

金型回転式多機能複合成形システム 「Cav-Change」

岡本 昭 男*

はじめに

油圧駆動・油圧制御から電動駆動・電動制御へと射出成形機の構造変革に伴い、成形サイクル短縮や成形品質の安定化などの生産性向上及び省エネ効果など、樹脂成形加工分野に大きな変化をもたらし、現在ではすべての駆動部を電動化した全電動式射出成形機が主流となっている。特に型締力が9,800kN(1,000tonf)以上の大型全電動式射出成形機の登場により、大物の樹脂成形加工分野に新たな変化が生まれようとしている。すなわち、①製品コスト低減(一体成形、モジュール化、部品統合、素材代替え、素材消費量削減、リサイクル利用など)、②製品軽量化(特に自動車部品関連では燃費改善に直結)、③意匠性(造型の自由度、画期的なデザイン性)、④機能性付与(表面加飾、ソフト感・触感・高級感、断熱性、吸音性など)、⑤環境配慮(CO₂削減、環境破壊物質の発生削除など)、に関する改善要求である。

例えば1組の金型を用いて、型締⇒1次射出成形⇒微小型開⇒新たな空間部形成⇒2次射出成形、の射出制御と精密型開閉多段制御を組合せた複合成形システムは、上記の改善要求を

満足させる成形手段の1つとして注目を浴びたが、製品立ち面の樹脂厚み制御が困難、アンダーカット製品形状に適用困難など意匠性・製品デザイン性の面で多少の制約を受けるといった技術課題を有していた。

そこで、精密型開閉多段制御の優位性を継承させて、異なる意匠性・製品デザイン性を有する金型を回転交換させることで複数の意匠性・製品デザイン性を確保した新たな複合成形システムを開発し、IPF2011(国際プラスチックフェア)にて、金型回転式多機能複合成形システム「Cav-Change」(キャビチェンジ)として上市発表した。本稿では、Cav-Change成形システムについて詳細に紹介する。

1. Cav-Change成形システムの概要

金型回転式多機能複合成形 Cav-Change成形システムは以下の5要素で構成される。

- ① ベース成形機(全電動射出成形機)
- ② 電動射出B装置(複合成形用)
- ③ 高剛性金型回転機構
- ④ 成形金型
- ⑤ 制御装置

1.1 ベース成形機(全電動射出成形機)

ベース成形機は当社全電動射出成形機を対象とする。全電動射出成形機に

電動射出B装置+高剛性金型回転機構+成形金型+制御装置を組み込むことで、成形設備コストを最小限に抑えて、金型回転式多機能複合射出成形が実現可能となる。なお、Cav-Change成形システムであっても、スイッチ操作による成形モード切替えて通常の射出成形、射出圧縮成形/射出プレス成形、拡張型射出発泡成形、表皮加飾成形、積層成形/サンドイッチ成形などの種々の成形プロセスの実現を可能とした(1台で何役もできるマルチ成形機)。また、既設の全電動射出成形機に現地工事にてCav-Change成形システムへの改造追加も可能とした。Cav-Change成形システムの概要を図1に、外観を写真1に、特徴を表1に示す。

1.2 電動射出B装置

電動射出B装置(複合成形用)は、使用する樹脂種類や射出充てん量などによって適宜選択し、成形金型の固定金型側にノズルタッチ方式でドッキングさせる。固定金型にドッキングさせることで型締側はフリー状態となり、後述する射出プレス成形や拡張型射出発泡成形など、精密型開閉多段制御を必要とする多機能複合成形が高精度に実現できる。またノズル後退させて金型と縁切りすることで、通常の射出成形時に支障がないように設計配慮した。電動射出B装置は独立電動駆動であることで、配置及び設置本数は自由設計が可能である。

* Akio Okamoto
宇部興産機械(株) 技術開発部 樹脂成形技術グループ
Tel. 0836-22-6481
Fax. 0836-22-6482

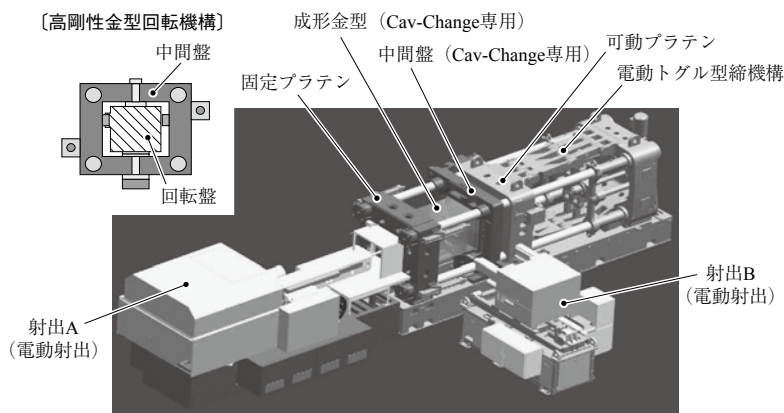


図1 Cav-Change成形システムの概要

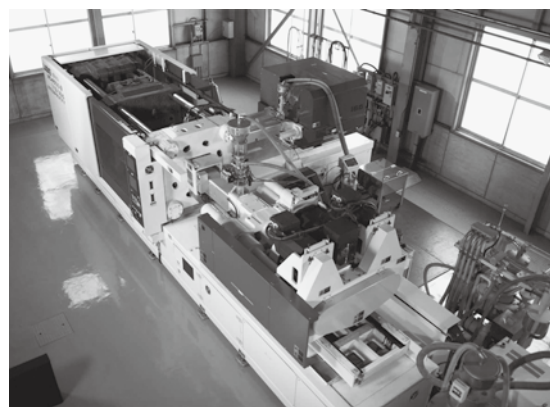


写真1 Cav-Change成形システムの外観

表1 Cav-Change成形システムの特徴

機械構造	仕様	特徴
ベース成形機	全電動射出成形機	MD450～MD3000まで対応可能 新設又は既設改造
型締機構	全電動トルク式型締機構	精密型締多段階制御 (DIEPREST) 剛性部材 (トルク) で駆動支持 (プラテン平行度+高応答型開閉) 型締力作用点=金型位置 (偏圧成形対応)
	型締ダーライト	ダーライト延長対応 (既存金型の成形対応)
射出機構	全電動射出機構	固定金型にドッキング (L型-COIM) 型締フリー化による射出プレス/圧縮, 拡張発泡 射出ユニット配置は自由設計 (省スペース化)
	ノズルタッチ方式 (すべての射出ユニット)	色替え作業性を重視 通常射出成形～複合射出成形まで幅広く成形対応
高剛性 金型回転機構	水平回転方式	成形機サイズ≒製品サイズ 製品形状によっては回転方向を選択可能 (成形機サイズのコンパクト化)
	高剛性プラテン方式 (6点支持構造)	金型の倒れ防止 (大重量の金型対応) 高速型開閉動作 (成形サイクル短縮, 精密型開閉制御対応) 金型交換の簡便化 (金型回転機構は取外し不要, 通常金型交換でOK)
	回転軸2点支持+電動駆動	金型の倒れ防止 (大重量の金型対応) 金型の回転モーメント低減 (高速回転による成形サイクル短縮化)
	可動プラテン一体駆動	高速型開閉動作 (成形サイクル短縮, 精密型開閉制御対応) 通常射出成形対応 (押出ピン延長)
成形金型	1.5型方式	固定型+回転型 (製品意匠面/2型) 回転型のシンプル化 (金型コスト低減, 回転機構の簡素化, 高速回転/型開閉)

1.3 高剛性金型回転機構

表2に金型回転交換方法の代表例を示す。射出成形機のプラテン盤面を最大限に効率良く利用する金型回転交換方法として、また型締力作用点に対して射出充てんの樹脂圧が均等に作用する点も考慮して、Cav-Change成形システムではプラテン盤面の型開閉軸線

方向に金型を水平回転させる水平回転方式を採用した。

また、固定プラテン及び可動プラテンの間に回転しない外周部と互いに平行な2つの金型取付け面を有する回転部とを2箇所回転軸で連結 (回転2軸構造) した中間盤を配置し、更に中間盤の外周部を4本のタイバーと2面のガイドシューの計6点支持構造とす

ることで、大物の樹脂成形加工分野を視野に入れて搭載する成形金型の大型化・大重量化に対応できる強固な高剛性金型回転機構を実現した。これにより、成形動作中の金型回転交換の回転速度を速めることができ、同時に高剛性金型回転機構の型開閉動作の高速運転も可能となり、金型回転多機能複合成形の成形サイクル短縮に絶大な効果

表2 金型回転交換方法

	金型交換方法	射出配置	製品有効性	成形機サイズ	発泡成形	射出プレス
	スライド移動	固定金型 並列型 L字型	× 製品サイズが 小さい	× 横方向に 無駄あり	○	○
	ロータリー 回転移動	固定金型 並列型 L字型	× 製品サイズが 小さい	○ 標準成形機の 範囲内	○	○
	水平 回転移動	固定金型 可動金型 対向型	○ 製品サイズが 大きい	× 長手方向に 無駄が多い	×	×
	水平 回転移動	固定金型 並列型 L字型	○ 製品サイズが 大きい	○ 標準成形機の 範囲内	○	○

を發揮する。更に、非対称の金型であっても回転重心ズレに伴う回転振動を吸収保持でき、金型回転交換装置の高寿命化を図ると同時に、金型同士の位置ズレによる金型破損の防止効果も付与した。特に、成形後の離型時の製品離型抵抗に負けずに金型を平行に精度良く離型できることから、離型時の位置ズレによる製品の損傷防止効果も得ている。

1.4 成形金型

成形金型は、固定プラテン側に1つの固定金型、中間盤の回転部に異なる意匠性・製品デザイン性を有した2つのキャビティ金型（A/B）、可動プラテン側にキャビティ金型を保護するダミープレート、の計4型（2組金型）で構成される。なおダミープレートは他の成形金型と比較して単純形状の構造でよく、実質の成形金型は1.5組金型と言え金型製作コスト低減を実現する。金型回転多機能複合成形は、すべて固定金型と組合される1対の金型（キャビティ金型A又はBのどちらか1対の組合せ）で行われる。すなわち、すべての成形品は固定金型側に残る金

型構造とすることで、成形品の位置ズレ（主に成形樹脂の収縮によるもの）による成形不良は皆無となる。同時に、高剛性金型回転機構側には単純な形状のキャビティ金型（A/B）の取付けでよく、金型ホットランナやバルブゲート、複雑なコア形状（スライドコアや傾斜コア構造など）、及び製品押出機構などは不要となり、コンパクト（低重量化）でシンプル（低コスト化）な高剛性金型回転機構となる。回転二軸構造と6点支持構造との相乗効果によって、金型回転動作や金型型開閉動作の高速化が容易に実現でき金型回転式多機能複合成形の成形サイクル短縮の効果を容易に得る。

1.5 制御装置

Cav-Change成形システムの制御装置はベース成形機の制御装置と通信リンクされ、金型回転多機能複合成形動作に応じて高剛性金型回転機構を回転駆動及び型開閉駆動させる。高剛性金型回転機構の型開閉動作時には、可動プラテンと高剛性金型回転機構と一体化させた状態で行い、高剛性金型回転機構の回転動作時には可動プラテンと

の一体化を解除して所定の回転位置にて高剛性金型回転機構に組み込まれた電動駆動により回転動作させる。

高剛性金型回転機構の型開閉動作時には、電動トグル型締機構の精密型開閉多段制御を利用して行うことで、金型回転式多機能複合成形システムであっても、高精度でかつ高速動作の型開閉多段制御を可能とする（図2、図3）。また、圧縮性のある油圧を用いた直圧式型締機構に対して、剛性部材（トグルリンク機構）のみで型締支持するトグル式型締機構と、高剛性BOXプラテン構造との組合せで、固定プラテン・可動プラテン・高剛性金型回転機構及び成形金型のすべてが高剛性保持されて、成形品の位置ズレ（主に機械部材及び金型変形によるもの）による成形不良は皆無となる（図4）。

2. 金型回転式多機能複合成形事例

Cav-Change成形システムは1台で何役も成形できるマルチ成形機であることから、大物の樹脂成形加工分野で要求される成形プロセスはほとんどが対

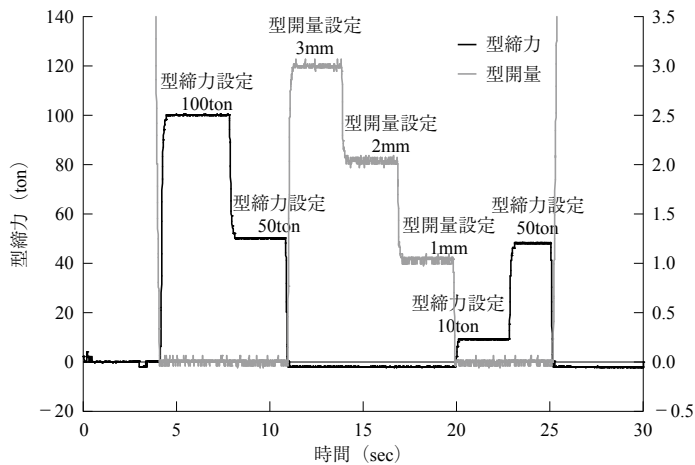


図2 精密型開閉多段制御特性

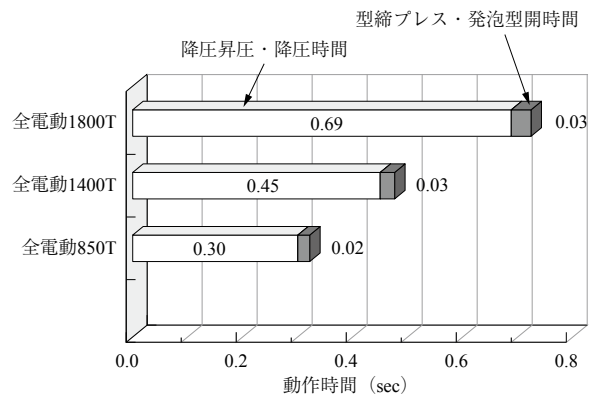


図3 高速型開閉多段制御特性

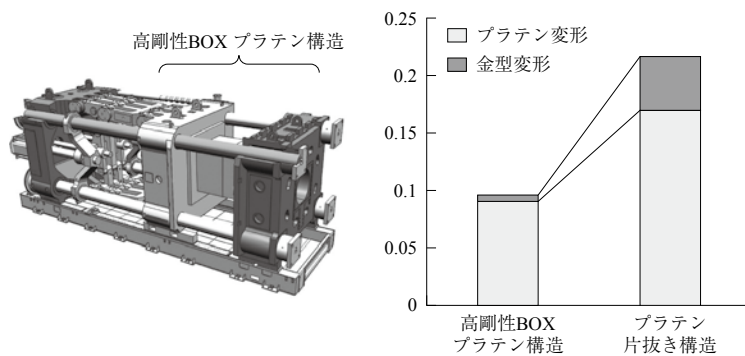


図4 プラテン構造による変形の違い

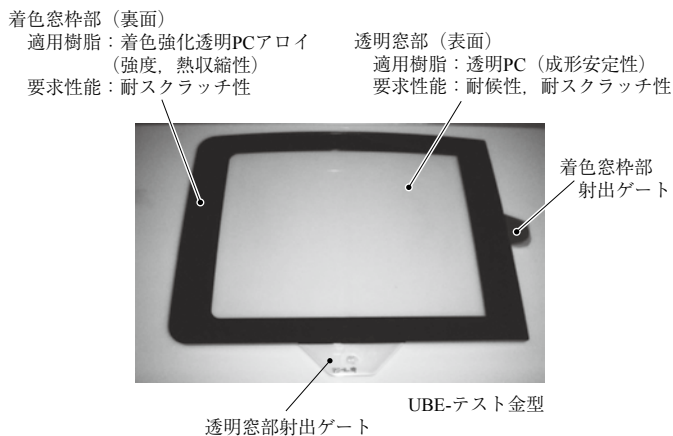


写真2 樹脂グレージング成形事例

では量産化を達成している。自動車部品の中でガラス素材の使用量は多くないが(数%程度), 仮にガラス素材(比重≒2.4)を樹脂(例: PC, 比重≒1.2)に代替できれば, 部品軽量化は50%と大きい(単純比較計算)。当然であるが, 部品統合及び意匠性・製品デザイン性も重要視され, 樹脂化のメリットは大きい。写真2に樹脂グレージング成形事例を示す。樹脂グレージング成形は, 透明窓部(透明PC樹脂)と着色窓枠部(着色強化PCアロイ樹脂)の2色部分積層成形構造である。特に透明窓部においては, 耐候性や耐スクラッチ性など機能性付与が必要とされ, 現有する樹脂素材では対応が困難なため, 成形後のハードコート処理などで対応している。本稿においては, 樹脂グレージング成形時の成形プロセスにおける注意点について説明する。

図5に樹脂グレージング成形の成形動作を示す。高剛性金型回転機構側に異なる意匠面・製品デザイン性を有したキャビティ金型(A/B), 固定プラテン側に1次/2次成形共通の固定金型, 2種類の異なる樹脂を可塑化・射出充てんする射出(A/B), の構成で成形を行う。まず型締して, 固定金型とキャビティ金型(A)を組合せて, 射出Bから着色窓枠部の融溶樹脂を射出充てんし, 1次成形を終える(B射出)。所定の冷却保持時間の後に1次成形品を固定金型に残したまま型開し

応可能と考えている。以下に, 自動車部品に適用した場合の成形事例のうち代表的なものを紹介する。

2.1 自動車外装部品への適用事例

昨今の自動車燃費改善の要求は年々

高くなっており(燃費規制に追従), 比重の大きい素材から比重の小さい素材への部品転換が望まれている。この中で樹脂成形加工分野に焦点を当てると, 大物製品でかつ比重の大きいガラス素材の樹脂化(樹脂グレージング成形)の開発が進んでおり, 一部の車種

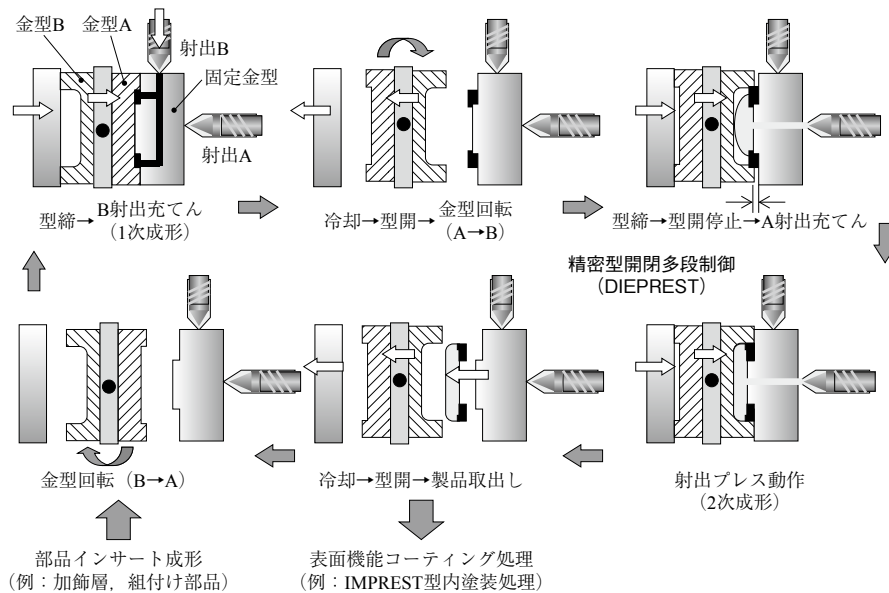


図5 樹脂グレージング成形の成形動作

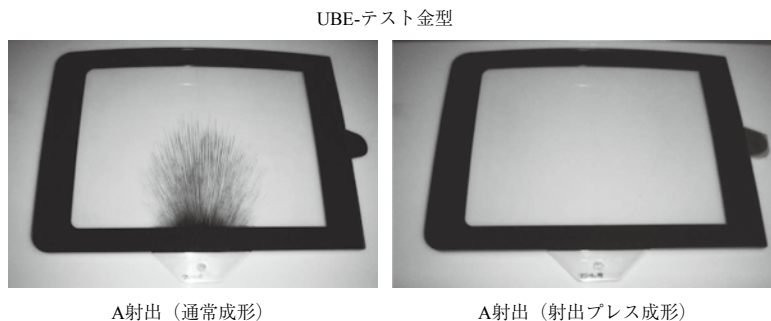


写真3 通常成形と射出プレス成形の違い

表3 射出充てんパターンの違い

射出充てんパターン	射出①	射出②	技術課題	対策
A→B	透明PC系 (意匠面)	着色PC系 (裏面)	①A樹脂収縮による金型内での位置ズレ ②金型回転時のA樹脂成形体の脱落 ③B樹脂熱量によるA樹脂の熱変形・ひずみ・溶損 ④再型締時のA樹脂成形体の傷付き	①②⇒金型に機構追加(複雑化) 位置ズレ防止, 脱落防止 ③⇒熱処理 ④⇒金型加工精度UP(コスト高)
B→A	着色PC系 (裏面)	透明PC系 (意匠面)	①A樹脂熱量によるB樹脂の溶損 ②A樹脂の冷却不均一による変形 (B樹脂成形体=断熱層)	①②⇒射出プレス成形

て、高剛性金型回転機構を駆動させてキャビティ金型を回転交換し(A⇒B)、再型締を行う。射出Aから透明窓部の溶融樹脂を射出充てんして(A射出)、1次成形品(着色窓枠部)の上面側に2次成形品(透明窓部)を2色部分積層成形させる(B⇒A射出)。なおA射出の際には、透明窓部の平滑性と低ひずみ化及び成形後のハードコート処

理性を確保するために、また同時に1次成形品の溶損不良(写真3)を防止するために、射出プレス成形動作を加えることは極めて重要な意味を持つ。すなわち、この射出プレス成形動作の精密制御性能が成形品質を左右し、精密型開閉多段階制御を得意とするCav-Change成形システムが有効に作用する。また1次成形品を固定金型残しと

していることで樹脂収縮による製品位置ズレを最小限に抑制できる。

射出充てんパターンを着色窓枠部(B射出)⇒透明窓部(A射出)のB⇒A射出充てんパターンとしたのは、樹脂グレージング成形の意匠面となる透明窓部の意匠性・製品デザイン性を優先させる狙いである(表3)。逆の射出充てんパターン(A⇒B射出)とした

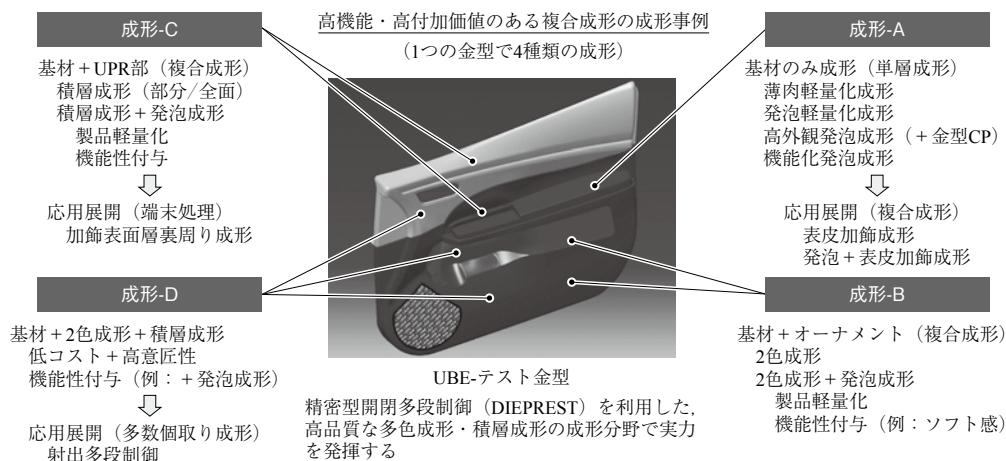


図6 複合射出成形事例

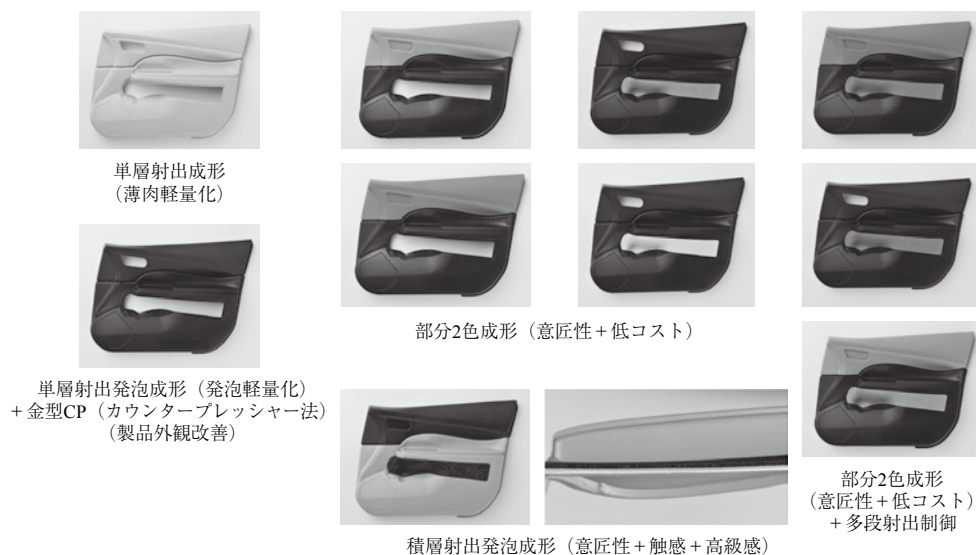


写真4 複合射出成形事例

場合では、後から射出充てんされる着色窓枠部の熔融樹脂の熱量及び樹脂収縮によって、2色部分積層成形された透明窓部の領域での意匠性・製品デザイン性が低下する危険性が高い。また透明窓部は製品寸法が大きいために樹脂収縮量も大きく、例えば、金型回転機構側に透明窓部を付けた状態で金型回転させると製品の位置ズレ不良が発生しやすく (最悪は製品脱落)、樹脂収縮挙動に応じた製品位置合せなどの調整機構を金型回転機構側に設けることが必要となる。Cav-Change成形システムでは、1次成形/2次成形ともに固定金型内に残る構成としたこと

で、樹脂収縮の問題は解決でき金型回転機構のコンパクト化とシンプル化を実現する。

将来的には、組付け用の部品のインサート成形との組合せや、金型内でハードコート処理を同時に行う型内ハードコート塗装処理なども視野に入れて、成形システムの改良開発中である。

2.2 自動車内装部品への適用事例

自動車外装部品と同様に、自動車内装部品も燃費改善を主目的とした製品軽量化の要求は高い。これに加え、部品統合による製品コストダウンや、表

面加飾性能の付与などの意匠性・製品デザイン性も重要視される。例えば、インパネ部品は従来のパウダースラッシュ成形法から複合射出成形法に成形プロセス転換を行うことで上記の改善達成を狙ったものと言える。Cav-Change成形システムは、汎用の全電動射出成形機+aで成形対応を可能とし、インパネ部品に限らずその他の自動車内装部品への複合射出成形法の横展開を低コストで提供することを考えている。図6、写真4に自動車内装部品を対象とした金型回転式多機能複合成形事例を示す。基材層 (射出成形) をベースに意匠層を組替えたり成形プ

プロセスを組合せたりして、1つの成形金型で多機能な複合射出成形ができることで、多品種小ロット生産への適用を提案する。

図7に金型回転式多機能複合成形に多段射出制御を組合せた成形動作を示す。高剛性金型回転機構側に異なる意匠面・製品デザイン面を有したキャビティ金型(A/B)、固定プラテン側に1次/2次成形共通の固定金型、2種類の異なる樹脂を可塑化・射出充てんする射出(A/B)、の構成で成形を行う。まず型締して、固定金型とキャビティ金型(A)を組合せて、射出Aから基材層の溶融樹脂を射出充てんし1次成形を終える(A射出)。所定の冷却保持時間の後に1次成形品を固定金型に残したまま型開して、高剛性金型回転機構を駆動させてキャビティ金型を交換し(A⇒B)、再型締を行う。射出Bから意匠面・製品デザイン性を付与させる狙いの異なる溶融樹脂を射出充てんして(B射出)、1次成形品(基材層)の意匠面に部分的に2次成形品(意匠部)を2色部分加飾成形させる(A⇒B射出)。これにより製品形状デザインの制約を受けずに意匠性に優れた2色加飾成形品を得る(見た目の加飾表現)。

ここで、意匠部が多数個ある製品デザインの場合には多段射出制御を組合せた成形対応となる。多段射出制御には、①1つの射出装置で多数個分に相当する溶融樹脂を1回で可塑化計量して順次射出充てんする射出充てんパターンと、②1つの射出装置で多数個の意匠部に応じて可塑化計量⇒射出充てん⇒可塑化計量⇒射出充てん…を繰り返す射出充てんパターンが考えられる。前者は、射出装置の大型化、射出充てん精度の低下(特に射出装置容量に対して製品重量が極端に小さい場合)、溶融樹脂の熱劣化(射

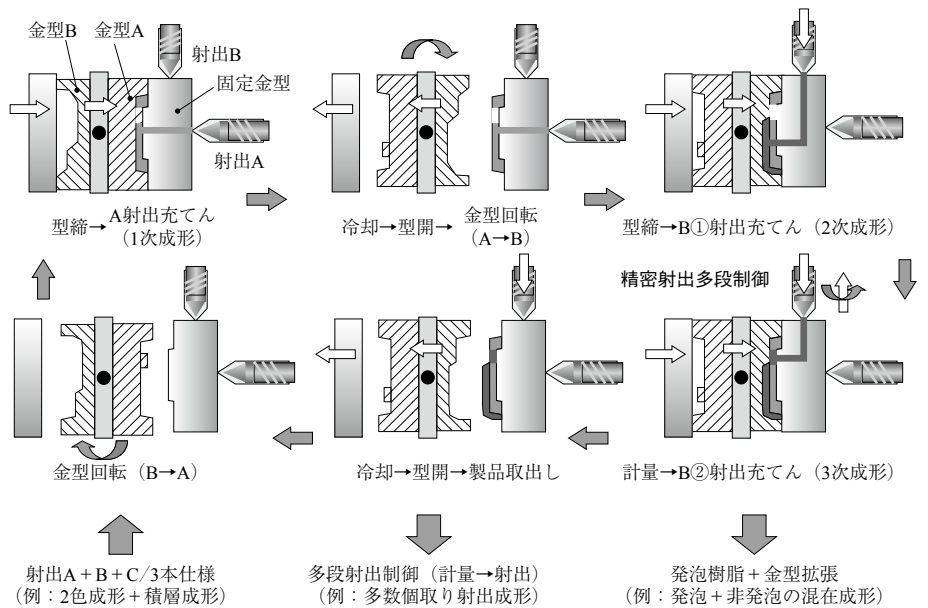


図7 複合射出成形の成形動作(多段射出制御との組合せ)

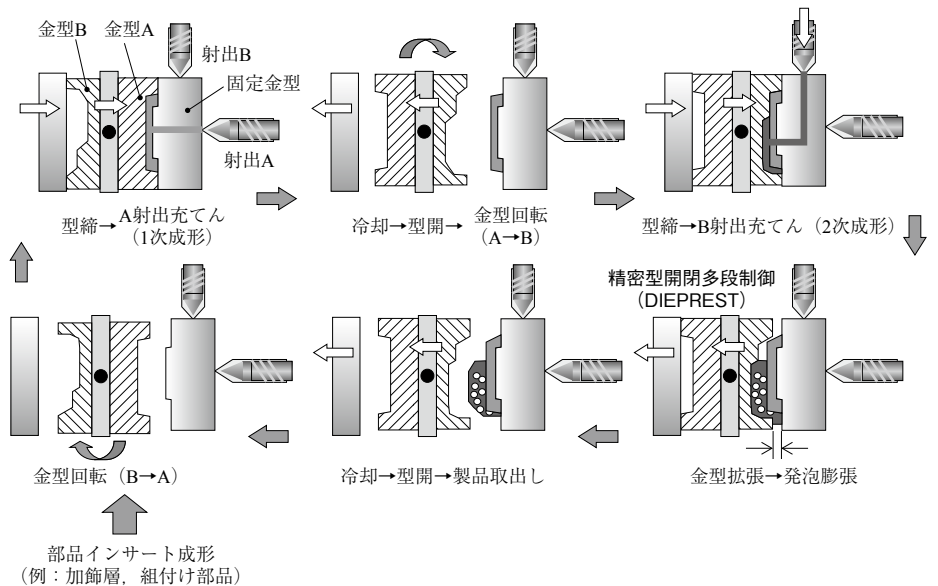


図8 複合射出成形の成形動作(拡張型発泡成形との組合せ)

出⇒圧力上昇⇒射出停止⇒圧力開放の繰返し)などの技術課題が問題とされる。これに対して後者は、上記の技術課題は容易に解決でき、Cav-Change成形システムでは後者の射出充てんパターンを採用した。なお多数個の意匠部の樹脂種類をそれぞれ変えたい場合には、樹脂種類に応じて射出Bを複数本配置することで成形対応できる。

見た目の加飾表現に加え触感(例:

ソフト感)を追加した高級感演出の加飾表現の金型回転式多機能複合成形の成形動作を図8に示す。見た目の加飾表現の成形パターンと異なる成形工程は、触感を演出する意匠部に、例えばソフト感を演出する場合には、TPO軟質系樹脂に発泡剤を添加した発泡性溶融樹脂を用い、発泡性溶融樹脂の射出充てん後に金型を拡張させて発泡膨張させることで可能となる(拡張型発泡

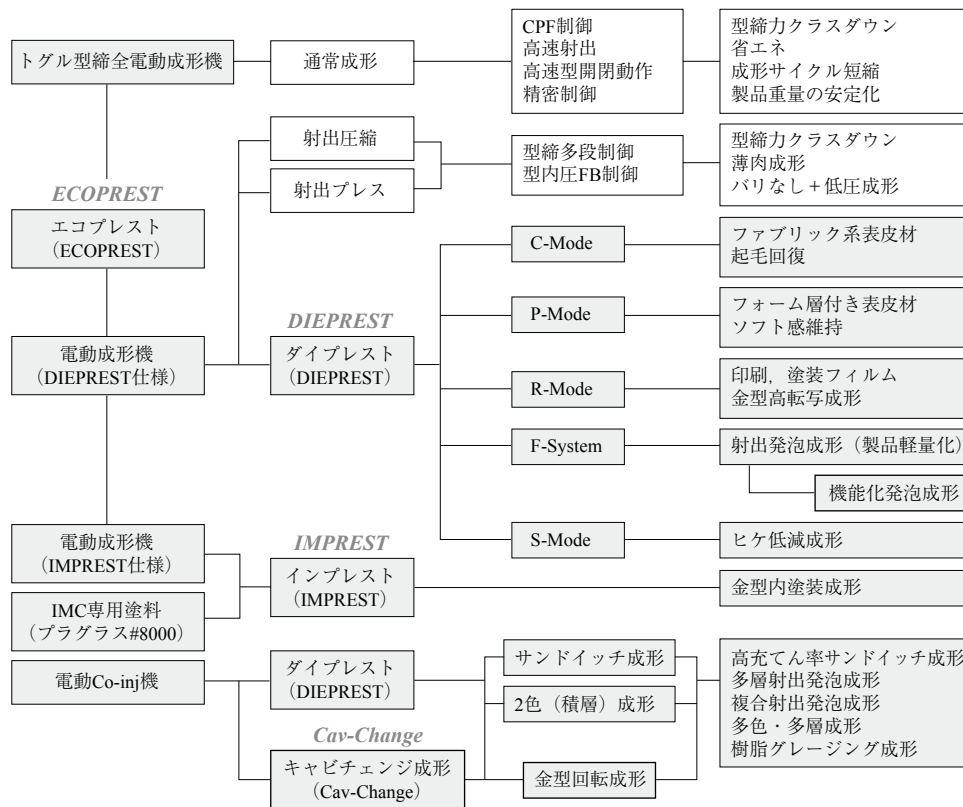


図9 機能拡張性

成形法の組合せ)。発泡膨張は、発泡核形成（高速圧抜き動作）⇒拡張停止（溶融樹脂の揺らぎ抑制+溶融粘度の調整）⇒発泡セル成長（溶融粘度と発泡膨張力をバランス調整させながらの金型拡張動作）の3工程を数秒以内で実施しなければならず、精密型開閉多段制御を得意とするCav-Change成形システムを用いることで容易に実現できる。

3. 通常の射出成形対応

Cav-Change成形システムでの通常の射出成形対応は、以下の手順となる。まずCav-Change成形金型を取外し、高剛性金型回転機構を可動プラテン側に押付け高剛性金型回転機構と可動プラテンを一体固定化させる。この状態で固定プラテンと高剛性金型回転機構の間に通常の射出成形金型を取付け、スイッチ操作で通常射出成形モードに

切り替えるだけで成形対応可能となる。製品押出しは、可動プラテンに付設された製品押出機構に延長押出ピンロッドを追加して行う。高剛性金型回転機構に押出ピンロッドと整合した貫通穴が形成されているので、通常の射出成形金型には何ら細工を施す必要はない。

4. 既設機への改造追加対応

既設機（当社全電動射出成形機）へのCav-Change成形システムへの改造追加は、成形する金型サイズ（型厚及び製品取出しストローク量）によって2パターンとなる。改造パターンAは、金型サイズが比較的小さくて高剛性金型回転機構を全電動射出成形機に組み込んでも成形面で支障がない場合には、高剛性金型回転機構+制御装置+成形金型+電動射出B装置の改造追加でよい（あらかじめ電動射出B装置が

搭載されている場合は削除可能）。改造パターンBは、金型サイズが大きく全電動射出成形機に高剛性金型回転機構を組み込んで成形面で支障をきたす場合（例：デライト不足）であって、この場合は上記改造追加に加えてデライト延長工事も合わせて実施することとなる。

5. 機能拡張性

全電動射出成形機は、少しのハード機構追加と制御ソフト追加で機能拡張性は高い（図9）。機能拡張の成形事例の中で、冒頭に述べた5つの改善要求を満たす新たなサンドイッチ成形技術について紹介する。

従来のサンドイッチ成形技術は、異なる溶融樹脂を可塑化計量して射出充てんする複数の射出装置が、ミキシング部と呼ばれる特殊合流ノズルにドッキングされ、特殊合流ノズルでサンド

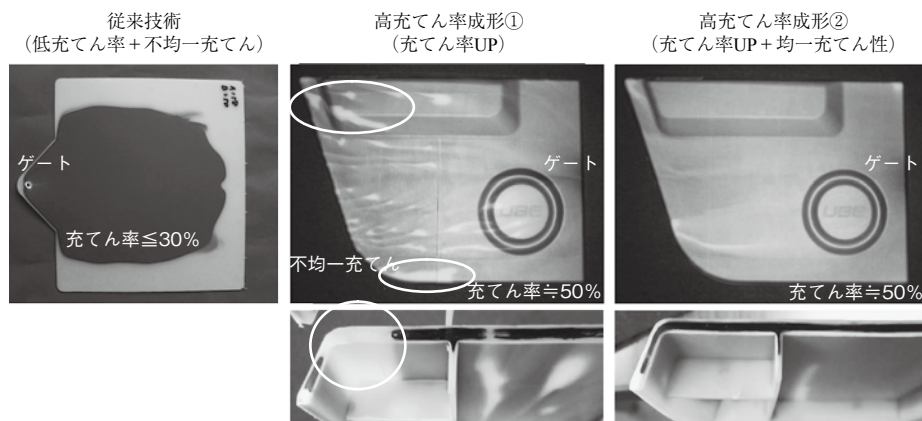


写真5 新たなサンドイッチ成形技術（ダイレクトサンドイッチ成形法）

イッチ樹脂流動を形成し、金型キャビティ内に射出充てんすることでサンドイッチ成形品を得ていた。この方法では、特殊合流ノズル内の樹脂色替えが困難、ホットランナ多数ゲート金型及びバルブゲート金型へは適用できない、サンドイッチ樹脂充てん率は30%程度が限界、サンドイッチ樹脂流動分布が大きく成形品質の均質化が困難、複雑製品形状及び薄肉製品形状への対応が困難、など多くの技術課題を抱えていた。

そこで、特殊合流ノズルを用いずに金型内でダイレクトにサンドイッチ樹脂流動を形成する新たなサンドイッチ成形技術（ダイレクトサンドイッチ成形法）を開発し、IPF2011にて上市発表

した(写真5)。ダイレクトサンドイッチ成形法によって、従来技術の課題が解決でき、サンドイッチ充てん率≒50%という驚異的な改善成果を得た。これにより従来のリサイクル樹脂利用に限定されずに、例えば、内部を発泡膨張させることで製品軽量化や発泡機能化（断熱性・吸音性・制振性など）を付与、あるいは内部に軟質系発泡樹脂を用いることによって製品表面は硬く（耐スクラッチ性）厚み方向にソフト感など相反する機能を同時に付与した、新たな意匠性・製品デザイン性に機能性を付与した造型が可能となる。このような成形方法も、本Cav-Change成形システムで対応可能である。

おわりに

製品コスト低減、製品軽量化、意匠性、機能性付与、環境配慮など多様化する顧客ニーズに対応するために全電動射出成形機の機能拡張性を推進し、樹脂成形加工分野に改善協力していきたい。上述した金型回転式多機能複合成形及び全電動射出成形機の機能拡張性を実感して頂く意味で、本社工場内に成形デモ・成形トライ・成形技術支援ができる、IMソリューションセンターを開設しているのでぜひご活用願いたい。

* 「Cav-Change」/「キャビチェンジ」は当社登録商標です。