなくなる。PL面にまんべんなくガスが付着するので、簡易的に拭き取るだけで済むようになったとの報告もある。

MCM成形の効果をより上げるには、金型の剛性や精度も重要である。剛性や精度が向上すれば、金型全面がタッチする際の型締力をさらに下げることができ、FFC成形との組み合わせで、より精度よく低型締力成形を行うことができるようになる。

3 超高速機での適用事例

超高速全電動射出成形機 SE-DUZ HP/SE-HDZ HPでの薄肉導光板の成形事例を次に述べる。

図2のFFC成形による低圧充填の事例では、製品は3.0 inch、t=0.3 mm、2 cav 導光板(成形機 SE100DUZ-HP)で、設定された時間分(0.013秒)だけFFC成形を行っている。必要以上にスクリュ位置を追い込まなくても、樹脂の反発力を利用しての充填で、流動長が伸びているのが分かる。

また、導光板成形で多用するオプションとして、充填後のスクリュ後退制御がある。導光板の肉厚調整(特にゲート側)やゲート近傍の残留応力の改善が行える。その他、導光板成形の事例を図3に示す。

4 おわりに

- (1) 今後もデジタル家電系部品材料を中心に、薄肉ワイド化および高精度化の流れは継続する。
- (2) 高精度化の流れのなか、Zero-moldingシステムのバージョンアップも含めた技術開発に取り組んでいく。

(参考文献)

- (1) 小西俊郎. 成形加工技術と装置の動向. PLASTICS AGE ENCYCLOPEDIA 進歩編2009, V編, 2, 射出成形, p.200.

ハイブリッド式射出成形機 SE-HY

Hybrid Injection Molding Machine SE-HY



2001年に上市したSE-HYシリーズは、薄肉ハイサイクル向けの成形機として市場より高い評価を得ている。このたび、旧式化していた制御を一新し、またJIMSの安全通則に準拠した仕様に変更した。

本機は省エネルギー性を考慮した電動式型締装置と、コンパクトで高圧力の油圧式射出装置を組み合わせたハイブリッドシステムを採用している。これにより、オール電動では成形することができない領域に踏み込んだ薄肉ハイサイクル成形を可能にしている。

従来機の型締装置には、可動プラテンのみがセンタープレスプラテン構造になっていたが、SE-HDZ/HSZシリーズで好評を得ているダブルセンタープレスプラテン(DCPP)に変更した。これにより、プラテンの変形を抑制することができ、型締力を従来よりも下げられる。この結果、容器多数個取りの成形において、成形品の偏肉やゲート部周辺のバリなどを抑制することが可能になった。

射出装置には大容量アキュムレータ付き油圧サーボバルブを搭載し、高速・高圧射出成形を可能にしている。

また、可塑化計量駆動装置には油冷式の大容量ダイレクトサーボモータを搭載して、高可塑化計量によるハイサイクル成形を可能にしている。

SE-HYのラインナップを次に示す。

SE230HY 型締力 2250kN / C1250 φ50, φ56

SE260HY 型締力 2540kN / C1600 φ56, φ63

SE350HY 型締力 3430kN / C2500 φ71, φ80

SE450HY 型締力 4410kN / C3300 φ80, φ90

今回、大きく一新した制御関連の項目を示す。

- (1) MMC画面を従来機10.4inch→本機12.1inchへ大型化している。
- (2) タッチパネルを標準装備している。
- (3) USBメモリインターフェイスを標準装備している。
- (4) パソコン通信回路を標準装備している。
- (5) バリ制御、ヒケ制御およびVP高速圧抜き機能を充実し、従来機にはなかったフラッシュ機能を追加したので、成形条件の幅を広げることが可能になった。
- (6) 波形画面を高機能化し、従来機では波形画面は4ch表示であったが、本機では8ch表示で2画面同時表示が可能になった。
- (7) 品質管理画面を高機能化した。
- (8) 成形条件記憶機能を高機能化し、従来機では最大で40条件記憶であったが、本機では200条件の記憶が可能になった。

(プラスチック機械事業部 小林 彰久)

主要営業品目

変減速機、**インバータ**

●機械式減速機：[同心軸]サイクロ減速機,サイクロギヤモーター,アルタックス,精密制御用サイクロ減速機,プレストギヤモータ,コンパワー遊星歯車減速機,[平行軸]パラマックス減速機,ヘリカルパディボックス,[直交軸]パラマックス減速機,ハイボニック減速機,アステロ直交ギヤヘッド,ベベルパディボックス,ライタックス減速機,HEDCON ウォーム減速機,小形ウォーム減速機
●変速機:[機械式変速機]バイエル無段変速機,バイエル・サイクロ可変減速機,[電気式変速機]インバータ,インバータ搭載ギヤモータ,サーボドライブ,DCドライブ

サイクロ,アルタックス,コンパワー,パラマックス,パディボックス,ハイボニック減速機,アステロ,ライタックス,HEDCON,バイエルおよびバイエル・サイクロは,住友重機械工業株式会社の登録商標です。

プラスチック加工機械

●プラスチック加工機械：射出成形機,射出吹込成形機,ディスク成形機,セラミックス成形機
●フィルム加工機：押出機,フィルム製造装置,ラミネート装置
●IC 封止プレス
●ガラスプレス
●成形システム・金型:射出成形用金型,PET システム,インジェクションフロー成形システム,インモールドラベリング成形システム

レーザ加工システム

●レーザドリル装置
●レーザアニーリング装置
●YAG レーザと加工システム
●エキシマレーザと加工システム

半導体・液晶関連機器

●イオン注入装置
●放射光リング・AURORA,放射光ビームライン
●成膜装置：(液晶フラットパネル用) プラズマ薄膜形成システム
●精密位置決め装置 XY ステージ
●モーションコーポネント
●ライン駆動用制御システム
●マイクロマシン
●レーザアニーリング装置
●半導体封止装置
●ウエハ研削装置

AURORA は,住友重機械工業株式会社の登録商標です。

環境施設

●環境・エネルギー関連プラント：循環流動層(CFB)ボイラ,ロータリーキルン式産業廃棄物処理施設
●大気関連プラント：電気集塵装置,灰処理装置,乾式脱硫・脱硝装置
●水関連プラント：上水処理施設,下水処理施設,浸出水処理施設
●産業廃水処理装置

加速器,医療機器,精密機器,極低温機器,超電導磁石

●イオン加速器：サイクロトロン,ライナック,シンクロトロン
●電子線照射装置
●医療機器：PET診断用サイクロトロン・CYPRIS,標識化合物合成装置,がん治療用陽子サイクロトロン,治療照射装置
●冷凍機：バルスチューブ冷凍機,4KGM 冷凍機,スターリング冷凍機,クライオポンプ用冷凍機,MRI 用冷凍機
●人工衛星搭載観測装置冷却システム
●超電導磁石：ヘリウムフリー超電導マグネット
CYPRIS は,住友重機械工業株式会社の登録商標です。

事業所

本社	〒 141-6025	東京都品川区大崎2丁目1番1号 (ThinkPark Tower)	技術開発センター	〒 237-8555	神奈川県横浜須賀市夏島町19番地
関西支社	〒 530-0005	大阪市北区中之島 2丁目3番33号 (大阪三井物産ビル)	技術開発センター(田 無)	〒 188-8585	東京都西東京市谷戸町2丁目1番1号
中部支社	〒 461-0005	名古屋市東区東桜1丁目10番24号 (栄大野ビル)			
九州支社	〒 810-0801	福岡市博多区中洲5丁目6番20号(明治安田生命福岡ビル)			
田無製造所	〒 188-8585	東京都西東京市谷戸町2丁目1番1号			
千葉製造所	〒 263-0001	千葉市稲毛区長沼原町731番地1			
横須賀製造所	〒 237-8555	神奈川県横浜須賀市夏島町19番地			
名古屋製造所	〒 474-8501	愛知県大府市朝日町6丁目1番地			
岡山製造所	〒 713-8501	岡山県倉敷市玉島乙島新湊 8230番地			
愛媛製造所					本号に関するお問い合わせは、技術本部技報編集事務局(電話番号は下記)宛お願い致します。
新居浜工場	〒 792-8588	愛媛県新居浜市惣開町5番2号			
西条工場	〒 799-1393	愛媛県西条市今在家1501番地			住友重機械工業株式会社のホームページ http://www.shi.co.jp/

物流・パーキングシステム

●自動倉庫システム
●高速自動仕分システム
●FMS/FA システム
●無人搬送システム
●機械式駐車場
●動く歩道

金属加工機械

●鍛圧機械：フォージングプレス,油圧プレス,フォージングロール,超高压発生装置
●工作機械,クーラント処理装置
●SPS(放電プラズマ焼結機)

運搬荷役機械

連続式アンローダ,港湾荷役クレーン(コンテナクレーン,タイヤマウント式ジブクレーン,タイヤマウント式LLC),トランスファクレーン,ジブクレーン,ゴライアスクレーン,天井クレーン,製鋼クレーン,自動クレーン,ヤード機器 (スタッカ,リクレーマ,スタッカ/リクレーマ),シップローダ,ベルトコンベアおよびコンベアシステム,リフティングマグネット装置

船舶海洋

●船舶：油槽船,撒積運搬船,鉱石運搬船,鉱油兼用船,コンテナ船,自動車運搬船,LPG船,LNG船,カーフェリー,ラッシュ船,作業船,大型洋式帆船,巡視船,他
●海洋構造物：海洋石油生産関連構造物,浮体式防災基地,浮体式海釣施設,その他海洋構造物
●海洋開発機器：各種ブイ,船用環境機器

インフラ整備関連

●橋梁：一般橋,長大橋
●海洋・港湾構造物：沈埋函,ケーソン

化学機械,プラント

●一般プラント：紙・パルプ製造装置,化学装置,原子力装置
●発電設備：循環流動層ボイラ
●圧力容器：リアクタ,塔,槽,熱交換器
●攪拌混合システム：マックスブレンド攪拌槽,スーパーブレンド(同心2軸型攪拌槽),バイボラック (横型2軸反応装置)
マックスブレンドおよびバイボラックは,住友重機械工業株式会社の登録商標です。

建設機械,フォークリフト

油圧式ショベル,移動式環境保全およびリサイクル機械,杭打機,道路舗装機械,フォークリフト

タービン,ポンプ

蒸気タービン,プロセスポンプ

その他

航空用機器,精密鋳鍛造品,防衛装備品(各種機関銃,機関砲およびシステム)

※ 文章中のソフトウェア等の商標表示は、省略しております。

技報編集委員

委員	渡辺哲郎	委員	木村一博
	石塚正之		天野光昭
	平田徹		木村良幸
	梅田健太郎		江川健学
	伊藤亮平		誉田賢一
	西原秀司		村野原浩
	北野修一		市原浩一
	浅井一浩		久保隆史
	川井浩生		日南敦史
	池田茂		井手紀彦
	乃美和博	事務局	技術本部

住友重機械技報

第171号 非売品

2009年12月10日印刷 12月20日発行

発行 住友重機械工業株式会社

〒 141-6025 東京都品川区大崎2丁目1番1号 (ThinkPark Tower)

お問い合わせ電話 横須賀 046-869-2302

発行人 吉井明彦

無断転載・複製を禁ず ©