

2プラテン電動射出成形機 「emⅢシリーズ」における発泡成形制御技術

UBEマシナリー株式会社
射出成形事業本部
射出成形機技術部 開発グループ

主席部員 川崎 衛

1. はじめに

近年、サステナブルな社会を実現するための取り組みとして、プラスチック成形においては成形時の消費エネルギーや原材料使用量の低減といった環境負荷低減が求められている。

前者のニーズを実現するため、当社では2プラテン式型締機構の電動射出成形機emⅢシリーズを2019年に販売開始し、市場で高評価をいただいている。

後者のニーズを実現する成形法としてガスを媒体とした射出発泡成形法が広く普及しており、当社成形機においては樹脂の充填中もしくは充填後に金型を寸開する高精度コアバック制御システムを開発し、市場ニーズに貢献してきた。

本稿では、最新鋭電動機emⅢシリーズに対して、新たに開発した高精度コアバック制御システムの特長と性能について紹介する。

2. emⅢシリーズの特長

emⅢシリーズは、省エネ性・省スペース性・ハイサイクル・成形の安定性を特長とする2プラテン式の電動射出成形機である。

2プラテン式の成形機は、可動盤・固定盤の2つの型盤で型締装置が構成される。型盤4隅にはタイバーが配置され、型締昇圧時に可動盤に設置された割ナットがタイバーと連結し、割ナットを介して可動盤と一体化したタイバーを型締シリンダで引っ張ることで型締力を発生させる。

emⅢシリーズは、型締力を発生させるために油圧機構を採用している。この油圧機構を当社従来機に対して全面的に刷新し、サーボモータ駆動ポンプやリークレス油圧回路・油圧高圧化による小流量化、降圧時の電力回生等の新技術を採用することで、大幅な消費エネルギー低減を図り、全電動トルク機と同等の省エネ性を実現している。

3. コアバックシステムの構成

emⅢシリーズのコアバックシステム（図1）では、4つの各型締シリンダへの油路に応答性に優れた直動式サーボ弁を設置し、サーボモータ駆動ポンプによる高応答油圧制御とサーボ弁制御を組み合わせ、各タイバーを個別かつ高精度に制御可能とした。サーボ弁制御のタイバー動作と型開閉で使用する電動サーボモータ制御との連携によるタイバー4軸の平行制御により、高速・高精度なコアバック動作（型盤平行度、コアバック速度・停止）を実現し、高品質発泡成形を可能とした。

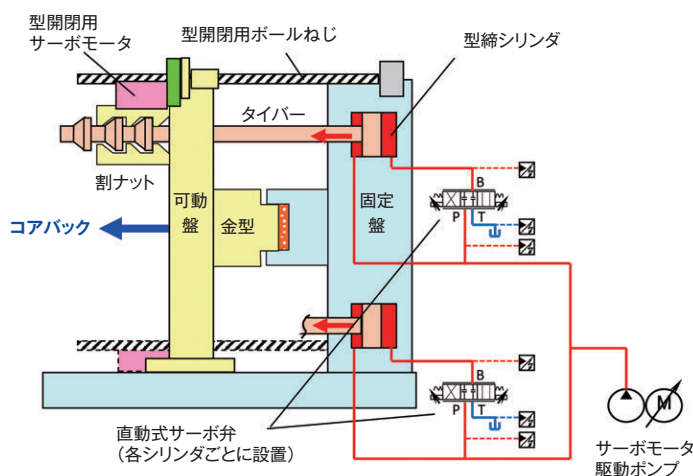
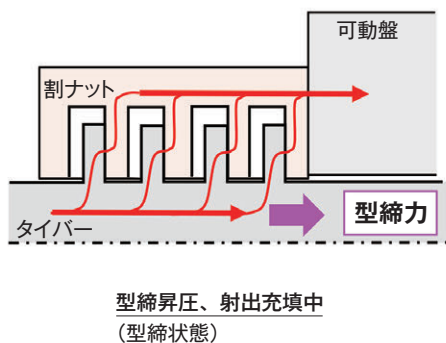


図1 emⅢシリーズのコアバックシステム

4. コアバックシステムの特長

(1) 安定かつ高精度なコアバック制御（金型寸開量）

タイバー動作によるコアバック制御では、サーボ弁を使用することで安定した繰り返し性と高精度な位置制御を実現した。またコアバック動作中のタイバー目標位置とタイバー実測値との偏差を常時モニタし、



偏差に応じた補正を各軸のサーボ弁制御に加えることで、高精度な型盤間平行制御を実現している。型盤間の平行度制御が可能なのは、2プラテン式型締機構の大きな特長である。

その他、コアバック動作中は型開閉ボールねじを型開方向に動作させて割ナット（可動盤）をタイバーに押し付けることで、タイバーと割ナットの噛み合わせ歯の隙間をゼロとしている（図2）。これによりコアバック動作時のタイバーと可動盤の移動量（金型の寸開量）を常に一致させることができる。

(2) 高速コアバック（キャビティ内の減圧速度）

微細で高密度な気泡による発泡成形を実現するためには、溶融樹脂の減圧速度を高くすることが必要である。発泡温度にかかわらず、発泡ガスが溶解した樹脂は減圧速度が高いほど気泡径が小さくなり、かつ気泡密度が大きくなる（すなわち緻密な気泡になる）ことが一般に知られている³⁾。emⅢシリーズは、サーボモータ駆動ポンプとサーボ弁制御の組み合わせによる高速降圧動作が可能であるとともに、型開閉電動サーボモータ制御によりコアバック動作開始を高速で行える。これにより、キャビティ内の樹脂圧力の減圧をコアバック開始直後から高速化して、微細で高密度な気泡による発泡成形に貢献できる。

(3) コアバック寸開目標位置のタイバー4軸個別補正制御

コアバック後の製品厚みは金型の寸開量をタイバー動作にて間接的に制御しているため、製品厚みの変動因子である金型PL面の当接状態などにおいて、コアバック制御以外に起因した製品内の厚みの差が生じることがある。

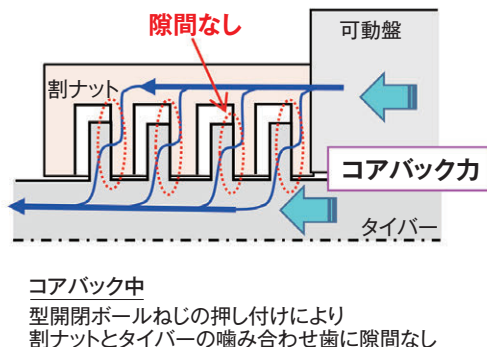


図2 安定かつ高精度な寸開量

emⅢシリーズのコアバック制御では、タイバー4軸個別制御の利点を生かし、コアバック目標位置の補正量を各軸個別に設定可能とした。これにより偏芯キャビティや金型の経年変化などの金型因子に起因して製品内厚みの差が生じた場合でも、タイバー各軸の目標位置を個別に補正することで型盤間の平行度を偏芯制御して、成形品内の厚み差を補正することが可能となる。

5. コアバック動作設定と画面表示

emⅢシリーズではコアバック動作設定画面を新設し、本画面でコアバック動作とコアバック動作後に金型を型締方向に閉める再圧縮動作を組み合わせると合計4段の

設定を可能とした(図3)。各段のコアバック速度・切換位置及び各段間での停止時間、コアバック目標位置に対する各軸の補正量を本画面で設定できる。

また本画面では、コアバック動作中の4軸各タイバー位置実測値のプロファイルをグラフ表示する。コアバック動作開始からの経過時間を横軸に、タイバー位置を縦軸とし、各軸の表示範囲を変更することで表示の拡大・縮小も可能とした。これによりコアバック動作中の各4軸のタイバー動作が視認でき、コアバック動作の条件設定が容易となる。

本図に示すグラフ表示では、4軸の各タイバー位置実測値のプロファイルが全て重なっており、コアバックの速度・位置が高精度に制御されていることが確認できる。

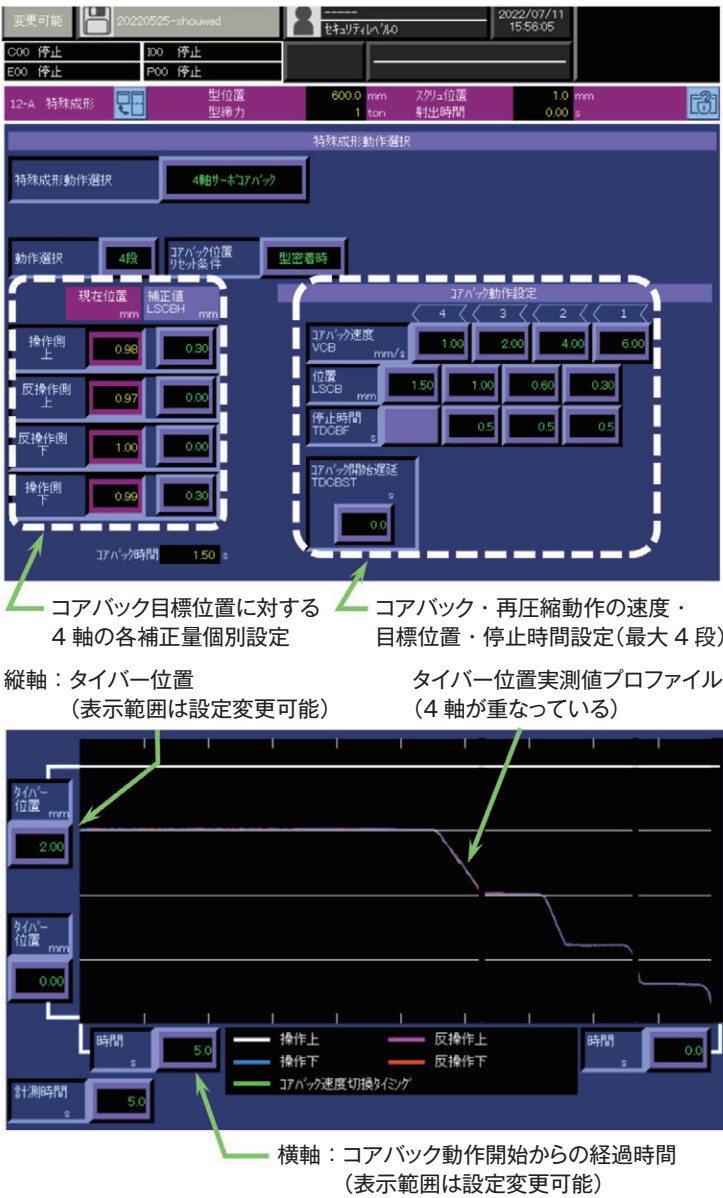


図3 コアバック動作設定画面

6. 成形例と適用効果

emⅢシリーズにおけるコアバック性能の実例を次に紹介する。

(1) コアバック停止精度

コアバック成形にて連続運転時の製品厚みと金型寸開量のショットデータを図4に示す。製品厚みの差は0.06mm以内と良好な結果となっている。

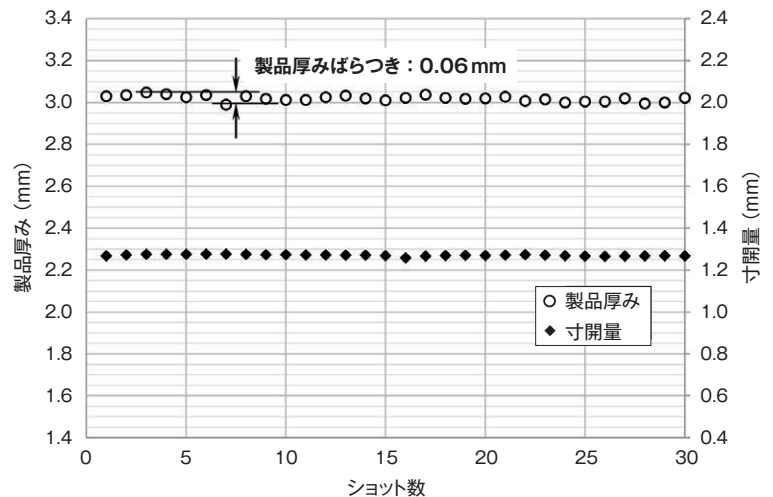


図4 製品厚みと金型寸開量

(2) コアバック応答性・速度

emⅢシリーズのコアバック動作波形の一例を図5に示す。本データでは、金型PL面近傍に設置した型位置センサで金型の寸開量を測定し、評価を行った。

本図に示すemⅢシリーズのコアバック速度は、リンク機構を用いて倍力・倍速するトグル式型締機構のクロス

ヘッド速度をコアバック速度とする設定と異なり、金型PL面の寸開速度をコアバック速度として設定できる。

本図より型締力の降圧時間が短く、またコアバック動作開始直後から金型の寸開を高速・高精度で制御できていることが分かる。

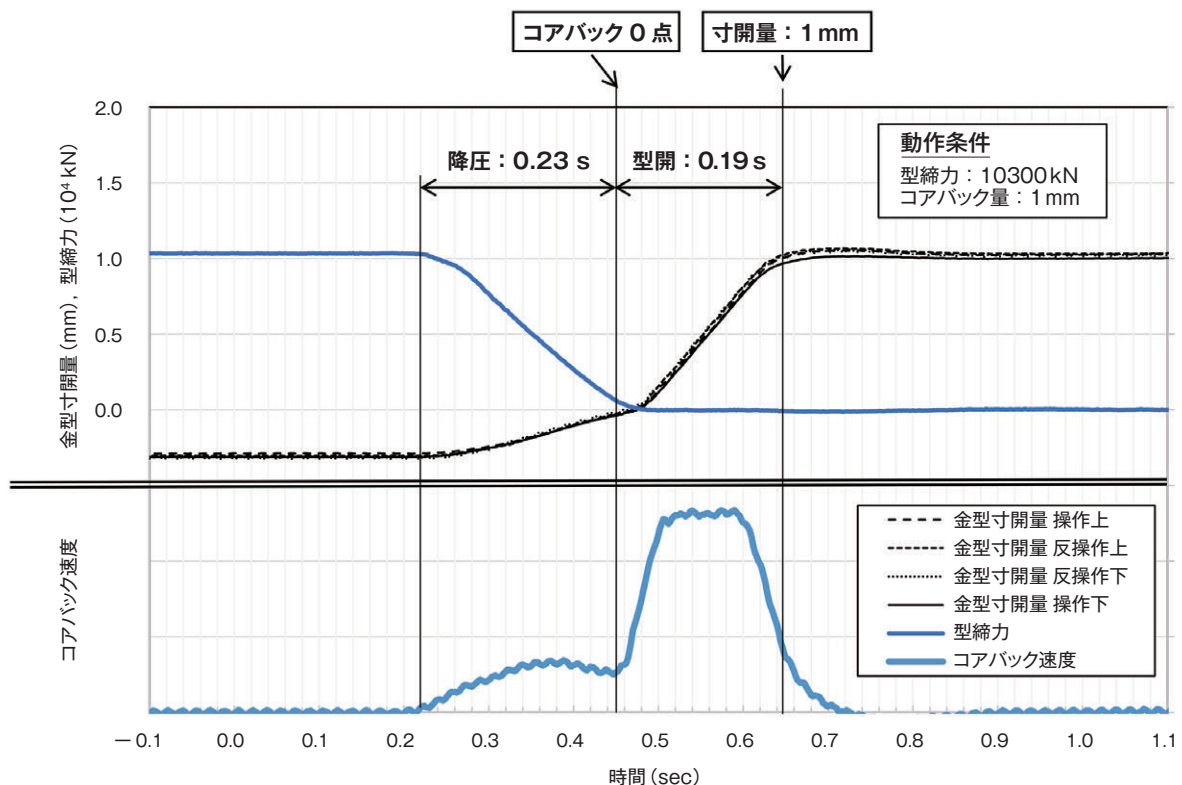


図5 コアバック動作波形

(3) 金型PL面の平行度制御(平行度補正機能)

コアバック動作を4段設定した場合の平行度補正機能有無における金型寸開量計測結果を図6に示す。動作条件として、操作側上と操作側下の2軸のみ+0.3mmの補正量を設定してコアバック動作を実施した。補正量を設定した操作側上の金型寸開量は、補正なしの場合に比べて4段とも補正量に応じた一定量大きいのに対し、補正量が0mm設定の反操作側下の金型寸開量は補正なしの場合と変わらず、良好な補正制御結果であることが分かる。

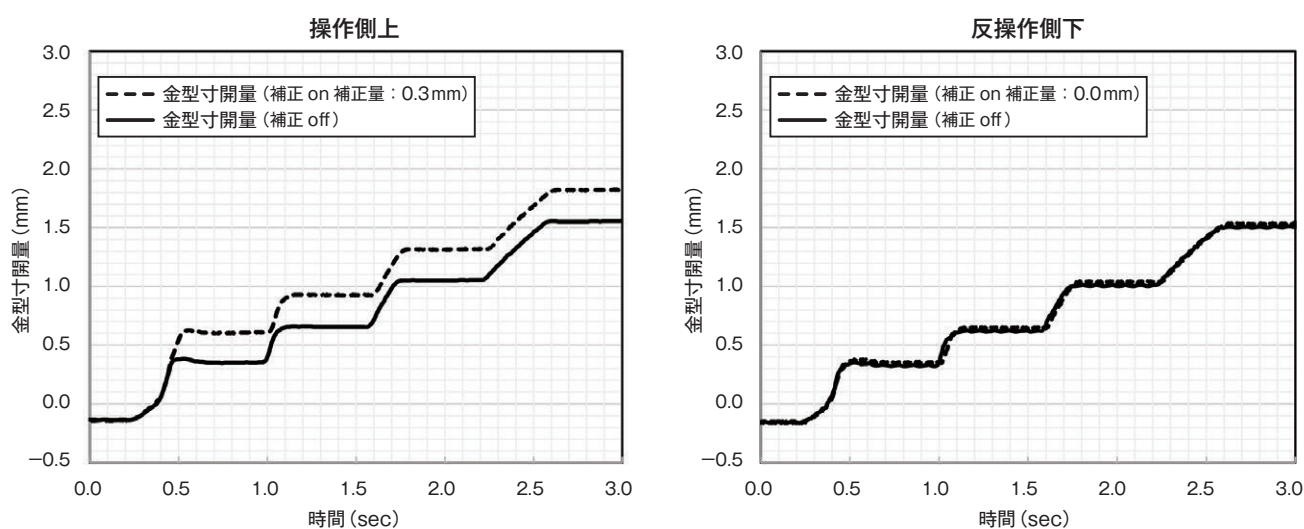


図6 平行度補正機能の効果

7. おわりに

トグル式／2 プラテン式の両型締機構の技術を有するUBEマシナリー(株)は、自動車内外装樹脂成形品への発泡成形適用を始めとする発泡成形品質向上や応用技術確立のため、双方それぞれの型締機構の特長を生かした発泡コアバック機構の開発に注力してきた。

当社は今後も発泡成形に限らず、成形ユーザーの生産性向上、不良率の低減、環境負荷低減に貢献できる成形機、成形技術の開発に尽力していく。

<参考文献>

- 1) 自動車部材への応用を中心とした樹脂発泡成形技術と応用事例技術情報協会、106、(2009)
- 2) 岡本昭男、プラスチック、7月号別冊、59、(2005)
- 3) 中野 晋、新保 實、“発泡内部構造に及ぼす含浸圧力、減圧時間、発泡温度の影響”、成形加工シンポジウム'06、p.147-148、プラスチック成形加工学会、2006