

Sumitomo Heavy Industries Technical Review



Apr.2021
No.203 ISSN 0387-1304

A detailed, colorful illustration of various mechanical components, including gears, shafts, bearings, and control panels, arranged in a complex, interconnected layout. The style is reminiscent of technical drawings or a mechanical assembly diagram.

住友重機械 技報

プラスチック機械特集
Special Issue for Plastics Machinery

住友重機械技報 No. 203 2021

プラスチック機械特集

論文・報告	ICT活用による成形セルのIoT化	羽野勝之	1
	射出成形機における高剛性・高耐久フレーム設計技術	山中一真, 松浦大志	7
	金型温度分布最適化計算手法によるコンフォーマル冷却金型Kool+の開発	川崎一真, 張 昕, 石田浩修	13
	3次元コンフォーマル冷却金型の製造技術開発	張 昕, 石田浩修, 平田 徹, 川崎一真	17
技術解説	高速自動金型交換による生産性向上	助田直史	23
	容器専用全電動射出成形機 SEEV-A-HD CT-6 spec.	伊藤陽介	25
	インジェクションブロー成形機 SE130NP	深山寿秀	27
	全電動2材射出成形機 SE400HS-CI	石井 努	31
	PET市場の最新動向に対応するSP500Eの技術紹介	竹内 滋	33
	トータルコスト削減に寄与するSE30EV-A	森谷知寛	35

Special Issue for Plastics Machinery

T/PAPERS	Adaptation of Modeling Cells to IoT by Utilizing ICT	Katsunobu HANO	1
	Design Technology for Highly Rigid and Durable Frame Structure for Injection Molding Machines	Kazuma YAMANAKA, Taishi MATSUURA	7
	Development of Optimized Mold Cooling Concept, Kool+ Based on Homogeneous Thermal Distribution Analysis	Kazuma KAWASAKI, Xin ZHANG, Hironobu ISHIDA	13
	Development of Fabrication Technology for 3D Conformal Cooling Mold	Xin ZHANG, Hironobu ISHIDA, Toru HIRATA, Kazuma KAWASAKI	17
T/INVITATIONS	Higher Productivity Due to Automatic Quick Mold Change	Naofumi SUKEDA	23
	All Electric Injection Molding Machine for Packaging SEEV-A-HD CT-6 spec.	Yosuke ITO	25
	Injection Blow Molding Machine SE130NP	Toshihide MIYAMA	27
	All Electric Injection Molding Machine Double-Shot SE400HS-CI	Tsutomu ISHII	31
	Technical Introduction of SP500E for Current Trend of PET Molding Market	Shigeru TAKEUCHI	33
	SE30EV-A That Contributes to Total Cost Reduction	Tomohiro MORIYA	35

プラスチック機械特集

Special Issue for Plastics Machinery



ICT活用による成形セルのIoT化

Adaptation of Modeling Cells to IoT by Utilizing ICT

●羽野 勝之*
Katsunobu HANO



i-Connect

プラスチック射出成形の現場においても、ICTを活用した生産の計画・実行・管理などが可能となったことで、成形セル内の設備間連携や成形工場のネットワーク化が急務となっている。このような状況において、当社が提供する成形セル向けのIoT技術と商品について、業界の動向を交えて紹介する。

成形工場のネットワークで重要となる通信仕様はメーカーや設備ごとに異なっていたが、2016年ごろより国内でも欧州の通信規格へ統一する動きがある。そのなかでもOPC-UAをベースとした新しい通信規格が順次リリースされている。

当社の成形セル向け生産品質管理システムi-Connectは、射出成形機と付帯設備・外部センサの情報を統合し、生産現場のIoTを構築するコアアプリケーションとなっている。本報ではその基本機能や活用事例について紹介する。

Even at the sites of plastic injection molding, it has become possible to plan, execute, and manage production using ICT, so there is an urgent need for cooperation between equipment in molding cells and networking of molding factories. Under these circumstances, we will introduce the IoT technology and products for molding cells that we provide, along with industry trends. Communication specifications, which are important in the molding factory network, differed by manufacturer and equipment, but from around 2016, there is a movement to unify them to European communication standards even in Japan. Among them, new communication standards based on OPC-UA are being released one after another. Our production quality management system i-Connect is a core application that integrates information from injection molding machines, peripheral equipment, and external sensors to build IoT at production sites. In this report, we will introduce its basic functions and application examples.

1 まえがき

ドイツのインダストリー4.0や中国の中国製造2025と並び、日本では2018年に第5期科学技術基本計画においてSociety 5.0という概念が提唱され、超スマート社会の実現を目指し産学共同でICTの活用を進めている。この流れを受け、製造業においてもデジタル化およびネットワーク化の流れが進んできており、産業分野のIoTであるIIoT (Industrial Internet of Things)により機械、各種設備、ITシステム、人

などをネットワークで相互接続し、データを活用する取組みが行われている。これにより生産現場の効率化、見える化および自動化などを進め、スマートファクトリーの実現を目指している。このようななか、当社はプラスチック射出成形セル(成形セル)向けIoTアイテムの開発および商品化を行ってきた。本報では、成形セル向けIoTの特長を説明し、成形セル向け生産管理システムi-Connectの特長や導入事例を紹介する。



図1 温調機管理画面
Management screen of mold temperature controller

2 成形セル向けIoTの特長

プラスチック射出成形にて成形品を生産するには、射出成形機(成形機)や金型以外にさまざまな設備が必要となる。成形品を金型から取り出す取出しロボットをはじめ、金型の温度を調整する温調機やホットランナコントローラ、樹脂内の水分を除去する乾燥機などがあげられる。これらの生産設備により成形セルが構成されており、成形セル内にある設備がM2M(Machine to Machine)により相互に情報の交換を行うことで、生産の自動化や省力化が可能となる。通常、このような成形セルは成形工場の規模により数十～数百あることから、これらの設備を一元管理するMES(Manufacturing Execution System)などの上位システムが利用されている。当社でも成形セル内のデータを収集し、モニタリング可能な生産品質管理システム(i-Connect)を開発して2019年に商品化した。

ところで、M2Mのような成形セル内の設備間の情報交換や、管理システムによる成形セルのデータ収集を行うには、それぞれの設備やシステムをネットワーク化し通信を行う必要がある。成形セルおよびその管理システム向けに利用されている主な通信仕様について次に示す。

2.1 成形セル内の設備間通信

設備によっては、通信規格対応の世代により仕様や機能に制約がある。このようななかで20年以上前から利用されている通信規格が、SPICCP(The Society of the Plastics Industry, inc. Committee on Communication Protocol)である。これはアメリカのプラスチック産業協会により提唱されたRS422/485によるシリアル通信用のプロトコルで、単純な通信のコマンドでデータの送受信が可能である。また、同じシリアル通信としてModbusがある。ModbusはModicon社がPLC(Programmable Logic Controller)向けのデータ通信用に開発した通信プロトコルで、仕様が公開されていることから産業分野で幅広く採用されている。さらにModbusには、シリアル通信以外にTCP/IPに対応したModbus TCPがある。Modbus TCPによる通信は、RS422/485によるシリアル通信と比べ10倍以上の高

速データ通信が可能となっている。このことから、ホットランナコントローラなど比較的数据量の多い設備との通信にModbus TCPが用いられるケースが多い。

一方、データ量の少ない温調機や乾燥機では、シリアル通信であるModbus RTUがSPICCP同様に使用されている。成形機がこれら設備と通信することで、図1のように成形機の画面に温調機の設定画面が表示され、成形機側から温調機をコントロールできる。また、成形条件と温調機の状態をリンクさせることができるので、設定忘れやミスによる品質トラブルを防ぐ効果がある。

2.2 成形セルと上位システムとの通信

通常、射出成形では1工程で1個または複数のプラスチック成形品が製造され、1工程をショットという言葉で定義している。これにより、成形品の品質に関するデータはショットごとに管理することが一般的である。また、1工程にかかる時間は成形品により異なっており、狭ピッチコネクタなどの小物成形品では、数秒オーダーで複数の成形品が製造されることもある。成形セル内の設備および成形品質に関するデータは成形機にて集約され、MESなどの管理システムへ送信される。成形機と管理システム間の通信は、TCP/IPによるソケット通信が主流だが、その上位層で定義される通信プロトコルは、装置メーカーや管理システムごとに異なる場合が多い。

一方、ヨーロッパでは、プラスチック・ゴム用加工機械業界を傘下とした組織であるEUROMAPが主体となり、EUROMAP63というファイルベースの通信仕様を20年近く前に策定し展開している。本仕様はSPICCPを策定したアメリカのプラスチック産業協会も参画しており、誰でも利用可能となっていることから、欧米の多くの成形機メーカーと管理システムメーカーで利用されてきた。国内でも、2016年に経済産業省の委託事業として近畿経済産業局、ムラテック情報システム株式会社、一般社団法人西日本プラスチック製品工業協会が主体となり進めた「プラスチック企業における成形条件情報の共通化およびシステムオープン化」事業にてEUROMAP63が採用された(図2)。i-Connectには、この事

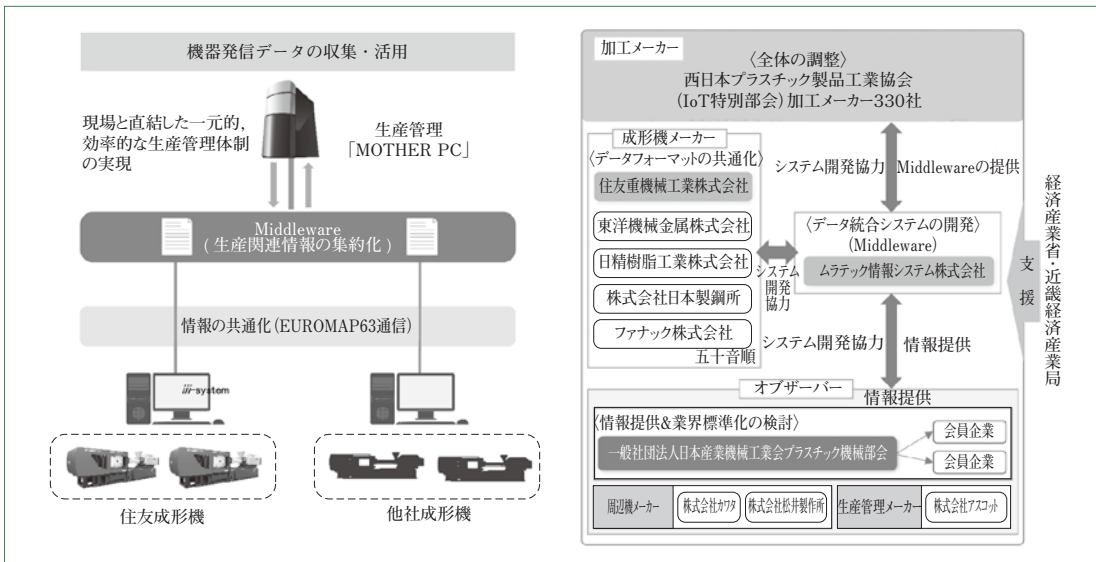


図2 成形条件情報の共通化事業イメージ⁽¹⁾
Business image of standardization of molding condition information

表1 成形機向け新通信規格
New communication standards for injection molding machines

	旧通信規格		新通信規格	
	名称	特長	名称	特長
共通	・なし	・なし	⇒ ・EUROMAP83 (OPC 40083)	・OPC-UA 共通定義情報
成形機-MES	・EUROMAP63 ・メーカーオリジナル ・DIO信号	・ファイルベース ・TCP/IP 通信 ・稼働/ショット数のみ	⇒ ・EUROMAP77 (OPC 40077)	・OPC-UA+MES連携用 情報モデル
成形機-温調機(MTC)	・EUROMAP66 ・SPICCP ・DIO信号	・CANバス ・RS422/485 ・異常信号のみ	⇒ ・EUROMAP82.1 (OPC 40082-1)	・OPC-UA+MTC連携用 情報モデル
成形機-ホットランナ(HRD)	・Modbus TCP ・DIO信号	・TCP/IP 通信 ・異常,動作信号のみ	⇒ ・EUROMAP82.2 (OPC 40082-2)	・OPC-UA+HRD連携用 情報モデル
成形機-LIMS(Liquid Injection Molding System)	・DIO信号	・異常,動作信号のみ	⇒ ・EUROMAP82.3 (OPC 40082-3)	・OPC-UA+LIMS 連携用 情報モデル
成形機-取出し機	・EUROMAP67 ・SPI ・個別DIO信号	全てDIO信号で,動作仕様が定義されている	⇒ ・EUROMAP79 (OPC 40079)	・OPC-UA TSN : 1ms 以下のリアルタイム通信 (データ+信号)
成形機-材料供給機	・Modbus RTU ・DIO信号	・RS422/485 ・異常信号のみ	⇒ ・OPC40086	・MES 連携機能あり

業で開発されたデータ統括ソフトであるミドルウェアと連携する機能が標準搭載されている。

2.3 成形業界通信規格共通化の動向

ヨーロッパでは、EUROMAPが2014年頃より新しくOPC-UA (Object Linking and Embedding for Process Control- Unified Architecture) をベースとした通信規格の検討を始めた。OPC-UAは、国際電気標準会議によってIEC62541として標準化された通信プロトコルで、ドイツのインダストリー4.0の標準参照モデル(RAMI: Reference Architecture Model Industrie 4.0)にも採用されている。EUROMAPは2016年のK2016(ドイツの国際プラスチックフェア)の開催に合わせ、成形機とMESとの新通信規格であるEUROMAP77のRelease Candidateを発行した。その後、成形機と成形セル内の設備間の通信にもOPC-UAをベースとした新通信規格を策定しており、表1のように古い通信仕様から新通信仕様への更新が進められている。

一方、日本・アメリカ・中国も各工業団体などを通じてEUROMAPとのパートナーシップを構築し、国の垣根を超えて共通の通信規格の利用を進めている。このような取組みもあり、OPCの開発と維持を行っているOPC Foundation(非営利組織)にて、EUROMAP77を始めとした通信規格に対し、OPCの文書番号が付与され管理されることとなった。このように通信規格の共通化や国際化は進んでいるものの、成形セル内の多くの設備は10年以上使用されることが多く、RS422/485といった古くからある通信仕様にも継続して対応していく必要がある。

3 i-Connect の特長

成形セル向け生産品質管理システムであるi-Connectは、成形機と付帯設備・外部センサの情報を統合し、成形セル全体の監視・管理機能を飛躍的に向上させ、よりハイレベルでボーダレスな効率生産の実現に寄与すべく開発されたシステム

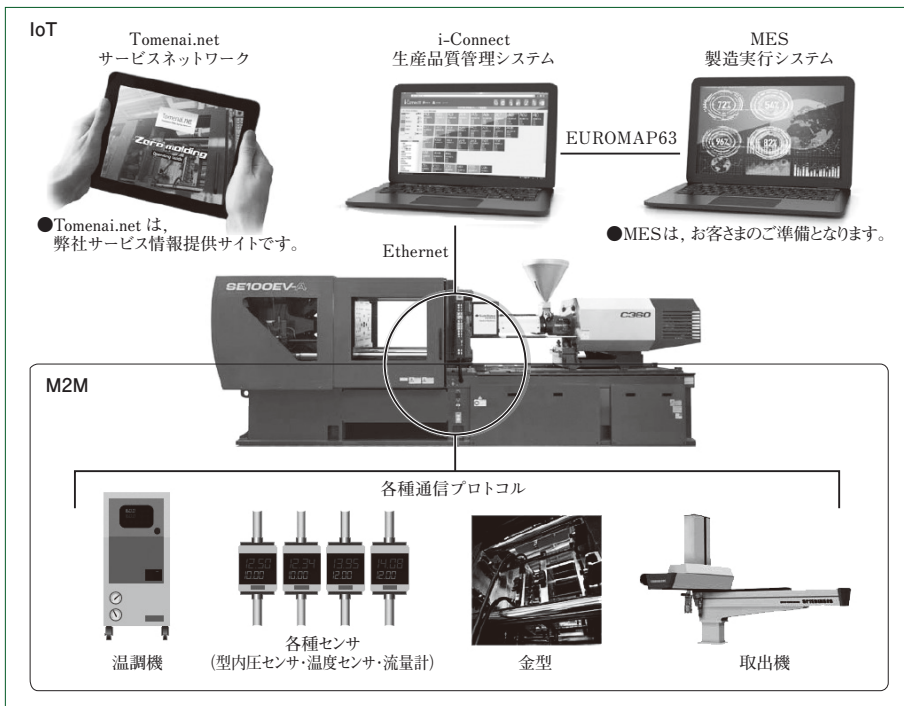


図3 i-Connectシステム構成
i-Connect system configuration



図4 より広く、生産情報をつかむ
MORE BROADLY, a broader grasp of information

である。i-Connectは、多数台の成形機を保有するユーザへの導入に合わせて、複数の成形機から、最小4秒周期のショットごとのデータ収集および管理が可能である。また安定運用とセキュリティ対策を考慮したシステムが選択されている。

3.1 基本システム構成

i-Connectはデータ収集用のサーバとして、日本ヒューレット・パッカード株式会社のHPE Edgeline Converged Edge Systemを採用した。成形機とi-Connectサーバは図3のように専用のネットワークで構成され、スイッチングHUBを経由しLANケーブルで接続される。また、i-Connectサーバと成形機間は、TCP/IPのソケット通信により各種データの送受信を行っており、当社オリジナルの通信プロトコル以外にEUROMAP63にも対応している。複数台の成形機から収集された成形セルのデータは、最小4秒周期でショットごとに自動で汎用のRDB(Relational Database)に蓄積される。蓄積されたデータは、i-Connectサーバと同一ネットワークに接続されたパソコンやタブレットなどの端末に搭載したWebブラ

ウザで閲覧でき、特別なソフトウェアは不要となっている。

3.2 より広く、生産情報をつかむ

i-Connectは成形工場のレイアウトに合わせたアイコンの配置ができ、各機械の稼働状況を瞬時に把握することができる(図4)。さらに、成形セル内の設備が成形機とSPICCPなどの通信プロトコルによりデータ通信を行うことで、温調機などのデータもショットごとの成形品の品質情報の一つとして、i-Connect側で蓄積・閲覧できる。また、当社オプションの品質管理パッケージを用い、センサデータを成形機に取り込むことで金型内に取り付けられた内圧センサや、水配管に取り付けられた流量センサなどのデータをほかの成形関連データとショットごとにi-Connectへ取り込み、さまざまな比較・分析を行うことができる。

3.3 より深く、生産情報をつかむ

自動車や医療向けの成形品では、製造時のデータを長期間保存することが求められる。この作業を人手で行うとデータの収集だけでも数時間を要する場合があるが、i-Connectでは

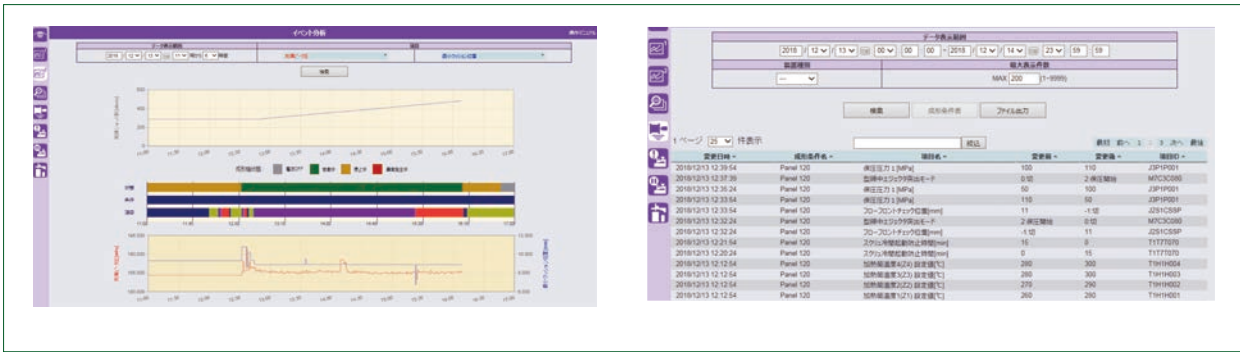


図5 より深く、生産情報をつかむ
MORE DEEPLY, a deeper grasp of information

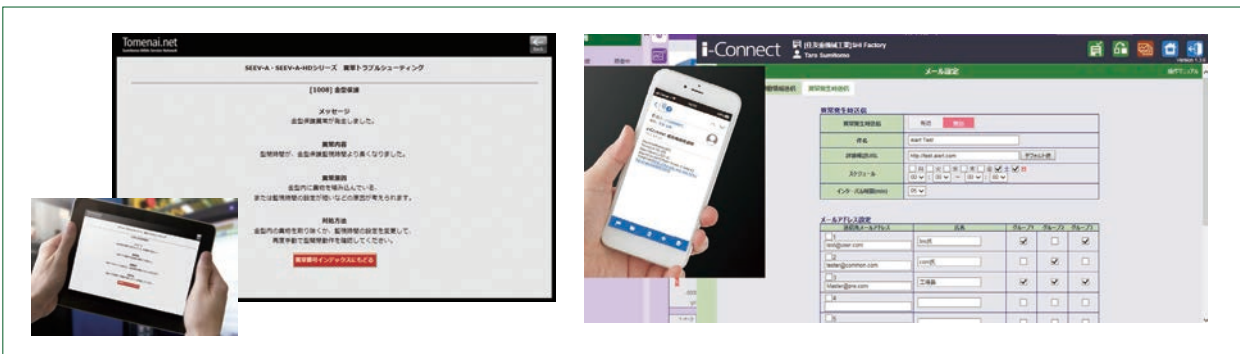


図6 より優しく、生産情報をつかむ
MORE KINDLY, an easier grasp of information

約10年分のデータをバックアップする機能が標準搭載されている。バックアップされたデータは、日付を指定し呼び出すだけの簡単な操作で閲覧できる。また、図5のイベント分析画面では、日時を指定して稼働状態の推移や相関など、より詳しい経時データを確認できる。たとえば、チョコ停や成形条件変更のようなイベント発生後に生じる実績データの変化などを簡単に把握できることから、製品のトレサビリティを支援するツールとして活用されている。

3.4 より優しく、生産情報をつかむ

i-Connectでは、成形セル内の設備でアラームが発生した際、オペレータにe-mailでその情報を通知する機能(図6)が標準搭載されている。さらに、アラーム履歴からトラブルシューティング情報を参照でき、現場で素早くエラー対応することが可能である。また、複数の成形セルから収集した膨大なデータを集計する機能も搭載されており、簡単な操作で生産数や稼働状態の集計結果を閲覧および外部出力できる。これらの操作や閲覧を行う画面は、目的別にテーマカラーが設定されており、直感的でスピーディな操作をサポートしている。

3.5 システムの安定運用

複数の成形セルを管理するシステムは、設備同様に安定的な稼働が求められる。このことから、i-Connectサーバが動作するハードウェアは、長時間の稼働を想定した仕様となっている。たとえば成形機50台を接続可能なEL300では、成形現場に近い場所へ設置されることを想定しており、ファンレスながら0~70℃の動作温度範囲があり、さらにIP50の防塵性とMIL-STD-810Gの耐振動性を備えている。また、メイン

のCPU(Central Processing Unit)やOS(Operating System)から独立して動作するシステム管理機能が標準搭載されており、ハードウェアの動作状態の確認や各種ログデータを取得できる。これにより、トラブルの要因分析をスピーディに行うことができ、ハードウェアトラブルの早期復旧につながるものと考えている。

システムの安定運用においてハードウェアの堅牢性と並んで重要なのが情報セキュリティ対策である。i-Connectは、大手セキュリティベンダー製ホワイトリスト方式のセキュリティソフトを標準搭載しており、あらかじめ指定されたアプリケーション以外は動作しない仕様となっている。なお、ホワイトリスト方式では、一般的なウイルス駆逐ソフトと異なりセキュリティパッチの更新が不要なので、運用の負荷は低い。

4 i-Connect 活用事例

4.1 消耗部品の長期傾向管理

i-Connectは約10年分のデータを蓄積することができる。そこから長期間のロギングデータを確認(図7)することで、スクリュ部品など消耗部品の長期傾向を管理している。たとえば、スクリュ先端品の摩耗状態など、短期間のデータからでは判断できなかったものを1ヶ月、半年、1年と長期間のデータの傾向を分析・管理していくことで、計画的に点検・交換することが可能になった。このような傾向管理は、ガラス繊維を含んだ樹脂や腐食性樹脂などの成形では、特に効果的である。



図7 スクリュー部品のメンテナンス時期判断
Judgment of maintenance timing for screw parts

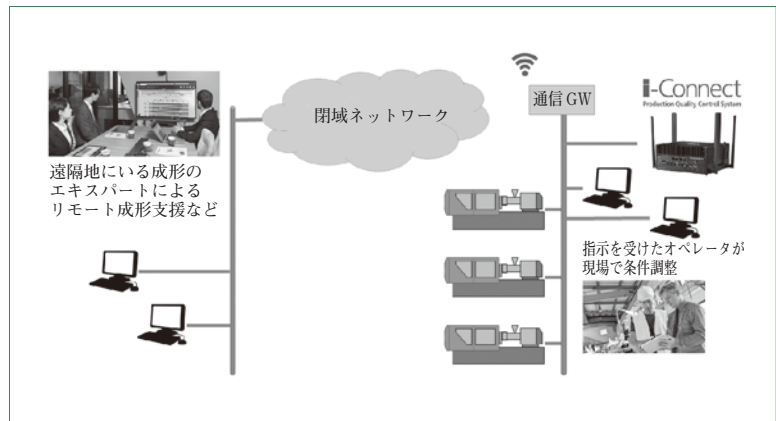


図9 リモートオペレータ支援
Remote operator support

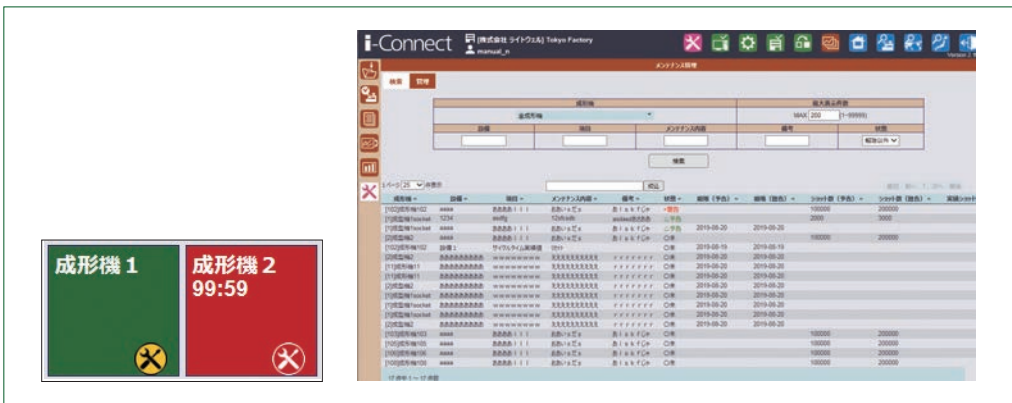


図8 設備メンテナンス機能
Equipment maintenance function

4.2 設備メンテナンス(図8)

i-Connectには、設備や金型のメンテナンス管理機能が標準搭載されており、経過時間やショット数からメンテナンスの予告と警告の2段階表示が可能である。メンテナンスの計画が設定されている場合、成形機メニュー画面のアイコンにメンテナンスマークが表示され、予告日になると黄色、警告日になると赤色で表示される。成形セル内の設備に対し、計画的に点検・交換時期を設定し対応することで機械の突発停止を防止し、生産の効率化を図ることができる。

4.3 リモートオペレータ支援(図9)

インターネットを経由せず、モバイルキャリアの閉域網とダイレクトに接続可能な回線サービスを利用し、セキュリティが確保された状態で遠隔地からi-Connectへ接続する環境を当社関連会社である株式会社ライトウェルより提供している。国内外の工場に設置してあるi-ConnectサーバへWebブラウザでアクセスすることで、各工場の生産状況をリモートで閲覧できる。これにより、移動の時間をかけずに直ちに問題を解決でき、成形現場のダウンタイムの削減が期待できる。

データを収集する必要がある。

(3) 成形セル向け生産管理システムi-Connectでは、複数の成形機から、最小4秒周期のショットごとのデータ収集および管理が可能である。また、システムを安定運用することを目的としたハードウェア選定やセキュリティ対策も施されている。

(4) i-Connectの活用により、効率的に設備のメンテナンスや成形作業の支援を行えるようになった。

今後は、成形機と設備間の連携を強化し、i-Connectに集約された成形セルデータの活用をより一層進めることで、成形工場における生産の効率化や省力化に取り組んでいく所存である。

(参考文献)

- 一般社団法人西日本プラスチック製品工業協会, プラスチック業界の生産性向上, 省エネ, 高付加価値化に向けたIoT導入への取り組み(ミドルウェア).

<https://www.nishipla.or.jp/index.php?action=io>

※ 「i-Connect」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

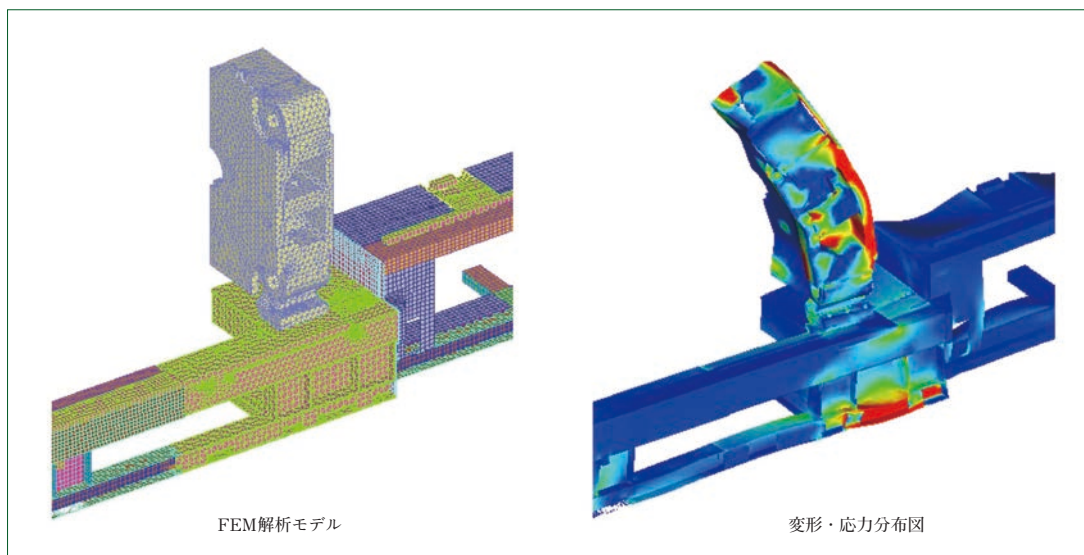
5 むすび

- 業界および国の垣根を越えて、設備間や管理システム向けの通信仕様の統一が図られている。
- 成形セル向けIoTの特長として、数十～数百の成形セルを一元管理し、一工程数秒オーダーのショットごとの

射出成形機における高剛性・高耐久フレーム設計技術

Design Technology for Highly Rigid and Durable Frame Structure for Injection Molding Machines

●山中一真* 松浦大志*
Kazuma YAMANAKA Taishi MATSUURA



FEM解析モデルと変形・応力分布図
FEM analysis model and deformation・stress distribution map

近年、特に容器市場においてはハイサイクル成形に対する要求が高く、さらなるハイサイクル化によって生産性向上が追求されると同時に装置としての信頼性が求められている。

ベースフレームは、射出成形機が大きく揺れることにより、成形品を取り出す際にトラブルが生じてしまうことがある。また、発生する応力が一層厳しくなることで、変形や損傷のリスクが高くなることから、高剛性化や高耐久化が強く求められている。

本報では、ベースフレームの信頼性確保を目的としたFEM解析と疲労照査による高剛性・高耐久フレーム設計技術について報告する。またSEEV-A-HDシリーズを対象に、高剛性・高耐久フレーム構造を検討した事例を示す。

高剛性・高耐久フレーム構造を創出し、その設計思想をSEEV-A-HDシリーズの特別仕様機的设计にも採用して、ベースフレームのさらなる高剛性化および高耐久化を実現した。

In recent years, especially in the packaging market, there is an increasing demand for fast cycle molding. At the same time, in connection with the pursuit for the improvement in productivity through a faster cycle, the reliability of injection molding machines has been becoming more critically required. The base of injection molding machine frame tends to cause troubles when taking out the molded products due to a large amount of shaking. In addition, as the incurred stress becoming severer, and the risk of deformation and damage more critical, there are stronger demands for higher rigidity and higher durability of the injection molding machine frame. This paper reports on a design technology based on the FEM analysis and fatigue assessment for the purpose of ensuring the reliability, rigidity, and durability of the base frame. In addition, an application example of the design method to the examination and evaluation of the durability-enhanced frame structure based on the SEEV-A-HD series is shown. Also a highly rigid and durable frame structure has been created and extracted design concepts from it adopted for the design of special specification machines from SEEV-A-HD series to realize a base frame with an even higher rigidity and durability.

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り⁽¹⁾、主に型

締装置と可塑化・射出装置、制御装置、それらを支持するベースフレームで構成されている。射出成形機の使用に際し、ベースフレームには載置される型締装置などの重量およびその動作に起因する種々の外力が作用する。

近年、特に容器市場においてはハイサイクル成形に対する

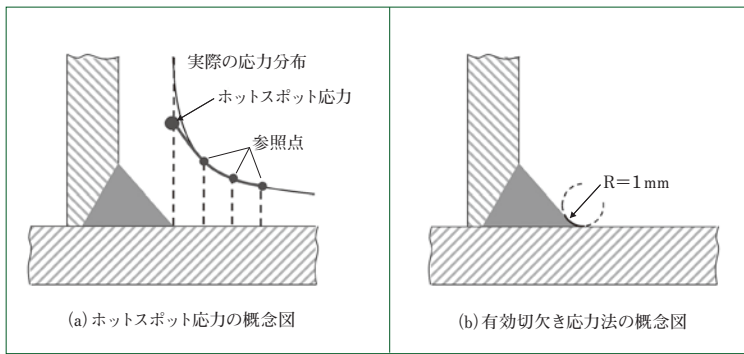


図1 疲労照査の手法
Fatigue assessment methods

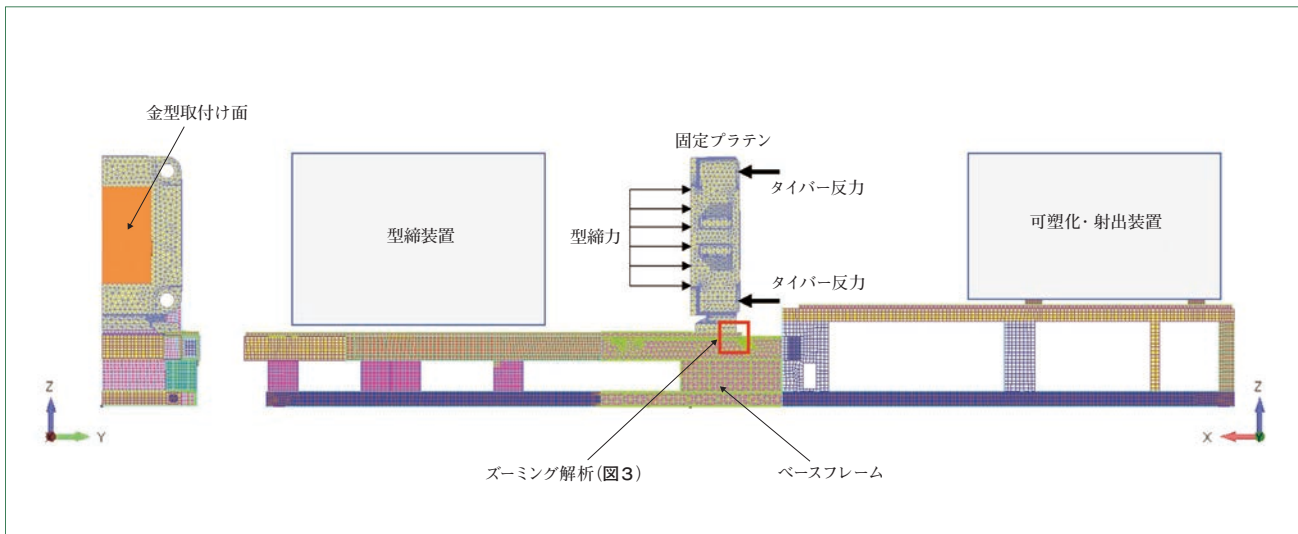


図2 解析条件
Analysis conditions

要求が高く、さらなるハイサイクル化によって生産性向上を追求するに従い、機械構造への負担が大きくなることから、装置としての信頼性が求められている。

ベースフレームに関しては、その剛性が十分でないため射出成形機が大きく揺れ、成形品を取り出す際にチャックミスなどのトラブルが生じてしまうことがある。また、発生する応力が一層大きくなることで、変形や損傷のリスクが高くなる。このことから、重量増加を極力抑制するなかで高剛性化や高耐久化が強く求められている。

本報では、ベースフレームの信頼性確保を目的に、FEM解析と疲労照査による高剛性・高耐久フレーム設計技術を用いて、当社のベースマシンであるSEEV-A-HDシリーズを対象に、高剛性・高耐久フレーム構造を検討した事例について報告する。

2 応力解析を用いた疲労照査

一般的に溶接部には応力集中が生じ、その周囲の応力は複雑な分布となる。このことから、疲労照査に用いる設計応力を合理的に算出する方法が日本鋼構造協会(JSSC)や国際溶

接学会(IIW)などによって規定されている。

本報では、ベースフレームの溶接部における疲労照査の手法として、IIW推奨手順⁽²⁾を参考にしたホットスポット応力を用いた方法を採用している。ホットスポット応力は構造的な応力集中を含むが、溶接部による局所的な応力集中を除いた応力として定義され⁽³⁾、溶接部からある距離だけ離れた位置(参照点)の応力を溶接部まで適切に外挿することで求められる(図1(a))。本報では、外挿に2次曲線を用いる3点外挿法を使用し、応力解析により算出している。

ホットスポット応力を用いた方法は、解析モデルの作成が容易な一方、複雑な形状を持つ溶接部への適用性に難がある。そこで本開発では有効切欠き応力法⁽⁴⁾を参考に、詳細な3次元解析を実施している(図1(b))。この方法は、溶接部に半径1mmの仮定の切欠きを設定し、その円弧上の応力を用いて疲労照査を行う手法である。詳細な3次元解析では複雑な形状を持つ溶接部も評価可能であるが、溶接部のモデル形状を作成することで工数は増大する。また解析規模が大きくなると時間を要するので、ベースフレーム全体を解析対象とすることは現実的ではない。



図3 回し溶接部の形状とメッシュ分割図
Shape of boxing and mesh division diagram

しかしながら、ホットスポット応力を用いた方法に加え、必要に応じてこの詳細な3次元解析を実施すれば、溶接部の強度を網羅的かつ定量的に評価することが可能となる。

3 シミュレーション

3.1 解析モデル

解析モデルは操作側と反操作側で対称性を仮定し、主たる解析領域はベースフレームと固定プラテンとした。図2に、解析モデルの概略図を示す。耐久性の評価対象である溶接線付近では、2章で述べたホットスポット応力が算出できるようなメッシュ分割を行っている。剛性の評価に当たり、静的変形および疲労照査に用いるホットスポット応力範囲を算出することを目的として、型開閉動作と型締動作を想定した静解析を実施した。

型締動作の解析では、固定プラテンの金型取付け面とタイバー接続部に型締力とタイバーの反力を入力し、型開閉動作の解析では、タイバー接続部に金型搭載時の加減速による慣性力を想定した荷重を入力した。

また、図2の固定プラテン下の太棒で示す角部の回し溶接に関しては、2章で述べた詳細な3次元解析を実施すべく、フレーム全体モデルから該当部の周囲のみを切り出した局所モデルを作成し、ズーム解析を実施した(図3)。

3.2 実機計測

シミュレーションの妥当性の確認を目的として、実機計測を実施した。図4に、応力計測点を示す。溶接部から比較的離れた計測点①～③が解析精度検証用、溶接部近傍の計測点

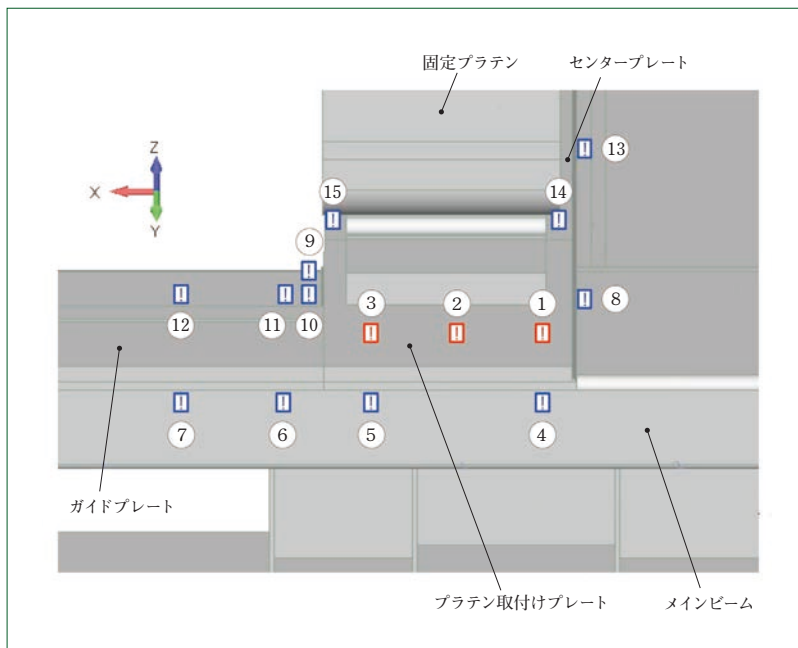


図4 応力計測点
Stress measurement points

④～⑮が溶接部詳細分析用の計測点である。溶接部詳細分析用の計測点には、溶接線に対して垂直方向に歪みゲージを設置している。型開閉動作および型締動作に伴う計測結果に再現性があることから、数回に分けて全計測点を計測した。

図5に、ベースフレーム上部における振動変位および全応力計測点の時系列波形を示す。振動変位と応力のピークの出現タイミングは同じであった。また応力ピークの出現タイミングは、解析精度検証用計測点と溶接部詳細分析用計測点でも同じであることが分かった。計測点、方向およびピーク出現タイミングによって引張・圧縮が異なることから、応力範囲を評価するには、型開閉および型締の一連の動作パターンを対象範囲とする必要があることを確認した。本ケースにおいて振動変位は型開閉動作が、応力範囲は型締動作が支配的である。

3.3 計測と解析の比較

図6に、計測と解析の一連の動作パターンにおける応力範囲の比較結果を示す。溶接部から離れた解析精度検証用計測点は、溶接部詳細分析用計測点に比べて応力範囲は小さい傾向にある。本結果から、解析精度検証用計測点、溶接部詳細分析用計測点ともに定性的には計測と解析の傾向は一致していることを確認した。また、同様に振動変位においても解析の静的変形と傾向が一致していることを確認している。

よって、実績のある従来機に対して本シミュレーションを活用し、より剛性や耐久性の高いフレーム構造を検討することが十分可能であると判断した。

解析と計測の乖離の要因としては計測による誤差、本開発

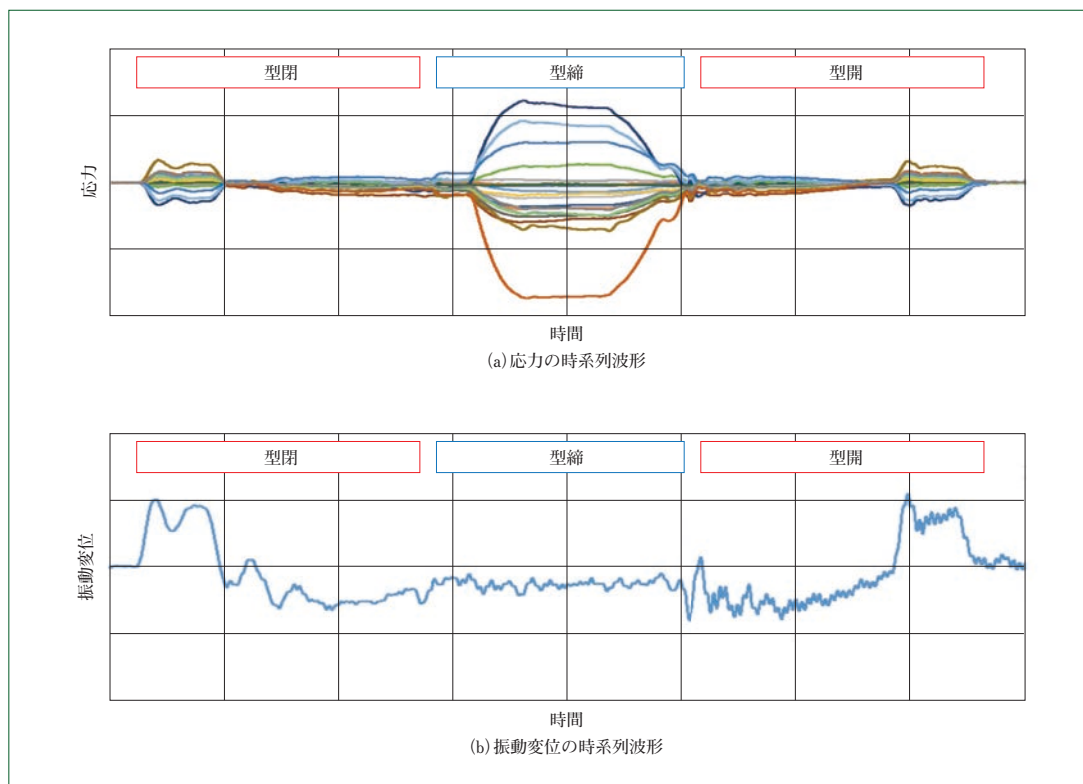


図5 計測結果
Measurement results

では省略したタイバーやトグルサポート、可動プラテンなどの型締装置および可塑化・射出装置の重量や剛性、構造非対称性などが考えられる。また、溶接部詳細分析用計測点においては、溶接施工状態も影響しているものと思われる。

4 高剛性・高耐久フレーム構造案

4.1 高剛性・高耐久フレーム構造の検討

本開発では、主に固定プラテン脚部周辺におけるベースフレームの板材寸法を変更し、3章で示したシミュレーションを用いて、さまざまなベースフレーム構造を評価した。図7に、検討結果を示す。各プロットは、板材寸法を変更して評価したベースフレーム重量と評価対象のなかで最弱部となるホットスポット応力の関係を示したものである。板材寸法によってベースフレーム重量、変形およびホットスポット応力に対する影響度が異なることから、評価対象全体として効果が得られるよう、板材寸法の変更に伴う重量配分を適切に行うことが重要である。

本ケースにおいては、ベースフレーム重量は従来機と同等レベル、かつホットスポット応力を低減したベースフレーム構造を複数創出することができた。そのなかから高剛性化も実現し、ほかの評価項目も考慮したうえで高剛性・高耐久フレーム構造案を選定した。また、本構造案をより詳細な解析モデルで評価することで、解析精度に対する信頼性の向上を図っている。

図3で示した回し溶接部に関しても、高剛性・高耐久フレーム構造案に対してブーミング解析を実施し、該当箇所の損

傷リスクが回避できていることを確認した。

4.2 高剛性・高耐久フレーム構造案の概要

高剛性・高耐久フレーム構造案では、従来機に対して複数の板材寸法が変更され、剛性およびホットスポット応力の低減に寄与している。そのなかで特徴的な2つの構造について説明する。

図8に、高剛性・高耐久フレーム構造案の概略説明図を示す。プラテン取付けプレートはメインビーム上に溶接により結合されており、プラテン取付けプレート上面には、固定プラテンが締結される構造となっている。2本の連結ビームは、ベースフレームの長手方向に間隔をおいて位置し、操作側と反操作側のメインビーム同士を連結している。

4.2.1 プラテン取付けプレートの形状

まず、固定プラテンが締結されるプラテン取付けプレートの形状に着目した。図8(b)の左図は、図8(a)のベースフレーム概念図から、固定プラテン脚部におけるベースフレームの操作側を抜き出した図である。図8(b)の右図に示すように、プラテン取付けプレートとガイドプレートとの溶接により接合されたつなぎ目を型締装置側へ移行し、プラテン取付けプレートの外側部分が内側部分よりも長手方向に突き出る構造とすることで、変形およびホットスポット応力が低減した。プラテン取付けプレートの面積が大きくなり、固定プラテン脚部のベースフレームとの締結部の剛性が増すことで、固定プラテン脚部の倒れを抑制できたことによると推測される。また、荷重を受ける固定プラテン脚部のベースフレームとの締結部近傍から溶接部を遠ざけることによりホットスポ

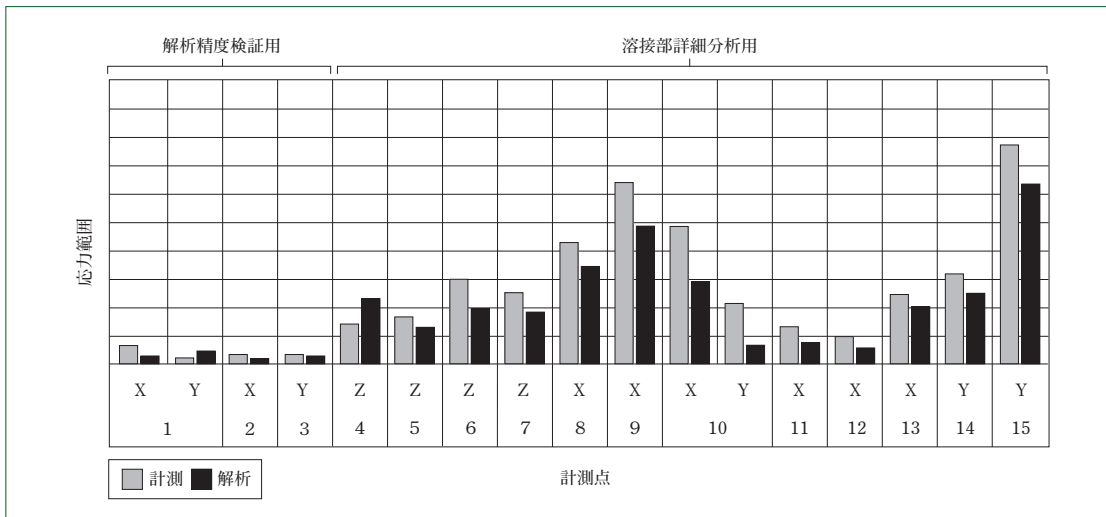


図6 計測と解析結果の比較
Comparison of measurement and simulation

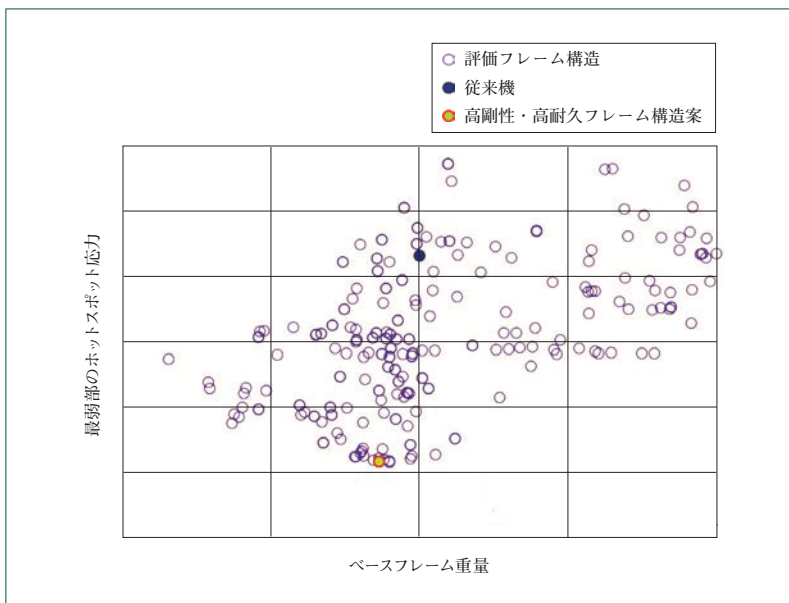


図7 ベースフレームの検討結果
Study results of the base frame

ット応力を低減でき、ベースフレームの耐久性向上が期待できる。

本開発では詳細な検討はできていないが、型締装置側だけでなく可塑化・射出装置側でもプラテン取付けプレートの形状を外側部分が突き出る構造とすることで高剛性化および高耐久化に効果があると推測される。また、プラテン取付けプレートの長手方向だけではなく、内側幅方向へ寸法を伸ばすことや、プラテン取付けプレートの板厚が増すことでも同様の効果が期待できる。

4.2.2 連結ビームの断面寸法

次に、連結ビームの断面寸法を適切に設定することに着目した。図8(c)の左図は、図8(b)の左図から、センタープレートとプラテン取付けプレートを取り除いた図である。図8

(c)の右図に示すように、型締装置側の連結ビームの長手方向の断面寸法Aよりも可塑化・射出装置側の連結ビームの長手方向の断面寸法Bを拡大する構造とすることで変形およびホットスポット応力が低減した。

断面寸法Aを小さくすることで、連結ビームの変形による固定プラテン脚部の沈み込みを抑えることができたものと推測される。本構造により、従来機に比べてフレーム重量を削減できることから、変形およびホットスポット応力低減に大きく寄与する箇所にも重量を配分することが可能となる。

また、断面寸法Bを射出装置側へ伸ばすことで、それに対応・追従するプラテン取付けプレートも長手方向に寸法が伸びる。これにより、メインビームおよびプラテン取付けプレートの変形が滑らかになり、ホットスポット応力が低減した

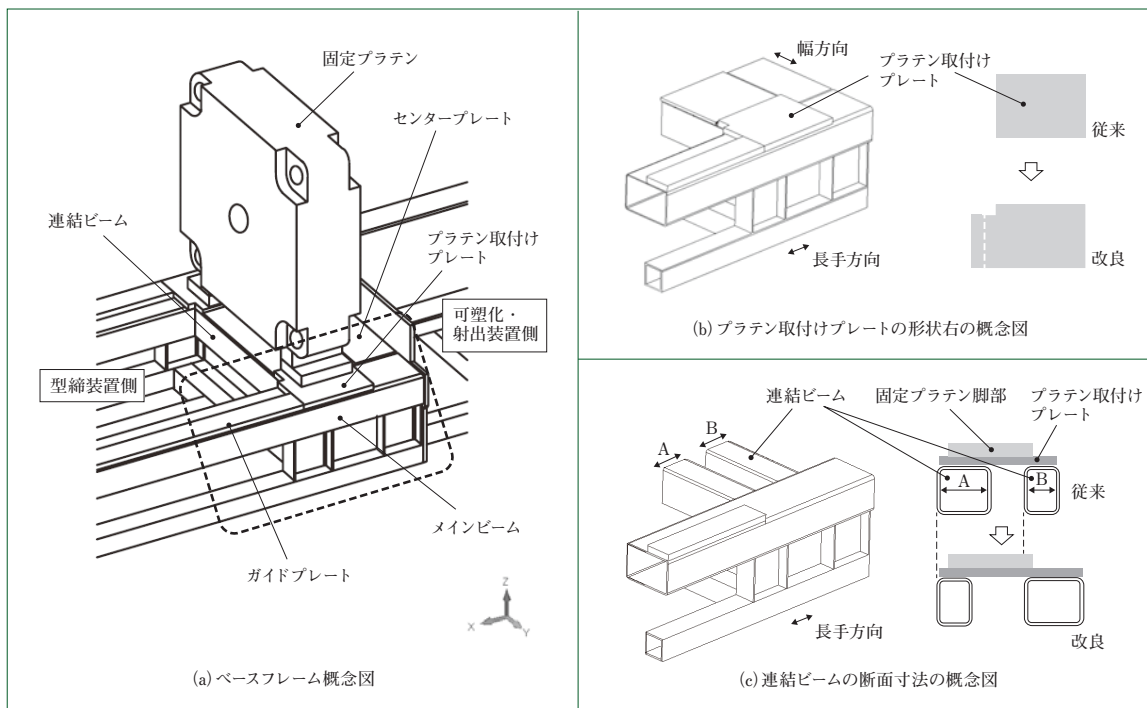


図8 高剛性・高耐久フレーム構造案の概略説明図
Schematic diagram of highly rigid and durable frame structure

ものと推測される。結果として、4.2.1と同様にプラテン取付けプレートの面積が大きくなったことも、高剛性化および高耐久化に寄与しているものと思われる。

4.3 設計への適用

高剛性・高耐久フレーム構造案をベースに、その設計思想をSEEV-A-HDシリーズの特別仕様機(CT-6 spec.)の設計にも採用し、ベースフレームのさらなる高剛性化および高耐久化を実現した。また、輸送時などの荷重条件を別途検討し、高剛性・高耐久フレーム構造案の一部の板材寸法に変更を加えたうえで最終的な構造案として確定させた。

5 むすび

- (1) FEM解析と疲労照査による高剛性・高耐久フレーム設計技術を紹介した。
- (2) SEEV-A-HDシリーズをベースとした高剛性・高耐久フレーム構造の検討事例を示した。
- (3) 高剛性・高耐久フレーム構造案の特徴的な2つの概略構造を示した。
- (4) 高剛性・高耐久フレーム構造案をベースに、その設計思想をSEEV-A-HDシリーズの特別仕様機(CT-6 spec.)の設計にも採用し、ベースフレームのさらなる高剛性化および高耐久化を実現した。

今後さらなるハイサイクル化に対応すべく、ベースフレームの高剛性化および高耐久化に向けた設計技術の開発を継続していく所存である。

(参考文献)

- (1) 水原 弾, SE-EVシリーズにおける省エネルギー技術, 住友重機械技報,

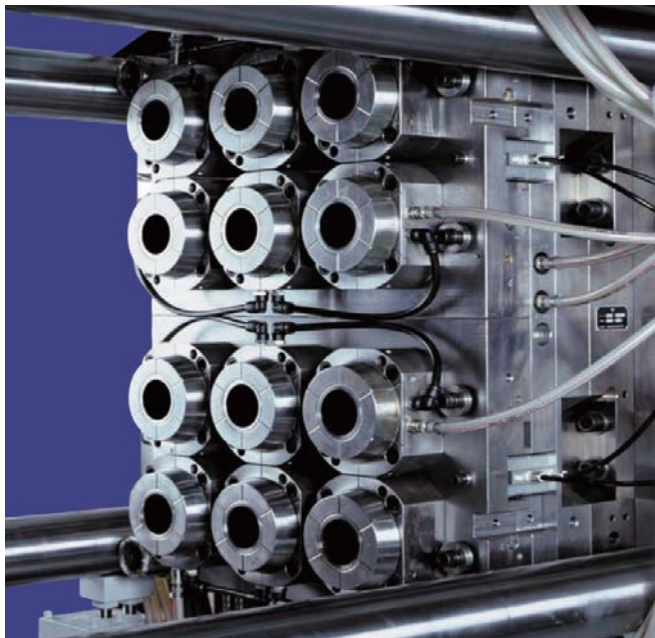
No.183 (2013-12), pp.1-5.

- (2) A. F. Hobbacher, Recommendations for Fatigue Design of Welded Joints and Components (Second Edition), (2016), pp.18-27, Springer.
- (3) 社団法人日本鋼構造協会, 鋼構造物の疲労設計指針・同解説・付・設計例-[2012年度改訂版], (2012), p.65, 技報堂出版社株式会社.
- (4) A. F. Hobbacher, Recommendations for Fatigue Design of Welded Joints and Components (Second Edition), (2016), pp.27-29, Springer.

金型温度分布最適化計算手法によるコンフォーマル冷却金型Kool+の開発

Development of Optimized Mold Cooling Concept, Kool+ Based on Homogeneous Thermal Distribution Analysis

●川崎 一真* 張 昕** 石田 浩修**
Kazuma KAWASAKI Xin ZHANG Hironobu ISHIDA



代表的な当社金型の外観
Exterior of SHI's representative mold



Kool+のロゴデザイン
Kool+ logo design.

当社の金型事業は、射出成形機事業と並び50年にわたる歴史を持つ。発足当初は当時の電子機器筐体や医療品など幅広い分野の金型を製作していたが、近年はその長所を生かし食品容器、乳酸菌飲料向けブロー容器、PETプリフォーム金型に特化した事業を展開している。当社金型の強みは形状寸法の正確さ、高い耐久性に加え短時間での連続生産（ハイサイクル成形）が可能であるという特長にある。本報では、このハイサイクル成形をより一層進化させた金型付加価値として顧客に提供することを目的に行ってきた金型の温度分布最適化、またそれを忠実に再現すべく拡散接合技術を利用して製作したテスト金型の効果検証結果について報告し、その開発成果として商品化販売を行っている金型オプションKool+について紹介する。

Our company's mold department has a history over fifty years along with injection molding machine department. In the early days, we were manufacturing various types of molds like electronic device housings and medical appliances. However, now we are dedicated to the molds for thin wall plastic food containers, Lactic acid bacteria beverage bottles by injection blow molding, and PET preform. The advantages of our molds are accuracy of the dimension, high-durability, and high-cycle adaptability. In this article, we report the mold temperature distribution optimization technology, developed for the purpose of providing more added and advanced value to the molds regarding high-cycle molding for customers. In addition, we present results of investigation of its effectiveness done by a best mold fabricated diffusion welding technology, which enabled an intended ideal mold temperature distribution. Outcomes of investigation along with upcoming product option Kool+ will also be introduced in this paper.

1 まえがき

プラスチック射出成形において成形品質に最も大きく影響を与える要因の一つが温度である。成形工程において一般的に作業者が操作可能な温度とは、金型キャビティ内への流入樹脂温度（シリンダ内温度）と金型温度（冷却媒体温度）である。流入樹脂温度の高低は樹脂の粘度（流動性）、金型への熱供与、

計量効率、圧力損失ひいては成形品密度に影響を与え、冷却工程時の金型温度は成形品の結晶化度、冷却時間、表面転写率などを決定する。これらの要因は独立しておらず、互いに密接に絡み合うことであらゆる現象に結び付き、結果的に生産効率（サイクルタイム）を決定づける要因の一つとなる。当社のプラスチック射出成形金型事業の主力商品である食品向け薄肉容器、乳酸菌飲料向けブロー容器およびPETプリフォ

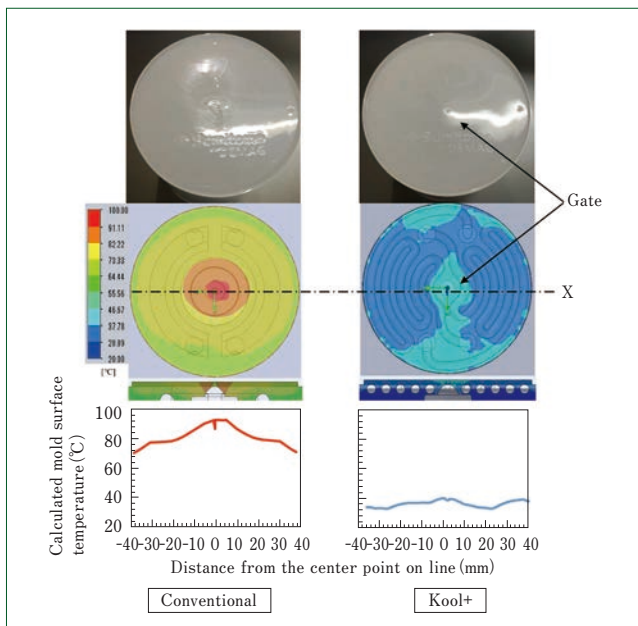


図1 従来冷却金型とKool+金型の温度分布比較
Comparison of thermal distributions between conventional mold and Kool+

ーム金型の成形においても前述同様に樹脂・金型温度が成形品質を左右し、温度管理に関する技術が金属加工精度と並び金型の商品価値を決定づけるものであると言っても過言ではない。その重要性に反し、当社を含め一般的に金型冷却回路は、部品内部にドリル穴あけ加工を施し形成することから直線的な円管で設計されることが多く、またその配置も事前に設計した金型構成部品の取り付け条件を満たすように決定される。このことから、一般的に金型冷却回路が金型温度分布や冷却効率に対し最適化されているとは言い難い。

一方、世界全体では、近年SDGsによる持続化可能な社会の実現が大きく注目を浴び、プラスチック業界においてもマイクロプラスチックや二酸化炭素排出量削減に向けた環境樹脂(生分解性樹脂、バイオマス由来樹脂など)の代替利用に加え一層の薄肉化が求められ始めている。一般的に環境樹脂の使用には従来使用樹脂と比較し長い冷却時間が必要となり、また樹脂流動性が低下するなど成形性を悪化させる傾向にあり、結果、金型の正確かつ最適な温度管理がますます重要視されつつある。

本報では当社技術研究所、独アーヘン工科大学内研究機関IKVとの協力により得られた定常/非定常熱流体解析を用いた金型内温度分布の事前解析手法、また、その結果をもとに設計された金型最適冷却回路(コンフォーマル冷却回路)を拡散接合技術により製作したコンフォーマル冷却金型オプションKool+のサイクル短縮効果、外観不良の解決事例について紹介する。

2 Kool+とは

Kool+は、本研究結果をもとに設計・製造された「冷却回路がより最適化された金型部品オプション」を指す。従来の

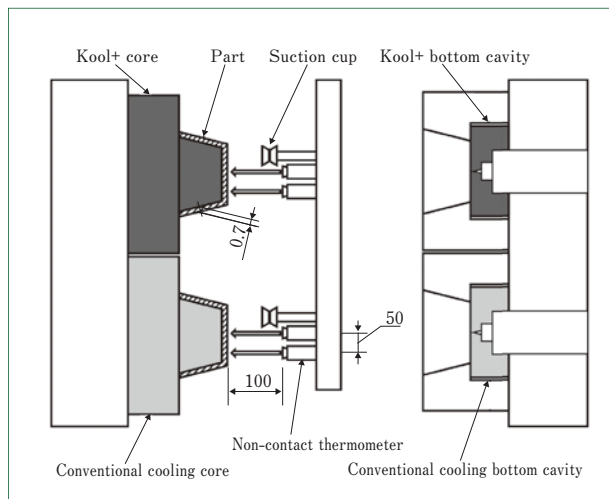


図2 実験設備の概略図
Illustrated outline of experimental equipment

金型構造や機械加工可否に左右される冷却回路設計から脱し、これまでの構造強度を維持しつつ温度分布の一様化と冷却効率促進化を達成した。ただし、前述のようにプラスチック射出成形にはあらゆる細かな要因が密接に絡み合っており現象に結びつくことから「最適」という解釈は求める成形品によって多種多様であり、一概に定義することは困難である。当社では、最適冷却回路の主な条件である高い熱交換効率、収縮を一様にする金型温度分布、高い耐久性の達成を主軸として研究を行っており、当社の主力商品である食品容器向け金型に対してKool+がもたらす効果は主にサイクル短縮、ゲート糸引きの防止、ヒケ(表面ムラ、凹凸)の抑制である。図1に、IPF JAPAN(国際プラスチックフェア)2017における当社広報用金型の例を示す。図1は同一サイクルタイムの成形において、離型時における成形品の底面外観と解析上の金型表面温度を表しており、左側は従来冷却金型を、右側はKool+金型を表す。各コンター図は解析上の金型表面の熱分布を表し、各グラフは線X上の金型表面温度を表す。図1の成形品底面写真からKool+が成形品底面の温度分布を一様化し、かつ成形中の金型温度を低下させることによりヒケの抑制効果をもたらすことが確認できる。さらに比較実験の結果、Kool+金型においてサイクルタイム(冷却時間)を1秒短縮して成形することで従来冷却金型相当のヒケが発生した。すなわち成形品外観という観点において、Kool+金型は従来金型に対しサイクルタイム1秒短縮を達成したと考えることができる。

3 金型温度分布最適化計算手法

金型温度分布最適化計算のフロー⁽¹⁾は、大きく分類すると①モデリング ②冷却回路が設定されていない金型における非定常樹脂流動解析 ③樹脂流動解析結果を金型温度分布の

表1 成形条件, 成形品温度測定結果
Molding conditions and test results

Cycle time (s)	Cooling time (s)	Conventional cooling channel	Kool+
		T_{eject} (°C)	
6.2	0	128.84	112.55
6.4	0.2	127.09	109.47
6.6	0.4	119.72	100.66
6.8	0.6	118.15	94.01
7	0.8	114.68	85.85
7.2	1	111.35	78.07
7.7	1.5	97.05	65.89
8.2	2	89.52	56.92
8.7	2.5	78.06	48.16

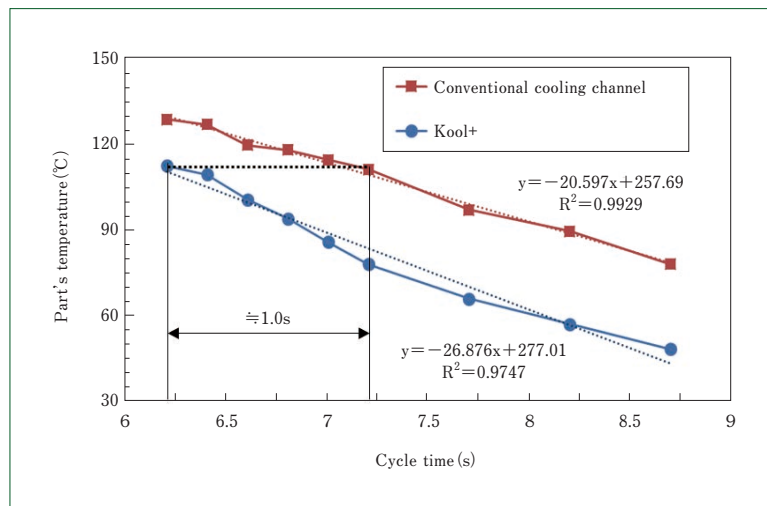


図3 サイクルタイムごとの従来冷却金型とKool+の離型温度比較
Comparison between "Conventional cooling channel" and "Kool+"

境界条件として最適化解析へデータ移行 ④指定サイクル終了時に成形品の温度分布が目的関数 $Q(T_{ext})$ ⁽¹⁾の目標値以下を満たすまで、もしくは指定回数繰り返すまで最適化要素ごとの最適化温度 T_{ext} を変化させながら非定常熱伝導解析を実施 ⑤解析結果に基づく冷却回路設計 という流れで実施される。⑤については自動的にということではなく、現状は人の手で金型構造や耐久性などの条件を満たすように設計するので、次のステージとして自動化やより一層の設計効率化に関する研究も予定している。

目的関数 $Q(T_{ext})$, 平均密度 $\bar{\rho}_F$, 最適化温度 T_{ext} 分布は次のように示される。

$$Q(T_{ext}) = \sum_{i=1}^m \left(\frac{T_{eject} - T_{loc}(x_i, t_{end}; T_{ext})}{W_T} \right)^2 + \sum_{j=1}^n \left(\frac{\bar{\rho}_F - \rho_F(x_j, t_{end}; T_{ext})}{W_\rho} \right)^2 \dots (1)$$

$$\bar{\rho}_F = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \rho_F(x_j, t_{end}; T_{ext}) \dots (2)$$

$$T_{ext} = [T_{ext_0}, \dots, T_{ext_k}]^T \dots (3)$$

ここで、 T_{eject} は理想とする成形品の離型温度を示し、 $T_{loc}(x_i, t_{end}; T_c)$, $\rho_F(x_j, t_{end}; T_{ext})$ はそれぞれ与えた最適化温度分布 T_{ext} に対し所定成形サイクルタイムとサイクル数を完了した瞬間 t_{end} に得られる x_i, x_j 要素ごとの離型温度と成形品密度を示し、 W_T, W_ρ は任意の重みづけを表す。 $\rho_F(x_j, t_{end}; T_{ext})$ は、それぞれ固相・液相におけるTaitモデルに従う樹脂密度を示す⁽²⁾。目的関数の特徴として右辺第1項による温度分布のみではなく、右辺第2項により成形品内部の密度を評価指標に組み込み計算することで成形品の収縮差をなくし、変形を最小限にするという目的がある。

また、本研究においては金型設計者が比較的短い時間と安価な設備で事前解析作業を実施することを目的とするので、解析フロー②の非定常樹脂流動解析を定常熱伝導解析により

代替する工夫がなされている。

4 実験検証

4.1 実験環境

Kool+として設計・製造されたボトムキャビティ、コア(図2)を使用し従来冷却金型との比較実験を行った。使用した成形機は当社製SE260HYで、室温20℃、金型冷媒温度20℃、シリンダ内樹脂温度220℃に設定し実験を行った。金型は当社製2個取りホットランナ金型を使用し、ホットランナの樹脂温度は220℃に設定した。金型の上側キャビティにKool+金型を組み込み、下側キャビティに従来冷却金型を組み込んだ。成形品には最大外径120mm、高さ60mm、肉厚0.7mmの薄肉食品容器形状を用いた。連続成形中の離型温度を測定すべく、取出し機(スター精機株式会社製ZX-800V)にデジタル放射温度センサ(株式会社キーエンス製FT-H20)を装着し、それぞれ成形品の底面を中心と中心から50mmの2カ所ずつ測定した(図2)。樹脂は2種類のPP(日本ポリプロ株式会社製BC08F, 東京インキ株式会社製PEX999018)を9.5:0.5に混合して使用した。樹脂を混合する目的はPEX999018にて成形品を黒く着色し、放射温度センサでの測定を容易にすることである。

4.2 成形条件

成形品が金型冷却のみによって受ける影響を評価すべく保圧時間を1.0秒とし、冷却時間のみを変更してサイクルタイムごとの離型温度 T_{eject} を測定した(表1)。また、離型温度は各サイクルタイムにて40ショット後に測定を開始し、その後10ショット間の平均値を記録した。

4.3 実験結果

図3に、表1より得られた従来冷却金型とKool+金型における離型温度 T_{eject} の比較グラフを示す。サイクルタイム6.2秒におけるKool+金型の T_{eject} がサイクルタイム7.2秒の従来冷却金型に相当することから、成形品表面温度のみにおいてKool+冷却金型は従来冷却金型に対しサイクルタイムを約1秒

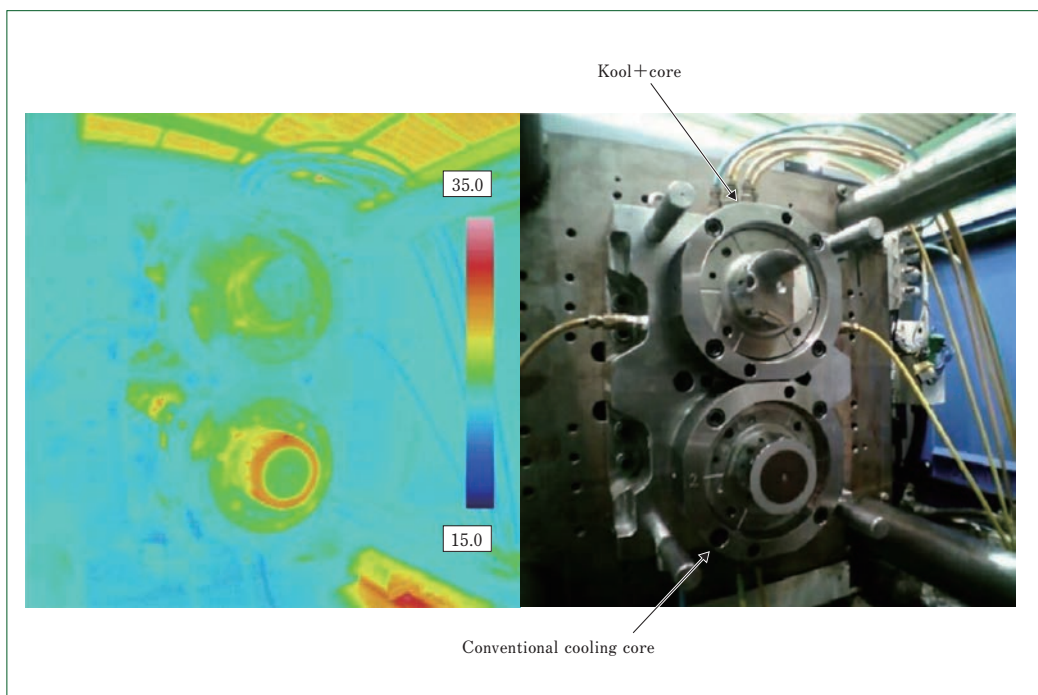


図4 テスト金型の可動側外観
Movable side of the test mold

短縮可能であると言える。図4に、赤外線サーモグラフィー（日本アビオニクス株式会社製 F50B-ONL）によって測定したサイクルタイム6.2秒時、40ショット後における成形品離型直後のコアのサーモグラフィー画像を示す。同一の冷媒（20℃ 水）、送水ポンプを使用した場合に、Kool+のコアの方が高い冷却性能であり、均一な温度分布を示していることが確認できる。

5 むすび

- (1) 金型冷却回路の最適化計算手法、また、それに基づき設計された金型オプションKool+を紹介し、その改善事例の紹介および効果比較実験を行った。
- (2) Kool+を食品容器向け金型に適用した結果、ボトムキャビティ、コアなど金型成品部の温度分布が一様化され、かつ成形中の熱交換が促進された。これにより成形品底面のヒケ防止効果、サイクルタイムの短縮効果が得られた。
- (3) より一層自由度が高く、なおかつ最適化された冷却回路を設計すべく継続的な解析手法の改善や自動設計手法の研究を予定している。
- (4) 本研究によって得られた解析技術による設計をより忠実に再現するには、3D-AM技術が必須となる。3D-AM技術は、従来の機械加工のみでは成しえなかった3D形状部品を容易に製作できる長所を持つ反面、現時点の技術では強度面に対しインゴット切出し材料に劣るなど造形手法に関する課題が残る。しかしながら当社技術研究所内においても同技術に関し積極的な研究投資が行われており、さらなる顧客満足を追求すべく今後も密に協力し合い課題を進めていきたい。

(参考文献)

- (1) Christian Hopmann and Philipp Nikoleizig, SPE ANTEC Indianapolis (2016), p.1116.
- (2) Jian Wang and Christian Hopmann and Mauritius Schmitz and Tobias Hohlweck and Jens Wipperfürth, Modeling of pvT behavior of semi-crystalline polymer based on the two-domain Tait equation of state for injection molding, Materials & Design Volume 183 (2019), p.1.

※「Kool+」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

3次元コンフォーマル冷却金型の製造技術開発

Development of Fabrication Technology for 3D Conformal Cooling Mold

●張 昕* 石田 浩修* 平田 徹* 川崎 一真**
Xin ZHANG Hironobu ISHIDA Toru HIRATA Kazuma KAWASAKI



3次元金属積層造形技術
3D metal additive manufacturing technology

本報p.13～16「金型温度分布最適化計算手法によるコンフォーマル冷却金型Kool+の開発」では、金型冷却水路最適設計手法を通じたサイクル短縮の試み（コンフォーマル冷却金型）を紹介した。こうしたコンフォーマル冷却金型には、複雑な冷却水路が具備されているが、その複雑流路の実現には、3次元金属積層造形技術（3D metal additive manufacturing technology：3D-AM）の適用が必要となってくる。昨今、3D-AM技術は航空機部品など高付加価値部品製造での実用化がなされているが、最近ではコンフォーマル冷却金型製造への応用も試みられている。そうしたなか、当社でもその適用を模索しているが、実適用に際しては疲労耐性など金型の機械特性要求を満たすうえで、造形プロセスの最適化などが必要になる。本稿では、コンフォーマル冷却金型製造への3D-AM技術適用の試みについて詳述する。

In the previous article, we explained our attempt to shorten the mold cycle time using mold cooling channel design optimization technique (Conformal cooling mold). To realize such an optimized, but complex cooling channel system provided in conformal cooling molds, an application of 3D metal additive manufacturing technology (3D-AM) becomes indispensable. While commercial base applications of 3D-AM to high value-added products such as aircraft parts already seen since some time, attempts to apply it to conformal cooling mold fabrication have recently been increasing as well. In such circumstances, we, SHI, too are attempting to apply it to mold manufacturing, but in its real application, 3D-AM process needs to be optimized to obtain parts that meet the requirements of mechanical properties for molds such as fatigue durability. In this article, we report such an attempt to apply 3D-AM to mold parts manufacturing.

1 まえがき

「金型温度分布最適化計算手法によるコンフォーマル冷却金型Kool+の開発」（p.13～16）において、ハイサイクル成形ならびに環境対応樹脂成形を対象とした冷却水路最適化金型の設計手法および同金型の性能評価結果について述べた。本稿では、加えて同金型の製造技術について詳述する。

冷却水路最適化金型（コンフォーマル冷却金型）では、その

強化冷却性能ゆえに複雑化された流路設計をハードとして具現化するうえで、特殊な製造手法が必要とされる。すなわち、汎用ドリル穿孔のようなサブトラクティブ加工ではなく、3次元積層造形のようなアディティブ加工が必要となる。近年、こうしたアディティブ加工は、樹脂や金属材料を対象として適用範囲が拡大しており、複雑な航空機部品などへの実用化例が見られる⁽¹⁾が、金型製造にもこうしたコンフォーマル冷却金型製作を通じ、適用例が見られ始めている⁽²⁾。ただ、こ

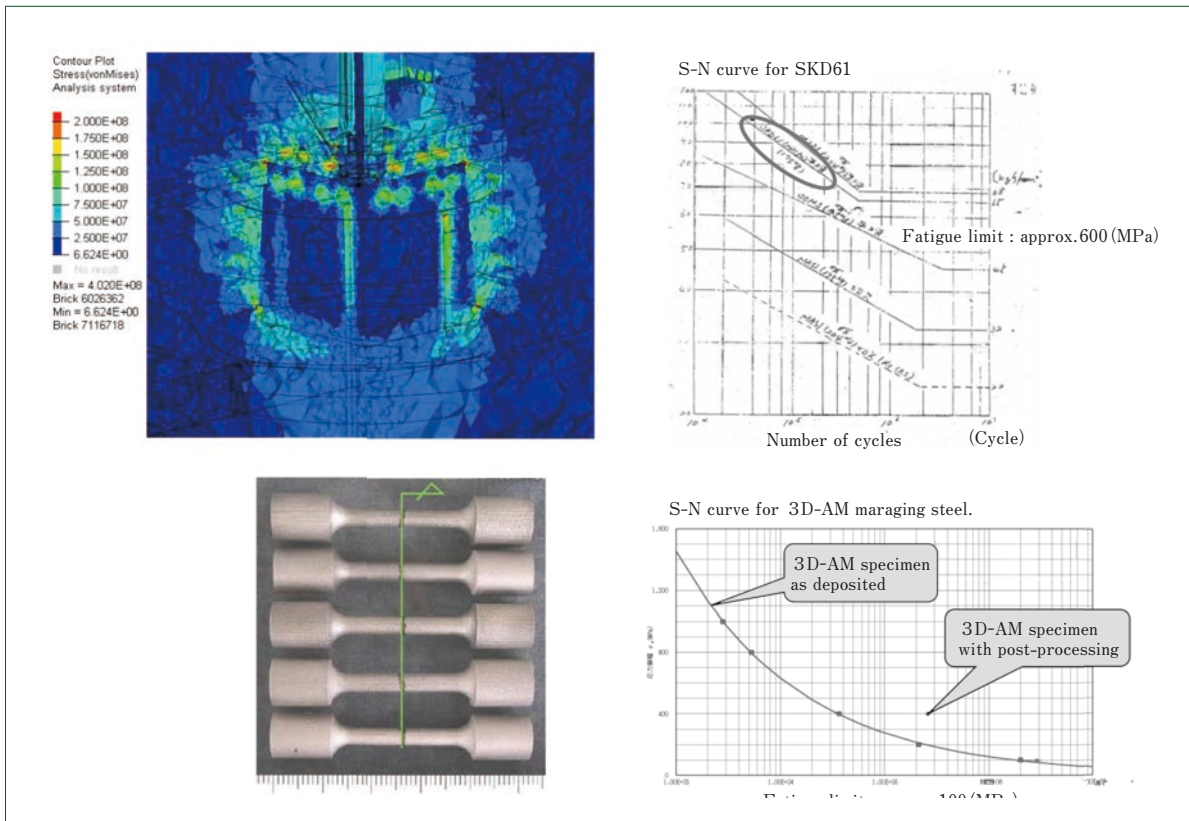


図1 金属積層造形サンプルからのSN曲線取得およびそれに基づく金型適用性判断例(コア部品)
Example of SN characteristic curve acquisition and investigation of 3D-AM applicability to die making (Core part)

のディティープ加工は単純なバルク材切削加工とは異なり粉末塗布、焼成、冷却といった複雑なプロセスを含んでおり、いわゆる造形ノウハウによってその機械特性などの出来栄が大きく左右される。特に、金型製造への適用を企図する場合、疲労強度などでの要求仕様を満たすうえで、この造形レシピの最適化が不可欠である。

当社では、社外の研究機関とも共同して、こうした金型製造への適用が可能な積層造形手法を開発したので紹介する。

2 金型製造への積層造形手法適用要件

今回は、サイクル短縮要求が高く、コンフォーマル冷却金型の効果を訴求しやすい薄肉食品容器を対象として金型試作を行った。型は雄型および雌型の2部分から構成されるが、高温可塑性樹脂材料からの抜熱要求が高いコア部品(雄型)およびボトムキャピティ部品(雌型)への冷却水路具備を試みた。

繰返し使用下での金型には、機械特性として一定の疲労寿命が要求されるが、まずは前記観点からの造形材料への要求仕様定義を行った。先に示した論文の冷却性能最適化設計からは、一般的な水路レイアウトより、さらに製品部壁面に近接した配置が得られるが、まず、そのレイアウトでの成形サイクル中に発生する最大応力をFEM解析により求める。既往の型材料に関しては、得られた最大応力をもとに既知のSN曲線から限界疲労強度を求め、要求仕様への適否を判断することができる。しかし積層造形材料に関しては、要素試

験により新たにSN曲線を取得し、積層造形品の要求仕様への適否を判断することになる。図1に、その一例を示す。コア部品を対象に成形中発生応力のFEM解析を行い、形成した水管部に発生する最大応力150MPaを特定した。従来用いられている型鋼(SKD61)のSN曲線からは、限界疲労強度として600MPaが算出されるが、これは上記FEM解析から推定された最大応力レベルを上回っており、疲労耐性面で問題のないことが分かる。

一方、3次元積層造形鋼材の1次評価として造形装置のみを有し、製造請負を行っている社外の国内ファンドリに疲労強度評価品の造形を発注し、その試験片(ダンベル形状)ベースでの強度試験を行った。結果を図1に併掲する。得られた限界疲労強度は100MPaであるが、これは前記FEM解析から推定された最大応力レベルを下回っており、疲労耐性面で問題のあることが分かった。本結果を受け、造形パラメータの最適化による3次元積層造形材の疲労強度改善を目指すこととした。

3 3次元積層造形レシピ最適化による造形材疲労強度改善

造形パラメータの最適化による3次元積層造形材の疲労強度改善に向けては、社外研究機関とのパートナーリングを志向した。これは、造形プロセス最適化には多くのノウハウが関係しており、造形装置だけを導入したとしても、独自開発では時間がかかると判断したことによる。共同開発パートナー

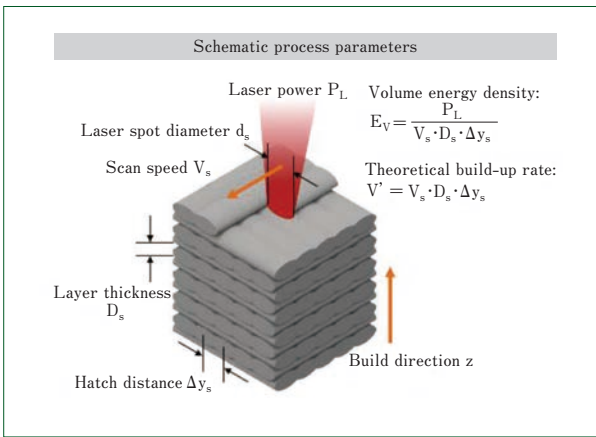


図2 3次元金属積層造形の模式図およびプロセスパラメータ
Schematic process and parameters for 3D metal additive manufacturing technique

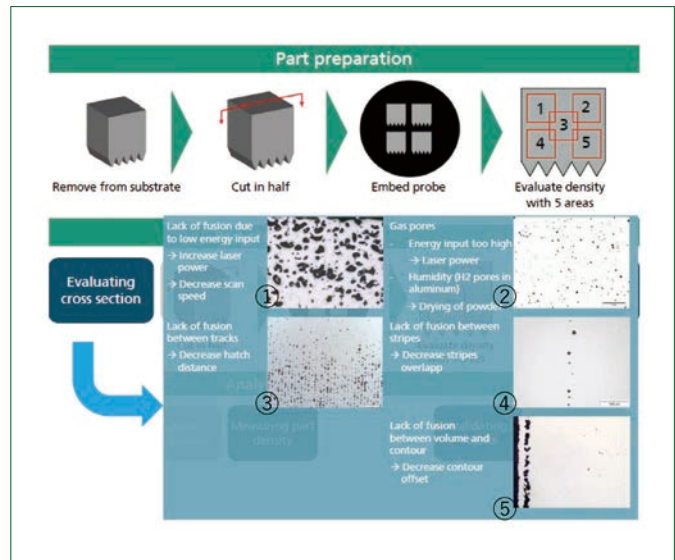


図3 プロセスパラメータチューニング中の各種造形様態
Various defect modes appearing during process parameter tuning

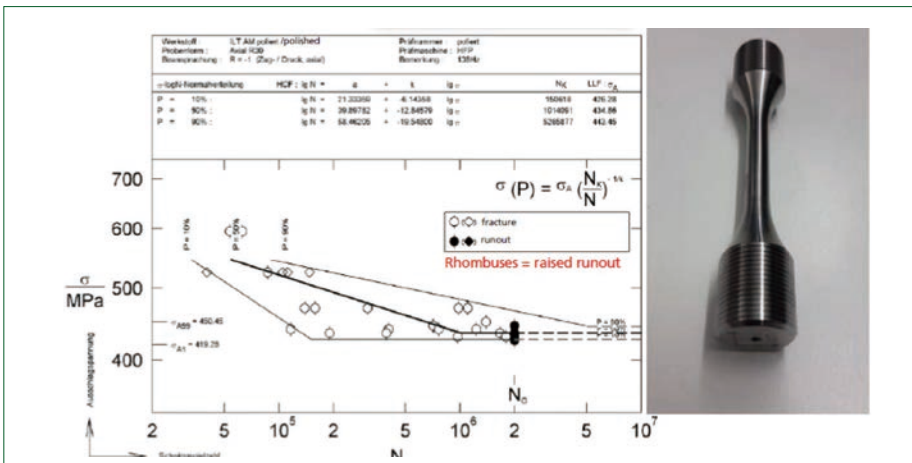


図4 3次元積層造形サンプルから取得されたSN曲線
SN characteristic curves obtained for samples fabricated by 3D metal additive manufacturing

としては、金属3次元積層造形技術の先駆的研究開発機関であるドイツのフラウンホーファーレーザ加工研究所 (Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT) を選定した。

当社側の要求仕様を示し、社外での造形結果を共有化するなかで、積層材料の稠密度が不十分であることが判明した。ILTでの金型適用造形からの経験では、99.5%以上の稠密度が必要とされるが、2章で示した外注造形品については積層造形型で一般的に用いられるマレージング鋼を使用し、その稠密度はこの水準を満たしていなかった。そこで、造形コストも念頭に置きながら、必要な疲労強度を得ることを目的として造形パラメータの最適化を行った。図2に示すように、積層造形を行っていくうえでは材料粉選定および評価の後、積層厚み、レーザスポット径、レーザパワー、レーザスキャン速度、レーザスキャン列の重ね度(ハッチ距離)などを調整する必要がある。これ以外に積層基板の予熱温度やシールド

ガス条件なども造形品質に影響するが、ここでは代表的な調整パラメータであるレーザスキャン速度およびハッチ距離に関し、造形稠密度の観点から検討を行った。検討に際しては、図3に示すような1cm³のサイコロ状サンプルを造形し、同サンプルの観察対象各部での品質バラツキをチェックした。図3に、プロセスパラメータチューニング中の種々の造形様態を示す。①ではスキャン速度が速過ぎ(あるいは、レーザパワーが不足)、材料粉の融合が十分に進んでおらず細孔が残っている。一方、②ではレーザパワーが強過ぎ、材料溶融時発生ガス起因のポア点が見られる。対策としては、スキャン速度の増加やレーザパワーの減少が必要となる。また、③ではレーザスキャン列間の融合不足で列間の細孔発生が見られており、ハッチ距離の縮小化が必要である。その他④および⑤ではストライプ間、造形品外縁およびバルク部間での過大な造形時ギャップがこのような孔生成を惹起しており、

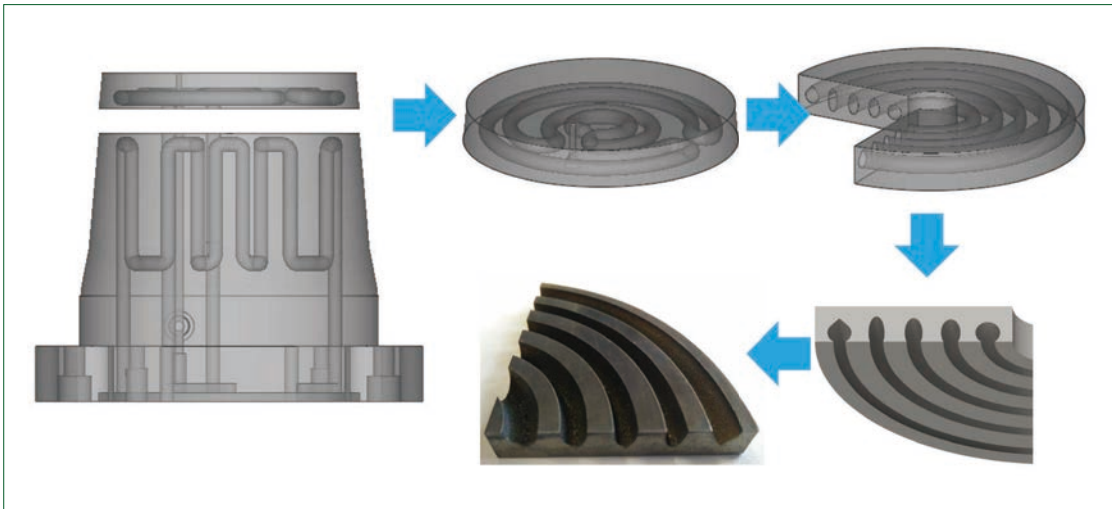


図5 造形された種々の断面水管に対する内壁面粗度計測手法
Approach for the surface roughness measurement of inner surfaces of cooling channels with various cross-sections

表1 種々の断面形状に対する冷却水管内壁面表面粗度計測結果
Summary results of surface roughness measurement of cooling channel's inner surfaces with various cross-sections

Critical part area - evaluation						
#	SHI Part			ILT various shapes		
	S _a (μm)	Target dimensions (mm)	Dimensions (mm) \bar{x} (min/max)	S _a (μm)	Target dimensions (mm)	Dimensions (mm) \bar{x} (min/max)
(a)	62.042	○ φ 6	φ 6.35	47.419	∅ 9.272/3.884	9.57/4.03
(b)	60.987	○ φ 6	φ 6.35	52.265	∅ 8.314/4.33	8.67/4.47
(c)	72.928	○ φ 6	φ 6.46	55.329	∅ 7.606/4.732	7.93/4.94
(d)	69.262	○	—	63.549	○ φ 6	φ 6.25

同ギャップの適正化が必要となる。

これら造形様態を観察しながら造形品稠密度を指標としてパラメータ調整を行ったところ、最適なパラメータ組合せによって99.85%の造形品稠密度を得た。これは、ILTでの金型用途造形品に対して適用されている基準値99.5%をも上回るもので、造形品質としては十分と考えられる。

この最適化されたレシピを用いて、実際に疲労強度評価片(ダンベル形状)を造形しSN特性を取得した。図4に、結果を示す。得られたSN曲線からは、2章で述べたのと同様のマレージング鋼を用いた造形品において、限界疲労強度として200MPaが算出されるが、これは2章に示した結果に比し、約2倍の改善に相当する。また、本結果はFEM解析から推定されたコア部品での最大応力レベルを上回っており、同部品への積層造形品の適用に関し、疲労耐性面で問題のないことが分かる。

4 実機適用

3章で得られた造形パラメータをベースに実際のコア型を試作した。ここまでの試作品はすべて中実部品であるのに対

し、実際の型部品は内部水路を有する中空部品となる。そうした中空部品を積層造形するに当たっては、積上げ時のオーバーハング部をどう処理するかなど、特有の造形問題に対応する必要がある。疲労強度も含め、引張耐力面では造形品表面の平滑度をどう担保するかが一つの課題となるが、中実部品であれば造形後に造形物表面の研磨加工を行うなど、2次加工での対応が可能である。一方、コンフォーマル水路金型のような中空部品に関しては、そうした2次研磨加工の適用が難しく、できるだけ「as depo」で平滑な造形表面を実現することが望ましい。これを踏まえうえて水管内部圧損などの設計観点に立ち、水路断面の適正化を試行した。実際には、造形表面粗さの悪化が最も懸念される水管天井部位のオーバーハング部を対象に、種々の水管断面を造形し表面粗さの比較を行った。比較評価に際しては、図5に示すコア部品頂部に配置されている水管の造形天井部を暴露するように、水管断面中心部通過断面でコア部品頂部を切断し、光学的に表面粗さ計測を行った。表1に、結果を示す。楕円断面(a)~(c)から、円断面(d)に変化させながら頂部表面粗さを計測したが、今回の造形レシピでは、断面形状によってさほど有意な

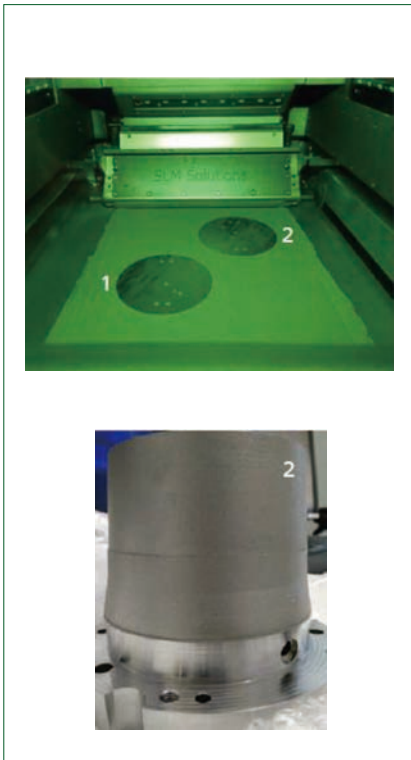


図6 3次元積層造形されたコア部品外観および造形中の様子
Outlook of 3D-AM-fabricated core part and picture of part during fabrication

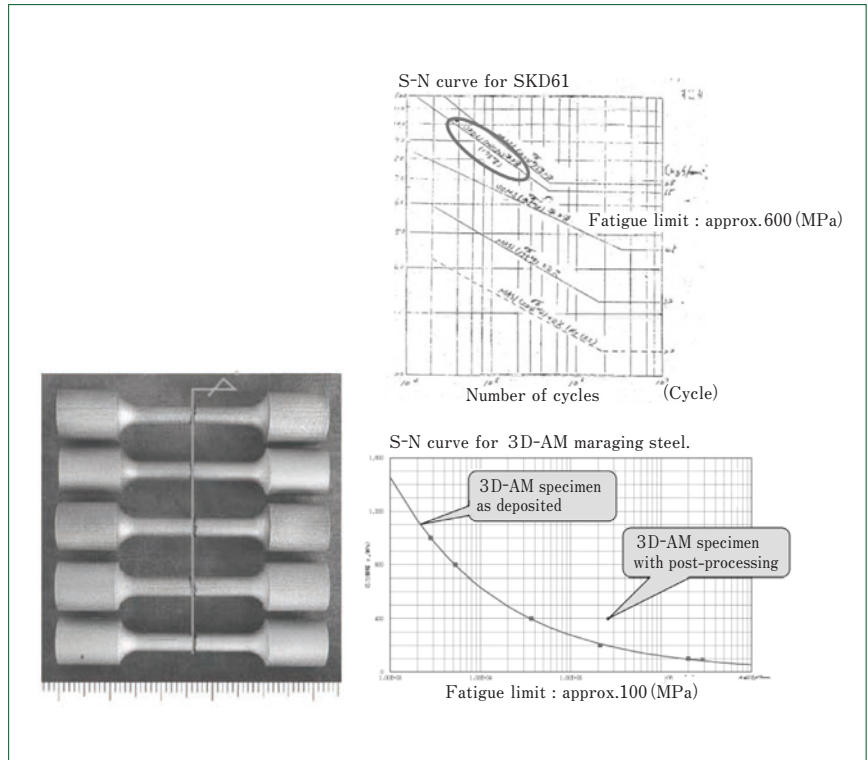


図7 金属積層造形サンプルからのSN曲線取得およびそれに基づく金型適用性判断例 (ボトムキャビティ)
Example of SN characteristic curve acquisition and investigation of 3D-AM applicability to die making (Bottom cavity)

差は顕在化しなかった。したがって、今回のコア部品造形に当っては、応力集中リスクの最も少ない円形断面を採用して造形することとした。図6に、造形中の様子および造形品の外観を示す。この造形品を用いて性能試験を実施し(本報 p.15~16)、目標のサイクル時間短縮を確認した。疲労耐性に関しては、現在フィールド試験を計画中であり、今後の検証待ちである。

5 残された課題および今後の展開

コア型については、型疲労強度要件に対しILTとの共同開発を通じ、造形レシピ最適化を経て、成形時発生応力のFEM解析から推定された要求仕様を満たす試作型を造形することができた。成形サイクル短縮能の一層の強化を目指し、同様の試みを雌型側のボトムキャビティ製作にも適用した。図7に、検討結果を示す。冷却能強化水管を具備したボトムキャビティ部品を対象に成形中発生応力のFEM解析を行い、ホットランナコーナー部に発生する最大応力233MPaを特定した。この最大応力値は、コア側のそれに比し約1.5倍に相当するが、これは射出応力を直接受けるボトムキャビティ部品の使用形態に起因する。この値は、3章で述べた最適化されたレシピを用いて造形されたマレージング鋼疲労強度評価片から得ることができたSN曲線により算出した限界疲労強度200MPaを上回っており、最適化レシピによる造形をもってしても、疲労耐性面で問題の残ることが判った。

幸いボトムキャビティ側は、コア側ほど複雑な冷却水管配備を要求されないことから、製造手法として同じ積層造形の一つである拡散接合技術の適応検討が可能である。拡散接合技術は、あらかじめ加工が施されたバルク材薄板を多数枚重ね、炉内などで高温圧接する手法である⁽³⁾。母材としては、バルク材同様の機械特性を有しているもので、造形複雑度では3次元積層造形に及ばないものの、疲労強度面ではより高い特性実現が可能である。今回、ボトムキャビティ部品についてはこの拡散接合手法による造形を行い、冷却時間短縮性能評価に供した。図8に、造形品外観を示す。

現在、ボトムキャビティ側へのより複雑な水管配備などを念頭に置いて、3次元積層造形の機械特性改善への試みを継続しているが、3章で示した造形品のSN特性改善に向けては、疲労破壊起点となる荒れや空孔のさらなる潰し込みが有効であると考えられる。それには造形表面の平滑化、造形物内部の空孔潰し込みなどのアプローチがあり、前者については水管内の流体研磨⁽⁴⁾、後者についてはHIP処理⁽⁵⁾などが考えられる。当社としては、今後なお一層の3次元積層造形技術の適応拡大を目指し、こうした後処理技術の取込みにも力を入れ、顧客のニーズに総合的に応えられる3次元積層造形金型のナンバーワンメーカーを目指していく所存である。

6 むすび

(1) 金属3次元積層造形技術の先駆的研究開発機関である

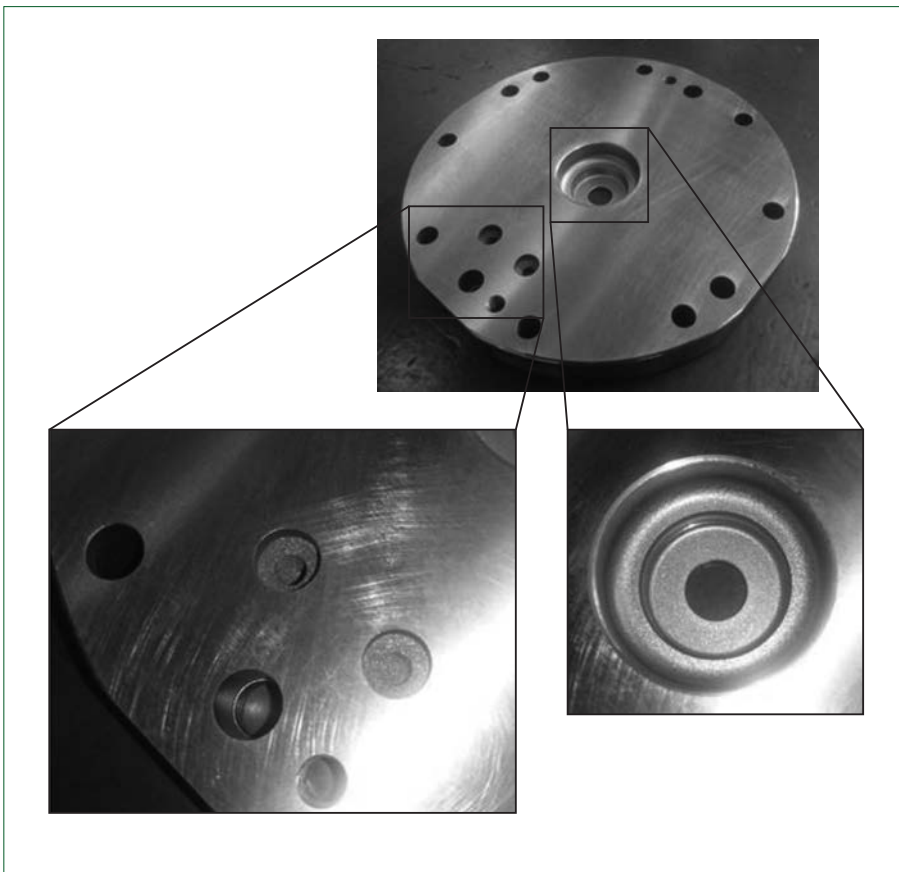


図8 3次元積層造形されたボトムキャビティの外観
Outlook of 3D-AM-fabricated bottom cavity

ドイツのフラウンホーファーレーザ加工研究所との共同開発を通し、3次元コンフォーマル冷却金型造形に適用可能な造形レシピを開発することで金型の要求疲労強度を満たす造形を実現した。

- (2) 開発したレシピを用いて実際の金型部品(食品容器用金型のコア型部品)を造形し、冷却性能の改善を確認した。疲労耐性実証に向けては、フィールド試験準備中である。
- (3) 拡散接手法など、ほかの積層造形手法による金型部品製作適用の可能性についても検討し、各型部品の冷却能強化目標および疲労耐性要求仕様に適合する最適な製造手法の組み合わせを可能とする製造プラットフォームも構築した。

(参考文献)

- (1) R. Kelkar, J. Groh, et al., Alloy 718: Laser Powder Bed Additive Manufacturing for Turbine Applications, Proc. 9th International Symposium on Superalloy 718 & Derivatives: Energy, Aerospace, and Industrial Applications, Pittsburgh (2018), pp. 53-68.
- (2) M. Mazur, M. Leary, M. McMillan, J. Elambasseril, and M. Brandt, SLM additive manufacture of H13 tool steel with conformal cooling and structural lattices, Rapid Prototyping Journal (2016), Vol. 22 No.3, pp. 504-518.
- (3) 大橋修, 日本塑性加工学会編, 新塑性加工技術シリーズ8「接合・複合」, 2018年初版発行, コロナ社.
- (4) 古本達明, 楠大樹, 網野享, 細川晃, 田中隆太郎, 上田隆司, 砥粒加工学

会, Vol. 56, No. 10, 2012 Oct, pp. 697-702.

- (5) 唐土庄太郎, 増尾大慈, 矢倉孟, 山本泰弘, “積層造形とHIP処理によって準備したTi-6Al-4V材料の機械的特性”, 粉体および粉末冶金, 2013, Vol. 61, No. 5, pp. 250-254.

高速自動金型交換による生産性向上

Higher Productivity Due to Automatic Quick Mold Change

● 助田 直史*
Naofumi SUKEDA



高速自動金型交換システム外観
External view of automatic quick mold change system

1 はじめに

近年、プラスチック成形加工メーカーでは徹底的な製造原価の削減が求められている。その方法として、サイクル時間の短縮と段取り替え作業の省人化があげられる。しかしサイクル時間短縮への取組みにおいて、一般的なプラスチック成形では、成形品の要求精度を確保しながら固めるには、溶融した樹脂を金型に充填した後にある程度の冷却時間が必要であることから、ハイサイクル化の限界が近づいている。射出成形機内で樹脂が充填された金型Aを射出成形機の外に搬出し冷却する。その冷却中に金型Bを射出成形機に搬入し樹脂を充填する。充填後に金型Bを射出成形機の外に搬出し冷却する。金型Bと入替えに、冷却が完了した金型Aを射出成形機に搬入して成形品を取り出し、次の樹脂を充填する。これを繰り返せば、1台の射出成形機で通常成形の1サイクルの時間内に2つの金型で成形することができる。これを2型同時成形と呼ぶ。

2型同時成形では、金型の高速自動交換により段取り替え作業の人手も削減することができる。

本報では、高速自動金型交換台車を利用した2型同時成形による生産性の向上および段取り替え作業の省人化を紹介する。

2 2型同時成形による生産性向上

図1に、高速自動金型交換台車を利用した2型同時成形の動作を示す。高速自動金型交換台車は、射出成形機からの搬出と射出成形機への搬入を金型の温調配管を外さず温調したまま高速かつ自動で行う装置である。

まず、射出成形機に搭載された金型Aに樹脂を充填する。充填完了後、高速自動金型交換台車により金型Aと金型Bを交換する。金型Aは射出成形機外の台車上で冷却する。金型Aを冷却している間に金型Bに樹脂を充填する。金型Bへの充填完了後、高速自動金型交換台車により金型Bと金型Aを交換する。金型Bは射出成形機外の台車上で冷却する。金型Bを冷却している間に、冷却が完了した金型Aの成形品を取り出し、次の成形の樹脂を充填する。この動作を繰り返すことにより、1台の射出成形機において通常成形の1サイクルの時間内に2つの金型で成形することができる。

図2に、通常成形と2型同時成形の1サイクル当たりの成形品の取り数を示す。通常成形では1サイクル当たりの成形品は1個であるが、2型同時成形では通常成形の1サイクルに当たる時間内に2個の成形品を生産することができる。

ただし、これはサイクル時間の半分以上を冷却時間とする成形における効果である。2型同時成形は、一方の金型の射出成形工程における冷却時間を利用して、他方の金型の充填工程を行うことから、冷却時間がサイクル時間の半分以下の場合はその効果が低減する。なお、冷却時間がサイクル時間の半分以上の場合、生産性向上の効果は最大で2倍である。

2型同時成形にはその動作に起因した制約がある。まず、2型同時成形では、一方の金型の射出成形工程における冷却時間中に金型を交換することから、可塑化装置が後退しノズルタッチが外れる。この状態で次の成形の樹脂計量を行うので、樹脂がノズルから漏れないようにシャットオフノズルの搭載が必要となる。また、冷却時間中に金型を交換することで成形機による型縮力が効かなくなる。この冷却時間中の型縮力が要求精度の確保に必要な成形においては、成形品の寸

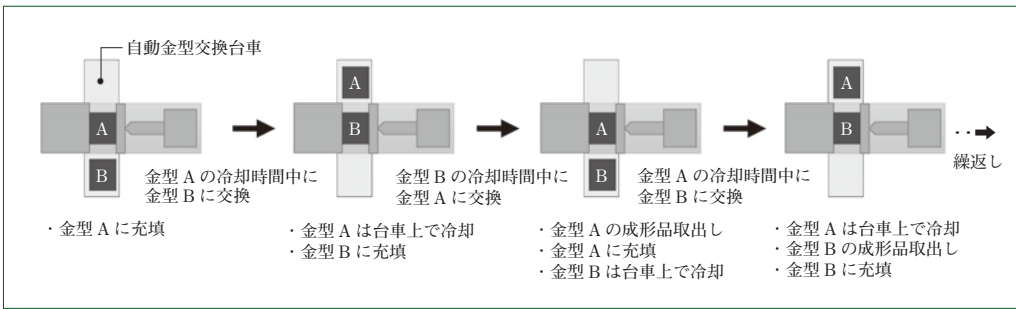


図1 2型同時成形の動作
Process of molding operation with two molds

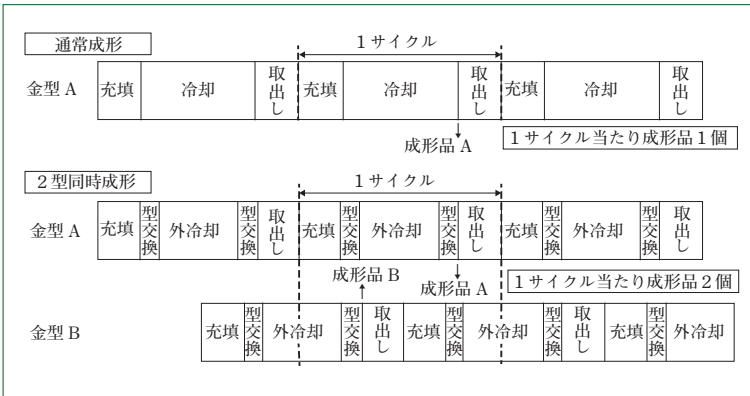


図2 成形サイクルの比較
Comparison of molding cycles

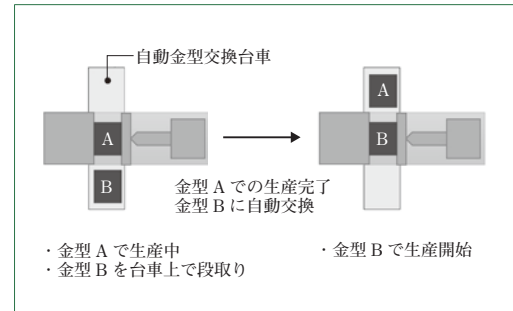


図3 自動段取り替えの動作
Process of the automatic setting

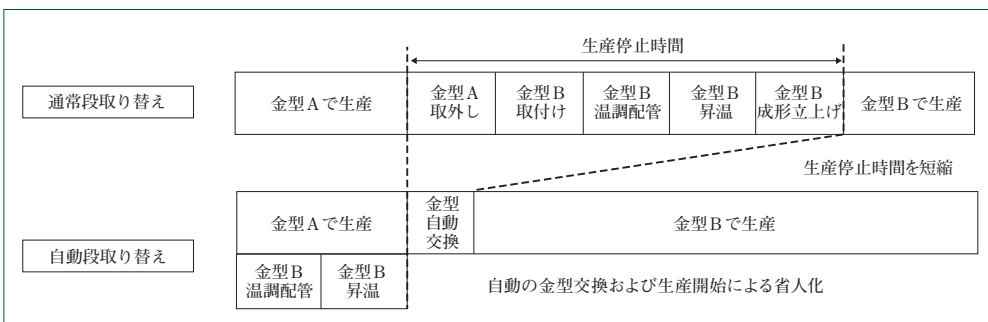


図4 自動段取り替えの効果
Effect of the automatic setting

法精度を帯てなくなる。2型同時成形では、このような制約に注意しなければならない。

3 段取り替え作業の省人化

図3に、高速自動金型交換台車を利用した自動段取り替えの動作を示す。射出成形機で金型Aで生産中、次に生産予定の金型Bの段取り準備を台車上で行う。台車上で金型Bの温調配管を行い金型を昇温しておく。そして金型Aでの生産完了後、自動で金型Bに交換し、直ちに金型Bで生産を開始する。

図4に、通常段取り替え作業と高速自動金型交換台車を利用した自動段取り替え作業の工程を示す。通常段取り替え作業では、金型Aの生産完了後『金型A取外し→金型B取付け→金型B温調配管→金型B昇温→金型B成形立上げ』の工程後に金型Bで生産が開始される。この工程の間、生産は停止しており人手も必要となる。高速自動金型交換台車を利用した自

動段取り替え作業では、金型Aで生産中に次の生産予定の金型Bを台車上で準備し、昇温しておくことが可能である。そして金型Aでの生産完了後、短時間に自動で金型交換が完了し、金型Bで生産が開始できる。これにより段取り替え作業における生産停止時間が大幅に短縮され、さらにその作業における人手を削減でき、省人化が可能となる。

4 おわりに

- (1) 高速自動金型交換台車を利用した2型同時成形による生産性の向上および段取り替え作業の省人化を紹介した。
- (2) 2型同時成形においては、その動作に起因した制約があることから適用可否の確認が必要であるが、一般的な射出成形では達成できない生産性の向上効果が期待できるので、今後は対象成形品を見極め、顧客の要望に応えるよう努める所存である。

容器専用全電動射出成形機 SEEV-A-HD CT-6 spec.

All Electric Injection Molding Machine for Packaging SEEV-A-HD CT-6 spec.

●伊藤 陽介*
Yosuke ITO



SEEV-A-HD CT-6 spec. 外観
External view of SEEV-A-HD CT-6 spec.

1 はじめに

当社は、2015年にベースマシンSEEV-A-HDシリーズ(2200~5000kN)を開発し、主に自動車部品などの厚肉製品分野で好評を得ている。

その一方で、生活関連分野ではプラスチック容器の環境負荷低減への取組みが加速しており、省材料化やリサイクル材への期待が強くなっている。

このような動きを背景に、当社は容器成形向けハイサイクル装備を備えたCT-6 spec.をSEEV-A-HDシリーズに新たに追加した。本報ではCT-6 spec.の特長について解説する。

2 CT-6 spec.の特長

CT-6 spec.では、容器成形で求められる射出充填性能を実現すべく、SEEV-A-HD機の射出速度および応答性を向上させ、ハイサイクル成形に求められる低せん断性および高混練性に対応した専用スクリュアッセンブリを標準装備している。

さらに、6秒成形(成形の1サイクルを6秒以下にする)に対応可能とすべく、ボールねじなどの駆動コンポーネントには熱対策および保護機能を追加し信頼性を高めている。また、ハイサイクル成形においても長期的な安定生産を実現することを目的として型締装置を刷新し、耐久性を向上させている。

3 型締装置の特長

6秒成形を可能とするには、ボールねじなどの駆動コンポーネントに発熱への対策が必要となる。また、成形サイクルが短くなることで装置への負荷は標準機と比較して大きくな

る。これらの課題に対応すべく、次に示すような型締装置への機能追加および構造の改善を行った。

3.1 駆動コンポーネントの熱対策と保護機能

ボールねじなどの駆動コンポーネントは、負荷を受けることで熱が発生するが、成形サイクルが短くなるほど発熱量が増加し、その影響が大きくなることが想定される。仮に、ある制限温度を超えたまま使用を続けた場合、想定した寿命に到達する前に早期の破損が起これば機能不全となる。このことから、本機ではボールねじの発熱を抑制することを目的とした冷却機構を追加し、さらに温度監視機能を付加することでボールねじの保護を強化し信頼性を高めている。

また、温度監視機能によりボールねじ負荷の傾向を把握することで、突発停止防止などの予防保全を可能とした。

3.2 耐久性の向上

(1) トグルサポート剛性の強化

当社の射出成形機における型締装置はトグル機構を使用しており、トグルサポートという鋳物部材により支持されている。型開閉時または型締時の挙動の決定要因の一つに、トグルサポートの剛性があげられるが、その剛性が高いほど挙動が安定すると考えられる。本機では、このトグルサポートの形状を抜本的に見直し、最適化手法のなかで最も自由度の高い位相最適化を用いることで、鋳物重量の増加を平均して1%以下に抑えながらも、剛性を約30%向上させることに成功した。

(2) トグルブッシュの耐久性向上

トグル機構には各リンク部に滑り軸受としてブッシュを使用しているが、ブッシュの摩耗は型締精度に影響を

及ぼす。特に薄肉容器の成形において、型締精度はバリや偏肉などの成形不良の原因と成り得る。このことから、ハイサイクル成形においても型締精度を長期的に維持できるように、ブッシュの耐摩耗性を約2倍に向上させた。

(3) ボールねじの直進性の向上

ボールねじへの負荷による発熱対策についてはすでに述べたとおりだが、偏心荷重やモーメントによる負荷が大きい場合にも想定寿命に達する前に早期の破損が発生する可能性がある。本機ではその対策として、ボールねじナットと締結されるクロスヘッドをガイドする直動用の滑り軸受ブッシュについて、そのガイド幅を増加させることでボールねじの直進性を約40%改善し、偏心荷重やモーメント負荷を抑制している。

4 射出装置の特長

射出装置においては、薄肉容器成形に求められる射出充填性能に対応すべく機能改善を行った。また、6秒成形を可能とすべく、型締装置と同様にボールねじなどの駆動コンポーネントに発熱対策を施し、保護機能を追加した。

4.1 射出速度・加速度向上

薄肉容器では、射出速度と加速度が成形品の品質に影響するので成形品固化前の完全充填性能が要求される。このことから、最大射出速度および加速度を従来から10%以上向上させた。

4.2 駆動コンポーネントの熱対策と保護機能

ボールねじの発熱対策については3.1で述べたとおりであり、射出ボールねじに関しても同様に冷却機構の追加と監視機能による保護機能を追加している。

また、射出装置のカバーは型締装置と比較してコンパクトに設計されており、ボールねじの熱がカバー内にこもりやすい。このことから、ボールねじの冷却機構によって逃がした熱を、さらにカバー内からも効率良く逃がすことができるように排熱機構を追加している。

4.3 制御コンポーネントの強化

前述した射出充填性能の向上および6秒成形に対応すべく制御コンポーネントにも改良を加え、負荷異常を起こすことのない安定生産を可能とした。

5 成形事例

容器専用機として開発したSEEV-A-HD CT-6 spec.での成形事例を次に示す。

- ・成形事例 SE220EV-A-HD CT-6 spec. C1100 φ50
- ・成形品 デザートカップ 8個取り (図1)
- ・樹脂 PP
- ・成形サイクル 6秒

従来のSEEV-A-HDでは対応できなかったハイサイクル成形を実現した。さらに、Zero-moldingを容器成形へ展開することで、計算上では2188kNの型締力が必要であるところを2000kNでの成形を可能とした。この低型締力による成形によって金型へのダメージを軽減し、メンテナンス周期を延長することができ、高生産性の要求に応えることも可能となった。



図1 成形品(デザートカップ)
Molding samples (Desert cups)

6 おわりに

SEEV-A-HD CT-6 spec.は、

- ・駆動コンポーネントの熱対策および保護機能を追加し、ハイサイクル成形においても安定生産を可能とし、信頼性を向上させた。
- ・型締装置を刷新し、耐久性を向上させた。
- ・射出速度および加速度を10%以上向上させた。
- ・6秒成形を可能とした。

これらに加え、当社のコア技術であるZero-molding(低射出圧・低型締力成形)、金型の面圧分布を均等化するダブルセンタープレスプラテン構造により、高い生産性が要求される容器成形業界において、射出成形機のダウンサイジングによる省スペース化にも貢献することができた。

※「Zero-molding」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

インジェクションブロー成形機 SE130NP

Injection Blow Molding Machine SE130NP

● 深山 寿 秀*
Toshihide MIYAMA



SE130NP外観
Exterior of SE130NP

1 はじめに

1967年に乳酸菌飲料の容器成形用インジェクションブロー(IB)成形機NP260をリリースしてから50年以上が経過し、その間に3度のモデルチェンジを行ってきたが、いずれも駆動方式は油圧式であった。

インジェクション成形機は1997年に上市したSHシリーズから電動化が進み、IB成形機も電動化が求められるようになってきたことから2009年に開発に着手し、2014年に全電動化したSE130NPをリリースした。本報ではSE130NPの特長について解説する。

2 SE130NPの特長

SE130NPは、当社IB成形機SG125NPの後継機である。当社独自のダイレクトドライブシステム、センタープレスプラテンなどの構造およびZero-moldingを搭載したSE130DUZをベースマシンとして全電動化したことにより、SG125NPと比較して消費電力量を約40%低減した。また、高品質な製品を安定して生産すべくプラテン構造や金型構造を見直してメンテナンス性向上と長寿命化を図った。

2.1 環境への配慮

IB射出成形機の独自機構である回転金型移動、割金型開閉、可塑化ユニット移動のアクチュエータ駆動システムにHST (Hydro Static Transmission)を採用して電動化したことで従来の油圧システムを廃止した。加えて、回転金型をオイル

モータ駆動からサーボモータ駆動にしたことで、従来の油圧式射出成形機と比較して消費電力量を約40%低減させることができた(図1)。

また、作動油使用量についても、従来の油圧システムを使用したSG125NPでは250Lであるのに対して、1/25の10Lとなり、大幅な低減を実現した。これにより作動油の冷却に必要なクーリングタワーの冷水使用量も75%低減することができた。

さらに、油圧システムからの放熱量が約30%低減し、クーリングタワーの維持費用と成形機設置スペースの空調費のコスト削減が期待できる。

2.2 クリーン環境

可動プラテンと、回転金型支持フレームをリニアガイドに搭載する案内構造(リニアガイド式プラテンサポート)を採用してタイパーブッシュを廃止した(図2)。

リニアガイドはタイパーブッシュと比べ、頻繁にグリースを給脂する必要がないことに加え高精度かつ長寿命であることから、保守点検作業の負荷を軽減することができる。また、グリースが飛散しにくいので金型周辺のクリーン性が保たれ、成形した容器にグリースが付着するリスクを低減できるというメリットがある。

従来機の油圧システムでは、成形機フレームに内蔵した油圧ユニットからフレキシブル油圧ホースを経由し、可動プラテンと回転金型支持フレームの可動部に搭載したアクチュエータに油圧を供給しているが、万一の劣化や損傷で油圧ホー

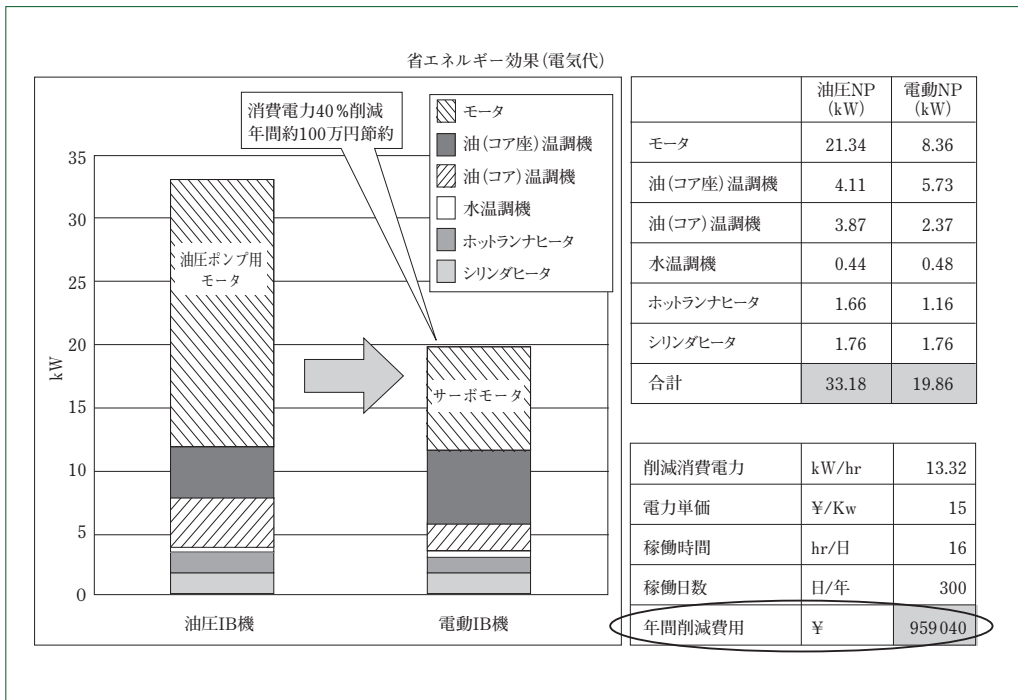


図1 省エネルギー効果
Effect of energy saving

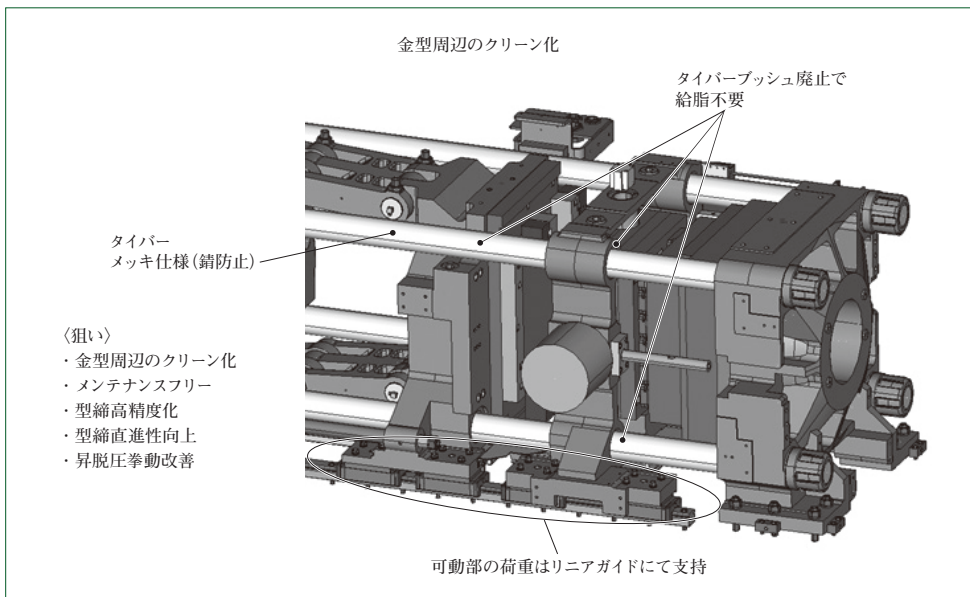


図2 リニアガイド式プラテンサポート
Platen support based on linear guide

スが破断して金型周辺が油漏れで汚染されるリスクを考慮して油圧ホースは定期的な交換が必要があった。

SE130NPは、HSTをアクチュエータと同じ可動部に搭載したことにより、フレキシブル油圧ホースではなく鋼管で接続することが可能となり、劣化や損傷で油漏れするリスクを限りなくゼロに低減することができた。これによってランニングコストを抑えつつも、成形機内部をクリーンな環境に保つことが可能になった。

2.3 金型

従来機と同様に豊富な経験と優れた工作技術によって製作される自社製金型は、偏肉の生じない独自構造、金型温度制御、高い加工精度により高品質の成形品が得られる。

また、当社独自のバリソン設計とブロー成形技術によって、容器の薄肉化と強度の確保を両立することが可能となり、樹脂材料の使用量削減に貢献している。

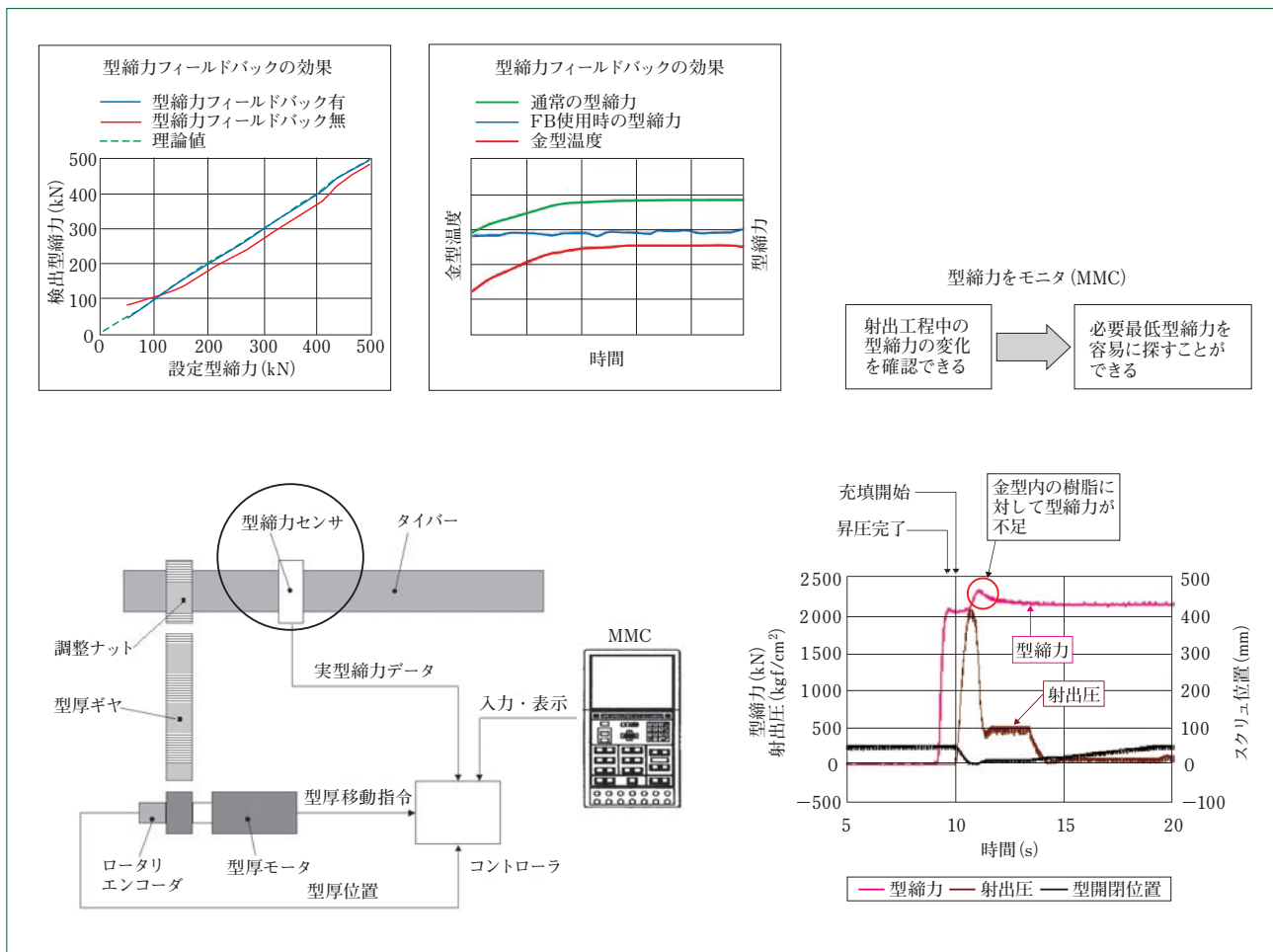


図3 型縮力フィードバック制御
Clamping force feedback control

2.4 金型の長寿命化

従来機では成形機タイバーや金型の温度変化によって型縮力が変動する特性があったが、SE130NPはタイバーに型縮力を測定するセンサを装着し、実際に発生した型縮力を測定してフィードバック制御を行うことで常に安定した型縮力を維持できるようになった。これによって必要以上の型縮力を設定する必要がなくなり、過剰な型縮力で金型に意図しないたわみ変形を与えて寿命を損なうリスクを低減することができる(図3)。

また、センタープレスプラテン採用により、型縮時のたわみを格段に減少させることができる。センタープレスプラテンは、従来機に比べて金型中心部分の面圧を大きくする構造であり、これによって金型PL (Parting Line) 面の面圧分布が均一化され、従来機に比べて20%低い型縮力でも成形が可能となり、金型の長寿命化に効果がある(図4)。

さらに、面圧分布が均一化されることにより、バリやショートショット、ガス逃げ不良によるヒケ発生などの成形不良を低減することができる。

金型構造では、固定金型と回転金型に位置決めブロックを採用し、キャビティとコアの位置決め精度を向上させた。これにより、金型の位置ズレを抑制して摺動部の磨耗を格段に

低減するとともに、容器の偏肉発生を低減することが可能になった。

2.5 金型のメンテナンス

IB成形機用の独自機構である回転金型のメンテナンス時間を低減すべく金型構造を改良した。加熱温調用媒体の供給リングを従来機の操作側と反操作側の2箇所配置から、操作側の1箇所集約し、回転軸を2分割化することによってOリング交換作業時間を従来機と比較して1/5の1時間に低減した。また、回転金型の回転軸と金型プレートの取付け構造を改良して分解・組立て時の作業性向上を図り、おのおのの所要時間を1時間短縮した。

これらの改良が成形機の稼働率と成形品の品質向上につながるものと期待している。

2.6 生産性の向上

従来機では油圧機器の経年劣化や油漏れによって、油圧アクチュエータの作動時間が遅くなり、サイクルタイムが変動して生産性が低下することがあった。これを改善するには油圧バルブや油圧シリンダなどを新品に交換する必要があるが、複雑な油圧システム構成であることから、交換しても確実に改善するという保証がなく、交換は見送られることが多かった。

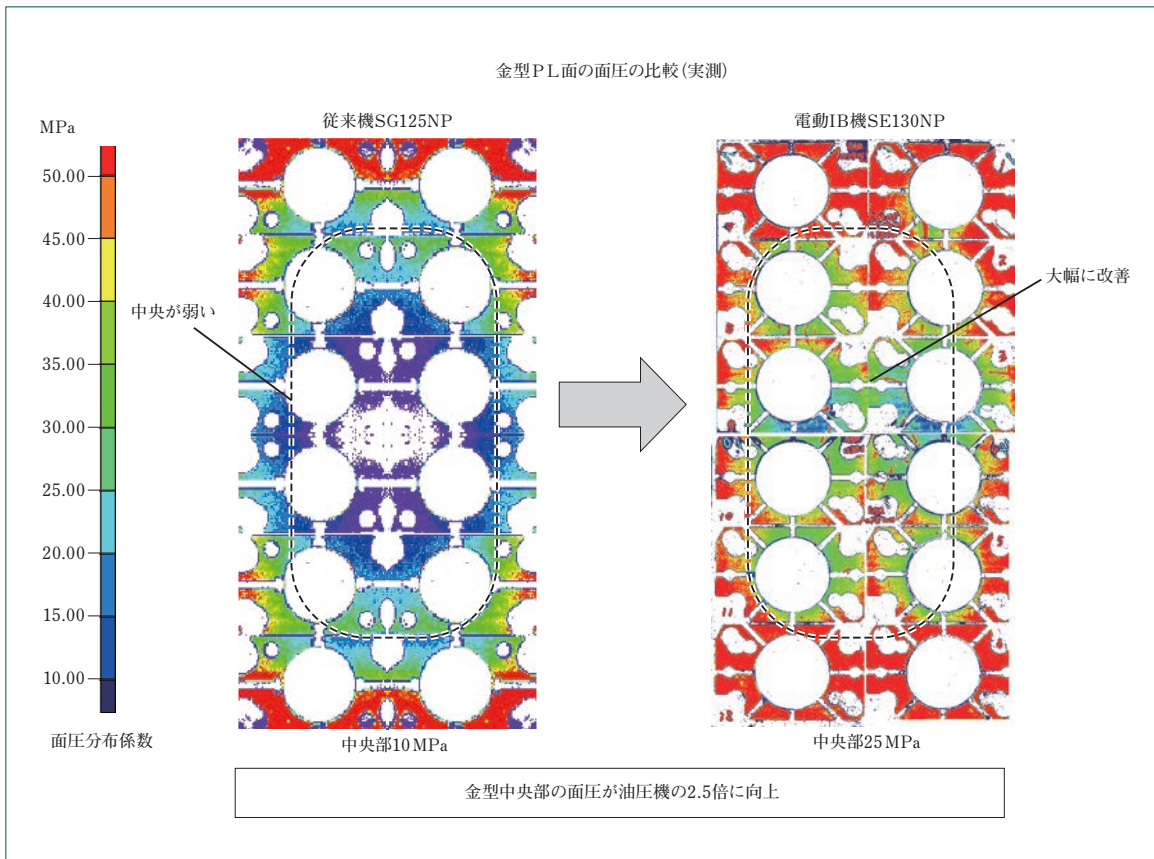


図4 金型PL面の面圧分布
Pressure distribution at mold parting surface

SE130NPは、サーボモータやHSTによる電動化によって、経年変化による影響を低減することが可能となった。初号機は納入から6年が経過した現在でも、変わらないサイクルタイムで稼働しており、高い生産性を安定して継続することができている。また、当社ではTomenai Serviceとして、消耗部品などの定期交換による保守を推奨しており、これを実施することで長時間の安定稼働が可能なマシンコンディションを提供することができる。

3 おわりに

SE130NPは環境配慮、クリーン環境を主とした顧客価値を具現化することを目標に開発した。

昨今、飲料業界では廃プラスチック対応として資源循環(リサイクル)を推進する動きが活発になっており、IB成形も資源循環が可能な成形材料(環境対応樹脂)の適用が検討されている。今後とも顧客価値を高めるべく、環境対応樹脂に対する技術開発を進めていく所存である。

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

全電動2材射出成形機 SE400HS-CI

All Electric Injection Molding Machine Double-Shot SE400HS-CI

●石井 努*
Tsutomu ISHII



SE400HS-CI外観
External view of SE400HS-CI

1 はじめに

近年、プラスチック成形業界では各分野で生産工程の省力化に加え、デザイン・装飾・シール性などの機能や質感の向上を目的とした多材成形への需要が増加している。

当社では、これらのニーズに対応すべく2001年に業界初の全電動2材成形機SE200D-CIをリリースし、その後に機種展開を行い30~280tをラインナップしてきた。

自動車業界などを中心に高付加価値部品・高機能成形品への取組みが加速し、成形品の大型化や金型の複雑化により大型の反転盤を搭載した多材成形への要求が高まっている。これらの新たなニーズに応え、ラインナップを拡充していく必要がある。これらを背景として、当社は新機種SE400HS-CIを開発した。

本報ではSE400HS-CIの特長について解説する。

2 成形機仕様

型締力	4000kN(400tf)
タイバー間隔	横1110mm×縦640mm
最大型厚	600mm
最大型開閉ストローク	625mm
最大射出速度	350mm/s

3 反転装置

従来の反転装置構造をベースにセンタープレス性能を向上させ、より効率良く型締力を伝達することが可能となった。搭載金型サイズにおいては競合の同クラスの成形機を大きく上回るサイズとし、600tクラスの金型の大部分を搭載可能な仕様とした。

また、金型の複雑化や成形品の品質管理によるトレーサビリティの向上に対応すべく従来機の約3倍のオプション配線、配管スペースを準備した。これによりサイクルの短縮やコア動作用配管、各種信号入出力、型内圧センサ、型内温度センサなどにも幅広く対応することができ、今まで以上に高度な成形が可能となった。

また、機械の大型化に伴う複数の配管オプションや信号などの装備により接続の作業性が課題となるが、これに対しては、段取り時の反転盤90°停止機能の標準装備で対応した(図1)。

停止後にロックピンにより固定を行い、操作側および反操作側の安全ドアを開けることで安全に配管・配線作業を行うことが可能となった。

4 型締装置

型締装置の構造は、当社中型機SEEV-A-HDの構造を踏襲した高耐久トルクリンクを採用した。また、当社2材成形機としては初のプラテンサポートのリニアガイド化を実施し、従来のスライドプレート構造に比べ摺動時の抵抗を軽減した。フレームの剛性設計については大型化した金型を十分に支えられるように強化した。

本機は、反転盤の中央部に温調ブロックなどの部品を必要としないことから一体型の金型取付けに適した構造となっている。

エジェクタ装置についてはその利点を生かし、長尺成形品の上下配置を意識したエジェクタロッド配置を準備し、盤面についても上下の製品配置を考慮した形状とした(図2)。これにより、他社製600~800tクラスの長尺成形品への対応が可能となった。

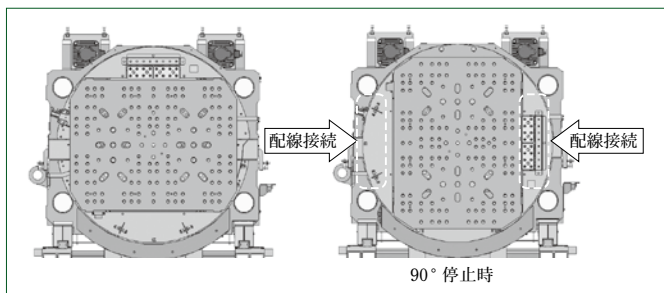


図1 反転盤の動作
Operation of inversion board

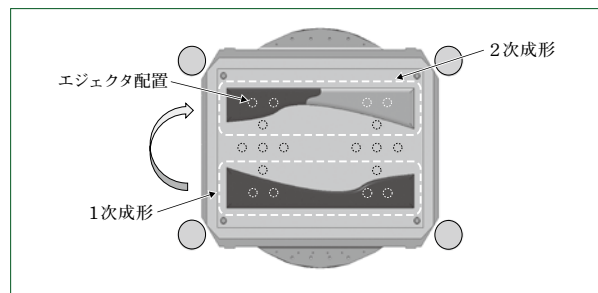


図2 長尺成形品への対応
Application to long and narrow mold samples

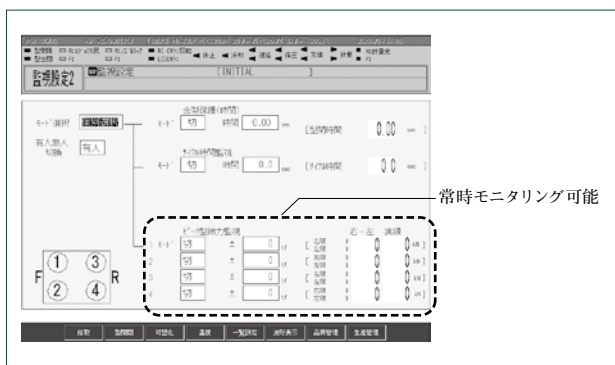


図3 型締力センサ(4チャンネル)
Mold clamping force sensors

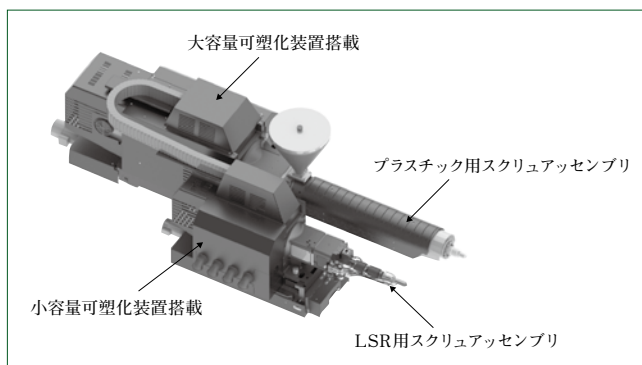


図4 LSR専用スクリュアッセンブリ
Screw assembly for LSR molding

また、駆動部の構造としてはベルトドライブ構造とした。輸送時のコストを抑えるべく、駆動部の配置を上側とすることで、機械幅をコンテナに収まる寸法に抑えることができた。

5 型締力の監視について

反転動作を行う2材成形における重要な項目として、正転・反転時の金型のバランスや充填時の各タイバーの型締力のバランスなどがあげられる。

本機はその見える化を目的とし、型締力センサ4チャンネルを標準装備とした(図3)。これにより金型のバランスの確認や、充填タイミングの見直しの要否を判断する目安にすることが可能となった。

また、タイバーバランスの確認を自動で行うことが可能になるので、トラブルを早期に発見でき、適正なタイミングでの保守点検につながる。

6 射出装置

2色成形においては、1次側で本体の大部分を成形し、2次側ではシールの目的でエラストマーなどの樹脂を成形することが多い。このことから、1次側および2次側で大きくショットボリュームが異なる製品が多く、この問題の解決が求められている。

この要望に応えるべく射出装置のサイズとして3モジュールを自由に組合せることができる仕様とした。

スクリュ径においてはφ22(理論射出体積20cm³)～φ56(理論射出体積510cm³)まで広範囲にラインナップしている。

また、射出装置の構造としては当社の特長であるダイレクトドライブ構造を3モジュールすべてで採用し、高速域から超低速域まで安定した充填制御が可能である。

さらに上記の標準3モジュールに加え、射出高負荷仕様についてもオプション対応することが可能である。

7 LSR (Liquid Silicone Rubber) 対応について

LSRは安全性、耐熱性、耐水性、耐候性、化学的安定性および電気絶縁性に優れており自動車業界をはじめIT業界、食品業界、医療業界などさまざまな分野で採用が加速している。

単色機でLSR成形を行う場合、別工程で準備したワークをインサートし、2材目としてLSR成形を行う。この際に問題となるのがインサート時のワークのズレや干渉による傷、寸法変化による精度の悪化である。2材成形機ではこれらの問題に対し、1次側で成形した製品を反転動作により2次側に移動して成形することで解決することができる。

当社はLSR2材成形において数多くの実績があり、本機においても同様に対応することが可能である(図4)。

8 おわりに

本報では、新たに開発したSE400HS-CIの特長について解説した。

今後も多材成形における生産性の向上を目的とした新たな用途が開拓されていくと考えられる。

顧客の多様な要望に応え、さらなる射出成形業界の発展につながることを願い、技術開発を進めていく所存である。

PET市場の最新動向に対応するSP500Eの技術紹介

Technical Introduction of SP500E for Current Trend of PET Molding Market

● 竹内 滋*
Shigeru TAKEUCHI



SP500E外観
External view of SP500E

1 はじめに

PETボトルプリフォーム(PF)用成形機であるSP500Eを継続販売しているが、顧客の最新の要求に応えるべく改良を加え進化させている。本報では最新の市場状況とそれに対応した技術を紹介する。

2 プラスチック業界を取り巻く動向

近年、地球温暖化に加え海洋汚染の問題が世界的にクローズアップされており、これを受けヨーロッパを筆頭に使い捨てプラスチック容器類に対する規制の強化が始まりつつある。

この世界的な流れに対応すべく、プラスチック関連業界は環境負荷低減策として3R(Reuse, Reduce, Recycle)を強く推し進めている。

一方、日本においてはベテラン作業員である団塊の世代の退職およびその技術を引き継ぐ若い労働人口の減少に伴い、技術伝承の難易度が上がっている。これはプラスチック成形業界においても同様であり、生産現場の技術力は低下傾向との声を多く聞く。

こうした状況への対応が、ハイサイクル化などに代表される従来からの顧客要求に加わってきており、成形機技術による改善が求められている。

3 3R 要求への対応について

近年、特に成形機への強い要望としてリサイクルPET樹脂への対応があげられる。図1に、PETボトル回収からリサイ

クルする工程を示す。

リサイクル材料はバージン材料とは異なった製造過程となることから、材料物性も異なっている。バージン材料の物性は非常に限られた公差内で製造されるが、リサイクル材料はメーカーやロットによるばらつきが非常に大きい。このことから、成形においては樹脂の溶融品質や溶融時間のばらつきが大きくなる傾向にある。その結果として、成形品の歩留まりや成形サイクル(生産性)の悪化につながってしまう。

SP500Eでは、樹脂材料のばらつきを受けにくく安定性の高いスクリュを搭載することでその解決を図っている。樹脂の供給性能および溶融脱気性能を最適化し高次元でバランスさせることで、バージン材料とリサイクル材料の違いだけでなく、複数の材料の混合なども含め、幅広い物性の樹脂材料を使用することが可能となっている(図2)。

4 技術伝承への対応について

ベテラン成形作業員は、経験や知識に基づいた技能を持ち最適な成形条件を作り上げることが可能であるが、経験が浅い作業員に同様の完成度を求めることは当然難しい。最適条件にたどり着けない場合、顧客が成形機の性能に疑念を抱くことにつながることもあり、非常に煩わしい問題となる。

そこで当社は、ベテラン作業員の技能をアプリケーションに落とし込み、誰でも簡単に最適なオペレーションが可能となる工夫を加えることでこれらの問題を解決している。代表例を報告する。

図3に、金型内の構造を示す。

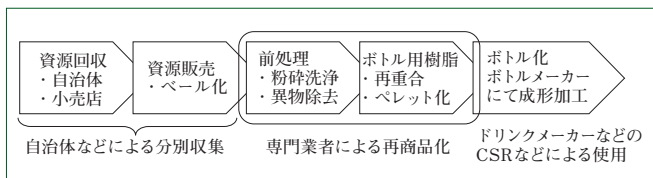


図1 PETボトルのリサイクル工程
Recycling process of polyethylene terephthalate bottles

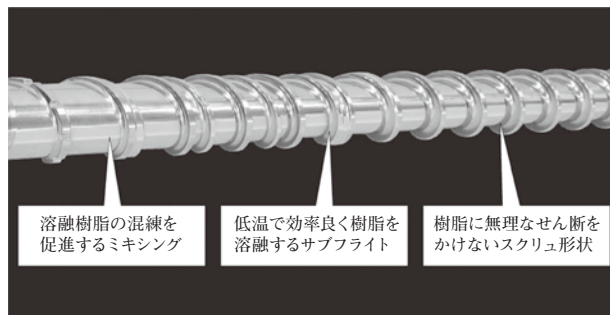


図2 PET専用SPスクリュ概要
Overview of SP type screw for PET

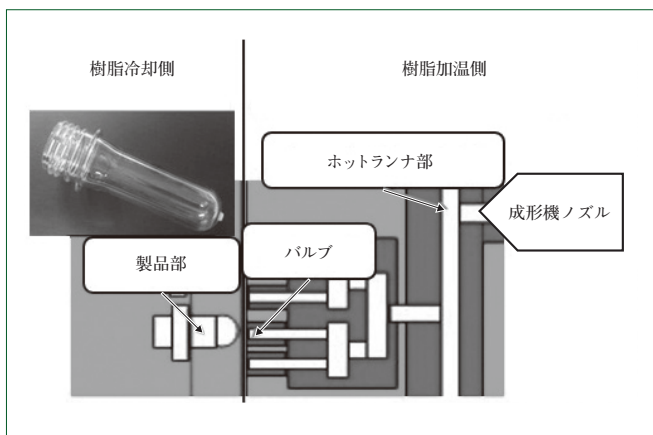


図3 PF用金型の構造
Structure of mold for PF

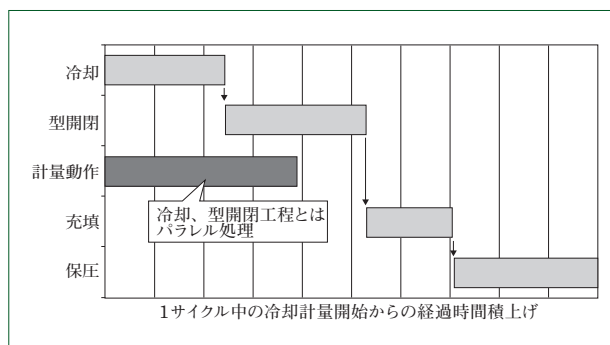


図4 サイクル分析ガントチャート
Gantt chart example of cycle analysis

PF金型には、樹脂を固化させる製品部および成形機から製品部につながる流路のホットランナ部があり、両者の境界にバルブがある。

成形開始時は、次の手順を踏むことが経験的に良いと言われている。

- ① 樹脂が抜けている可能性があるホットランナ部に溶融樹脂を満たす。
- ② 金型を傷めぬよう、製品部への充填量を適切に決定する。

これらの作業は、成形条件を変更し手動動作にて慎重に行う必要がある。作業の失念や手動条件が不適切であった場合は立上げが不能となるだけでなく、その後の修正作業が発生してしまう。

SP500Eでは、これらの複雑な作業工程を自動で実施するモードを搭載することで、誰でもミスなく操作できるようにしており、経験の浅い作業者が多くなっている顧客から大変高い評価を得ている。

5 ハイサイクル対応について

射出成形機は、サイクルを短縮することで成形品の生産性が向上する。また、それに伴い待機電力の無駄が減ることから、製品一つ当たりの使用エネルギーも減り、3Rに対しても良い影響を及ぼす。このことから、基本的には最速・最短時間で動作させることとなる。

図4に、サイクル分析例を示す。

SP500Eでは成形品の冷却時間を可能な限り短縮すること

を目的として、成形品を変形させずにすむギリギリの温度で金型から取出し、取出機の内部で追加冷却させる仕組みとしている。

追加冷却は、従来は冷却しなかった工程でも冷却するようにしたことにより、さらなる冷却促進を図る機構を取出機メーカーの株式会社スター精機と共同開発した。これにより、さらなるサイクル短縮が可能となった。本機構は特許出願し、当社商品名「SUMI cool (スミクール)」として商品化している。

6 おわりに

- (1) SP500Eは、幅広い物性の材料を使用可能なPET専用スクリュを搭載した。市場要求のリサイクル樹脂も問題なく使用可能であり、高い評価を得ている。
- (2) ベテラン作業者のノウハウをアプリケーション化しソフトウェアに搭載することで操作性を向上させ、ミスや無駄の低減を図っている。
- (3) サイクル短縮を進めるべく、取出機などの付帯設備メーカーと協力して冷却を促進しハイサイクル化を進めるシステムを作り上げた。商品名をSUMI coolとして上市した。

トータルコスト削減に寄与するSE30EV-A

SE30EV-A That Contributes to Total Cost Reduction

●森谷 知寛*
Tomohiro MORIYA



図1 新型射出成形機 SE30EV-A
New injection molding machine SE30EV-A

1 はじめに

近年、IoTの急速な発展により電子部品をはじめとした精密な成形品の小型化、複雑化が進み、精密成形に対する要求が一層高くなっている。このような背景のもと、2019年8月にスピーディな立上げ、精密安定成形、管理・環境負荷の低減を可能にした全電動小型射出成形機SEEV-AシリーズにSE30EV-Aの3機種が加わった(図1)。本報ではSE30EV-Aの特長を解説する。

2 SE30EV-Aの特長

本機は、不良(Defects)、無駄(Loss)、面倒・失敗(Faults)の3つの不安定要素を限りなくゼロに近づけることを目指すZero-moldingのコンセプトを発展させ、材料費・メンテナンス費用の削減、歩留まり・機械稼働率の向上を実現し、トータルコスト削減に大きく寄与する新型射出成形機である。

標準的な成形品に対応する機種に加え、型締精度を向上させてレンズ専用スクリュを装備したレンズ専用機、ハイサイクルオプションおよびコネクタ専用スクリュを装備したコネクタ専用機を同時にリリースしている。

3 型締装置の特長

近年の小型で精密な成形品には高い寸法精度が求められ、小さいものでサブミクロンオーダーの精度が求められる成形品も存在している。本機では、このように精密な成形品を安定して成形できるように次に示す装備を取り入れた。

(1) リニアガイドとプッシュレスタイパー

本機では、可動プラテンの案内機構にリニアガイドと

プッシュレスタイパーを採用している。旧機種で実施していたタイパー摺動から変更となり、金型の自重をタイパーで支えないので、重い金型を搭載しても高い平行精度を保ったままスムーズな型開閉が可能となった。これにより、金型の開閉時の直進性を確保することでピンの干渉による損傷を防ぐことができる。

(2) 高精度ノズルタッチ機構(図2)

本機は、ノズルタッチによる固定プラテンの意図しない倒れを防止し、型締精度を維持する機構を搭載している。

一般的なノズルタッチ機構は、1軸のアクチュエータにより固定プラテンを引っ張り、ノズルを金型へ押し付ける。アクチュエータ1軸の場合には、対称性が失われることによって固定プラテンが金型側へ倒れる。このモーメントを相殺する方法が高精度ノズルタッチ機構である。ノズルを中心として点対称な位置に配置した2軸のアクチュエータでモーメントを相殺する。これにより、保圧や充填時の固定プラテンの姿勢が均等に保たれ、金型のガイドピンのかじりやキャビティのズレを抑制する。その結果、金型寿命や成形品の歩留まりの向上に寄与することができる。

(3) 制振加減速制御 S-MOVE

本機は、SEEV-Aシリーズで好評を得ている型締動作の低振動化を実現した機能を搭載している。従来は振動を抑えるべく減速位置まで多段で徐々に速度を落とす必要があった。しかしS-MOVEでは減速途中では加速度を大きく、減速直前では小さくすることが可能となり、減速位置直前まで高速設定であっても型開閉時間を短縮し

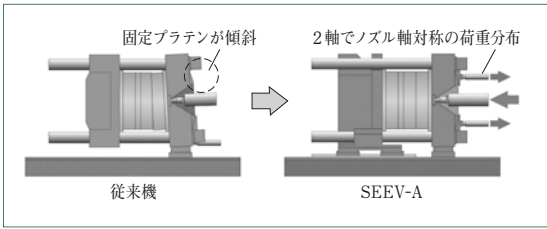


図2 高精度ノズルタッチ機構
High precision nozzle touch mechanism

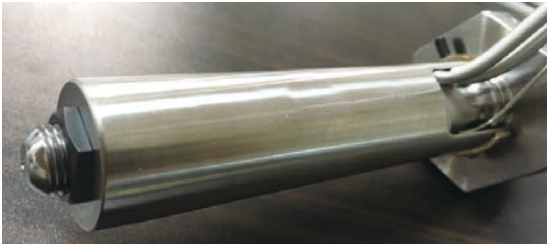


図4 FTCⅢノズル
FTCⅢ nozzle

つつ振動を低減させることができる。

(4) サーマルフリープラテン

図3に、サーマルフリープラテン構造を示す。SE30EV-Aでは、当社レンズ専用機で培ってきたサーマルフリープラテンをSE30EV-A標準機およびSE30EV-Aコネクタ専用機でも採用している⁽¹⁾。サーマルフリープラテンは、金型からの熱影響によるプラテン間の平行度変化(姿勢変化)を抑制し、成形中の可動型と固定型のズレを抑制する技術である。このプラテン間の平行度を維持する技術により金型の損傷と摩滅を低減し、金型メンテナンス費用を削減することができる。また、型ズレの抑制効果による製品のバリや芯ズレも低減され、歩留まりの向上にも寄与できる。一般的な射出成形機では、プラテン下部はフレームに固定されており金型の熱はフレームを通して伝導する。この影響により、非対称な温度分布がプラテンを不均等に変形させて、プラテン平行度が維持できない。それに対して、サーマルフリープラテンは固定プラテンと可動プラテンの中央部で支持することから、プラテンとフレームは熱的に切り離されている。この場合は金型の熱が上下・左右均等に伝わっていき、プラテンの温度分布は対称となる。結果、プラテン変形の対称性は保たれ平行度が維持できるようになる。本機は、熱変形と剛性を最適化すべくトポロジー最適化を利用して開発した。これにより優れた有効性を持つサーマルフリープラテンが生まれた。

4 射出装置の特長

射出装置には高速・高応答な射出装置を用意している。さらにレンズ専用機、コネクタ専用機では専用のスクリュアッセンブリを搭載することができる。

(1) FTC(Fine Temperature Control)Ⅲノズル

図4に、FTCⅢノズルの外観を示す。SE30EV-Aコネ

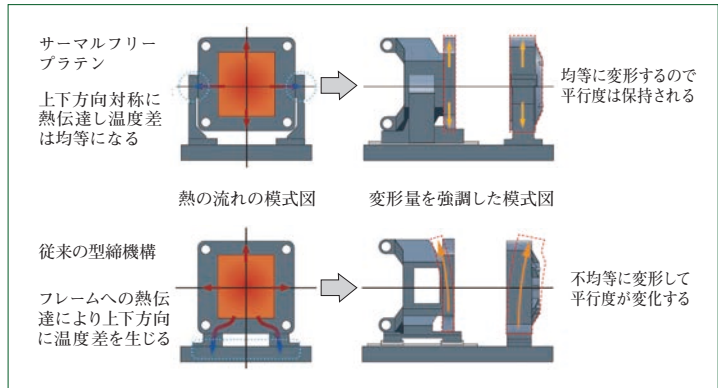


図3 サーマルフリープラテン
Thermal-free platen

クタ専用機には新しく開発されたFTCⅢノズルをラインナップしている。FTCノズルはノズルの温度分布を適正化して鼻タレや糸引き、ノズル先端詰まりを低減することが可能な歩留まり向上に効果的なノズルである。FTCⅢノズルは2つの熱電対とヒータでノズルの温度分布をコントロールすることで成形条件幅が広がり、成形条件出しが容易となる。さらに、従来のFTCノズルより手軽にワンタッチでヒータが着脱できるようヒータ形状を見直している。これによりノズル交換の作業時間が従来比でおよそ1/4に短縮でき、熱電対やヒータを傷つけるリスクも低減できる。その結果、メンテナンス作業時間と部品交換のコスト削減に大きく寄与することができる。

(2) レンズ専用スクリュアッセンブリ

レンズ専用機には光学成形に最適なスクリュアッセンブリを用意している。スクリュ形状は光学仕様AおよびBの2種類を用意しており、使用する樹脂に応じて最適なスクリュを提供することができる。光学仕様Aは低せん断形状で、現在のスマートフォン向けカメラレンズで主流となっているCOC材料の成形に効果を発揮し、光学仕様Bはサブフライトを有する高混練形状で、COP材料の成形に有効である。またノズルについても光学成形に最適な形状を備えており、樹脂滞留による焼けや糸引きを低減させ歩留まりの向上に有効である。

5 おわりに

SE30EV-Aは、顧客価値としてトータルコスト削減を実現する機能を具現化し、レンズ・コネクタ成形で最適な機能を実装している。

今後とも、さらなる技術開発を進め、顧客価値の向上に努める所存である。

(参考文献)

(1) 森谷知寛, 射出成形機の精度設計における熱変形解析, 住友重機械技報, No.183, Dec. 2013, pp.7~10.

※「Zero-molding」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

住友重機械技報第203号発行に当たり

住友重機械技報第203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。

2021年4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 - 2358

貴組織名
担当部署
氏 名
TEL No.
FAX No.

住友重機械技報第203号の送付先の確認と読后感などの件

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－遊星歯車減速機、[平行軸]バラマックス減速機、ヘリカルパディボックス、プレストギヤモータ、[直交軸]バラマックス減速機、ハイポニック減速機、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－、バラマックス、パディボックス、プレスト、ハイポニック減速機、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 ●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 ●レーザアニール装置 ●YAG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 ●レーザアニール装置 ●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 ●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、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 ●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、コイル搬送台車、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、コークス炉移動機械

船舶海洋

●船舶：油槽船、石油製品運搬船

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 ●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、住友重機械プロセス機器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、杭打機、道路舗装機械、クローラクレーン、基礎機械、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	〒792-8588	愛媛県新居浜市惣開町5番2号(新居浜)
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	〒812-0025	福岡市博多区店屋町8番30号(博多フコク生命ビル)			
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	見上 孝一	委員	伊藤 晃
	大西 良孝		阿部 昌博
	平田 徹		白澤 克年
	井上 千晶		藤本 典之
	梶谷 純平		柴田 雅也
	長部 洋介		奥平 恭之
	有吉 政博		坂根 剛
	石川 賢治		石倉 武久
	諏訪 義和		蟹 伸章
	鈴木雄一郎		大谷 賢一
		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203号 非売品

2021年4月10日印刷 4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 046-869-2306

発行人 千々岩敏彦



住友重機械工業株式会社
Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

