

SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES TECHNICAL REVIEW



住友重機械技報

No.183

Dec.2013

ISSN 0387-1304

プラスチック機械特集

Special Issue for Plastics Machinery

住友重機械技報 No. 183 2013

プラスチック機械特集

論文・報告	SE-EVシリーズにおける省エネルギー技術	水原 弾	1
	射出成形機の精度設計における熱変形解析	森谷知寛	7
	射出成形における計量条件と計量安定性の相関解析	雷 磊	11
	薄肉導光板成形技術動向	鈴木康雄	15
	新理論可塑化システムSLスクリューでの応用技術	徳能竜一	21
	パッケージング専用全電動射出成形機 SE-HSZ Packシリーズ	天野光昭	25
	高生産性を実現する全電動縦型ロータリー射出成形機 SR-Z	齋藤泰史	29
技 術 解 説	全電動射出吹込成形機 SE130NP	坂本一郎	35
	全電動インラインスクリュー式PET成形機	鷹背龍一	37
新製品紹介			
	パレットキャッチャー式リフトリモコンの改良		39

Special Issue for Plastics Machinery

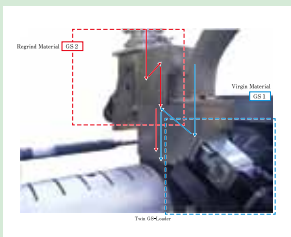
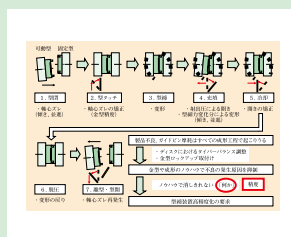
T/PAPERS	Energy Saving Technology in SE-EV	Tadashi MIZUHARA	1
	Thermal Deformation Analysis in Precision Design of Injection Molding Machine	Tomohiro MORIYA	7
	Analysis of Metering Conditions and the Quality of Metering Process in Injection Molding	Lei LEI	11
	Molding Technique Trend of Thin Thickness Light Guide Plate	Yasuo SUZUKI	15
	Practical Technology Using New Theory Plasticization System (SL Screw)	Ryuichi TOKUNOU	21
	All Electric Injection Molding Machine SE-HSZ Pack Series for Packaging	Mitsuaki AMANO	25
	All-Electric Vertical Rotary Injection Molding Machine SR-Z to Achieve High Productivity	Yasushi SAITO	29
	Sumitomo All Electric Injection Blow Molding Machine	Ichiro SAKAMOTO	35
T/INVITATIONS	Features of All-electric PET Machine	Ryuichi TAKANOHASHI	37

NEW PRODUCTS

Pallet Catcher	39
----------------	----

Special Issue for Plastics Machinery

プラスチック機械特集



SE-EVシリーズにおける省エネルギー技術

Energy Saving Technology in SE-EV

●水原 弾*
Tadashi MIZUHARA



SE-EV

射出成形機は、水や電力の消費量削減や再現性の高さなどから、油圧から電動に切り換わってきたが、一層の低消費電力化、高精度化、および使いやすさの市場ニーズが高まってきている。そこで、機械、制御およびコントローラを刷新し、SE-EVシリーズを開発した。

SE-EVは、軸受や案内部の低摩擦化および型締力保持技術など、成形機駆動の高効率化を実現することによって消費電力が低減でき、制御性も大幅に向上した。さらに制御性向上によって、当社独自の成形プロセスZero-moldingの効果が最大限引き出され、低圧・低型締力成形を可能とし、従来成形機と比較して消費電力25%削減を達成した。また、新しいグリース給脂システムの採用、給脂箇所の削減および排出グリースの再利用により、グリース使用量を50%削減した。

The hydraulic injection molding machines have been replaced with the electric ones because the latter provides a highly precise motion repeatability and is efficient with saving such energy as water and electricity. There is still, however, an increasing demands in the market for further enhancement of the precision, user-friendliness, and efficiency with the reduction of power consumption. To meet the demands, SHI has developed SE-EV series by innovating the mechanism, control functionality and controller of the injection molding machines. By employing techniques to reduce friction in the bearings and the guide units and to hold the clamping force, SE-EV has realized a further reduction of power consumption and highly enhanced controllability, and thus successfully heightened the efficiency of driving units of the molding machines. In addition, the enhanced controllability has maximized the efficiency of SHI-specific molding process called Zero-molding, which has realized a molding process with lower pressure and less force of the clamping units, and achieved 25% reduction of power consumption in comparison with the existing process. Moreover, by adopting the new grease supply system, decreasing grease points, and recycling exhausted grease, a 50% reduction of the amount of used grease has been achieved.

1 まえがき

射出成形機は、身の周りにある電子部品、携帯電話用部品、レンズ、スイッチ類、光ディスク、注射器およびペットボトルなどのプラスチック製品を加工する機械である。日本国内では1年間に約12000台の機械が出荷されており、当社は約2500台を出荷している。

機械の主構成は、次の通りである(図1)。

・金型

成形品を製造する型(客先準備品)。

・可塑化装置

1回の成形に必要なプラスチック材料(樹脂)を溶かし、計量する装置。ヒータによって樹脂を溶かし、計量の駆動源はサーボモータである。

・射出装置

溶かした樹脂を金型内に流し込む装置。駆動源はサーボモータで、モータの回転運動をボールねじによって、直動運動に

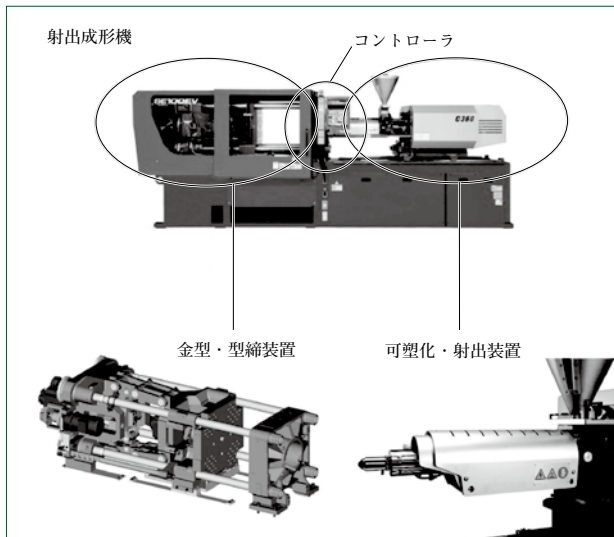


図1 射出成形機
Injection molding machine

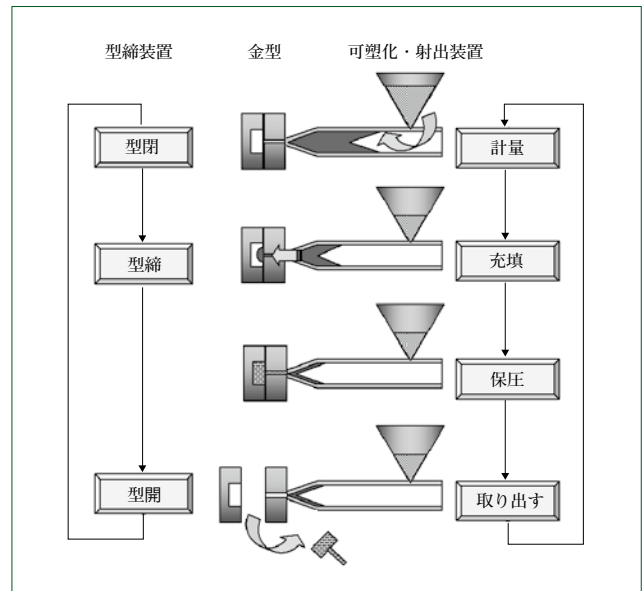


図2 成形工程
Injection molding process

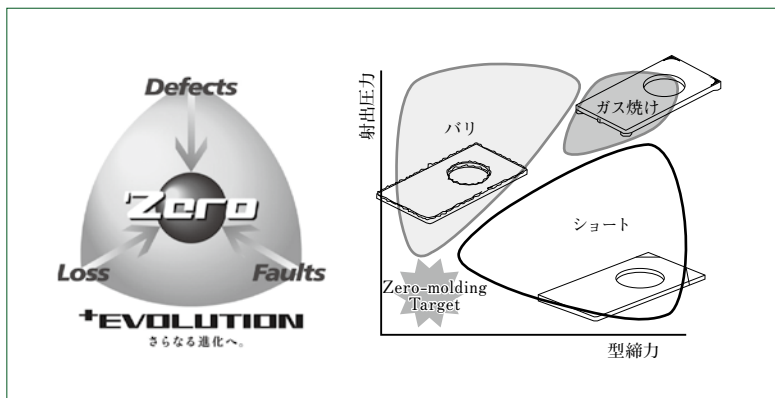


図3 SE-EVコンセプト
SE-EV concept

- ・ 型締装置 金型の開閉や金型内に材料を流し込む圧力に抵抗して、金型を閉じておくように金型に力を加える装置。駆動源は、サーボモーターでモーターの回転運動をボールねじによって、直動運動に変換している。
- ・ コントローラ 速度、圧力および温度など成形条件を制御する装置。

成形工程は、以下の通りである(図2)。

- ・ 計量 樹脂を溶かす
- ・ 型閉 金型を閉じる
- ・ 型締 金型に力を加える
- ・ 充填 金型内に材料を流し込む
- ・ 保圧 樹脂を固める
- ・ 型開 金型を開いて製品を取り出す

2 SE-EVシリーズ開発の経緯

近年、成形業界を取り巻く環境の変化は激しく厳しいものがある。デジタル機器関連では液晶テレビ、スマートフォンおよびデジタルカメラなどの頻繁なモデルチェンジと急激な価格下落、自動車関連では新興国での需要増大に対応する新

興国仕様の低価格車開発など経済環境が大きく変化している。それに加え、超円高による海外生産シフトの加速による生産環境の変化も起きている。さらに昨今の環境問題への関心の高まりから、省エネルギーを始めとする環境対応がますます求められている。

このように多様な環境のもとでも安定した生産を可能とすべく、当社は全電動射出成形機SE-EVシリーズを開発した。SE-EVシリーズは、型締力500kNから1800kNまでの5機種をラインナップしている。その開発コンセプトは「当社の革新的な成形プロセスZero-moldingの可能性や効果を高める機械性能のさらなる進化」である。Zero-moldingとは、生産現場で常に発生する、不良(Defects)、無駄(Loss)および面倒・失敗(Faults)という3つの不安定要素を限りなくゼロに近づけ、生産性を限りなく高めるというコンセプトにもとづいたシステムの名称である。低い射出圧力と型締力による低エネルギー成形方法であることが特長としてあげられる(図3)。

3 SE-EVシリーズの技術的特長

3.1 型締力を小さくできる

樹脂流動先端部(フローフロント)を制御する成形機能、FFC(Flow Front Control)を設けている。

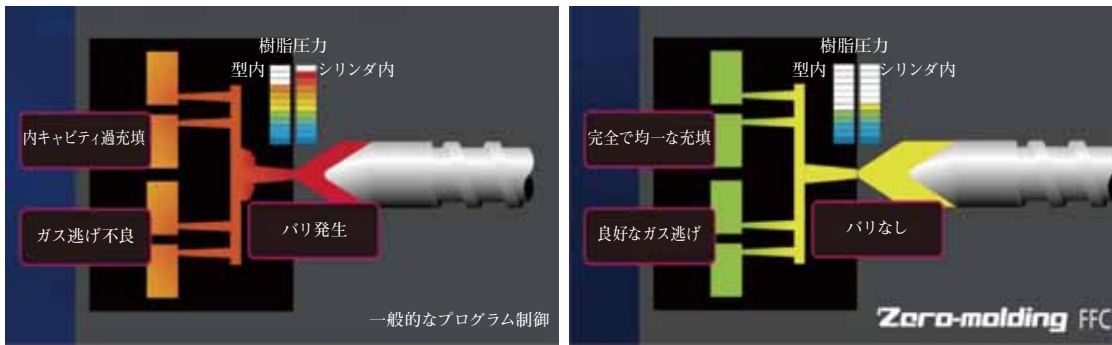


図4 一般的な成形とFFC成形の比較
Comparison of FFC molding with conventional one

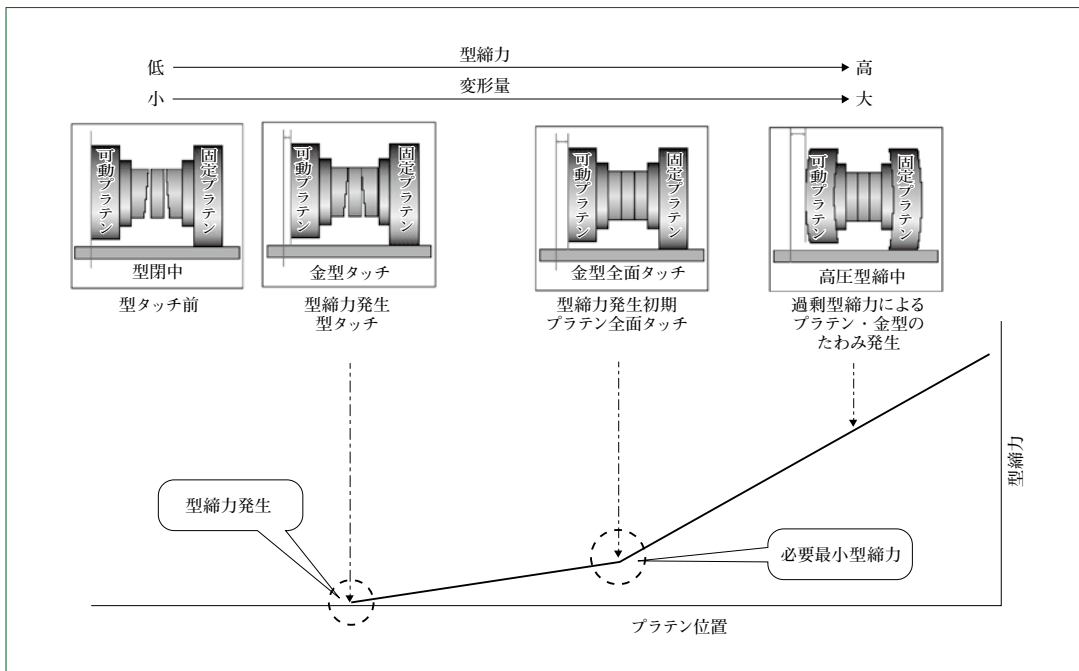


図5 最小型締力検出
Detection of the minimum required clamp force

樹脂の粘弾性を利用したFFC成形によって、金型内キャビティに過剰な樹脂圧力を負荷せずに、適切に樹脂を充填することが可能になった。キャビティ内の樹脂圧が低減できたことによって、型締力の低減を実現した(図4)。その一例として、自動車用コネクタ製品では、型締力を90%削減できたことをあげる。

3.2 最小型締力が検出できる

金型が全面タッチしたときの型締力(最小型締力)を検出する機能であるMCM(Minimum Clamping Molding)を設けている。スプリングなどの金型機構や、機械部品の公差によって発生する金型の隙間を潰し、金型を全面タッチさせるのに必要な最小型締力をMCMにより検出する。検出した型締力を原点とし、これに「型内キャビティの投影面積」×「型内圧」で算出される必要型締力を加えて成形することで、過剰な型締力での成形を防止することができた(図5)。

3.3 型締力保持中のモータトルクを削減できる

型締力を機械的に保持(ロックアップ)できるリンク機構にしている。型締装置のリンク機構の設計を工夫することによ

って、型締力を機械的に保持できるようにし、型締力保持中のモータトルク(モータ消費電力)を限りなくゼロに近づけることが可能になった(図6)。

リンク機構により型締力を機械的に保持する機能は他社機でも搭載されているが、他社機では保持する箇所は型締力が直接負荷されるところである。このことから、長時間機械的に型締力を保持したままにしておくで摺動部の潤滑切れによって摩擦が増大し、デッドロックと呼ばれる型が開かなくなる不具合が発生する恐れがある。他社機はこれを防止すべく、たとえば一定時間保持状態が続いた場合には警告でユーザに知らせるようにしているが、保持状態の解除はユーザの操作によるのでデッドロックの危険性は高いと考えられる。

一方、SE-EVではリンク機構を工夫し、型締力が直接負荷されない箇所で保持するようにしてデッドロックを防止している。実際に24時間型締力を保持した状態と、10秒程度保持した状態での型開きに必要トルクを比較したが、ほとんど変化がなかった。

3.4 必要最小型締力を小さくすることができる

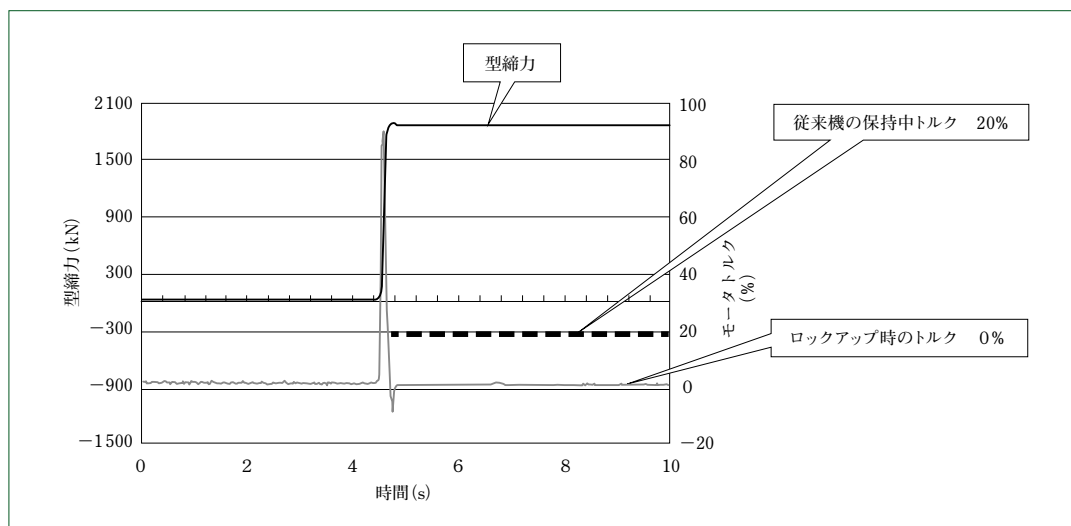


図6 ロックアップ時の型締力保持中のトルク
Mold clamp hold torque in a mold clamp lockup status

- (1) ノズルタッチ時に固定プラテンにモーメント力が発生しないようにしている。

金型内に樹脂を充填するときには、成形機のノズル（樹脂吐出口）を金型に押し付けた状態にする。このノズルタッチ力とその反力の関係から、従来機は固定プラテンにモーメント力が発生していた。これにより固定プラテンの姿勢変化が発生していた。姿勢が悪化すると金型を全面タッチさせる最小型締力が大きくなり、成形時に必要な型締力が増大する。

SE-EVでは、ノズルタッチ力の反力をノズルに対して対称・均等な力で受けることにより、固定プラテンにモーメント力が発生しないようにした。これによって最小型締力を小さくすることができ、型締力の低減が可能になった（図7）。

- (2) 金型取付け時に可動プラテンが傾かないようにしている。

従来機は可動プラテンの案内がすべり案内であったので、摺動にはある程度の隙間（ガタ）が必要であった。このことから、金型を取り付けたときに、ガタの影響で可動プラテンの姿勢が変化していた。

SE-EVでは、案内をころがり案内にすることによって、摺動に必要な隙間をなくし、金型を取り付けたときの可動プラテンの姿勢変化を抑制した。従来機に対しては、姿勢変化が75%低減できた（図8）。

3.5 型開閉動作時のモータトルクを低減した

型締装置の駆動部のイナーシャを低減している。型締装置の駆動源にはサーボモータを使い、ボールねじを介して回転運動を直動運動に変換している。従来機は、ボールねじのナットを回転させて軸を直動させていた。ナット径は軸径に対してかなり大きいのでイナーシャが大きくなっていた。

SE-EVでは、軸を回転させてナットを直動させることにより、イナーシャは従来機に対して17%低減した。また、可動プラテンの案内をすべり案内からころがり案内にすることによって、型開閉時の摺動抵抗を低減した。

3.6 計量動作時のモータトルクを低減した

計量モータの摺動抵抗を大幅に低減した。従来機は、オイルシールによって計量モータの軸受のグリース保持を行っていた。計量モータの軸受は、大きい機種では内径300mm程度と非常に大径であることから、接触式のオイルシールでは摺動抵抗が非常に大きなものとなっていた。

SE-EVでは、大径でのシール付き軸受をメーカーと共同開発し、ベアリング内にグリースを封入させることによりオイルシールを廃止した。これによって計量時の摺動抵抗を大幅に低減させた。

3.7 グリース消費量の削減

従来機に対してグリース封入箇所を増やすとともに、各給脂箇所に必要量の給脂が行えるシステムにした。また、射出ボールねじに給脂したグリースを、計量時の遠心力を利用して計量スプラインに再利用するようにした。これらによって、グリース消費量を従来機に対して50%削減した。

3.8 廃棄樹脂量の削減

パージングを段階ごとに分け、シリンダ内の樹脂を効率よく置換する。

パージングの条件が自動的に切り換わり、色換えて廃棄する樹脂量の削減が可能になり、作業時間も大幅に短縮できるようになった。色によって若干異なるが、通常パージと比較して廃棄樹脂量は約30%削減、作業時間は約60%短縮できるようになった。

3.9 消費電力削減に向けて成形条件調整をアシスト

電力量を表示する機能を搭載し、モータおよびヒータの積算電力量や、工程別の電力量を表示することによって、客先で容易に電力量の管理ができるとともに、電力量削減の成形条件の調整に活用できるようになった。

4 省エネルギー性

4.1 従来機との比較

従来機とSE-EVの省エネルギー性と経済性の比較を表1に示す。なお、表1の数値は以下の条件で算出した。

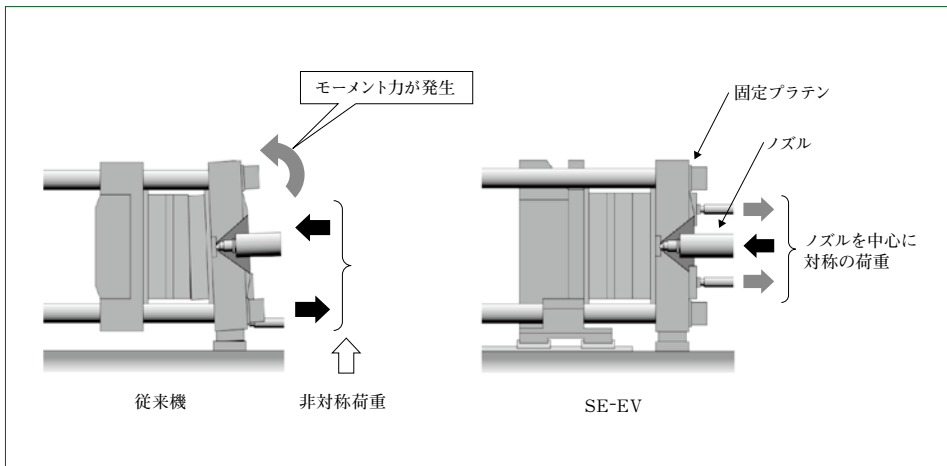


図7 ノズルタッチ力による固定プラテン姿勢変化の比較
Comparison of stationary platen posture change by nozzle contact force

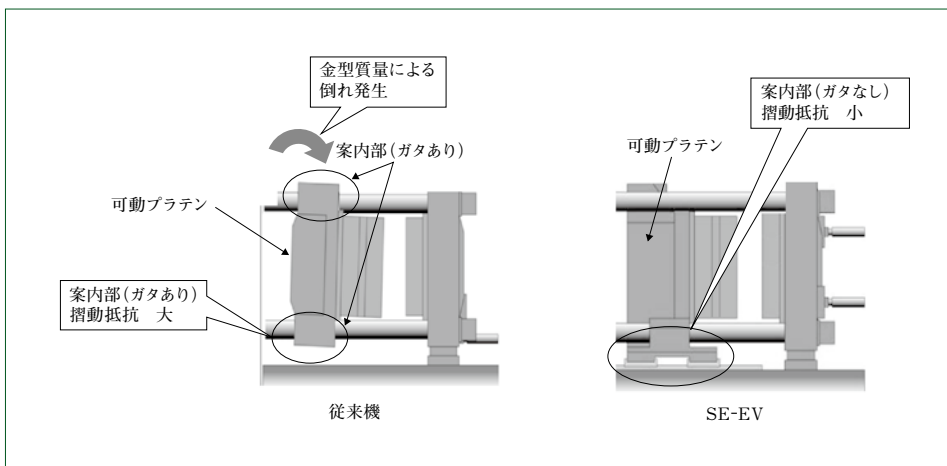


図8 可動プラテンの案内の比較
Comparison of moving platen guides

- ・成形条件 成形品：プーリ，取数：1個，樹脂POM，サイクル：45s
- ・稼働時間 年間稼働時間：6000hr
- ・CO₂排出量 消費電力量に対するCO₂排出量換算値：0.555 kg/kWh
- ・電気料金 電気料金単価：15円/kWh

4.2 同種装置との比較

成形業界で省エネルギー性において評判の高い同種他社機と、SE-EVの省エネルギー性および経済性の比較を表2に示す。なお、表2の数値は以下の条件で算出した。

- ・成形条件 成形品：ポリキャップ，取数：4個，樹脂：HDPE，サイクル：48s
- ・稼働時間 年間稼働時間：6000hr
- ・CO₂排出量 消費電力量に対するCO₂排出量換算値：0.555 kg/kWh
- ・電気料金 電気料金単価：15円/kWh

5 メンテナンス性

従来機では、可動プラテンの案内にすべり案内を使用していたことから、摺動部にグリース給脂を行っていた。これにより排出グリースが金型周辺に付着することがあったので、

製品にグリースが付着しないように定期的に清掃をする必要があった。

SE-EVでは、案内にグリース封入式のころがり案内を使用し、摺動部をなくしたことによって金型周辺のグリース付着がなくなった。このことから、これまで実施していた清掃作業が不要になり、メンテナンス作業の大幅な削減が可能になった。

6 経済性

想定される経済性を試算する。年間稼働時間は6000hrとする。

6.1 生産性向上(表3)

FFC+MCM成形および固定プラテン・可動プラテンの姿勢変化の抑制によって、低い型締力で金型に均一な面圧を与えることができる。これによって樹脂温度を下げて充満が可能となり、冷却時間を短縮することができる。

試算条件

- ・成形条件 成形品：平板，取数：2個，樹脂：ABS
- ・稼働時間 年間稼働時間：6000hr
- ・サイクル短縮時間 サイクル19sから15sに短縮

表1 省エネルギー性と経済性の比較
Comparison terms of energy and cost saving

	単位	従来機	SE-EV	差	削減率
運転時消費電力	kW	2.66	2	0.66	25%
消費電力量	kWh/年	15960	12000	3960	25%
年間CO ₂ 排出量	kg	8858	6660	2198	25%
年間電気料金	千円/年	239	180	59	25%

表2 省エネルギー性と経済性の他社機との比較
Comparison of cost and energy saving capability with other manufacturer's machine

	単位	A 社	SE-EV	差	削減率
運転時消費電力	kW	2	1.72	0.28	14%
消費電力量	kWh/年	12000	10320	1680	14%
年間CO ₂ 排出量	kg	6660	5728	932	14%
年間電気料金	千円/年	180	155	25	14%

表3 生産性による経済性の試算結果
Cost saving by the productivity

	単位	従来機	SE-EV	差	年間経済性
サイクル	s	19	15	4	—
年間生産数	千個	2274	2880	606	606千円

- ・製品単価 1円/個

6.2 省エネルギー性(表4)

試算条件

- ・成形条件 成形品：プーリ，取数：1個，樹脂：POM，サイクル：45s
- ・稼働時間 年間稼働時間：6000hr
- ・電気料金 電気料金単価：15円/kWh

6.3 メンテナンス費用削減(表5，表6)

試算条件

- ・稼働時間 年間稼働時間：6000hr
- ・サイクル 6s
- ・グリース単価 4250円/700ccカートリッジ1本

7 むすび

- (1) SE-EVシリーズは，Zero-moldingの進化をコンセプトに開発し，低い射出圧力と低い型締力による低エネルギー成形を特長とした省エネルギー性を実現し，第33回優秀省エネルギー機器表彰において，経済産業大臣賞を受賞した。
- (2) 特長として
 - ・ロックアップによって型締力保持中の型締トルクを低減
 - ・2軸ノズルタッチ構造によって固定プラテンの姿勢変化を抑制し，型締力を低減
 - ・ころがり案内化によって可動プラテンの姿勢変化を抑制し，型締力を低減
 - ・型締駆動部の構造変更によって低慣性化し，型締モー

表4 省エネルギー性による経済性の試算結果
Cost saving by the electric power saving

	単位	従来機	SE-EV	差	年間経済性
運転時消費電力	kW	2.66	2	0.66	
消費電力量	kWh/年	15960	12000	3960	
年間電気料金	千円/年	239	180	59	59千円

表5 メンテナンスによる経済性の試算結果
Cost saving by the new grease system

	単位	従来機	SE-EV	差	年間経済性
年間グリース消費量	本/年	5.8	2.9	2.9	
年間グリース費用	円	24650	12325	12325	12千円

表6 対比表
Cost comparison table

		単位	従来機	SE-EV	年間経済性
イニシャルコスト		千円	—	同等	0
ランニングコスト	生産性向上	千円/年	—	606	606千円
	省エネルギー	千円/年	239	180	59千円
	メンテナンス費用	千円/年	24	12	12千円
合計					677千円

タトルクを低減

- ・計量モータのシール構造変更によって低摩擦化し，計量モータトルクを低減
- ・給脂システムの変更によってグリース消費量を削減
- ・パーキングの効率的な動作によって廃棄樹脂量を削減があげられる。

※「Zero-molding」は，住友重機械工業株式会社の登録商標です。

射出成形機の精度設計における熱変形解析

Thermal Deformation Analysis in Precision Design of Injection Molding Machine

● 森 谷 知 寛*
Tomohiro MORIYA

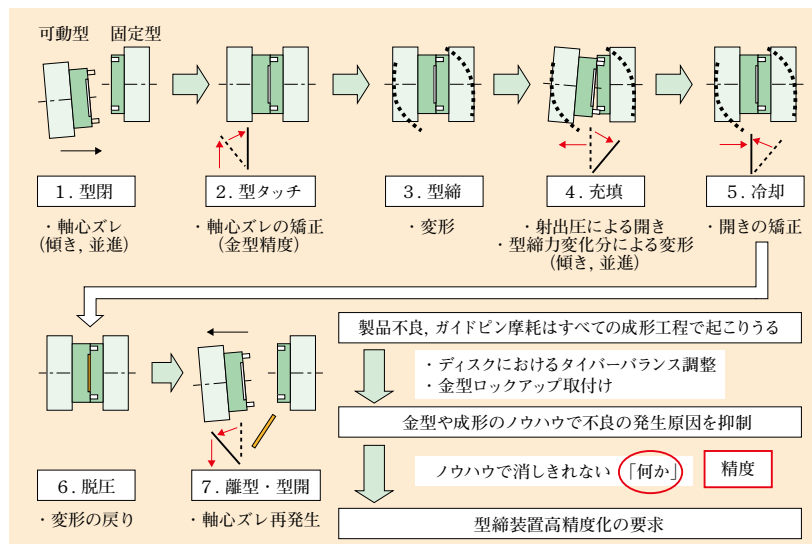


図1 成形における型締工程の流れ
Flow of mold clamping steps in the molding

近年、スマートフォンに搭載されるカメラの高画素化が著しい。その結果、搭載されるレンズの精度に対する要求が厳しくなっている。それに伴い、成形機の型締精度への要求も厳しくなってきた。型締工程は7工程に分けられる。各工程には解決すべき課題が存在するが、初期の型締装置の姿勢に影響を受けるものが多い。この姿勢は金型の昇温によって変化をしてしまう。このことから、昇温後の姿勢変化を抑えることで型締精度向上を目指すことができると考えた。

本報では、構造解析と定常熱伝導解析の連成解析および実験から、金型昇温時の成形機の変形挙動の確認を行った。型締装置の変形は、型締装置の温度分布ならびに拘束点の偏りによって発生しており、この2点を解消することで初期姿勢の金型昇温時の変形を抑えられるという示唆を得た。

In recent years, the pixel number of a camera mounted on a smartphone has been rapidly increasing. As a result, the requirement for the lens axis precision has been also becoming stricter. Along with this, the clamping unit of the molding machine is expected to meet the exacting demand for the precision of mold clamping. There are seven process steps in the mold clamping. While each process has its problems that should be resolved, many of them are caused by the initial clamping posture, which changes according to the temperature rise in the die. Judging from the findings, it was assumed that the precision of the mold clamping could improve by keeping the change of the clamping posture to a minimum as the temperature rises. This study investigated a clamping unit's thermal deformation behavior through an experiment followed by the structural analysis coupled with the steady heat conduction analysis. And it was found that the deformation behavior of the clamping device was caused by the asymmetrical distribution of the device temperature and the structural constraint points. Thus, the study suggests that the deformed posture caused by the die temperature rising can be controlled by resolving these two possible causes of asymmetry.

1 まえがき

近年、カメラ付き携帯電話やブルーレイディスクの普及に伴い、精密成形品の小型化・高精度化が進んでいる。特に近年、スマートフォンの需要が大きくなり、搭載されるカメラの高画素化が著しい。その結果、レンズの面形状精度や芯ズレ許容量が厳しくなっている。このことにより、要求される精度とともに成形機側に要求される精度も厳しくなってきた。

図1に、型締工程と成形品精度の関係を示す。すべての型締工程は、型締装置における精度要因となる。

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質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 型タッチ

金型のPL (Parting Line) 面が閉じる手前ですでにガイドピンは挿入されており、この時点で金型の姿勢は決ま

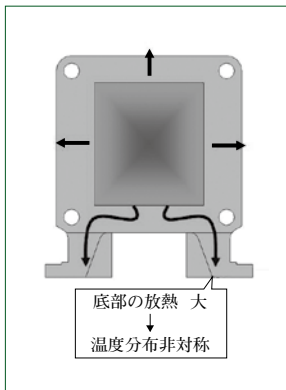


図2 金型から流入する熱経路
Thermal path flowing from the mold

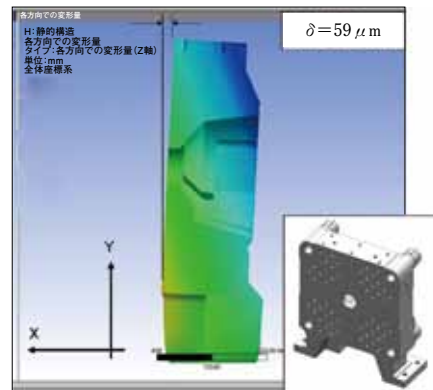


図3 固定プラテンの解析結果
Analytical results of the stationary platen

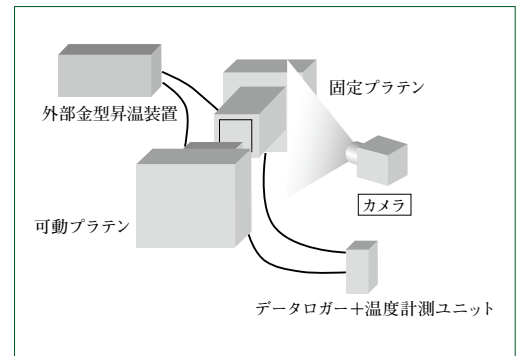


図4 実験概略図
Schematic of experimental set-up

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いたり、ガイドピン磨耗が発生する可能性がある。

③ 型締

型締力による変形が起こる。これは、型ズレと考えられる挙動の主要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もある。

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。すなわち成形品形状の不良が起こる可能性が考えられる。

⑤ 冷却

射出圧が抜けると開かされた金型は、徐々に元に戻ろうとすると考えられる。タイバーが収縮するので型締力に変化が起こり、充填工程と同じく型締力の変化(減少)による成形品形状不良の可能性はある。

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のほか、ヒステリシスにより型タッチ工程で起こった変化(PL面の傾き矯正)が同時に起こる可能性がある。また、力が抜けると同時に並進や傾きが起こる場合、成形品に損傷を与えたりガイドピンが磨耗したりする可能性がある。

⑦ 離型

型タッチとは逆の動きをたどる。金型PL面の平行度による姿勢の矯正分が戻ると考えられる。金型ガイドピン磨耗、型の落ち込みや姿勢変化による傾きが起こり、成形品に損傷を与える可能性がある。

⑧ 型開

型閉と逆の変化をたどり、再び軸心ズレが起こる。ガイドピン磨耗が起こる可能性がある。

型締工程における精度についての包括的検討はなされている。しかし、この問題に取り組む前提として、初期姿勢についてフレームが地面に対して水平であり、プラテンが垂直に

設置されていることが必要である。射出成形ではほとんどの場合金型を昇温する。そして昇温によってプラテンの姿勢が変化することも知られている。本研究では金型昇温におけるプラテンの姿勢変化に着目し、初期姿勢の維持方法を模索する。

2 研究目的

射出成形は、ほとんどの場合で金型の昇温が見られるように、機械への熱的影響は必ず付きまとう。そして多種多様な成形を行うので金型温度も多様となる。熱間状態でもプラテンの姿勢調整を行えば、現在の要求精度は達成可能であると考えられる。しかし昇温温度が変化する度に精度調整を行うのは非現実的である。

1章で型締工程に伴う成形品精度の問題について述べた。基本的にこの問題はプラテンが地面に対して垂直に設置され、プラテン間の平行度を保ちながら動くことができれば問題の多くは解決する。しかし現状は、初期姿勢を地面に垂直に設置しても、昇温により姿勢が崩れてしまい精度に影響を与えている。

つまり、昇温前後における平行度変化をできる限り抑制することで、その後の成形品精度に与える問題を小さくすることが可能となる。金型昇温前後における平行度変化を抑制できる構造が重要である。

3 検証解析

3.1 仮説検討

固定プラテンでは底部でフレームと締結されているので、上面と比較すると底部は空気と鉄の熱伝導率の違いから放熱量が高くなる。このことから、温度分布は非対称となり、プラテンを倒すこととなる。

また変形は温度分布の偏りだけではなく、支持位置によっても異なる(図2)。

3.2 解析条件

固定プラテンについては、解析ソフトANSYS13.0-workbenchを使用し熱変形解析を行った。解析の流れを、「定常熱伝導解析を行い、ここで得られた結果を静的構造解析に導入し変形を求める」とした。

次に解析条件を示す。

- ① 解析モデル 固定プラテンの1/1モデル

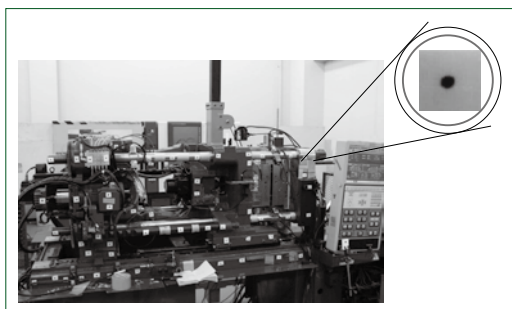


図5 成形機に貼られたマーカ
Markers put on the molding machine

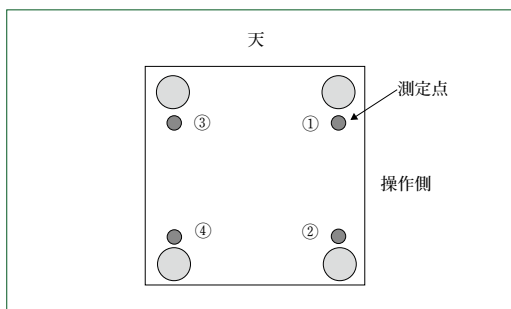


図6 インサイドゲージ測定点
Measurement points of the inside gauge

- ② 温度条件 金型投影面に57℃の温度拘束。
・プラテン表面に熱伝達係数 $5 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2 \text{ K}$
・周辺温度は20℃
・拘束条件は底部固定
- ③ 材料モデル FCD

3.3 解析結果

図3に、解析結果の全変位量のコンター図を示す。今回使用したパラメータは実験や経験にもとづくものであるが、特に温度拘束の値は金型取付け面左右の平均温度から推定した。

解析により、固定プラテンでのパンチ面上下のZ方向変形差は約59 μm となった。

3.4 解析結果考察

この変形の違いは次の2つの要因によって現れたと考えられる。

- ① 温度分布の偏り
- ② 拘束点の違い

4 実験装置および実験方法

4.1 実験装置

図4に、実験の概略図を示す。

実験に使用した成形機と測定器は次の通りである。

- ① 成形機 SE30DU高精度仕様
- ② 金型 精密レンズ金型(厚さ5mmの断熱板組込み済み)
- ③ 計測機器 データロガー
温度計測ユニット
デジタルカメラ
インサイドゲージ

カメラは、図5にあるように成形機に貼られたマーカを昇温前後で比較して、成形機の変位を視覚的に求めることがで

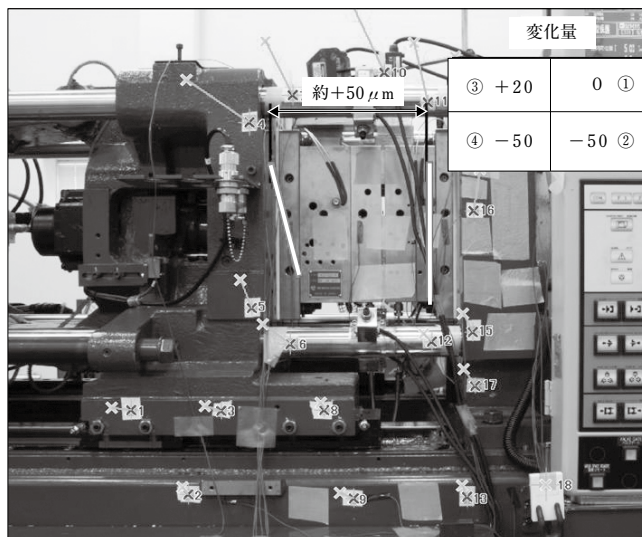


図7 昇温前後の変位測定結果
Results of displacement measurement before and after temperature rise

きる。

4.2 実験方法

実験条件は次の通りである。

- ① 室温 20℃
- ② 金型温度 130℃
- ③ 昇温時間 8時間

昇温を行う際は、可動プラテンおよび固定プラテンの変形を妨げないように型を8mm開いた位置とした。実験は、金型昇温前後の平行度変化および機械の変位を測定した。平行度変化は、図6に示す位置にてインサイドゲージを使用して4点の盤面距離の差を測定し、この値を平行度とした。また機械の変位は昇温前と昇温後に撮影を行い、画像解析ソフトを使用してマーカの変位を求めた。

4.3 実験結果

図7に、実験結果を示す。

固定プラテンの昇温後の熱変形結果を示す。図の右肩にある表はインサイドゲージで測定した平行度の変化量を示し、右上から時計回りに操作側上、操作側下、反操作側下および反操作側上となっている。操作側上の盤面距離を基準にして、ほかの値はその距離に対して狭いか広いかを示している。符号は+で広く、-で狭い。

固定プラテンでは下盤面距離を基準に、上の盤面距離は最大で50 μm 開いている。赤い線は、各プラテンの上下マーカの変位ベクトルを結んだものである。結果を見ると固定プラテンの傾きは小さく、可動プラテンの傾きが比較的大きい。つまり50 μm の開きから可動プラテンの影響が大きいことが分かる。

4.4 考察

この実験の目的は、3章で解析した仮説の検証を行うことであつたが大きな影響を見出せなかった。これは、固定プラテン単体であることと型締装置全体との差ということが考えられる。固定プラテンを支えている部分はフレーム締結部のみであり、ほかに支えはない。一方、型締装置全体で考えると、固定プラテンはフレーム締結部以外にタイバーにも接続されている。このことから、本来起こるはずである固定プラ

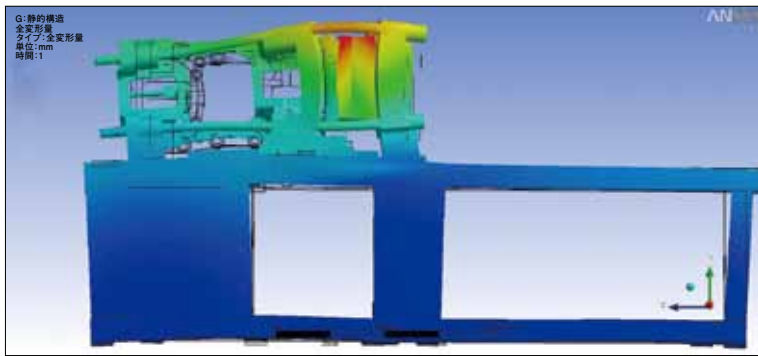
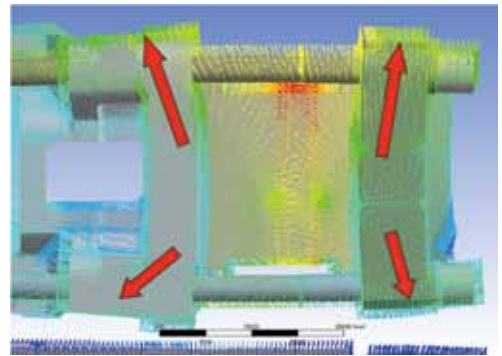


図8 型締装置全体での熱変形
Thermal deformation analysis on the clamping unit



※解析モデルではブラテン支持部は非表示。

図10 熱変形を考慮した支持方法による熱変形解析結果
Thermal deformation analysis results for the support method considering the thermal deformation

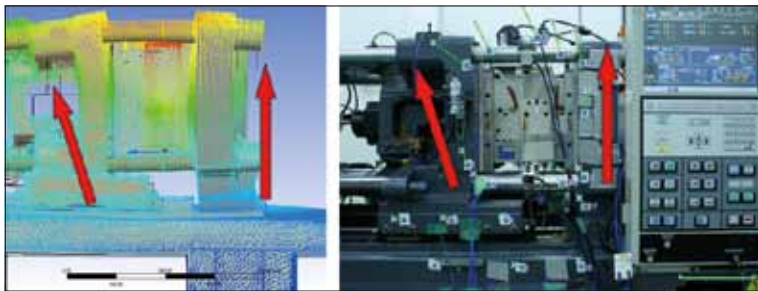


図9 熱変形解析結果と実測の比較
Comparison of measured and analysed thermal deformation

テンの変形の仕方にタイバーが変化を与えていると考えられる。

さらにタイバーの先はトグルサポートとつながっており、トグルサポートは可動プラテンにつながっている。今回の実験結果では、可動プラテンの変形が大きかったことから、固定プラテンの動きになんらかの変化を与えていると考えられる。

これらの考察から型締装置全体のモデルを作成し、実験時の温度から型締装置全体の熱変形解析を行った。

5 型締装置全体の解析結果

図8に、型締装置全体の解析結果である全変位量のコンター図を示す。

変形スケールは200倍としており、コンターの意味は全変位量である。図8から言えることは、固定プラテンの動きが単体解析と異なり、実験で行なった変形に近い傾向を示しているということである。ここで表示をベクトルにして実験との整合性を確かめた。

図9に、固定プラテン搭載の型締装置全体の解析結果と変位の計測結果を示す。固定プラテン、可動プラテンおよびトグルサポートがともに影響し合い、平行度変化を発生させていることを確認した。

可動プラテンの動きについて考えると、可動プラテンはリニアガイドを介してフレームと底部で接続されている。そしてリニアガイドとフレームは金属接触が行なわれているので、熱はフレームへ逃げており、3.4で述べたような温度分布の偏りによる傾きが考えられる。同時に拘束点も底部となっていることから、可動プラテンにも固定プラテンと同様に傾きの考えが利用できる。この2点が原因となり、可動プラテンは金型の熱によって変形を発生させている。

全体の型締装置の挙動としては、可動プラテンの変形に固定プラテンが引っ張られたことで、固定プラテン単体解析での変形とは異なると考えられ、固定および可動プラテンの変形を抑えることが姿勢維持につながるということが分かった。

本解析結果を踏まえて、固定および可動プラテンの温度分布ならびに拘束点の偏りを抑制すべく底面にあった支持部を側面へ変更した。図10に、図8と同様の条件で解析を行った結果を示す。底部から、支持がなくなったことで、プラテンの変形が下に伸びるようになったのが確認できる。4章に記した実験で使用した機械に、この考えを採用し4章と同様の実験を行った。その結果、平行度変化は $10\mu\text{m}$ となり変化量を低減できることを確認した。これは、プラテン上下の変形の状態が対称に近付いたことで姿勢維持がなされ、平行度変化が抑制されたと考えられる。

6 むすび

(1) 今回の解析および実験により、プラテンの姿勢が変化する要因は次の2点と言える。

- ① 温度分布の偏り
- ② 拘束点の偏り

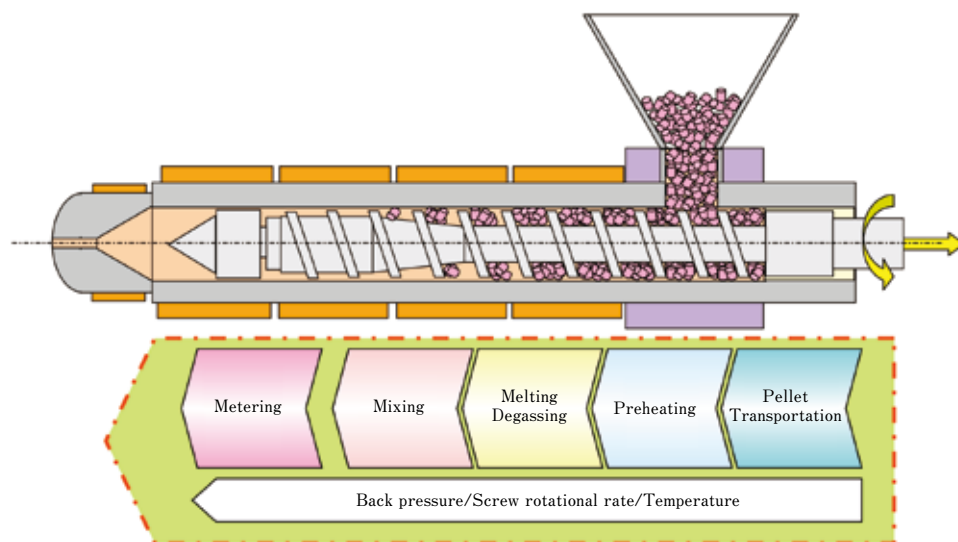
この2点を考慮してプラテンの支持部を変更することで、平行度変化は $50\mu\text{m}$ から $10\mu\text{m}$ となった。この考えは新型レンズ専用機としてすでに市場へ投入されている。

(2) 実機ではさまざまな外乱が予想される。本報告では金型のみの影響を考慮したが、可塑化装置の影響や過渡的な熱問題に対して、今後もプラテン形状の最適化の変形抑制などを研究していく必要がある。

射出成形における計量条件と計量安定性の相関解析

Analysis of Metering Conditions and the Quality of Metering Process in Injection Molding

●雷 磊*
Lei LEI



計量工程
Metering process

射出成形における樹脂の可塑化状態は、成形安定性と密接な関係があることが知られている。このことから、計量条件は熔融樹脂に与える影響を正確に把握することが重要となる。本報では、各計量条件におけるシリンダ内壁温度のバラツキおよびシリンダ内圧分布を測定して、計量安定性に与える影響を調べた。また、安定した計量条件に迅速にアプローチすべく計量トルクに着目して、計量トルク勾配 α と計量安定性の相関性を示し、その相関性を利用した簡易的な計量安定手法を提案した。

It is known that the accuracy of the resin plasticating state is closely related to the stability of the injection molding. Therefore, to determine the proper metering conditions, it is important to accurately grasp the influence of various condition factors on the molten resin. This report investigates the influence of those condition factors on the stability of the metering process by measuring the variation of temperature and the pressure distribution inside the cylinder on each metering condition. Moreover, focusing on a metering torque for the purpose of swiftly determining the proper metering conditions, this investigation also demonstrates the correlation between the metering stability and a metering torque gradient expressed as a parameter α and proposes the simplified method of stabilizing metering process by adopting the aforementioned correlation.

1 まえがき

射出成形技術に対する要求は、高機能化、高精度化および高付加価値化など、時代とともに進化している。射出成形は複雑な製品の量産に適した成形法であり、高品質で安定した成形を実現するには、成形現象を的確に捉えて、さまざまな現象を解明することも重要である。

本報では、安定成形に最も影響がある計量工程に着目し、計量条件が計量安定化に及ぼす影響の解明および安定した条件出しの手法を簡単かつ迅速に構築することを目的としている。

2 実験装置および実験方法

2.1 実験装置

使用した成形システムおよび測定システムを次に示す。

- | | |
|----------|-----------------------------------|
| ・成形機 | 当社製 SE30DUZ-C75 |
| ・スクリュー | SD $\phi 25$ mm |
| ・3点セット | SKタイプ ⁽¹⁾ |
| ・樹脂 | ポリプラスチック株式会社製
POM ジュラコン M90-44 |
| ・金型 | 自動車コネクタ 4 個取り |
| ・質量測定器 | ザルトリウス・ジャパン株式会社製
CP225 |
| ・熱電対 | 株式会社チノー製 NCF600 $\phi 0.5$ mm |
| ・圧力センサ | 日本ダイニスコ株式会社製
NP465XL |
| ・データ収集装置 | 横河電機株式会社製 DL750 |

図 1 に、センサの測定位置を示す。計量中に加熱シリンダ

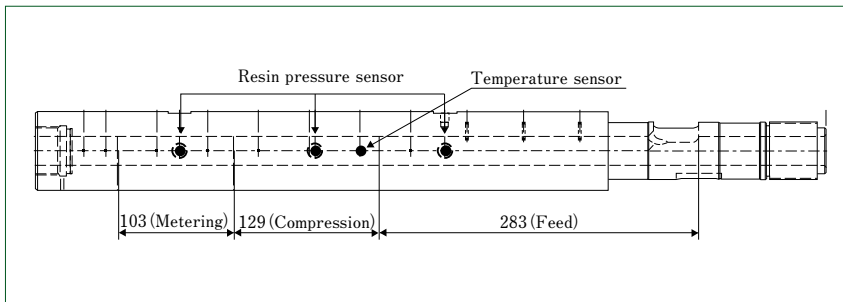


図1 センサの測定位置
View of measuring locations

表1 実験条件
Experimental conditions

Condition number	Feed zone temperature (°C)	Screw rotational rate (r/min)	Back pressure (MPa)
1	160/170	30	10
2	↑	↑	2
3	↑	200	10
4	↑	↑	2
5	200/210	30	10
6	↑	↑	2
7	↑	200	10
8	↑	↑	2

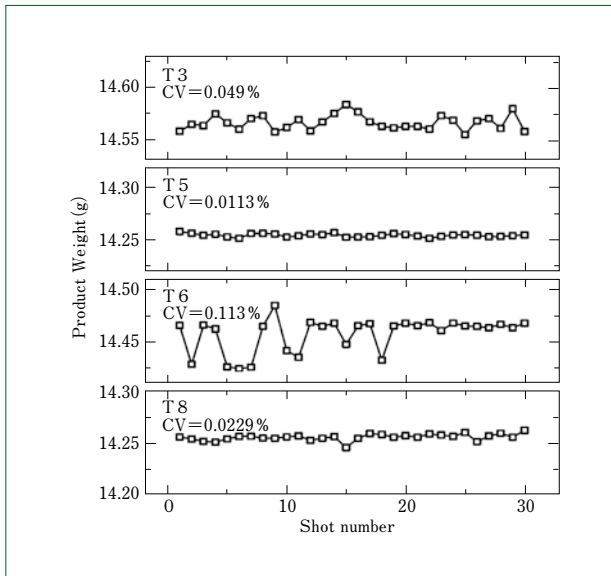


図2 T3, T5, T6, T8条件における成形品質量
Product weight in comparison under conditions T3, T5, T6, T8

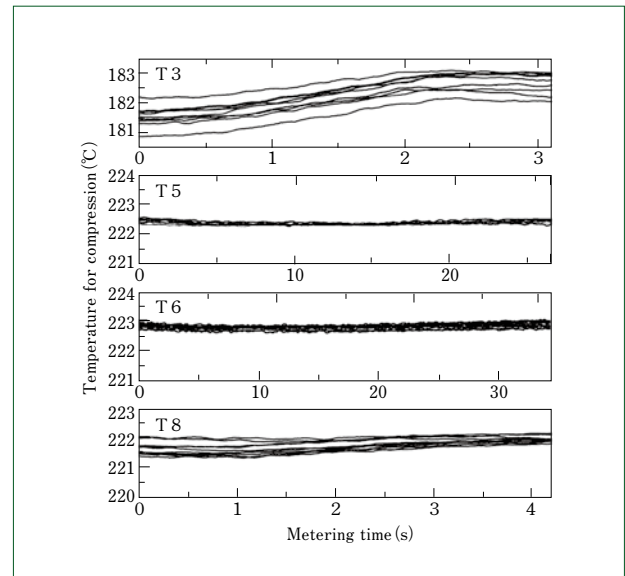


図3 計量における条件T3, T5, T6, T8の温度
Temperature in the metering process under conditions T3, T5, T6, T8

内の圧力挙動を検知すべく直接樹脂圧センサーを搭載し、スクリュの供給部、圧縮部および計量部の樹脂圧を測定する。また、計量中の温度を把握すべく、外径φ0.5mmのシース熱電対を加熱シリンダの圧縮部に深く挿入して、シリンダ内壁温度を測定する。さらに圧力および温度とともにスクリュ位置や計量トルクについても、データ収集装置にて同時に測定する。

2.2 実験方法および条件

実験条件は、樹脂ペレットに予熱を与える供給部の温度設定、ペレットの輸送速度をコントロールするスクリュ回転数および樹脂密度を調整する背圧にしばり、表1のように実験条件を決めた。純粋に計量工程の安定性を評価するには、SKタイプの3点セットを搭載して、保圧なしでショートショットの連続成形を行う。2.1の測定システムにより、実験条件と同条件における樹脂圧力、シリンダ内壁温度および計量トルクなどの測定実験を行い、連続30ショットの成形品の質量変動係数CV%（計量安定性の代用値）との相関を比較・検討する。

3 実験結果および考察

3.1 成形品質量と加熱シリンダ内壁温度の関係

図2に、条件T3、T5、T6、T8における連続成形の成形品質量および質量変動係数CV%を示す。低背圧・低回転数

で供給部の温度設定が高いT5条件では、CV%がもっとも小さい。高背圧・高回転数で供給部の温度設定が低いT3条件では、CV%が大きい傾向が見られた。

図3に、T3、T5、T6、T8の計量中の圧縮部の内壁温度を示す。横軸に計量時間を取り、同一条件における連続20ショットの温度データを重ねて表示している。T3条件の温度は計量工程にて大幅に上昇する傾向を示し、温度の上昇幅は約2℃に達し、ショット間のバラツキは約1.5℃となる。それは、供給部の低温設定および高速スクリュ回転により、圧縮部に大きな機械的発熱が発生したと考えられる。一方、T5条件では圧縮部の内壁温度バラツキが0.5℃以下となり、シリンダ内壁温度は計量前半までわずかに低下傾向が見られ、計量後半において、わずかに増加する傾向が見られる。それは供給部の高温設定および低速スクリュ回転により、計量前半にシリンダ圧縮部の壁面にメルトフィルムが生成されて、機械的な発熱が低下し、樹脂の溶融状態はヒータ熱に依存していることによると考えられる。計量後半においては、機械的発熱が増加し、樹脂の溶融はわずかにせん断熱依存にシフトしたと考えられる。なお、T8のシリンダ圧縮部の温度バラツキはT3とT5の中間レベルである。

しかし、条件T5およびT6の内壁温度バラツキはほぼ同じレベルであるにもかかわらず、T6の質量には突発的な軽いショートショットが発生し、CV%はT5より一桁大きな

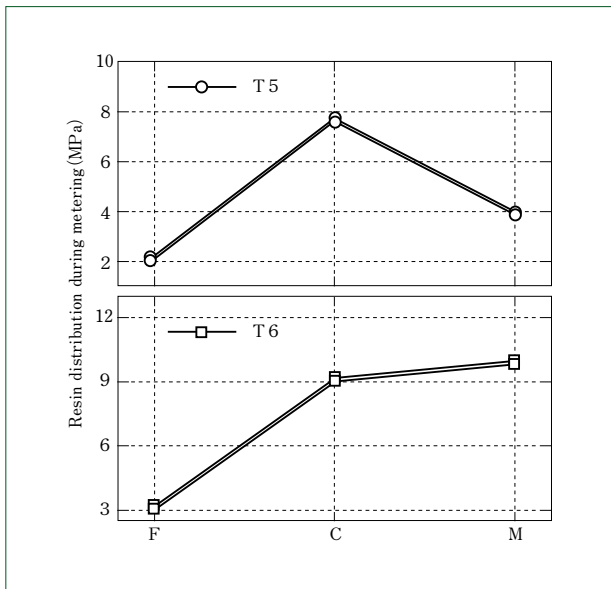


図4 計量時における条件T5,T6の樹脂圧分布
Comparison of resin pressure profiles in metering process under conditions T5,T6

っている。

このような現象をまとめると、T6条件を除けば、計量中のシリンダ内壁温度の変動は、成形品のCV%と強い相関があることが確認できる。また、CV%の小さいT5条件では、供給部の設定温度や、スクリュ回転数の組み合わせによる樹脂の十分な予熱で溶融状態は均一となり、安定した計量状態につながったと考えられる。

3.2 成形品質量と加熱シリンダ内圧の関係

図4に、T5およびT6条件の計量時におけるシリンダ軸方向の内圧分布を示す。横軸は圧力センサの設置位置をとり(F：供給部、C：圧縮部、M：計量部)、縦軸は樹脂圧とした。

計量部の測定値では、T5条件の設定背圧2 MPaおよびT6条件の設定背圧10 MPaとおおむね一致している。これはノズル先端にかかる背圧が、溶融樹脂を介してそのまま計量部にまで反映された結果と言える。両条件の供給部および圧縮部の測定値はほぼ同じ値となり、これは条件T5およびT6のシリンダ温度設定とスクリュ回転数に依存していると考えられる。

T5条件のシリンダ内圧分布では、低背圧設定により、計量部の圧力は圧縮部より低い数値になっている。

一方、T6条件の圧力分布では、高背圧設定により計量部の圧力は圧縮部より高い値になっている。両条件の圧力分布の違いが、CV%に影響したと考えられる。

つまり、T6条件では計量時の溶融樹脂がシリンダ圧縮部と計量部の圧力差によってうまく前方に輸送されず、渋滞現象が起きたと推測する。図5は、T5およびT6条件における30ショット分の計量部の樹脂圧を示している。渋滞現象が起きたことにより、T6条件の計量部樹脂圧はT5条件に比べ3倍以上ばらついており、計量安定性に悪影響を与えたと考えられる。

これまでの解析結果により、シリンダ内壁温度の変動(樹脂粘度の変動)およびシリンダ内圧分布(溶融樹脂輸送バラン

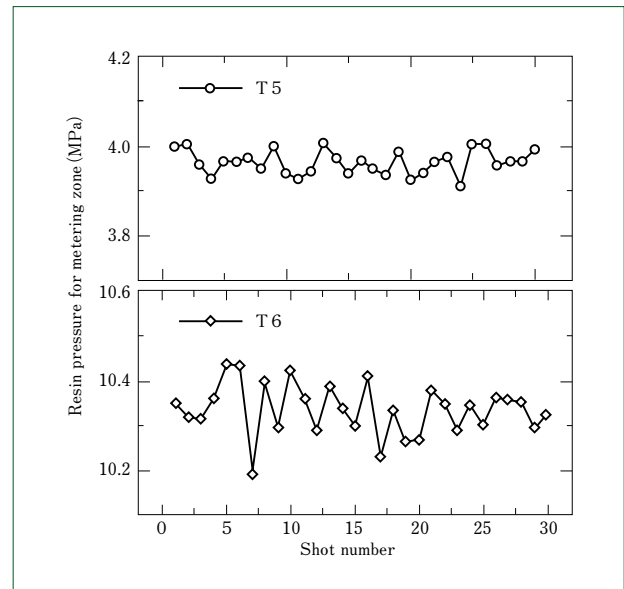


図5 計量部における条件T5,T6の樹脂圧
Comparison of resin pressure in metering zone under conditions T5,T6

ス)が計量安定性に大きく影響すると考えられる。

3.3 計量条件と計量安定性の関係

図6に、計量3条件(スクリュ回転数、供給部温度、背圧)の設定と計量安定性の関係をイメージしたグラフを示す。

横軸にはそれぞれ回転数、供給部温度および背圧をとり、縦軸は計量安定性をとった。

3条件の設定範囲内に、計量安定領域が存在すると仮定する。たとえば、スクリュ回転数と計量安定性の関係に対して、低スクリュ回転領域は機械的な発熱が少なくシリンダ内壁の温度バラツキは抑えられるが、スクリュ回転に起因する圧縮部の樹脂圧が低下し、計量部と圧縮部の圧力差による樹脂の輸送渋滞が生じるというリスクが存在する。

一方、高スクリュ回転領域では圧縮部の樹脂圧が上昇し、輸送渋滞のリスクは低減できるが、機械的な発熱によりシリンダ内壁温度がばらついてしまう可能性が高い。また、供給部温度および背圧設定と計量安定性との関係も同様の傾向であると考えられる。

成形現場の技術者にとってこのような複雑な関係を見極めることは非常に難しく、簡単に安定条件を出せないのが現状である。

4 簡易的な計量安定化手法の検討

実際の量産現場において、圧力センサや温度センサを使用して安定条件を導くことは困難かつ非現実的であることから、計量条件(温度、背圧、回転速度)の結果として成形機上に表示される計量トルクを代用特性として活用し、簡易的な安定化手法の検討を行った。

図7に、T3、T5およびT8条件の計量トルク波形を示す。シンプルに計量トルクを評価すべく計量中のスクリュ位置(10 mm、15 mm、25 mm、35 mm、40 mm)を横軸とした。縦軸は各スクリュ位置に対応する計量トルクとした。

計量中に著しくせん断発熱したT3条件では、計量トルクが10%程度上昇した。安定条件T5では、せん断発熱がなく

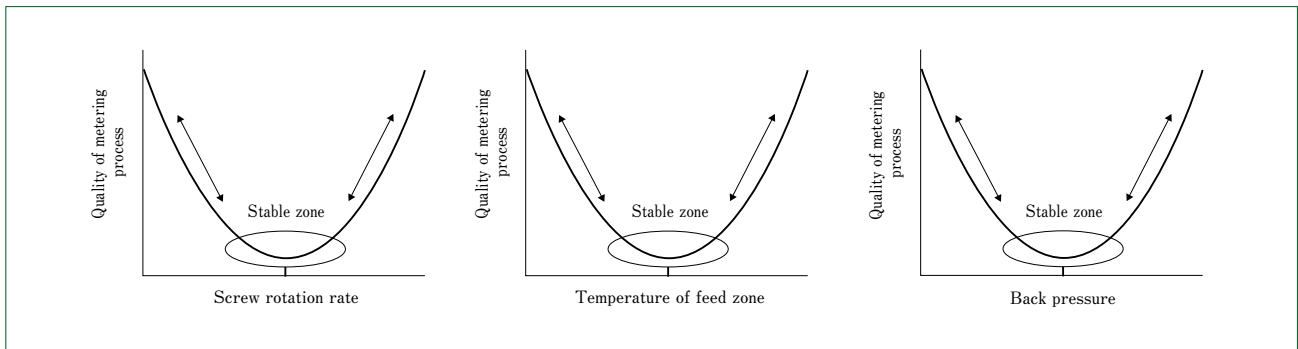


図6 計量条件と計量安定性の関係
Schematic illustration of the relation between the metering conditions and the quality of metering process

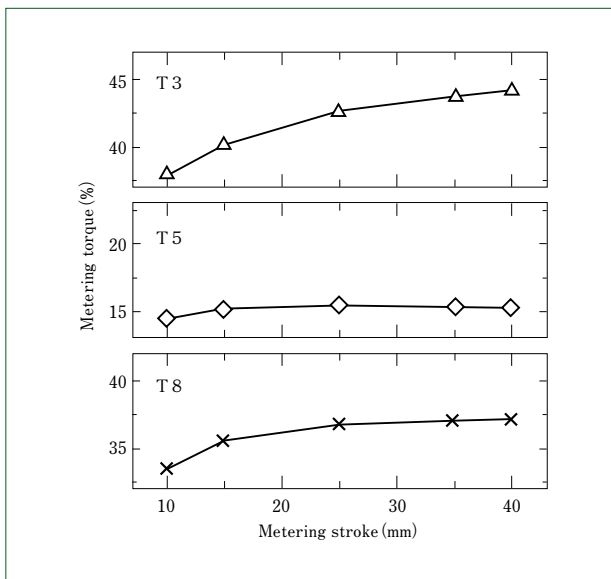


図7 計量時における条件 T3,T5,T8 の計量トルク分布
Metering torque profile in the metering process under conditions T3,T5,T8

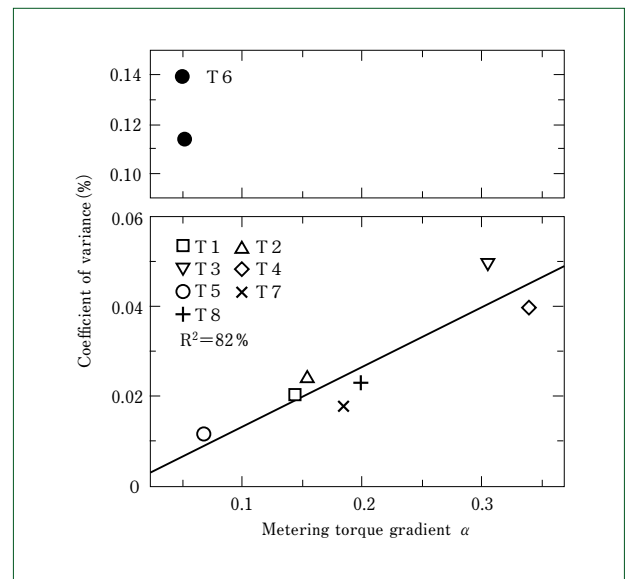


図8 計量時のトルク勾配と質量変動係数の関係
The relation between the metering torque gradient and the coefficient of variance

計量トルクも上昇せず、ほぼフラット形状となっている。T8条件の計量トルク上昇幅は、シリンダ内壁温度のバラツキと同様にT3およびT5条件の中間レベルである。この理由として、計量トルクが計量中の樹脂粘度を表現していることから、大きくせん断発熱した条件においては計量中の樹脂粘度の変化が大きいので、計量トルクの変化も大きくなるといえることが考えられる。

一方、せん断発熱の小さいT5条件では、計量工程中の樹脂粘度がほとんど変化せず、計量トルクの変化も小さくなると考えられる。

そこで図8に、T1～T8条件の計量トルク上昇幅を計量トルク勾配というパラメータ α に無次元化し、計量トルク勾配 α と各条件のCV%の関係を示す。T6以外の条件では、CV%と計量トルク勾配 α に相関が確認され、計量条件によらず直線的な相関が示されている。T6条件の場合は、計量トルク勾配 α が小さい数値にもかかわらずCV%が大きく、ほかのデータとの乖離が見られる。しかしこれは溶融樹脂の輸送渋滞に起因したものであり(図4、図5)、そのほかの条件では、計量トルク勾配 α が計量安定性に与える影響の指標とし

て有効であると考えられる。すなわち、計量安定性を良くするには、該当条件におけるトルク勾配 α を小さくする必要があると考えられる。

5 むすび

- (1) 圧力センサおよび温度センサを用いて、連続成形中におけるシリンダ内壁温度と樹脂圧力分布を測定し、計量安定性との相関を解析した。
- (2) 計量中のシリンダ圧縮部の温度バラツキと、シリンダ内の樹脂圧力分布は、計量安定性に大きく影響することを実験により明らかにした。
- (3) 計量トルク勾配は、計量安定性と線形的な関係にあることが示された。計量トルク勾配 α は、計量条件の最適化に有効な指標であると考えられる。

(参考文献)

- (1) 今野政昭, 電動式射出成形機の新逆流防止装置 SK制御, 住友重機械技報, no.149, Aug, 2002, p.21～24.

薄肉導光板成形技術動向

Molding Technique Trend of Thin Thickness Light Guide Plate

●鈴木 康 雄*
Yasuo SUZUKI



射出成形機と金型および成形品
Injection molding machine, Mold and Products

スマートフォンやタブレット端末の大型薄肉化に伴い、導光板の薄肉化も急速に進んでいる。この薄肉導光板は成形難易度が高く、極めて狭いキャビティ内に射出された樹脂を固化させることなく末端部まで流動させるので、一般的な成形品よりも高速に樹脂を充填させる必要がある。

極薄肉導光板用の射出成形機の性能として重要なのは、高速・高応答射出が可能な可塑化装置および型締力の高応答性とプラテン剛性の高い型締装置である。また、成形技術や金型技術は製品の品質に直結し、成形機の性能を引き出すうえでも必要不可欠である。今後さらなる薄肉化に対応するには、射出圧縮成形技術も必要になる。

この薄肉導光板の要求品質を十分満足させるのに必要な射出成形機および金型・成形技術について報告する。

As smart phones and tablet computers are enlarging their size and reducing their thickness, the technology to reduce thickness of the light guide plates is being rapidly developed. It is highly challenging for the light guide plate to be injection-molded because the plastic pellets injected into a cavity must flow down to the end of it without being solidified. For that reason, the cavity-filling for the plates should be completed at a higher speed than the one for ordinary plastic-molded products. With regard to the injection molding machine to produce the ultra-thin light guide plate, it should be mounted with the plasticizing apparatus that enables high-speed injection with high responsiveness, the mold clamping units also with high responsiveness, and its platen with high stiffness. Moreover, the molding and die-making techniques are essential to elicit the performance of the molding machine, which has the direct impact on the quality of products. The techniques of injection compression molding are also required in order to accommodate a further growing trend of the thickness-reduction. This paper reports the injection molding machine and the molding and die-making techniques that are needed to fully meet the quality requirements of the light guide plate.

1 まえがき

近年、スマートフォンやタブレット端末市場が急速に伸張しており、端末の薄肉化や大型化がトレンドである。それに伴い画面も大型薄肉化が進み、画面の光を拡散させる導光板の薄肉化も急速に進んでいる(図1)。この導光板は主にプラ

スチックで構成され、射出成形により量産されている。

このように導光板の薄肉化は欠かせない技術となっているが、薄肉導光板は成形難易度が高い。極めて狭いキャビティ内に射出された樹脂を固化させることなく末端部まで流動させるので、一般的な成形品よりも高速・高圧力の射出成形機が必要とされる。

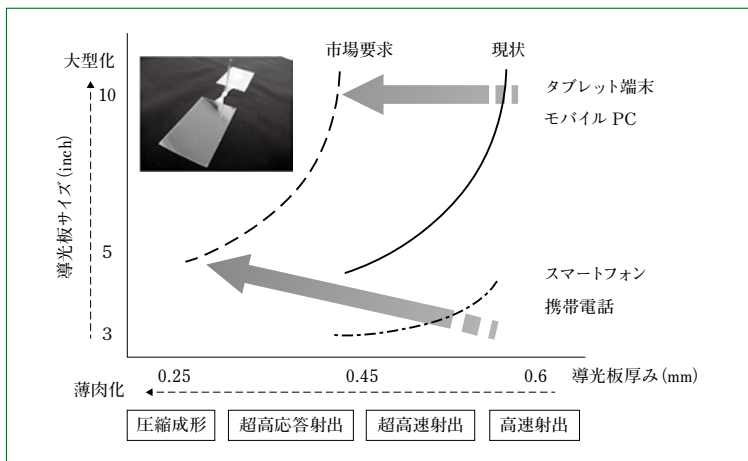


図1 導光板要求品質トレンド
The trend of light guide plate quality demand

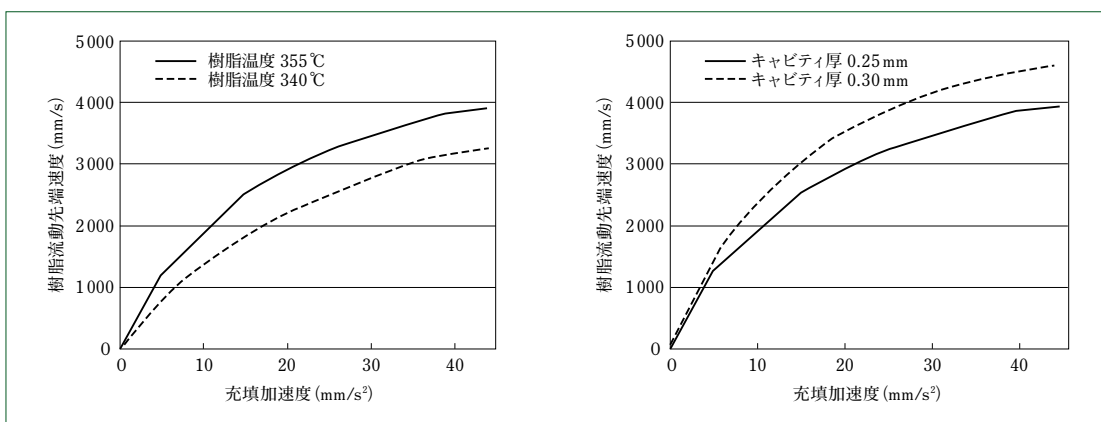


図2 射出応答性の検証結果
Verification results of the injection response

導光板成形の難易度は、樹脂の流動長さなわち最初に樹脂が製品部へ流れ込むゲート部から、最後に樹脂が到達する製品の末端部までの距離(L)と、製品の厚み(t)の比率(L/t)で定義すると理解しやすい。この比率が大きいほど成形難易度が高いと言える。

使用される樹脂は非晶性のポリカーボネート(PC)とアクリル(PMMA)である。テレビ、パソコンおよびタブレット携帯など中・大型の導光板には流動性や透明性に優れたPMMAが、スマートフォン用の導光板には耐熱性および耐衝撃性など強度に優れたPCが広く使用されている。

成形機は、スマートフォン用が1300～1800kNクラス、タブレット用は1800～2800kNクラスが主流となっている。また、金型のキャビティ配置は、小型導光板が2個取り天地均等配置もしくは操作反操作均等配置のコールドランナタイプが多い。中・大型導光板は、ホットランナでゲート位置をオフセットさせた1個取りが主流である。ゲート方向は小型が短辺側、中・大型は長辺側が一般的である。

本報では、この薄肉導光板の要求品質を十分満足させるのに必要な射出成形機および金型・成形技術について報告する。

2 成形機可塑化装置

薄肉導光板成形では、高射出速度および高射出応答による

高速充填で充填時間を短縮し、樹脂の固化時間内に充填を完了させる必要がある。それには、樹脂の流動速度をいかに速くするかが重要となる。SEEV-HPシリーズでは、最高射出速度1000mm/s到達まで20msという高い射出応答性を得ており、現行の導光板に対しては要求品質を十分に満足させる性能を有している。

2.1 射出応答性と樹脂流動速度の関係

しかしながら、今まで実際の導光板での樹脂流動速度の検証はほとんど行われていない。次世代の薄肉導光板に対して、高射出応答性の効果と必要性を見極める必要がある。そこで、射出応答性と流動先端速度の関係について実験による検証を行った。

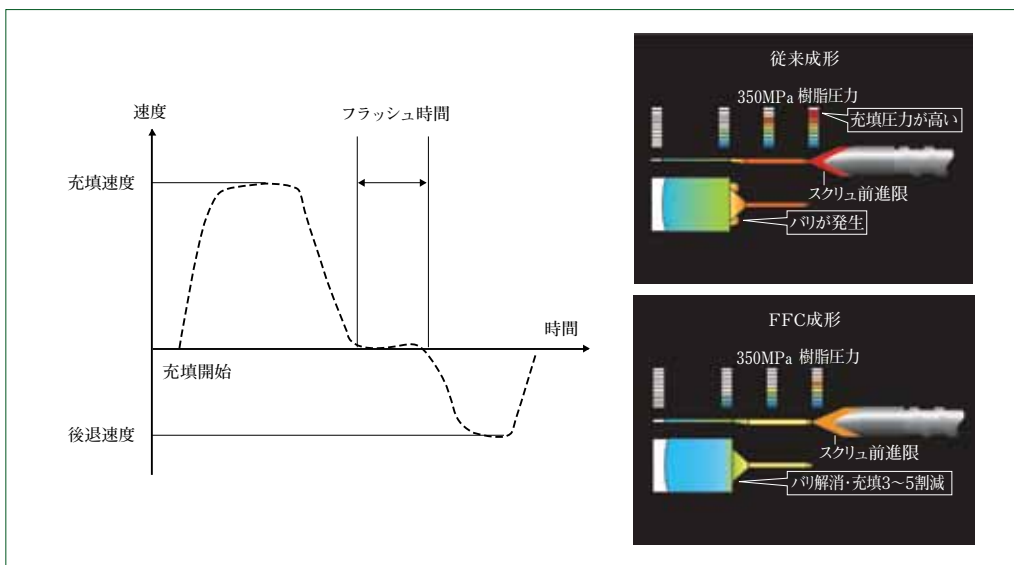
使用した装置は成形機SE130EV-C360HPで、スマートフォン用射出成形機として実績のある最新機種である。金型は実験用3インチt0.3mmで、金型鏡面の樹脂流動方向にセンサを数箇所設置し、流動する樹脂が通過する時間差から速度を算出した。その結果、射出加速度は樹脂の流動先端速度との相関が強いことが確認され、流動速度は加速度に依存することが明らかになった(図2)。

また、可塑化実験設備と5インチt0.3mm金型で射出時間の比較を行ったところ、下記の結果が確認された。

- ① 加速度39mm/s²相当 射出時間0.062s。



図3 Zero Molding

図4 FFC成形
Flow Front control

② 加速度 78mm/s^2 相当 射出時間 0.045s 。

これらの結果からも、射出加速度の射出時間に対する優位性が明らかになった。流動速度を速め、射出時間を短縮するには射出加速度が重要であると言える。

2.2 厚みと樹脂流動速度の関係

図2に、実験により確認された製品厚みとの相関を示す。同じサイズの導光板であれば厚みの薄い方が樹脂流動先端速度は遅くなり、より速い流動速度が必要になると推測される。

このように、次世代薄肉導光板に対応するには射出応答性が非常に重要であると考えられる。

3 薄肉導光板の金型・成形技術

3.1 Zero-molding

SEEV-HPシリーズにはZero-moldingシステム(図3)が搭載されており、射出工程と保圧工程の間にフラッシュ動作という工程を設けている。粘弾性材料である樹脂は充填時に圧縮される。射出により圧縮された樹脂がその残圧により充填できるように、射出動作に制限をかける。これがフラッシュ制御であり、通常の成形よりも樹脂の流動長を伸ばすことが可能である。このように、フラッシュ制御などを使い樹脂流動先端部を制御する成形機能がFFC(Flow Front Control)である(図4)⁽¹⁾。

3.2 FFCによる樹脂流動長の検証

SE130EV-C360HP機とパーフロー金型で、フラッシュ動作を使用した場合と使用しない場合の樹脂の流動長について比較実験を行った(図5)。フラッシュ動作を使用すると約20%、樹脂の流動長が伸びることが分かる。導光板のサイズや厚み金型設計により最適な設定値が必要とはなるが、薄肉導光板成形にとってフラッシュ制御は有効な手段と言える。

3.3 FFCによる厚み分布の検証

導光板の薄肉化が進むにつれて、製品の厚み分布の悪化が顕著になる。一般的に樹脂が流れやすいゲート付近が厚く、ゲートから遠方に行くほど樹脂は流れにくくなり、薄くなる傾向が見られる。厚みが不均一になると、輝度や色味といった導光板の光学特性に悪影響を及ぼすことから、重要な要求品質となっている。

図6に、FFC機能の一つであるスクリュ後退速度制御を用いて、後退速度と厚み分布の関係を検証した結果を示す。使用した装置は、成形機SE130DUZ-C360HP、金型は実験用3インチ $t0.3\text{mm}$ である。後退速度を使うことによりゲート側の厚みをコントロールできることが確認でき、さらに応力緩和にも有効な機能であることも確認された。スクリュ後退速度制御は、保圧中にスクリュが後退する速度を制御する機能である。保圧に移行した瞬間に充填した樹脂の反力でスク

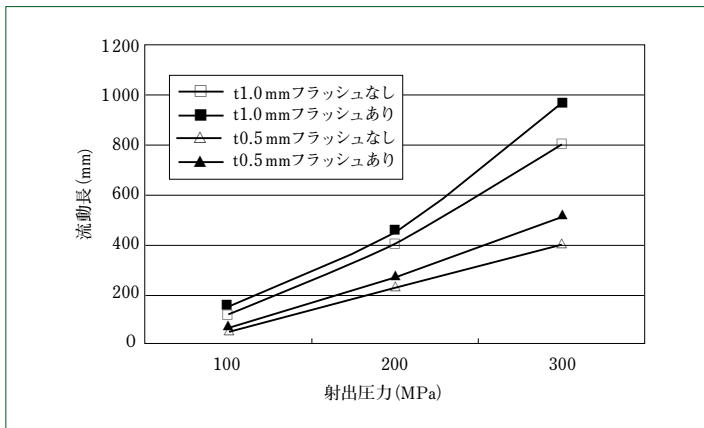


図5 フラッシュ制御の影響
Influence of flash control

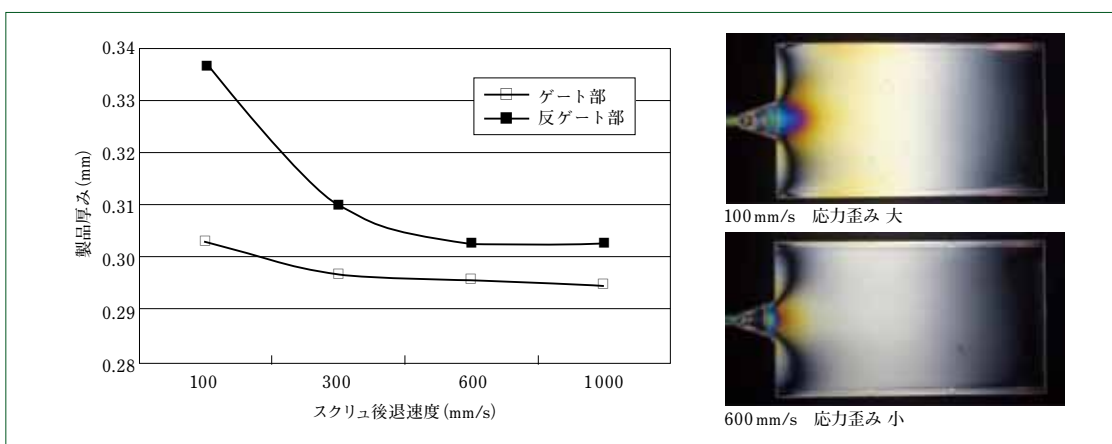


図6 後退速度制御の影響
Influence of receding velocity control

リュが勢い良く後退してしまうことがあるのを、速度制限を設定することで防止する機能である。薄肉導光板成形はこの機能を厚みコントロールに応用している。

3.4 プラテン剛性と金型剛性

SEEV-HP機は、型締時の金型面圧均一性を向上させたDCPP(ダブルセンタープレスプラテン)を装備しており、現状の導光板成形に十分に耐え得る剛性を確保している。しかし、固定プラテンはロケット穴があり成形機の構造上どうしても弱くなってしまう。薄肉導光板成形では高射出速度および高射出応答による高速充填で、金型内部は高圧力となる。この高い樹脂圧力でも変形の少ない金型剛性が必要である。

金型剛性と射出圧力による、たわみ量の関係について検証を行った。標準的な金型と、全長を増分させるなどの剛性アップ対策をした金型を、樹脂の流動(流動解析)と射出圧力による金型変形(構造解析)を考慮した連成解析によって比較した。その結果、樹脂圧による金型開量は剛性アップした金型で約15%低減することが確認された(図7)。

3.5 流動解析によるフローフロント比較

樹脂流動解析により流動先端(フローフロント)を比較した。解析を行った金型は10インチt0.5mmを想定した。理想的な剛性の金型では、フローフロントはランナ部を通過後は製品部を平行に流動し、製品末端部まで均等に流動する。これに対して、金型のたわみを考慮した解析では、ランナ部通過後

キャビティ厚が広がり、中央部が流れやすくなり円弧状に樹脂が流動する(図8)。結果として流動長が最も長い製品末端部まで樹脂が到達せず、ショートやヒケが発生してしまう。製品厚みもランナ部から中央部にかけて厚くなり厚み分布が悪化する。

薄肉導光板成形ではプラテン剛性はもちろん重要であるが、金型の剛性アップおよび変形を見越した設計が必要となる。

3.6 導光板金型技術

ランナ部や製品にバリが発生すると、そこに圧力が逃げてしまいキャビティ内に十分な圧力が伝わらなくなってしまう。その結果、必要な流動速度を確保できず製品末端部まで樹脂が流れない。導光板の薄肉化はこのバリをどう抑えるかが重要になる。

金型中央部にサポートピラーを設置し剛性を向上させることで、充填圧力による変形を減少させ中央部のバリを抑制することが可能である。サポートピラーは比較的容易に設置することができるが、その分効果は少なく一定の厚みまでしか対応できない。

さらにバリを抑制する方法として、インロー方式があげられる。これは、充填圧力による変形が発生しても、勘合代分はバリを抑えることが可能でその効果は大きい。しかし、かじりなどの不具合を併発しやすく、金型設計、加工および組込みなどノウハウが必要な技術である。また、光ディスク金

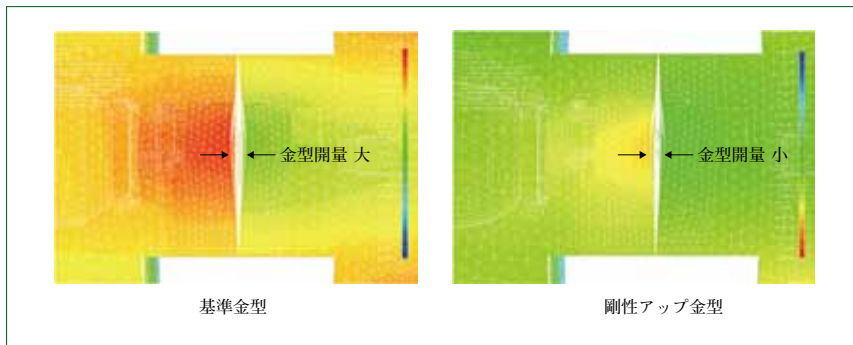


図7 金型構造解析結果
Result of mold structural analysis

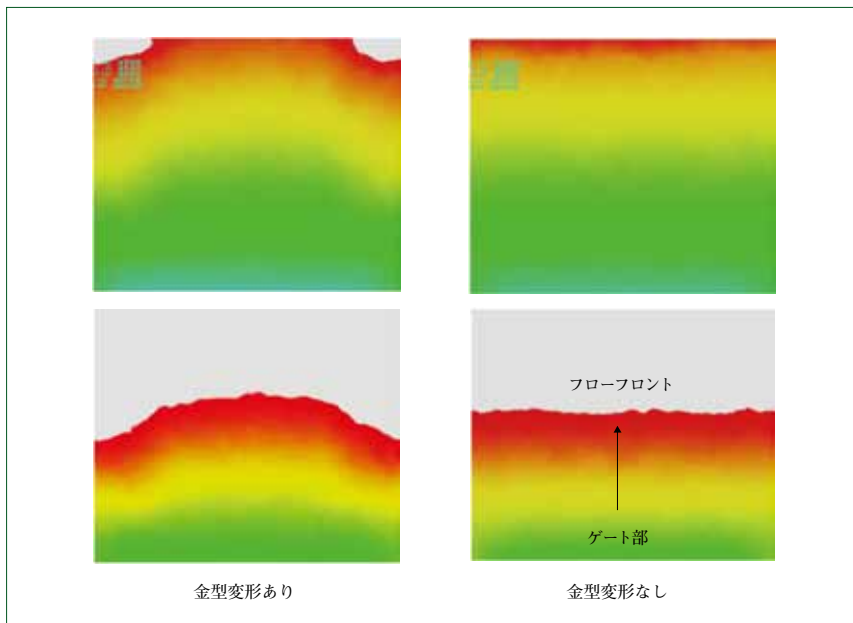


図8 流動解析結果
Result of flow analysis

型などで用いられ、固定型と可動型の調芯用としても広く採用されている方式でもある。ランナ部だけでなく製品部にも設置することで、その効果はさらに大きくなる。

4 圧縮成形技術

将来的にさらに薄肉化が進むと、高応答射出や金型剛性だけでは要求品質に十分な対応ができなくなると予測される。そこで必要となる成形方法が、光ディスク成形などで多くの実績があり、光学薄肉成形に適している射出圧縮成形法である。この圧縮成形には、高度な金型技術と型締力高応答性が要求される。

4.1 圧縮成形の原理

通常の成形法では、成形工程中においてはキャビティ容積が一定で、高い射出圧力が必要となる。つまり狭いキャビティ内を無理に溶融樹脂が流れるので、末端部まで完全充填されず不良となりやすい。また、高い流動抵抗により分子配向が発生すると、緩和する間もなく凍結して残存し、光学的特性や反り増大の一因となる。これに対して射出圧縮成形は、樹脂を充填する前に金型PL (Parting Line) 面を一定分量開かせることで、工程中にキャビティ容量を変動させる成形法である。キャビティ内の容量を広くすることで射出圧力を低く抑え、流動中の溶融樹脂の冷却も少なく配向も緩和しやすい。図9に、射出圧縮成形の事例として薄肉光ディスクでの射出圧力波形を示す。金型PL面、すなわちプラテン間距離を0

～0.6mmに設定した場合、射出圧力は約25%低下したことが確認できる。通常成形による薄肉導光板成形では、射出圧力が300MPa以上の高压成形となることから、射出圧力を低減させることが可能な圧縮成形は有効である⁽²⁾。

4.2 圧縮金型の基本構造

圧縮成形用金型は、可動金型の製品寸法を決める外枠のフレーム部を駆動式にすることで、金型PL面が開いてもフレーム部が前進し開量に追従する構造となっている。すなわち、固定金型と可動フレーム部の相対位置は変わらず、可動側のコアが摺動する構造となる(図10)。このフレーム部にはバネにより駆動させる方式と、成形機もしくは金型内部に油圧シリンダを組み込んで駆動させる方式がある。油圧方式は、任意のタイミングで駆動部を動かすことができるという利点があるが、成形機もしくは金型に油圧ユニットを増設するなど構造が複雑になり、型締側と圧縮側の双方での制御コントロールも必要となる。

4.3 圧縮成形に要求される成形機精度

また、圧縮成形では充填前に金型を一定量開かせた状態で射出するが、この開いた状態での成形機のプラテン平行度や、圧縮時の型締力バランスのなどの型締精度が重要になる。この型締精度が悪いと、キャビティバランスや厚み分布を悪化させる要因となる。SEEV-HPシリーズでは、従来機に比べフレーム剛性を向上させ、可動プラテンサポート装置に高精度リニアガイドを採用している。充填圧力でプラテンが開い

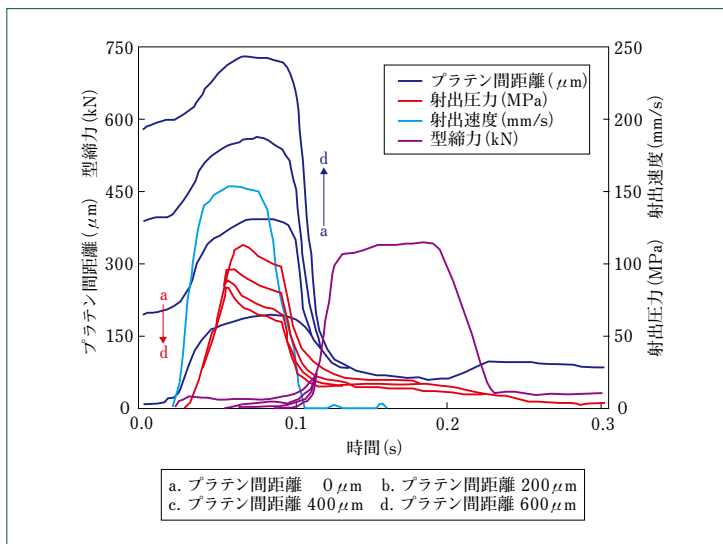


図9 圧縮成形波形
Waveform of injection compression molding

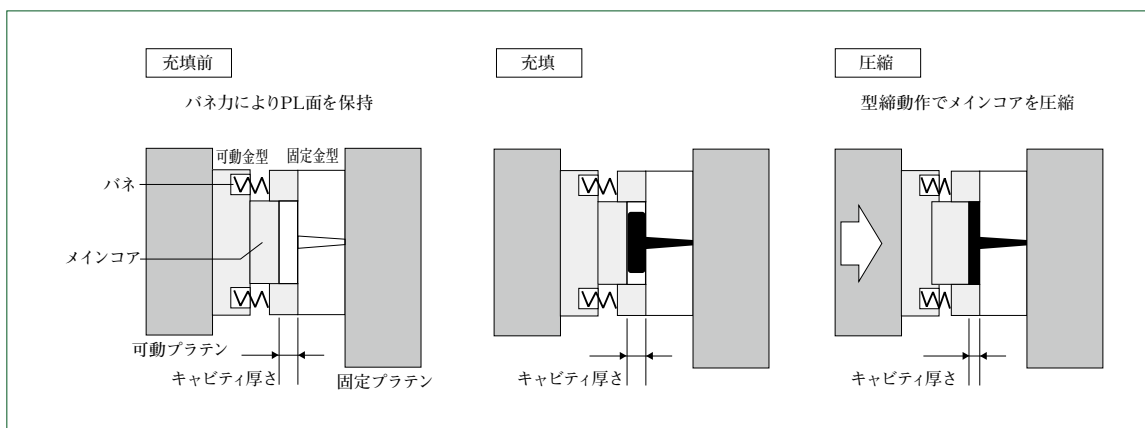


図10 圧縮成形用金型
LGP mold for injection compression molding

ても、平行度を悪化させることなく維持することが可能である。

4.4 圧縮成形に要求される型締力応答性

圧縮成形では、位置制御で金型を一定量開かせた位置から射出を開始し、樹脂がキャビティに完全に充填される直前に高圧力の型締力を発生させ、樹脂を圧縮する必要がある。このタイミングが早すぎると、キャビティ容量が狭くなり樹脂が流れにくくなり、遅すぎるとオーバーバックやバリが発生してしまう。これを両立させるには、充填時間よりも短い時間で位置制御から必要型締力まで昇圧させる必要がある。すなわち、型締力の応答性が非常に重要となる。SEEV-HPシリーズでは、高容量型締モータを採用することで型締レスポンスを向上させている。

5 むすび

(1) 極薄肉導光板成形において射出成形機の機能として重要なものは次の2つである。

- ① 高速高応答射出装置
- ② 高応答高剛性型締装置
 - ・型締力高応答性

- ・プラテン高剛性
- ・高型締精度

(2) 成形技術および金型技術は製品の品質に直結する。成形機の性能を引き出す上で必要不可欠な技術を次に示す。

- ① 金型技術
 - ・金型高剛性
 - ・バリ対策技術
 - ・たわみ対策技術
- ② 射出圧縮成形技術

今後もさらなる導光板の薄肉化に対応するべく、可塑化装置の高応答化に向けた開発の継続、圧縮成形技術の開発が急がれる。

(参考文献)

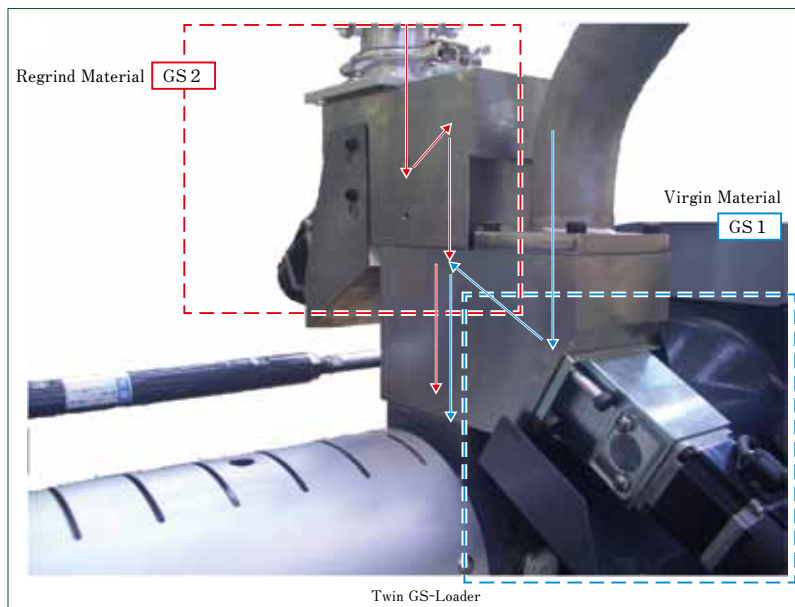
- (1) 横山拓, 全電動射出成形機SE-EVシリーズ, 住友重機械技報, no.179, 2012, p.19~22.
- (2) 鈴木康雄, DVD成形技術高密度光ディスクへの対応, 第56回高分子討論会.

※「Zero-molding」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

新理論可塑化システムSLスクリュでの応用技術

Practical Technology Using New Theory Plasticization System (SL Screw)

●徳 能 竜 一*
Ryuichi TOKUNOU



SL-KG システム
SL-KG system

当社は、SLスクリュの基本性能を応用し、成形工場の諸問題を解決するシステムを提案している。SLスクリュが1ショットに必要な量のペレットを供給できる特長に着目し、2基のペレット供給ローダ(GSローダ)をメインスクリュに同期させ交互に動作するシステムを開発した。本報では、これを応用することにより樹脂の色換え時間を短縮できるシステムと、2基のGSローダをメインスクリュ回転に同期回転させ、バージン材と粉碎材を成形機上で混合させるシステムについて報告する。さらに、粉碎材の含有により成形ショットがばらついてしまう問題を、既存の成形技術で解消する方策を報告する。

Sumitomo Heavy Industries Ltd., has been proposing a system applying the basic performance of SL screw to resolve the problems of molding plants. Noting that SL screw features the pellet dose controllability for one shot, SHI has developed a system to synchronize two alternately activated pellet-loaders (GS-loaders) with the main screw. This paper reports a system to reduce the amount of time to change resin colors by applying the system mentioned above, and also another system to mix virgin material with regrind on an injection molding machine by making two sets of GS-loaders operate in synchronous rotation with the main screw. In addition, we report how the existing molding technique can resolve the shot weight variation caused by added regrind.

1 まえがき

当社は、Spiral Logic社(SL社)の新溶融理論にもとづく新理論可塑化システム(Spiral Logic SLスクリュ)を開発し、上市している。本スクリュは、スーパーエンブラ樹脂成形で起こり得る問題を根本的に解決する⁽¹⁾。当社の最新成形機(SE-EVシリーズ)では標準選択可能であることから、搭載率が徐々に上昇している。近年、他社成形機メーカーからも、本理論に類似したスクリュが上市され、本スクリュだけでは成形機の差別化が難しくなっている。当社単独でも、システムのさらなる練磨が必要と考える。

当社は、SLスクリュの基本性能を応用し、成形工場の

諸問題を解決するシステム提案を続けている。本報では、SLスクリュの特長について説明し、これを応用した成形現場で活用し得るシステム提案事例について報告する。なお本提案は、近年の展示会・内覧会で成形システムとして展示済みである。

2 多軸フィーダのSLスクリュへの利用

2.1 適量供給方式の利点

図1は、SLスクリュの外観と、内部の樹脂供給状態を簡単に示した模式図である。本スクリュの特長は、一般的なスクリュと異なり、①1ショットに必要な分のペレットを、フィーダ(GSローダ)により水冷直下に必要な量だけ供給する

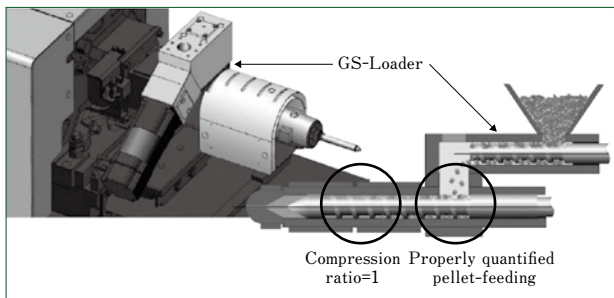


図1 SLスクリューの模式図
Mimetic diagram of SL screw

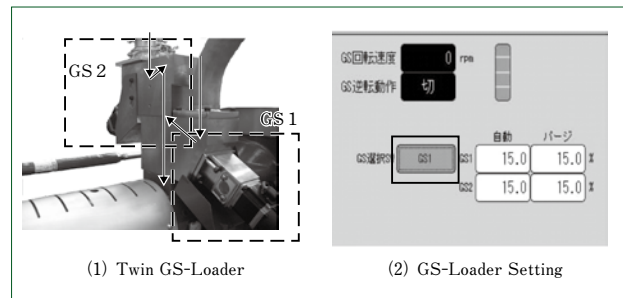


図3 樹脂換え用SLスクリューシステム
SL screw system for quick resin changing

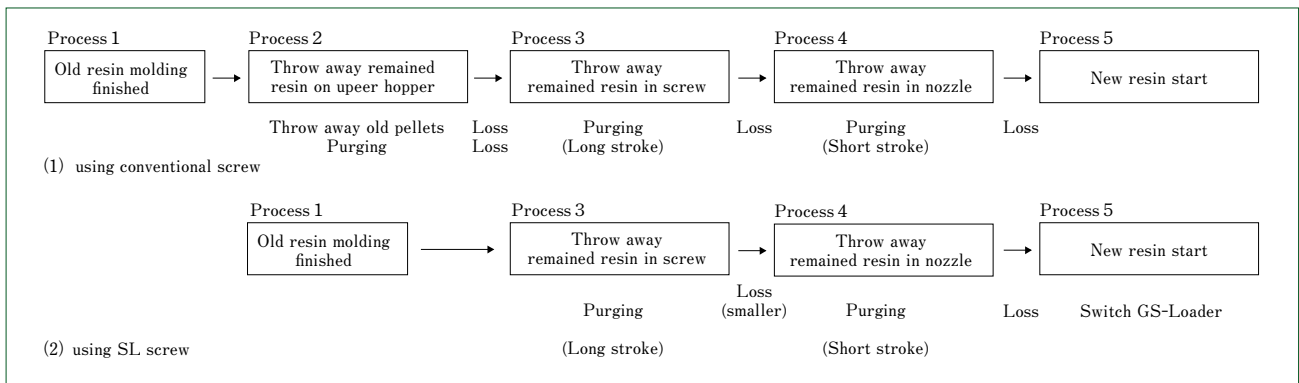


図2 樹脂換え作業のフロー
Flow of resin changing process

ことができること。②スクリューに圧縮部がなく、ここでの溶融樹脂の滞留が起きないことである。

これらにより、水冷ホップ直下に不必要なペレットを残さず計量動作を完了できる。樹脂換え作業や樹脂同士の混合作業で、この状態のまま連続成形できれば、これまで廃棄していた樹脂のロスや、樹脂換え作業の人件費ロスを低減できる。次にその事例2点を、実際の成形作業に照らし合わせながら紹介する。

2.2 樹脂換え性能の向上

図2(1)に、一般的なスクリューを用いた樹脂換え作業のフローを説明する。まず、樹脂換え前の旧樹脂での成形が完了する(工程1)。次に、水冷上面に残った残樹脂を除去する作業が入る。これは、オートローダを取り外して直接ペレットを除去するか、パーキング作業で除去する作業になる(工程2)。いずれにしても、ペレットと作業人件費のロスが発生する。水冷上面の樹脂がなくなると、加熱筒内部の樹脂をパーキングで除去する。最初はロングストロークでパージし、フライトの旧樹脂を除去(工程3)、次にショートストロークでパージし、ノズル3点セット周りの樹脂を除去する(工程4)。最後に、新しい樹脂でのパーキングとなり、成形条件の再調整となる(工程5)。粘度が大きく違う場合、工程5でパージ材ほかの中間材などを投入し、もう一度工程1～5をやり直すことになる。

図2(2)に、SLスクリューを利用した場合のパージ作業を示す。SLスクリューでは、毎ショットの成形に必要なペレットしか供給しない。すなわち工程1終了時に工程2も不要となる。さらに、圧縮部のない形状なので樹脂滞留が少なく、工程3の時間が短縮できる。これらにより、パージ時間が短縮され、スムーズな樹脂換えによる時間の削減と歩留りの向上が期待できる。

2.3 色換え能力の向上事例

GSローダを2基搭載し、それぞれに違う色の樹脂を入れておけば、頻繁な色換えが必要な成形現場において、その都度オートローダを交換して成形立上げを実施するという人的負担を解消することができる。図3は、コイルボビン8個取り成形によるIPF Japan 2011(国際プラスチックフェア)での展示例である。GSローダは、SLスクリューの上面に操作側/反操作側で2基搭載した。それぞれのGSホップ口に、乾燥機のオートローダを搭載した。操作側(GS1)にPBT(PolyButylen Terephthalate)のナチュラル樹脂、反操作側(GS2)にPBTの黒色樹脂を投入した。GSローダの切換えは、成形機の画面上でワンタッチスイッチで切換え可能とし、各GSごとにメインスクリューとの同期回転数を入力できるようにし調整の汎用性を広げた。色換え能力を検証すべく、一般的に色換えしにくいといわれている黒色→ナチュラル色への変化を、パーキング作業を実施せず成形品の色の変化で検証した。図4に、その結果を示す。本システムの場合、黒色→白色への切替わりは18ショット(成形サイクル30秒につき9分)で完了となった。通常のインラインスクリューでの色換え作業は約60ショット(30分)必要となり、パージを行った方が樹脂代や時間制約の面から有効となる。しかしSLスクリューはパーキング作業による成形中断を省略でき、成形段取りの負荷が低減できる。

本システムにより、GSローダを3基以上搭載し、多色成形を1本のスクリューで実施するなど、色換えを頻繁に行う工場への応用が期待できる。

2.4 SLスクリューの混合機化

本システムのように、GSローダを2基付けると、交互運転だけではなく、GSローダの同時2軸運転が次のステップとして期待される。本機能であれば、パージン材と粉碎材の

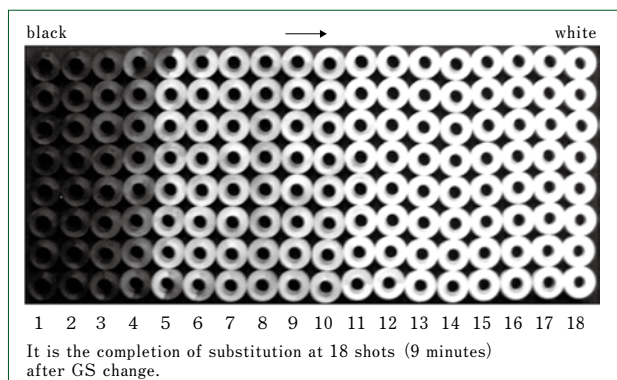


図4 色換えの効果
Effect of using SL screw system for quick color changing

Product	Garden supplies
Num of cav.	4
Resin	PP
Cycle time	30.0s
Product Weight	9.5g/cav
Shot Weight	45.0g

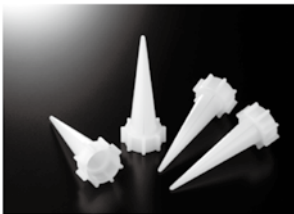


図6 SL-KGシステムの展示内容
SL-KG system demonstration

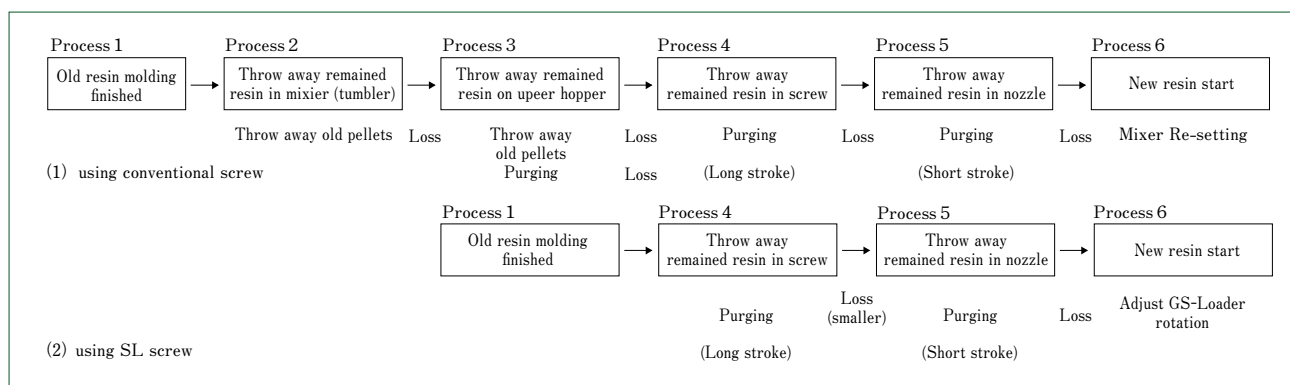


図5 粉碎材入り樹脂の樹脂換え作業フロー
Flow of resin changing process (including regrind resin)

混合、バージン材とマスターバッチの混合、バージン材とフィラー材の混合、バージン材と発泡材の混合など、応用範囲を広げることが可能になる。

本報では、このうちバージン材と粉碎材の混合に着目する。これらの混合にはいくつかの方式がある。オフラインでタンブラーを使い、均一に混合する、粉碎材とバージン材を混合機で混合して成形機に送る、取出し機でランナを粉碎機に送り、粉碎し、これを混合機で混合するなどである。オフライン作業を入れたくない場合は、混合機を導入するなど成形システム全体の初期投資額が増大する。また、粉碎材の比率を上げれば、量産コストは下がるものの成形中のショット間バラツキが増大し、歩留まりが悪化する。このことから、粉碎材比率を上げたいが上げられないジレンマが存在し、ぎりぎりの比率を現場で調整することになり面倒である。このときの成形フローを図5(1)に示す。まず旧配合の樹脂を終了し(工程1)、混合機やタンブラーの現配合の樹脂を廃棄する(工程2)。次に、水冷ホッパ部のペレットを除去し(工程3)、加熱筒内部の旧樹脂を除去し(工程4、5)、新しい配合の樹脂でのページとなる(工程6)。このように、従来スクリューでは、かなり面倒な作業になるが、GSローダを2基同期回転させるSLスクリューシステムであれば、GSローダに混合機の機能を持たせることができ、かつ成形作業もかなり楽になる。図5(2)に、フローを示す。SLスクリューの場合、1ショットに必要な樹脂だけを供給するので、工程1が終了した時点で、工程2、3は不要になる。加熱筒内部の旧樹脂を除去し(工程4、5)、新しい配合の樹脂でのページとなる(工程6)。さらに、配合率の調整は成形機上のコントローラでの調整

となり、初期条件出しが格段に速くなる。当社では、本方式をSL-KG(混合)システムと命名し、特許出願(特願2012-256230)した後、内覧会に展示した。

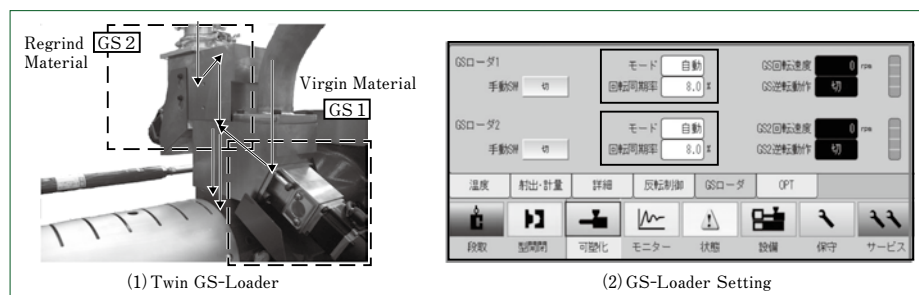
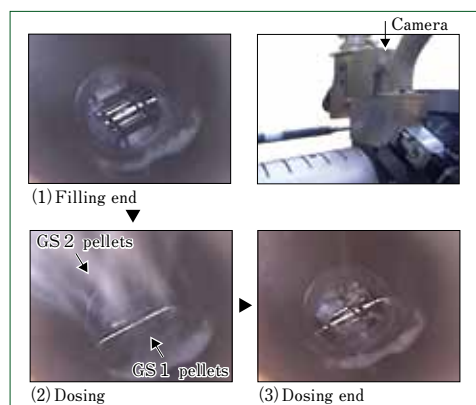
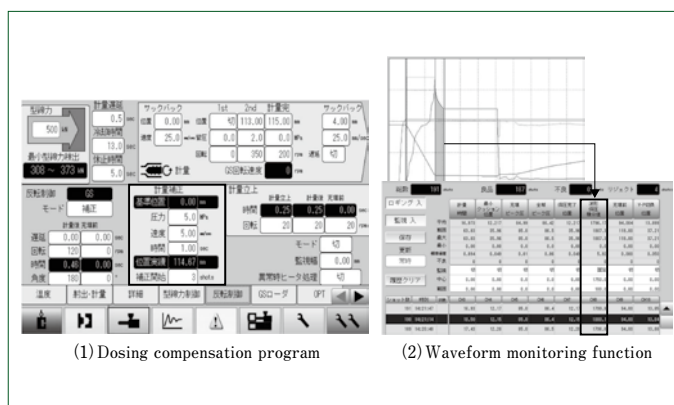
2.5 SL-KGシステムの事例

住友重機械PRIVATE SHOW 2012では、図6に示すようなサンプルについて、バージンと粉碎比率を1:1とし、ランナを粉碎し反操作側ホッパ(GS2)に供給、操作側ホッパ(GS1)にバージン材を投入し、全自動での量産成形デモを実施した。2つのGSローダを同期運転すべく、通常のスクリュー搭載成形機と異なり、サーボカードを1つ増設することで対応した(図7)。

各軸のメインスクリューとの同期回転率は成形機の画面上で設定可能であり、粉碎材の比率の上げ下げは、量産成形しながら即対応となる。このことから、通常成形と異なり、粉碎材比率変更後の時間差は発生しない。同期率を1%上げていくなど、緻密な粉碎材調整を実施する成形であればあるほど、本システムの優位性が増す。

図8に、GSローダ上部の可視化窓から、カメラで監視したペレットの供給状態を示す。カメラの上部がGS2(粉碎材)、下部がGS1(バージン材)、底部が水冷直下のメインスクリューである。カメラ画像を順に見ると、各GSローダから同時に必要な分のペレットが供給され、メインスクリューにペレットが吸い込まれながら計量される。SLスクリューは圧縮部のないスクリューであることから、メインスクリューを高回転にしても計量トルクは増大しない。これにより、スクリュー内部で2材の分散・混練性が確保される。

なお、粉碎材を使っている関係上、バージン材のようなシ

図7 SL-KG システム
SL-KG system図8 可視化窓からの観察
Observation from a visualization window図9 SL-KGシステムの補完技術
Complement technology of SL-KG system

ショット間安定性を維持するには、SLスクリュといえど、可塑化条件の見直しが必要となる。次に、条件調整の短縮に向けた支援システムを説明する。

2.6 計量バラツキ改善策

当社の最新成形機(SE-EV, SE-DUZ)には、計量補正機能が標準機能として搭載されている。これは、計量工程後にスクリュをいったん圧力制御し、密度補正することによりショット間バラツキを補正できる。図9(1)に、今回の成形サンプルでの設定事例を示す。計量完了後に、左下に示す設定で、SLスクリュ4点セット(GSバルブ)を逆回転させ、チェックリングの閉鎖を実施する。その後中央下部の赤枠に示す圧力、スクリュ速度および時間を設定して圧力制御を実施し、スクリュを押すことで樹脂密度を補正する。補正する前の基準値は、参考ショットを何個取るか設定することが可能であり、毎ショットの計量完了位置からのズレもモニタできる。

また、成形機はモータ速度、スクリュ位置およびロードセル圧力を常時モニタしており、これらを毎ショット波形描画することで、波形を重ね合わせた太さから、計量バラツキを推定することが可能である。このうち、FFC(Flow Front Control)成形²⁾で使用されるフラッシュ動作中の圧力波形の面積と、ショット間樹脂密度に相関があることが当社ユーザーから指摘されている。この面積をロギング監視すれば、異常値が出たら突発ショートとみなし、ラインに流さない処理が可能となる。図9(2)は、この監視例である。成形機は毎ショット成形波形を出せるように設定しておき、監視区間も決めておく。監視区間の圧力波形や速度波形をモニタすれば、最大値、積分値および最小値を表示できる。このうちの積分値をロギング値として、毎ショット表示する。積分値の閾値と製品の質量の関係は、実際に成形し傾向をつかんでおく必要があるが、閾値が決定すれば、範囲外の値が出たショット

は要検査品として分類することが可能になる。これを利用してラインへの不良混入をゼロにすることができる。本機能も当社の最新成形機(SE-EV, SE-DUZ, SE-DU)には、標準機能として搭載されている。

3 今後の課題

SL-KGシステムは特許化が完了し、SLスクリュのCオプション機能として販売できるよう準備中である。今後、バージン材とマスターバッチの混合、バージン材とフィラー材の混合およびバージン材と発泡材の混合など、適用範囲を広げつつ、お客様のニーズに応えていきたい。

4 むすび

- (1) 新理論可塑化システムであるSLスクリュについて、適量供給の利点に着目し、色換え性能の向上を目的としたシステムへと応用した。
- (2) さらに、SLスクリュのGSローダ2基を同期回転させるSL-KGシステムを開発し、バージンと粉碎材の混合事例を示した。
- (3) 粉碎材入り樹脂における計量バラツキを短時間で低減する調整方法を紹介した。

(参考文献)

- (1) 丸本洋嗣, 新溶融理論に基づく新理論可塑化システム, 住友重機械技報, no.171, 2009, p13~16.
- (2) 徳能竜一, Zero-moldingシステムを使用した型内樹脂流動の制御, 住友重機械技報, no.171, 2009, p1~4.

※「Zero-molding」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

パッケージング専用全電動射出成形機 SE-HSZ Packシリーズ

All Electric Injection Molding Machine SE-HSZ Pack Series for Packaging

●天 野 光 昭*
Mitsuaki AMANO



SE350HSZ Pack

クリーンやエコなど環境に関する意識が強まるなか、射出成形に対しては従来からの高生産性に加え、消費電力削減やクリーン性への要望が高まっている。そのような要望に応えるべく、当社では、パッケージ(容器、キャップなど)に特化した、全電動射出成形機 SE-HSZ Pack シリーズをリリースしている。この市場では、高生産性をハイサイクル(高スループット)で対応することが多く、射出成形機には高速動作および耐久性への要求が高く、電動駆動部を高出力化して対応している。電動駆動での消費電力削減や作動油を必要としないなどのクリーン性が好評である。

また、高付加価値としてのインモールドラベリング成形についても国内外での要望が高まっており、当社では、SIMPACとしてシステム販売も行っている。

In addition to a persisting demand for higher productivity, there appears a rising demand for a type of injection molding machine with less energy consumption and more eco-friendliness in the increased awareness of clean and ecological environment. To meet the demand, SHI has released SE-HSZ Pack series of all electric injection molding machines especially adapted to the needs in the package molding (e.g. containers and caps). As high productivity is often achieved through fast-cycle (high throughput) processing, there has been a strong demand in the market for injection molding machines enabling a high speed movement, and thus with high durability to support the speed. To keep up with the needs, SHI has increased the power output of the electric drive, which has been well-received due to its environmental-friendliness realized by the reduction of energy consumption and the hydraulic-oil-free cleanness thanks to electric drives. In addition, since there appears a growing demand for in-mold labeling, which is considered as an enhanced added customers' value both locally and internationally, SHI is providing SIMPAC as a system solution.

1 まえがき

各企業は地球環境負荷の軽減を社会的使命と捉え、大きな目標を掲げて積極的に取り組んでいる。容器関連分野でも容器およびキャップの軽量化や、製造段階のエネルギー削減といった取組みが計画的に行われている。このような背景により、射出成形機への要求も高くなっているが、その実現に向けて当社で出した答えが次の2点である。

- ・環境に優しい射出成形機であること
- ・生産性が高い射出成形機であること

本報では、省エネルギーを実現しながら高生産性を発揮するハイサイクル全電動パッケージ専用射出成形機SE-HSZ Packシリーズの技術について紹介する。

2 特長

2.1 環境に優しい技術

(1) 省電力

型締力2000kN以上の高速ハイサイクル射出成形機は、高いパフォーマンスが要求されることから油圧機やハイブリッド機がこれまで主流を占めている。しかし高いパワ

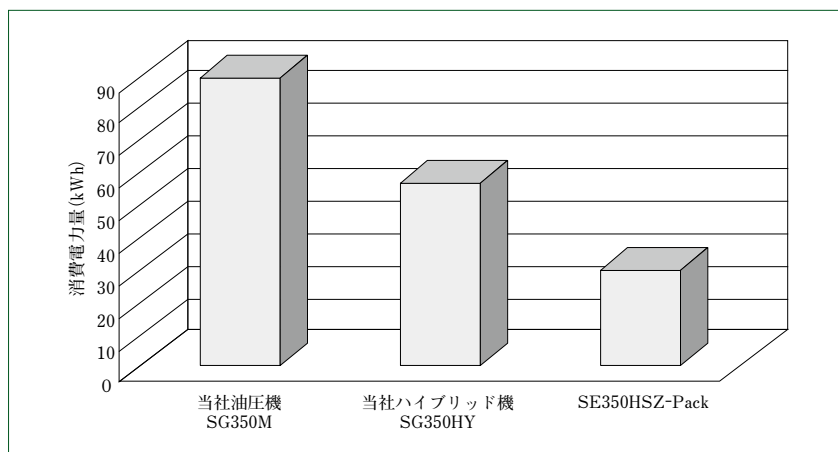


図1 消費電力比較
Comparison of power consumption

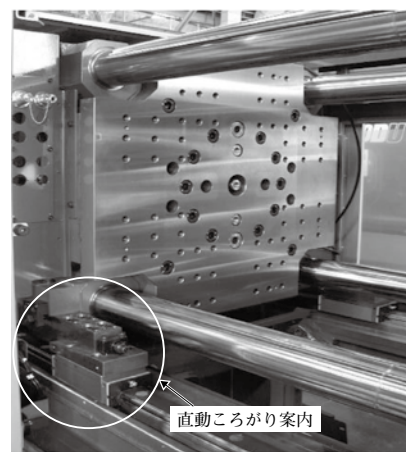


図2 可動プラテンのサポート装置
Support device of the movable platen

パフォーマンスを全電動で実現したことにより、電力消費量を対油圧機で約70%，対ハイブリッド機では約50%削減した(図1)。

(2) 薄肉・軽量化対応

材料削減を目的とした薄肉・軽量化には、高速射出しながら安定性も高いことが求められる。今回、高速・高応答で定評のあるDDD(Double Direct Drive)機構をさらに高めた高速射出650mm/sと最大射出加速度10m/s²のスペックに、当社独自のZero-moldingシステムを組み合わせた。これにより、標準電動射出成形機の約2.1倍の高速射出でありながら樹脂流動を正確にコントロールするFFC(Flow Front Control)により低压で充填でき、キャビティバランスも均一で安定した成形が可能になった。

なおZero-moldingとは、成形現場の3つの不安要素、不良(Defects)、無駄(Loss)および面倒・失敗(Faults)を限りなくゼロに近づけ、生産性を限りなく高めることをコンセプトに開発された当社の提唱するシステムの名称である。

(3) クリーンな成形

食品容器や飲料容器などは特にクリーンな機械が求められるが、可動プラテンをタイバーで支持しないブッシュレス構造によりタイバーへのグリース給脂がなく、製品へ飛散するリスクもなくなり、グリース使用量も削減できた(図2)。

(4) 低騒音・低振動

射出モータと型締モータにはDD(Direct Drive)機構を採用し、構造上ベルト騒音がないのに加え、高剛性フレームとサイクロイド制御により型開閉振動を大幅に削減した。

2.2 生産性向上技術

(1) 金型の大型化

従来機では、金型パーティング面の面圧は角が高く、中央付近が低くなる傾向がある。生産性を向上させるべく取り数を増やすと、金型が大型化してその差が大きくなるうえ、金型の自重によるプラテンの沈み込みや倒れの影響で、各キャビティにかかる型締力の不均衡が生じる。これは多数個取り薄肉容器成形では、偏肉、バリお

よびショートショットなどの不良につながる。

本機では、可動プラテンを直動転がり案内で支持することにより、金型重量の増加によるプラテンの沈み込みと倒れを抑制した。さらに型締装置の摩擦を低減させることで、大型の金型を搭載しても直進性の高い型開閉を可能にした。

また、プラテンにかかる推力の伝達経路を解析し、変形を大幅に抑えたDCPP(Double Center Press Platen)と、型締力フィードバック制御の採用により、各キャビティとも均一で安定した型締力を実現した。これにより、大型の金型でも低型締力で成形できるのに加え、金型ガイドピン摩耗と金型変形を低減し、金型メンテナンス周期延長といった効果も期待できる。

(2) 型開閉時間短縮

無駄時間を削減すべくモータを専用設計し、型開閉速度を電動標準機の1.5倍にアップした。これにより型開閉時間は、SE280HSZ Packでは1.1s、SE350HSZ Packでは1.3sが実現した。

(3) ハイスサイクル対応

① モータをハイスサイクルに対応させるには一般的には熱定格設計上大型になり慣性が大きくなる。慣性が大きくなると応答性が低下する。この問題を解決すべく冷却装置を追加し、ハイスサイクル時の駆動装置の発熱を効率良く抑えた。さらに低慣性で高応答なモータ性能を維持したまま大幅なサイクル時間短縮に成功し、3秒台での容器成形も可能となった。

② 専用アッセンブリSMスクリュにより、可塑化能力を高めていった場合に問題となる樹脂せん断発熱過多による温度上昇を抑制した。加えて脱気性にも優れていることから従来比21%アップの最高可塑化能力と精密計量の両立を可能とした。また、高粘度樹脂対応などスクリュバリエーションも拡充している。

これらの技術により、コストパフォーマンスが非常に大きく改善された。12個取り容器成形のシミュレーション結果を例にあげると、原材料を除くランニングコストが10%以上改善している。

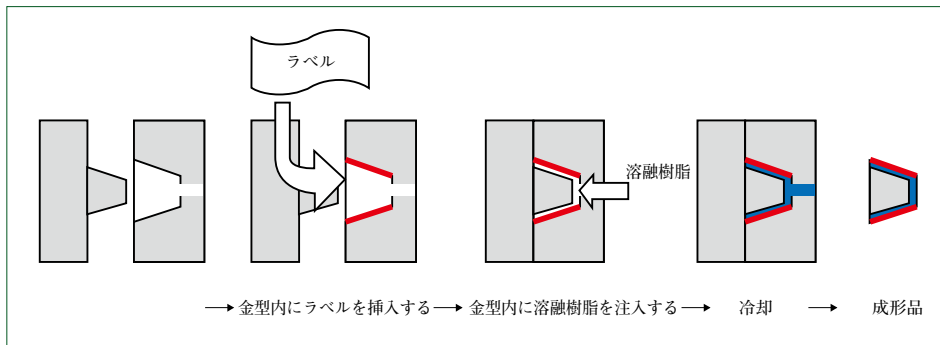


図3 インモールドラベリング成形法
In-mold labeling molding method

表1 加飾方法比較
Comparison of decorating methods

	大ロット	小ロット	美粧性	バリア性	薄肉化	備考
I ML	○	△	◎	◎	◎	ラベル交換だけで多品種対応可能 工程が少ない
粘着ラベル	△	○	○	△	×	ラベル交換だけで多品種対応可能 剛性が低い成形品には上手く貼れない ラベル剥がれ・浮きなど品質確保の手間
シュリンク	○	△	△	×	○	ラベル交換だけで多品種対応可能 ラベル材質の制約
多色印刷	◎	×	×	×	×	段取り換え、色換えに手間がかかる 溶剤の使用、塵対策など工場環境の制約
熱転写	×	○	○	×	△	ラベル交換だけで多品種対応可能 設備は安い、フィルムが高価

3 高付加価値化

次に、本機を使用した高付加価値化の一例として、インモールド・ラベリング成形について述べる。

近年、食品容器に対しては、形状としての薄肉・軽量化、生産性の向上に加えデザイン性への要求が高まっている。当社では、射出成形機、金型およびラベリングインサート装置(SIMPAC)をシステムアップしたインモールド・ラベリング・システムの製造および販売を行っている。

インモールド・ラベリングは、その多様化において日本が先行しており、次の3つに分類される。

- ・中肉平面(アイスクリーム容器蓋など)
- ・薄肉容器(デザート容器など)
- ・薄肉深容器(コーヒー飲料など)

中肉平面では、美粧性と微細印刷が、薄肉容器および薄肉深容器ではさらに遮光性とガスバリア性への要求が加わる。

ヨーグルトおよびゼリーなどのチルドデザートや、コーヒーなどのチルド飲料など、身近なプラスチック食品用容器にインモールド・ラベリング・システムによって製造された成形品が数多くある。

4 インモールド・ラベリング成形法

インモールド・ラベリング成形法は、印刷されたラベルを金型に挿入し、その後、射出成形することでラベルと一体化した成形品を得ることができる加飾成形方法である(図3)。

システムは、射出成形機、オリジナル金型およびラベルインサートシステムから構成される。加飾方法比較をすると(表1)、インモールド・ラベリングは、美粧性、バリア性およ

び薄肉化に優れている。特長としては、ラベル交換だけで多品種対応が可能であり、工数が少なく品質確保が容易ということがあげられる。

通常の一般的な製造プロセスでは、①成形、②整列、③梱包、④ストック、⑤開包、⑥印刷準備、⑦印刷、⑧整列、⑨梱包、⑩出荷となる。インモールド・ラベリング成形では、①で成形と加飾(印刷)を同時に行うので④～⑨の製造プロセスが不要になり、工場内の物流コストの削減、工場管理の容易性および高スペース効率が実現できる。

5 ラベル

ラベルには、美しい仕上がり、容易なバリエーション対応および内容物の保護が要求される。美しい仕上がりに関して、ラベルの印刷層が内側にあり、熱で溶着するので、発色が良く、傷に強く、剥がれにくく、水に強いことにより実現する(図4)。また、表現力の高いグラビア印刷の使用により、内容物の高級感を容器で表現することが可能で、アルミ蒸着フィルムに黄色を重ねることで箔押しよりも安価にきれいな金色が表現できる。ほかにも小さな文字で多くの情報量を鮮明に記載することや、透明ラベルとの組合わせで内容物を見せてアピールすることもできるなど多くの特長がある。同じ金型でもラベルを変更するだけで多彩なバリエーションへの対応も可能である。さらに、ガスバリア性や遮光性のあるラベルと使用することにより、内容物の賞味期限を延長させることも可能となる。

6 高耐久性、高精度金型

当社のハイサイクル薄肉容器用金型は、

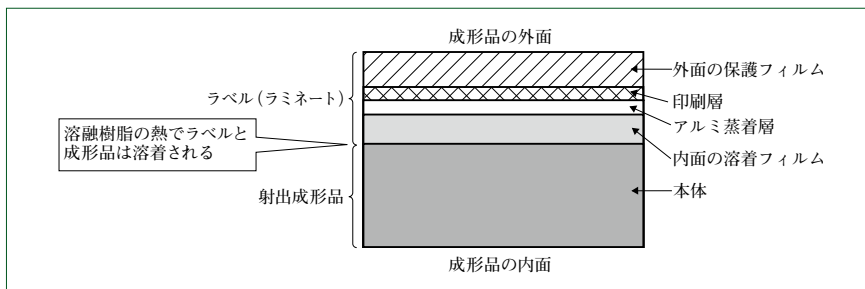


図4 成形品の断面
Cross section of the molded product

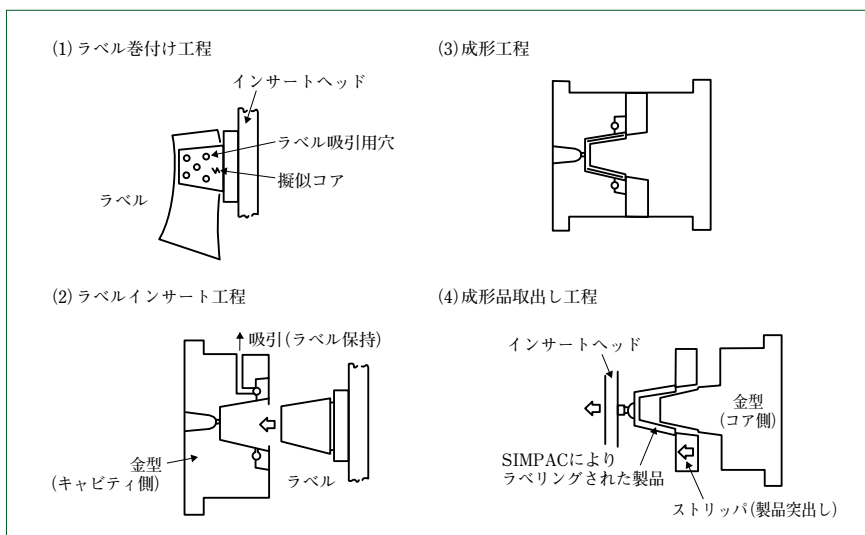


図5 ラベルインサートのプロセス
Process of label insert

- ・最適な製品形状やオリジナルホットランナと冷却回路により、成形品の薄肉(軽量)化やサイクル短縮を実現した。
- ・1個取りから128個取りまで安定した良好なキャビティバランスおよび個々の位置決めにより、偏肉対策や薄肉化といった高精度を実現した。
- ・総焼き入れ金型材を使用することで、高耐久性を実現し、メンテナンスにより1000万ショットを超える金型も市場に多数存在している。

といった特長があり、インモールド・ラベリング用金型では、ほとんどのラベルに対応できるようにキャビティよりラベルを吸引する金型構造になっており、最大12個取りまでの実績がある。

7 ラベルインサート

ラベルインサートのプロセスを次に示す(図5)。

(1) ラベル巻付け

射出成形機の射出工程中にラベリング装置で行われる工程であり、インサートヘッドに取り付けられている擬似コアにラベルを吸引する。

(2) ラベルインサート工程

射出成形機の取出し工程で行われる工程で、金型キャビティにラベルを挿入し、金型キャビティ側で吸引し、ラベルを受け渡す。

(3) 成形工程

射出成形機の充填工程でラベルと樹脂を一体化する。

(4) 成形品取出し工程

金型のストリップにより金型コアから製品を取り出し、インサートヘッドに受け渡す。このとき、金型キャビティ側は、(2)のラベルインサート工程が行われる。

8 むすび

(1) 省エネルギーを実現しながら生産性の高い射出成形機の開発に成功し、型締力2740kNのSE280HSZ-Packと3430kNのSE350HSZ-Packの2機種が上市され、すでに各界で好評を得ている。

(2) 食品容器の製造方法としてのインモールド・ラベリング・システムについて説明してきた。生産性向上にはハイサイクル技術が必要となっているが、ハイサイクル化により品質が低下するのは許されないことから、各装置では精度などの向上についてもさまざまな改善・改良が加えられていることは言うまでもない。

今後も市場のニーズにできる限り応え、環境負荷が少ない豊かな社会の実現に貢献していきたい。

※「Zero-molding」および「SIMPAC」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

高生産性を実現する全電動縦型ロータリー射出成形機 SR-Z

All-Electric Vertical Rotary Injection Molding Machine SR-Z to Achieve High Productivity

● 齋 藤 泰 史*
Yasushi SAITO



図1 全電動縦型ロータリー射出成形機 SR75Z
All-electric vertical rotary injection molding machine SR75Z

射出成形業界では新しい生産システムとして、特に組立て工数削減を目的とした複合化製品が増加する傾向にある。本報では、プラスチックとインサートした金属製品を一体化させた成形法が可能な、全電動縦型ロータリー射出成形機SR-Zについて紹介する。

SR-Zでは、成形安定性向上や成形不良の低減に多大に寄与するZero-moldingシステムおよび新理論可塑化システム(SLスクリュー)を標準で搭載した。

また、製品寸法および金型保護精度に起因する型締装置や、充填性能に起因する射出装置も刷新した。さらに、ハイスサイクル(高スループット)化に直接影響する反転装置の高速化も実現し、段取り性についても従来機に比べて飛躍的に進化させた。

As the plastics injection molding industry has been employing a new production system, there is an increasing number of composite products especially designed to reduce man-hours for assembling. This paper introduces SR-Z series of all-electric vertical-rotary-table type injection molding machines that enable over-molding of inserted metal parts. The SR-Z is equipped with Zero-molding system and the new-theory plasticization system (SL screw) as standard features that contribute to the improvement of stable plasticization and the reduction in the number of defective moldings. In addition, SHI has innovated mold clamping units, which affect the preciseness of product dimension and the assurance of mold protection, and injection units that affect filling performance. Moreover, SHI has realized a speedier mold reversing that enables faster cycle (high throughput) processing, and has also drastically facilitated the mold-setup in comparison with the existing machines.

1 まえがき

グローバル市場での競争がますます激化している射出成形業界では、新しい生産システムおよび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への要望が増大している。このことから、特に組立工数削減を目的とした複合化製品も増加する傾向にある。

複合化製品には、一般的にはプラスチックとインサートし

た金属製品を一体化させた成形法や、プラスチック同士を同時に一体化させる2材成形法がある。本報で紹介するのは、主にインサートを前提とした成形機である。

成形工程では、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、通常は金型のパーティング面が上方に開く縦型成形機が適している。また、成形工程を行う場所とインサートを行う場所が別々であることで、生産効率を高めるべく、ロータリー方式で金型を反転(回転)させる方式が一般的

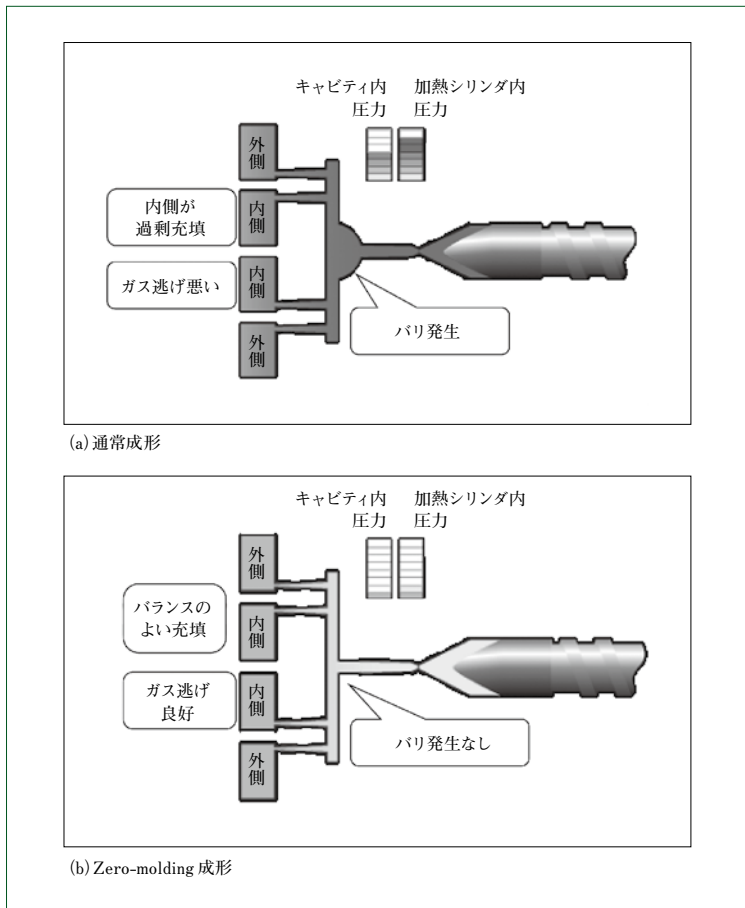


図2 成形プロセスと成形不良の関係
Comparison of molding

には採用されている。

ニッチな業界での成形とされていた組立て成形ではあるが、汎用機同様のハイサイクル、精密成形および高精度型締などは当然の要求品質となってきた。増加するニーズに応えるべく当社では、全電動型ロータリー成形機SR-Zシリーズを開発し上市した。図1に、型締力730kNのSR75Zを示す。

2 SR-Zシリーズの概要

SR-Zは、すでに汎用横型全電動成形機で多数の実績を積み、好評を得ているZero-moldingシステムや、急増中のエンジニアリングプラスチックにも対応する新理論可塑化システム(SLスクリュ)を標準で搭載している。また、型締装置にはストレスフリープラテンでの高精度化や、繰返し停止精度に優れた反転装置を組み込んでいる。さらに、作業性および安全性を考慮して低床ロータリーテーブル(クラス最低床)を実現したコンパクトかつ作業効率に優れた全電動型ロータリー射出成形機である。

3 SR-Zシリーズの特長

3.1 Zero-moldingによる流動制御⁽¹⁾

射出成形機は、加熱筒の中にある溶融状態の樹脂を、設定された速度でスクリュを押出して金型に充填させ、冷却により収縮した分を後で補充する。従来の方法では、樹脂に無理な力がかかったまま金型に完全充填させがちになる。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

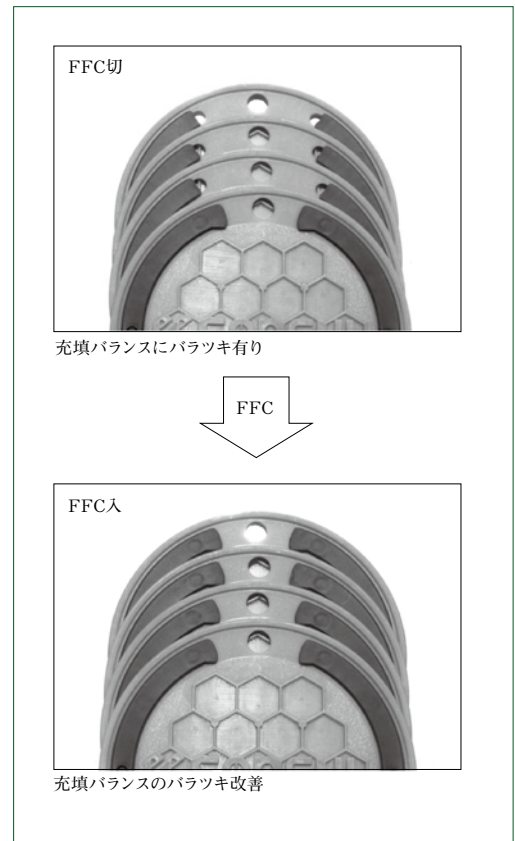


図3 FFC(Flow Front Control)成形
Molding by FFC (Flow Front Control)

なる。当社は、金型内部の樹脂流動を制御する必要性に着目した。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、すでに最新成形機SE-EV、SE-DUZ、HSZ、HDZ、CL各シリーズに搭載して実績を重ね、今回新たにSR-Zシリーズにも搭載した。

3.2 型内流動制御の必要性⁽¹⁾

(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、次に示す2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出して金型内部に充填する。

② 保圧工程

溶融樹脂は充填されると同時に型壁面から冷却され、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、金型内に樹脂を補充する。

射出成形機は①および②を行うべく、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えるタイミングは、一般的にはスクリュ位置で行う。スクリュを押しながら樹脂を金型に充填する間、型内形状に沿った圧力損失に伴い、スクリュに圧力がかかる。一方、樹脂自体もノズル・ゲートの寸法縮流部通過の際に圧縮される。その後も射出は続き、圧縮が進行しながら樹脂

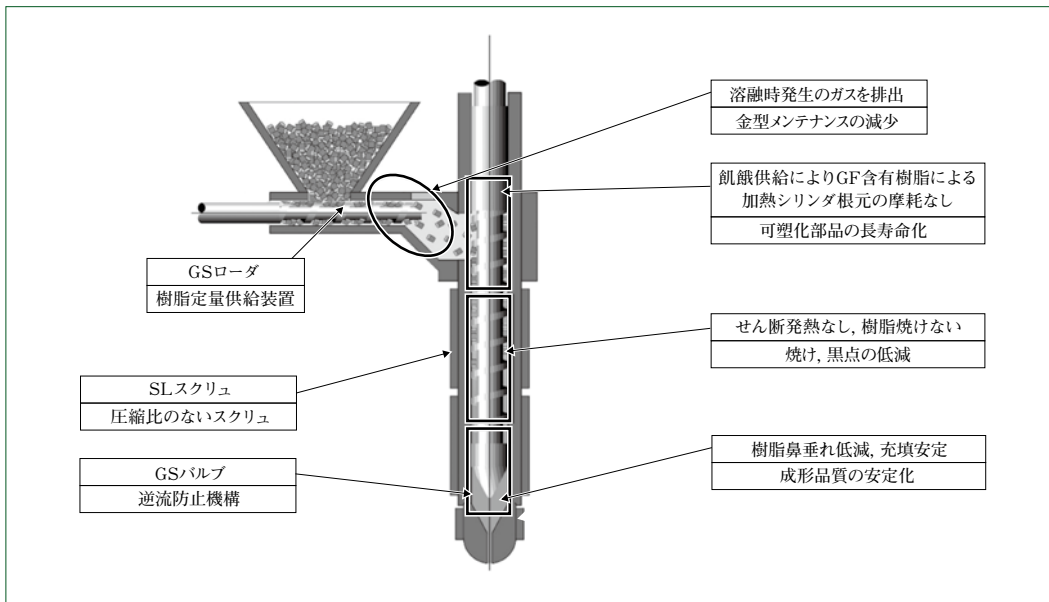


図4 SLスクリュー構造図
SL screw assembly

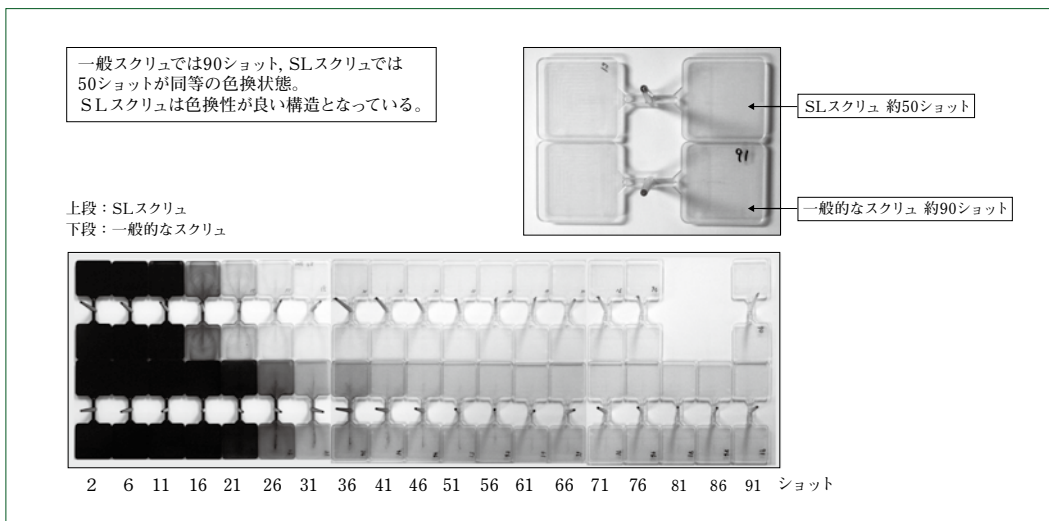


図5 縦SL色替え性能テスト
Performance test of color change

が充填され、型内にジャストバックされ射出工程が完了する。このまま保圧工程に入ると圧縮が開放されず樹脂に無理な力がかかったままになる。

次に、金型レイアウトをより実態に近付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個が先に充填され、外側2個が後に充填される。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かかる。外側2個を完全に充填させようとしてスクリューが前進し続けると、内側2個は前進分だけ過充填状態になる。その結果、外側と内部の製品品質に差が生じる。最悪の場合は内側がバリ、外側がショートというように同時不良が発生して良品が取れない(成形条件幅が狭い/ない)。

従来機では、この対策に射出工程を製品部の8、9割充填で切り上げて早めに保圧工程に入るか、射出工程最

終部での圧力制限により、スクリュー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。後者は成形機の制御応答性(スペック)に依存し、使用する機械が変わったときの条件再現性が問題になる。また、両者とも射出から保圧工程でスクリュー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) Zero-moldingの成形方法

Zero-moldingシステムとは、成形現場で起こる不良(Defects)、無駄(Loss)および面倒(Faults)ゼロを目指す新しい成形方法である。Zero-moldingの思想を実現すべく、最新機種に30種類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。

粘弾性体を充填するときに、樹脂が圧縮される問題は避けて通れない。Zero-moldingシステム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

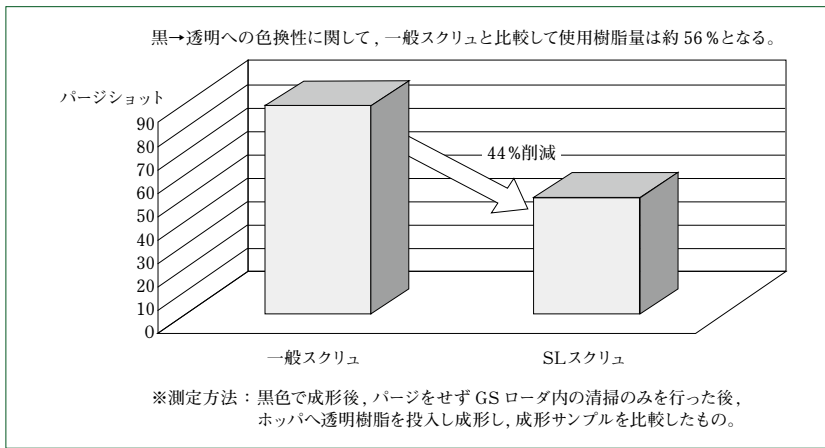


図6 パージ樹脂使用量の比較
Comparison of amount of purged resin

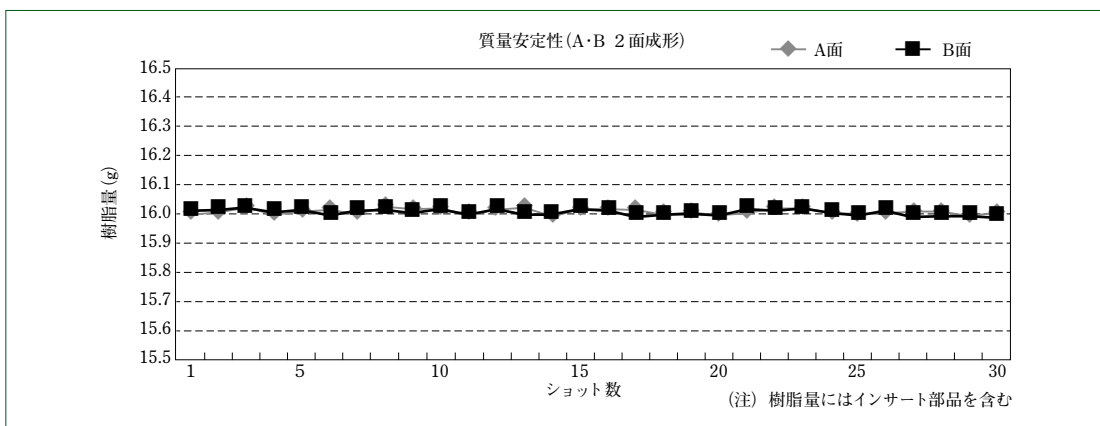


図7 TPE(ミラストマー5030NS)によるコースターの成形事例
Weight stability (2 sided molding A and B)

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体の力で充填できるように、射出動作に制限をかける。図2(b)に示したように、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圧は製品からの圧力損失の積重ねであるので、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、金型を締め付ける力(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FFC成形(Flow Front Control)と呼ぶ。FFC成形は、当社の長年の成形ノウハウから考案された。図3に、FFCの使用および未使用の実例を示す。

3.3 新理論可塑化システムSL⁽²⁾

新理論可塑化システムは、せん断要素を排除した樹脂熔融システムであり、図4に示すように、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次の4点をあげる。

- 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。
- ④ 樹脂の熔融を効率的に行い、スクリュ長を短くできる。

この結果、多品種・小ロット生産など、樹脂の色換えが煩雑な場合でも、パージ樹脂の使用量が大幅に減少し、図5および図6に示すように色換性が大幅に向上した。

デジタル化に伴うエンジニアリングプラスチック(エンブラ)の急速な普及、原材料の環境への負荷低減、鉛フリーハンダ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は激しく変化している。成形現場では、噛込み不良、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。これに対し成形機メーカーは、成形条件、スクリュ部品形状および表面処理などで対応することで成形現場の課題を解決してきた。しかし、環境や条件の変化に伴い、成形現場には従来とは違う対応が求められるようになってきた。そのエンブラ成形の最前線で起る問題を根本的に解決すべく開発を行ったのがSpiral Logic社(SL社)の新熔融理論にもとづく新理論可塑化システム(Spiral Logic SL)である。

今回開発したSR-Zシリーズは、Zero-moldingシステムとSLといった最新鋭の技術を標準で組み込んでいる。図7は図3におけるエラストマの成形をして、30ショットの質量測

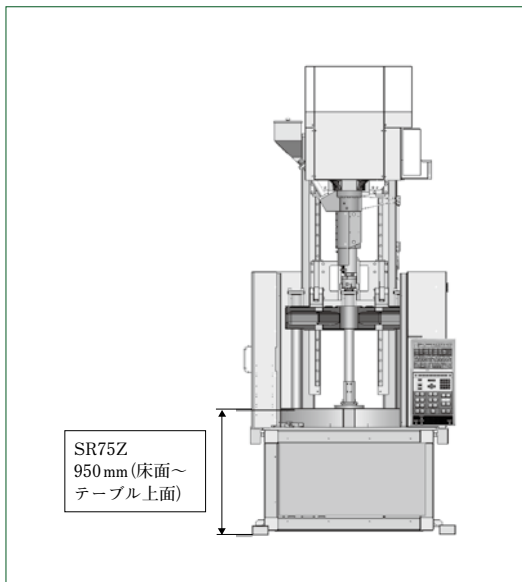


図8 低床ロータリーテーブル
Low height rotary table for enhanced safety

定結果を示したものである。ロータリー式の成形機であることから2つの金型に対して交互に成形品ができるが、重ね書きをしても、ほぼ1本に重なっていることが見てとれる。2つの金型の差が少ないと同時に、ショット間のバラツキも極めて小さいという結果が出ている(質量はインサート部品も含んだもの)。

3.4 コンパクト化と作業性の大幅な改善を実現した成形⁽³⁾

SR-Zシリーズの開発コンセプトは、コンパクトで作業効率(生産性)の高い型ロータリー成形機というものである。

- (1) コンパクト化に関しては、省スペース化と高さを抑えるという両面での実現にこだわった。省スペースの観点では、機器の配置を根本的に見直し当社従来機比で約30%のスペースを減少させた。型ロータリー機では、周辺システムと組み合わせるケースが多いことから省スペースは必要条件である。

また高さに関しては、3.3のSL可塑化システムの導入を中心に設計を見直し短縮を実現した。

- (2) 生産性・安全性の実現に向けて、特にテーブルの高さを低くすることにこだわった。半自動で人手が介在するケースも多いことからテーブル面の高さは重要である。トグルの機構を徹底的に見直すことで、金型を搭載するのに必要なデライトの仕様を確保する。そのうえで床からテーブル上面までを図8のように950mm(SR75Z)とし、電動式ではクラス最低床高さを実現した。人の腰の高さにしたことで広い足場が確保でき、踏み台などが必要ないことから段取り性やメンテナンス性が向上し、作業効率の向上と安全性が確保された。それは成形機単体のみならず周辺システムに関しても全体的に低い位置での作業が可能になることにつながっている。

3.5 高機能と高精度を実現した型締装置⁽³⁾

型締装置は、実績のあるダブルトグル式高速型締装置を採用している。定評のある低振動型開閉制御や、立方体に近い高剛性フレームの採用で型機特有の振動を極限まで低減している。高速型開閉でも、揺れの少ない可塑化装置およびプ

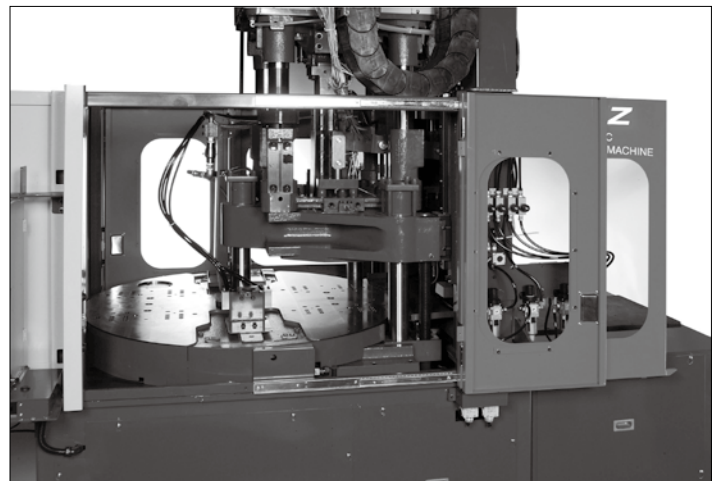


図9 安全ドア ドアスライド時+折りたたみ時(成形側金型へのアクセス)
Full open access with safety door slid open and folded
(Access to mold from molding side)

ラテンの構造となっている。また図9に示すように、作業性と安全性を同時に考慮した安全ドア構造になっている。ドアスライドと折りたたみを併用しており、作業内容により開口部の広さを変えられると同時に、余分な張出し部が発生しないように配慮している。

さらにSR-Zシリーズの型締装置は、金型寿命に対しての配慮がなされている。

- (1) 図10に示すように、ストレスフリー構造のプラテンを採用することにより従来発生している問題を解決している。1軸のノズルタッチ機構において、ノズルタッチの軸線とプラテンの支点位置がずれていることで、ねじれの力が発生し、型閉時に可動プラテン(上プラテン)が傾く恐れがある。ストレスフリープラテン構造にすることで、支点の位置がノズルタッチの軸線と同軸上になる。可動プラテン(上プラテン)が水平に保たれることから、型開閉時に金型ガイドピンやパーティング面などに無理な力をかけずに成形することが可能となった。型開閉時のプラテンの傾きがなくなること、成形時の型締力を下げることが可能になり、金型寿命の長期化が期待できる。
- (2) 横型汎用機で実績を積み重ねた高感度金型保護装置を標準で装備したことで、金型アングラビンの折れなども検知可能である。図11に、高感度金型保護の事例を示す。

3.6 高機能と高生産性を実現した反転装置⁽³⁾

ロータリー機構を持つ型機では、下金型を移動させる反転(回転)機構が成形品質に与える影響は極めて大きい。そのなかでも特に反転精度、金型搭載部の剛性、反転速度および搭載金型への対応性が重要である。

下金型2面を使用する本方式では、反転の精度が悪く、反転した後の位置が不安定になると、2型での製品にバラツキが生じるばかりでなく、金型にも悪い影響を及ぼす。SR-Zシリーズでは、180°の反転位置決めは信頼性の高いメカニカルストップ方式を採用している。微調整も可能な構造になっ

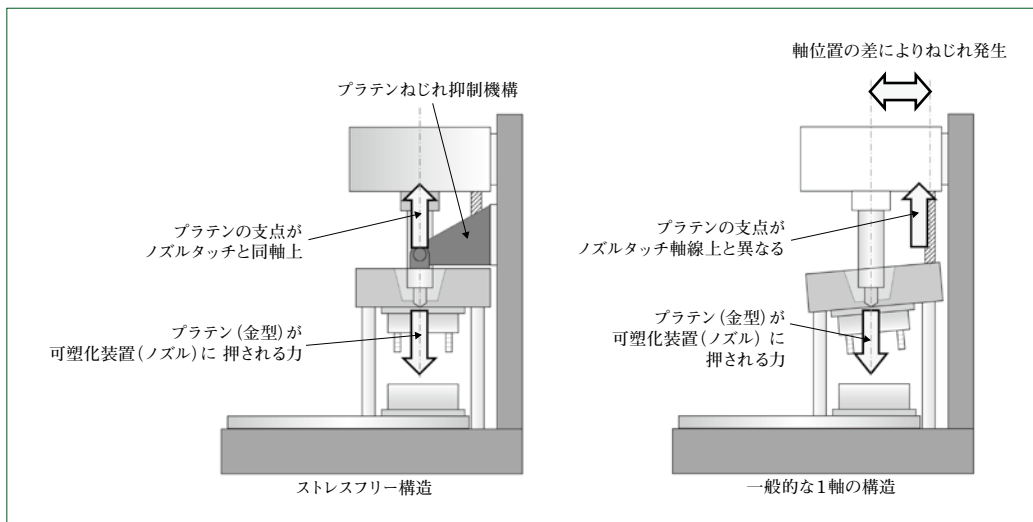


図10 ストレスフリープラテン
Stress-free platen

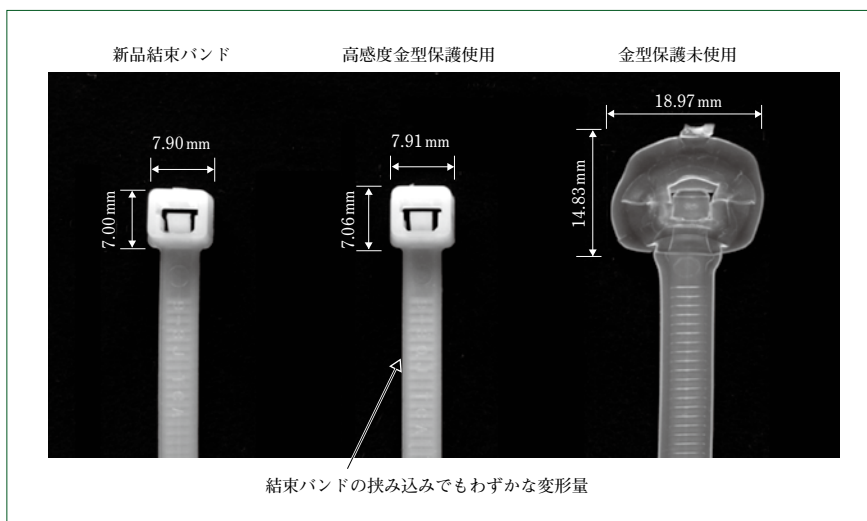


図11 高感度金型保護の事例
Higher-level mold protection

ており、180°の繰返し停止精度を保障している。

テーブル広さは、1クラス上の型締装置用の金型を搭載できる大きさとしたが、最適なサーボモータを搭載することにより、180°反転時間は1.2秒を実現した。テーブルの面積を広くすることで金型設計の自由度も向上させている。

型締装置および反転テーブルの剛性が不足すると成形品にバリの発生や、型締時にガイドピンを摩耗させるなどの不具合が生じる。テーブル面積を広げたことにより剛性面では不利に作用するが、テーブルおよび固定プラテンの形状を工夫することで、剛性を確保しつつ仕様面で使いやすさを実現することができた。

4 あとがき

- (1) 当社のSR-Zシリーズはお客様の声である「スペース最小化」、「段取り・メンテナンス性向上」、「操作性向上」、「不良低減」、「生産性向上」などの要求に応えるべく開発した成形機である。
- (2) 最新の技術Zero-MoldingやSLを標準で組み込むことにより、成形現場で起きている長年の懸案事項の解決策も提案できるのではないかと考えている。近年では、射

出成形機業界でも自動車や家電業界など他産業と同様に中国や台湾の新興国メーカーが台頭してきている。それらに対抗するには付加価値のある成形機を提案し続けることが不可欠であると考えます。

- (3) 成形業界においては、組立て時間短縮や生産効率改善に向けて専用機への取組みが増加する傾向にある。それらの市場要求に応えるべく、型締力の異なるSR-Zシリーズを開発し上市する予定である。

また、新たな市場要求に対応し、さらなる高付加価値化、生産性および品質安定性に優れた成形機を開発していく所存である。

(参考文献)

- (1) 徳能竜一, 型内樹脂流動の確認方法およびZero-moldingによる流動制御, 型技術, 第26巻, 第8号, 2011, 8月号, p.46~47.
- (2) 丸本洋嗣, 新溶融理論に基づく新理論可塑化システム, 住友重機械技報, no.171, 2009, p.13~14.
- (3) 齋藤泰史, 生産効率の進化を遂げた高付加価値複合成形機, プラスチックスエージ, vol.59, 2013, Feb, p.54~59.

※「Zero-molding」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

全電動射出吹込成形機 SE130NP

Sumitomo All Electric Injection Blow Molding Machine

●坂 本 一 郎*
Ichiro SAKAMOTO



射出吹込成形機 SE130NP
SE130NP Injection blow molding machine

1 はじめに

本機は、主にHIPS(High impact polystyrene)製の小容量飲料ボトル製造用として使用される。型締装置内に反転金型を有し、プリフォームを成形し、次サイクルでプリフォームを低圧エアで膨らまし、中空ボトルを作るところに特長がある。

当社の製作した射出吹込成形機は、1967年の初号機リリース以来、国内外で生産に寄与してきたが、この度電動射出成形機をベースマシンとしてモデルチェンジを行った。

2 特長

2.1 駆動方式の比較

従来の射出吹込成形機(油圧NP機)が、金型部分(回転型、割型)含めすべて油圧駆動であったのに対し、本機は電動駆動もしくはHST(Hydro Static Transmission)を用いている。

各アクチュエータを動作させるときのみ、モータを駆動させることから、従来機と比べ、省エネルギーシステムとなる(表1)。

2.2 省エネルギー効果

電動駆動を使用することにより、エネルギー消費量が従来の油圧射出成形機と比べ40%削減された(図1、表2)。これにより、年間100万円程度の削減が可能となった(表3)。同時に、放熱量が30%削減された(図2)ことで、空調設備におけるエネルギー消費量の削減が可能となった。

2.3 クリーン化対応

可動プラテンと反転金型を支持する中間型を4本のタイバ

表1 駆動方式の比較
Comparison of drive systems

	油圧NP機	電動NP機
型開閉、型締	油圧	電動 (サーボモータ+ボールネジ)
回転型開閉	油圧	HST
回転型回転	油圧 (オイルモータ)	電動 (サーボモータ)
割型	油圧	HST
射出、保圧	油圧	電動 (サーボモータ+ボールネジ)
スクリュ回転	油圧 (オイルモータ)	電動 (サーボモータ)
可塑移動、ノズルタッチ	油圧	HST

ーで支えるのではなく、フレーム上のリニアガイドで支える構造とすることで、可動プラテンおよび中間型とタイバーを非接触とし、タイバープッシュ部へのグリース潤滑を不要とした(図3)。

これにより、製品にグリースが付着するリスクが大幅に減るとともに、過剰に塗布されたタイバー上のグリースを拭き取るという作業からも開放された。

2.4 型締力均一化

汎用射出成形機SEシリーズで定評のあるセンタープレスプラテンを採用している。

センタープレスプラテンの特長は、金型が受ける面圧を均一に分布させることである(図4)。実機の計測結果で面圧分

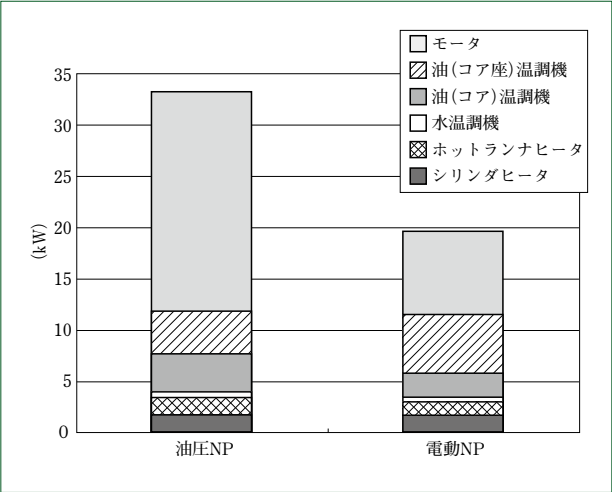


図1 消費電力比較
Comparison of power consumption

表2 消費電力比較データ
Comparison of power consumption

	油圧 NP (kW)	電動 NP (kW)
シリンダヒータ	1.76	1.76
ホットランナヒータ	1.66	1.16
水温調機	0.44	0.48
油 (コア) 温調機	3.87	2.37
油 (コア座) 温調機	4.11	5.73
モータ	21.34	8.36
合計	33.18	19.86

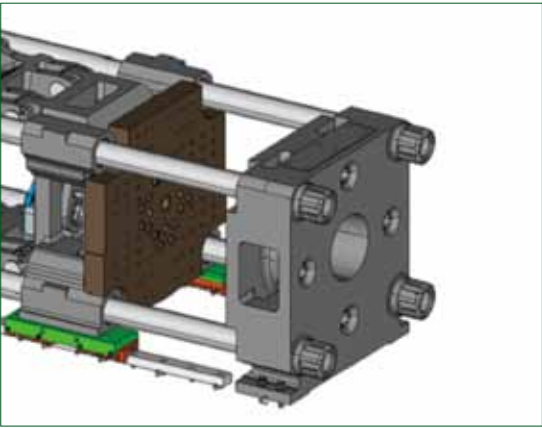


図3 リニアガイド方式型締装置
Clamping unit with linear guide

布係数 $\sigma/\bar{x}$ を従来機比40%に低下させることができた。

2.5 型締力の低減(最適化)

センサを装備し、リアルタイムで型締力を計測する。これにより金型温度の変化などによって変動する型締力に対し自動補正を行い、過度な型締力が加わるのを避けることが可能となった。

2.6 その他の機能

全条件をタッチパネル画面から入力可能とし、連続成形中に条件変更することを可能とした。

メンテナンス性に考慮し、定期交換部品の交換時間を短縮できるように配慮した。

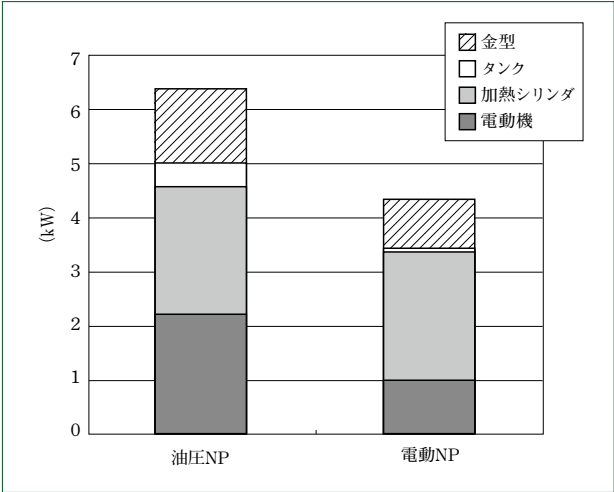


図2 放熱量比較
Comparison of radiated heat

表3 消費電力比較データ
Comparison of power consumption

削減消費電力	13.32 kWh
電力単価	15 ¥/kW
稼働時間	16 hr/日
稼働日数	300 日/年
年間削減費用	959 千円

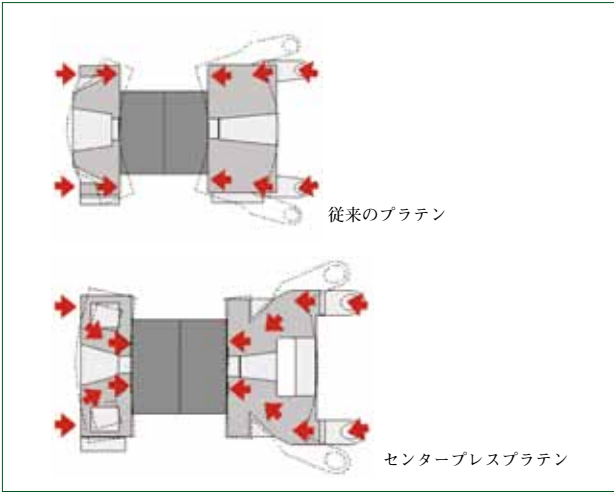


図4 センタープレスプラテン
Center press platen

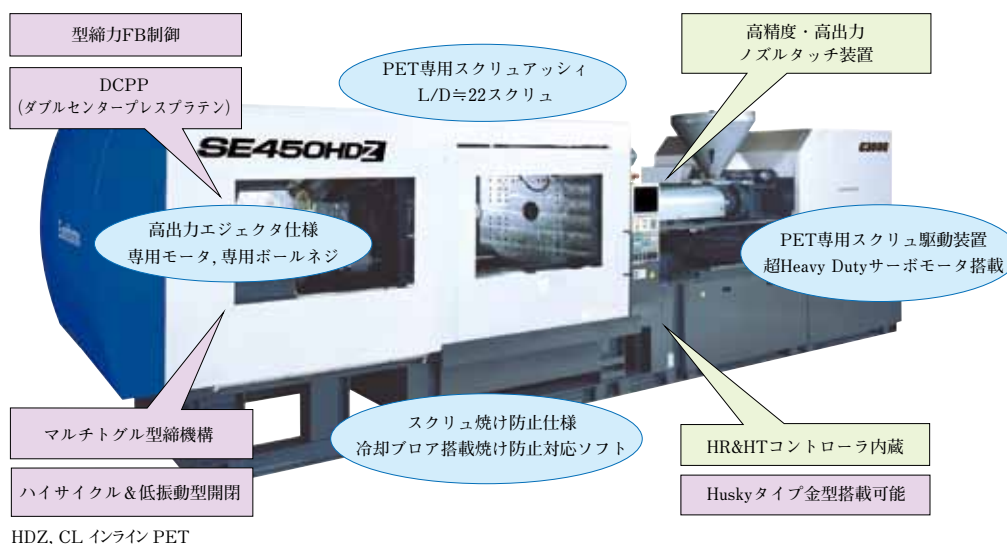
3 おわりに

- (1) 電力消費量削減が求められているなか、アクチュエータをすべて電動駆動にすることで、消費電力量を40%削減した。
- (2) クリーン化対応や型締力均一化など、長期にわたって使われるお客様への配慮により考案された新機能を付加した。

全電動インラインスクリュ式PET成形機

Features of All-electric PET Machine

● 鷹 薙 龍 一*
Ryuichi TAKANOHASHI



インラインPET成形機
Inline-PET injection molding machine

1 はじめに

本射出成形機は、汎用全電動成形機HDZおよびCLシリーズをベースとしてPET成形用アプリケーションをパッケージ化したもので、さまざまなPET製品の製造を目的としている。

PET樹脂は非常に軽く、しかも強度が得られることから、広く日常生活の中で使われている。なかでも飲料用PETボトルが一般的だが、飲料用の場合は大量生産して製品単価を下げることからブリブラ式PET専用機が使われる。本報では、シャンプーや化粧品および食品容器など、比較的小ロット多品種生産向けのインラインスクリュ式PET成形機を紹介する。

PET樹脂は、非常に樹脂粘度が高いことから、樹脂を溶かす可塑性部分と、製品を突き出すエジェクタ装置に高トルク・高出力が求められる。このことにより、PET専用スクリュを搭載し、可塑性とエジェクタ部分に大容量のサーボモータを搭載した。これがインラインスクリュ式PET成形機の主な特長である。

2 成形機ラインナップ

機械の大きさとしては、型締(金型を締め付ける)力2740kN～5390kNまでで4機種、エジェクタ(製品を突出す)力98kN(瞬時127kN)と、230kNの2種類。射出(樹脂を充填する)装置はC2200、C3000およびC5800の3種類、スクリュも3種類の径を用意し、それぞれ組み合わせて選べるよう製品をラインナップした(図1)。

3 機種選択方法

機種選択方法としては、1回当たりで充填できるショットボリュームと、金型を搭載できる盤面サイズで決定され、生産量は樹脂を可塑性する能力などで決定される。お客様に希望する生産形態、製品形状およびサイズを聞き、打合せをして機種を決めていく(表1)。

4 焼け防止装置

PET樹脂は、高温に加熱して溶かすので生産中は問題ないが、機械を停止した際に高温のまま放置すると変色したり炭化してしまう。それらがスクリュその他に付着し、次の成形時に黒点などの不良の原因となることが悩みであった。機械を停止するときはヒータを保温にするが、スクリュ径が大きく温度がなかなか下がらないので放置していると大差なく、多品種小量生産の現場では定期的なスクリュ清掃が欠かせないものとなっている。

本成形機はそのような悩みを解決すべく、シリンダヒータ各ゾーンに冷却ファンを設置して、保温時に急冷できる機能を準備した。また、スクリュ回転の発熱でヒータの設定温度に対し偏差が生じた場合、ファンが自動で回り、発熱を防止できる機能も兼ね備えている(図2)。

これによりPET製品の不良低減と、メンテナンス周期の延長が図れると好評を得ている。

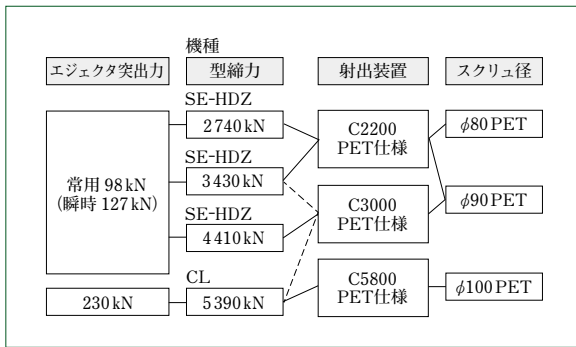


図1 成形機ラインナップ
Lineup of injection molding machines

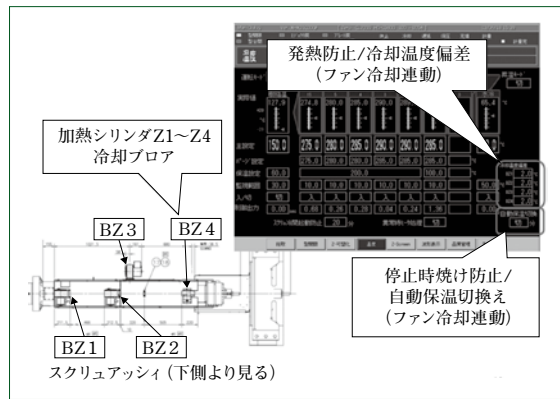


図2 焼け防止装置
Device of resin barn prevention

表1 機種選択リスト
List of machine choice

成形機	SE280HDZ	SE280HDZ	SE350HDZ	SE350HDZ	SE450HDZ
スクリュPET専用仕様	C2200 φ80	C2200 φ90	C2200 φ80	C2200 φ90	C3000 φ90
ショットボリュウム (実績および予想)	1300 g	1600 g	1300 g	1600 g	2000 g
予想キャビティ数	16×80 g 以下	16×100 g 以下	16×80 g 以下	16×100 g 以下	16×125 g 以下
	24×55 g 以下	24×65 g 以下	24×55 g 以下	24×65 g 以下	24×80 g 以下
	32×40 g 以下	32×50 g 以下	32×40 g 以下	32×50 g 以下	32×60 g 以下
	型寸で不可	型寸で不可	EJ 突出力で不可	EJ 突出力で不可	48×40 g 以下
最大型締力	2740 kN	2740 kN	3430 kN	3430 kN	4410 kN
エジェクタ力 (アップ仕様)	98 kN (瞬時127 kN)	98 kN (瞬時127 kN)	98 kN (瞬時127 kN)	98 kN (瞬時127 kN)	98 kN (瞬時127 kN)
エジェクタストローク	120 mm	120 mm	150 mm	150 mm	175 mm
タイパ間隔 (横×縦)	685×635 mm	685×635 mm	760×710 mm	760×710 mm	870×820 mm
ブリフォーム全長	120 mm 以下	120 mm 以下	120 mm 以下	120 mm 以下	150 mm 以下

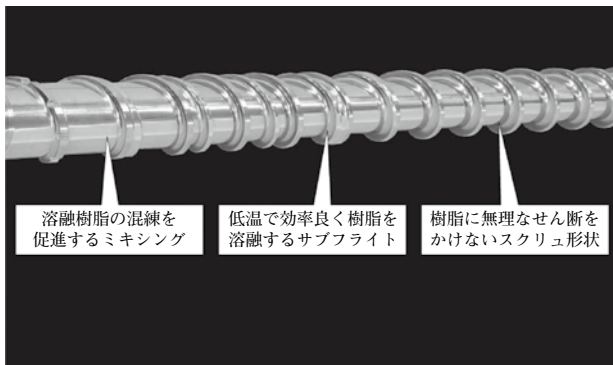


図3 PET専用スクリュ
Screw exclusively for PET

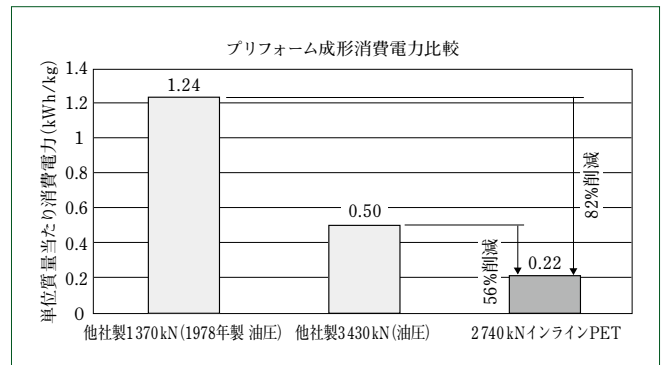


図4 消費電力比較データ
Comparison of power consumption

5 PET 専用スクリュ

PET専用スクリュは、従来のSFスクリュを改良した高可塑性・低温可塑性スクリュである(図3)。PET成形に要求されるハイサイクル成形、AA(アセトアルデヒド)値低減および外観品質(ヘイズ、混練不良)改善に効果が期待できる。

6 消費電力比較データ

PET成形時の単位質量当たりの電力消費量を他社製油圧機と比較した(図4)。

- ・他社製1370kN油圧機: 1.24kWh/kg
- ・他社製3430kN油圧機: 0.50kWh/kg
- ・当社製SE280HDZインラインPET機: 0.22kWh/kg

3430kN油圧機に対しては56%削減、1370kN油圧機(1978年製)に対しては82%削減と、圧倒的な省エネルギー性能を発揮することを確認した。

7 おわりに

- (1) 電力消費量削減が求められているなか、アクチュエータをすべて電動駆動にすることで、消費電力量を50%以上削減した。
- (2) PET成形用に必要なアプリケーションをパッケージ化したほか、モジュールバリエーションを増やし、さまざまな品種や要望に対応し選択できるよう配慮した。

パレットキャッチャー式リフトリモコンの改良

Pallet Catcher



物流・倉庫業界では、人手による小口のピッキング作業が増加してきている。その際の取りおろし作業に適應する装置として、フォークリフト本体の機能を利用し、作業者を上昇および下降させるリフトとして用いるリフトリモコンがある。

リフトリモコン仕様のフォークリフトでは、作業内容に応じて作業モードを切り替えられるようにしている。荷役装置のバックレストに取り付けられたスイッチで、フォークリフト作業またはリフトリモコン作業のいずれかが選択できる。フォークリフト作業のモードでは、通常のフォークリフトとして運転席での走行および荷役の操作をする。リフトリモコン作業のモードでは、フォーク上の足場に作業者が乗り、バックレストに取り付けられたスイッチの操作で上昇および下降させ、所定の高さの棚から人手で荷を取ることができる。

作業者の落下による危険を防止する必要がある、リフトリモコン仕様でそれを満たす方法は大別して2つある。足場と手摺りを設けた搭乗用のケージを用意しフォークに固定する方法と、平パレットを足場として使用する方法である。この度、リーチフォークリフトのモデルチェンジを行い、それに合わせ、後者の方法のパレットキャッチャーを改良した。

主要仕様

車体幅 標準のもの

バックレスト 高さ 1400mm

バックレスト 幅 1000mm

パレットキャッチ 作動方式 足踏み

手摺り 高さ	900mm
手摺り 内のり 前後×左右	460×900mm (搭乗スペース)
リフトリモコンの操作	作業モード切替 上昇/下降/非常停止

特 長

- (1) 平パレットを作業者の足場として簡単な操作でフォークに装着可能とした。フォークでパレットをすくい、キャッチ機構を足で押し下げるだけで装着が完了し、手でピンを引くことで解除できる。パレットの保持は、フォーク上面とキャッチ機構のキャッチアーム下面をパレットのフォークポケット内面に押し付けることで行う。
- (2) キャッチアームの動きを直線としたことで、パレットを保持するときのキャッチアーム内側の間隔が従来に比べ大きくなり、使用可能なパレットの選択肢が増した。
- (3) 手摺りのガイド構造の見直しにより、手摺りの展開および収納の動きをスムーズにした。

(住友ナコ マテリアル ハンドリング株式会社 澤田光男)

住友重機械技報第183号発行に当たり

住友重機械技報第183号をお届け致します。

本誌は、当社が常々ご指導いただいている方々へ、最近の新製品、新技術をご紹介申し上げ、より一層のご理解とご協力をいただくよう編集したものです。

本誌の内容につきましては、さらに充実するよう努めたいと考えますが、なにとぞご意見賜りたく、今後ともよろしくご支援下さるよう、お願い申し上げます。

なお、貴組織名、ご担当部署などについては、変更がございましたら裏面の用紙にご記入のうえ、FAXでお知らせいただきたくお願い申し上げます。また、読後感や不備な点を簡単に裏面用紙にご記入願えれば幸いに存じます。

2013年12月

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

住友重機械工業株式会社

技術本部 技報編集事務局

(宛先)	(発信元)
住友重機械工業(株) 技術本部 技報編集事務局 行 FAX 横須賀 046 - 869 - 2355	貴組織名 担当部署 氏 名 TEL No. FAX No.

住友重機械技報第183号の送付先の確認と読後感などの件		
送 付 先 変 更	(旧送付先)	(新送付先)
	送付番号 _____	送付番号 _____
	組織名称 _____	組織名称 _____
	担当部署 _____ ➡	担当部署 _____
	所在地 _____ 〒 _____	所在地 _____ 〒 _____
新 規 送 付 先	新しい部署ができた場合ご記入下さい。	
	組織名称 _____	
	担当部署 _____	
	所在地 _____ 〒 _____	必要部数 _____ 部
本 号 の 読 後 感 に つ い て	1. 本号で、一番関心を持たれた記事は。	
	2. 本号を読まれたご感想をお知らせ下さい。(○印でご記入下さい。)	
	1 興味深かった 2 特に興味なし	
	その理由をお聞かせ下さい。	

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
アルタックス，精密制御用サイクロ減速機，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，
プレストギヤモータ，[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
ンブロー成形システム，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 ●成膜装置：(太陽電池，タッチパネル，有機EL
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

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，陽子線治療システム ●冷凍機：パル
スチューブ冷凍機，4KGM 冷凍機，スターリング冷凍機，MRI
用冷凍機，クライオポンプ●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。

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

金属加工機械

●鍛圧機械：フォーjingプレス，油圧プレス，フォーjingロール，
超高圧発生装置 ●工作機械，クーラント処理装置 ●SPS(放電ブ
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，コークス炉移動機械

船舶海洋

●船舶：油槽船，撒積運搬船，鉾石運搬船，鉾油兼用船，コンテナ船，自
動車運搬船，その他海洋構造物

インフラ整備関連

●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。

事業所

本社	〒141-6025	東京都品川区大崎2丁目1番1号(ThinkPark Tower)	技術研究所	〒237-8555	神奈川県横須賀市夏島町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)	技術研究所	〒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)	(田 無)		
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1号			
横須賀製造所	〒237-8555	神奈川県横須賀市夏島町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					
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			

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。

住友重機械工業株式会社のホームページ <http://www.shi.co.jp/>

技報編集委員

委 員	下園 一治	委 員	小松 幹生
	石田 浩修		天野 光昭
	平田 徹		岡林 明伸
	井上 千晶		村田 圭三
	秋山 年春		柴田 憲司
	長部 洋介		田村 悟
	浅井 一浩		坂根 剛
	川井 浩生		石倉 武久
	諏訪 義和		長坂 勇希
	鈴木雄一郎		岩本 和也
		事 務 局	技術本部
		編集協力	(株)千代田プランニング

住友重機械技報

第183号 非売品

2013 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 046-869-2326

発行人 谷口 勝彦