

全電動式大型射出成形機による技術展開

福吉 啓司

1. 開発経緯

近年、従来の油圧式射出成形機に代り、電動式射出成形機の普及率はますます増加傾向を示し、今や日本国内においては、中・小型機(型締力 4,500kN 以下)において射出成形機といえば、電動成形機という時代を迎えた。しかしながら、駆動部に使用するサーボモータの容量的な制約などから、大型機への展開は困難であるとされていた。

そこで、宇部興産機械(株)と新潟鐵工成形機(株)(現株ニイガタマシテクノ)は電動成形機のさらなる大型化を実現するため、複数のサーボモータを電気的にかつ機構的に駆動制御する技術、駆動源の大容量化に伴う動力伝達技術を新たに開発し、平成 12 年 6 月全米プラスチック展 NPE2000(アメリカ)に「MD1400S」を発表し、平成 14 年 2 月には、同機が、(社)日本機械工業連合会主催の平成 13 年度優秀省エネルギー機器表彰制度による資源エネルギー庁長官賞を受賞した。そして、

*Keiji Fukuyoshi, 宇部興産機械(株) 樹脂成形機設計グループ
〒755-8633 山口県宇部市大字小串字沖の山 1980

表 1 MD1400S・1800S 主仕様

		MD1400S		MD1800S	
駆動方式		全電動式		全電動式	
型締力	kN	13700		17600	
タイバー間	mm	1830×1510		2169×1661	
型盤	mm	2480×1970		3175×2413	
スクリュー径	mm	120	132	120	132
射出率	cm ³ /sec	1413	1710	1413	1710
射出圧力	MPa	185	150	185	150

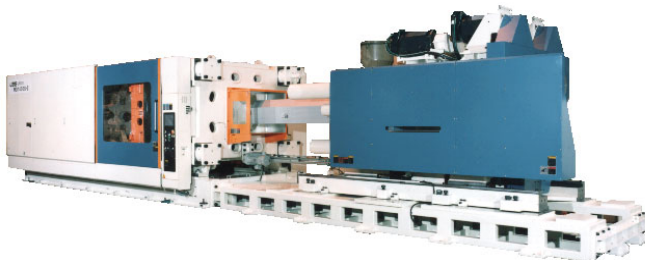


写真 1 MD1400S 外観写真

平成 14 年 5 月、世界最大となる「MD1800S」を発表し、常に世界に先駆けた大型電動成形機を実現してきた(表 1, 写真 1, 2)。

2. 開発コンセプト

2-1 ダウンサイジング

MD-S シリーズでは、サーボモータをアクティブにフィードバック制御して、高応答の圧力制御を可能にした。その上で、高速射出による型内充填圧力の低圧化や、射出から保圧へのスムーズな切替え制御方式である低圧充填制御(CPF 制御, Constant Pressure Filling)などを採用して、トータル樹脂圧力の適性化による型締力の低減を図り、設備スペースの短縮、設備コスト低減を実現した。

2-2 省エネ、ハイサイクル

電動成形機の大きな特徴の一つとして、消費電力が同型締力の油圧成形機と比較して小さい点がある。

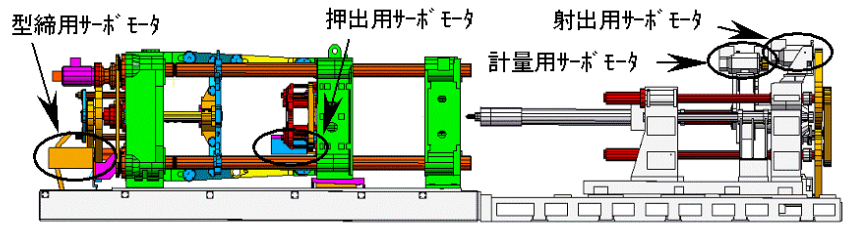
成形機サイズが大型になるほど動力伝達効率の違い、および電動成形機は必要動作のみモータを駆動させることから、消費電力の差は比例して大きくなり、大幅な省エネ効果が得られる。

その他に、作動油を使用しないことによる経済的、および環境の改善効果、冷却水的大幅削減などによる経済的改善効果、ハイサイクル成形による生産性向上効果、成形品質の安定化によるむだショットの削減、など多くの省エネルギー効果を発揮する。



写真 2 MD1800S 外観写真

また、トグル式型締機構により、高速型開閉動作を可能にするとともに、電動サーボモータによる高精度位置、速度制御により加速減速特性や停止位置精度による型開閉時間の短縮、また同時操作による遅れ時間を排除した制御でサイクル短縮が可能となる。当社は、超大型電動成形機において、同クラス初の全電動サーボ化により、油压机・ハイブリッド機を凌駕する圧倒的な省エネ、ハイサイクルを実現した。



型締用	大容量ACサーボモータ × 2台
押出用	大容量ACサーボモータ × 1台
計量用	大容量ACサーボモータ × 2台
射出用	大容量ACサーボモータ × 3台

図1 マルチモータ駆動制御システムの構成

2-3 新技術、新プロセス対応

将来的に新たな成形モード機能も容易に追加できる、次世代成形機のベースマシンとして位置付けし、開発を行った。当社独自の開発プロセスである、ダイプレスト成形、インプレスト(型内塗装)成形などの新プロセスにも容易に対応できるマルチ成形機で、1台で複数の成形モードを装備し、成形対象製品に応じて適切な成形モードの選択を可能にした。

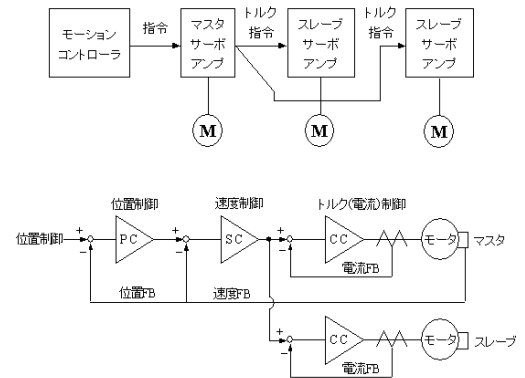
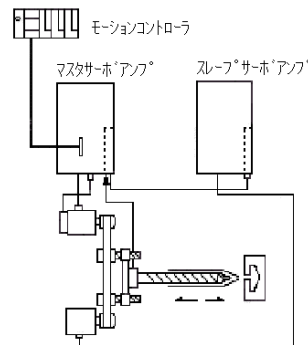


図2 定圧充填制御方式

3. 機器の概要

3-1 技術的特徴

(1) マルチモータ駆動方式の適用による世界最大型締力 17600kN

電動式射出成形機ではサーボモータによる位置・速度・圧力制御などを行うが、大型機においては複数モータ要領の制約からのサーボモータを駆動制御する必要性があった。そのため、図1に示す複数のサーボモータを駆動制御する独自技術を開発した。本システムは、大きなパワーを必要とする軸に複数のサーボモータを配置して、そのパワーを合算して駆動制御する方式である。

MD1800S では型締軸用に2台、射出軸用に3台、可塑化軸用に2台のサーボモータを用いて、世界最大の型締力を有する電動式射出成形機を実現した。また、駆動源の大容量化に伴い、動力伝達機構に必要な大負荷容量ボールねじ、低慣性大径プーリ、高張力低騒音ベルトなども新たに開発した。

(2) 定圧充填制御方式の適用による大型成形品のクラスダウン

電動式射出成形機 MD1800S の代表的な機能である CPF 制御は、充填負荷圧が急激に高くなると発生するピーク圧を、射出速度を自動的に減速させることで抑制する制御である(図2)。

この CPF 制御によるピーク圧のカットと、型盤サイズの拡大、従来の能力の 1.7 倍もの高射出率などを用いて油圧式射出成形機 2,000kN ~ 3,000kN クラスの大物成形品を型締力 1,760kN 以下で成形することが可能となった。

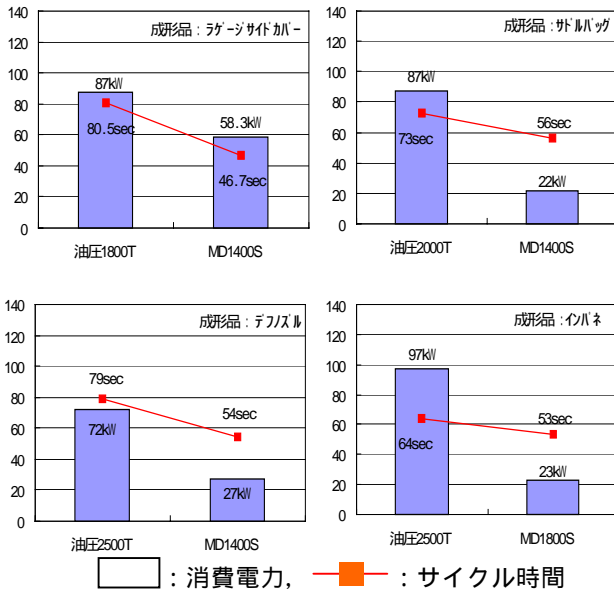


図3 実成形における消費電力とサイクル時間

表2 実成形における省エネ・サイクル短縮効果

成形品	消費電力低減率	サイクル短縮率
フグ-ツサイトカバー (自動車内装品)	46.0 %	27.6 %
サドルバッグ (自動車外装品)	62.7 %	17.2 %
デフズル (自動車部品)	62.5 %	31.6 %
インパネ (自動車内装品)	76.2 %	17.1 %
サドルバッグ (オートバイ用部品)	74.7 %	23.2 %

表3 実成形における不良率・無駄削減効果

効果	油圧機 (油圧 2200T)	電動機 (MD1400S)
不良率低減による効果	不良率 1.5 %	不良率 0.5 %
成形立上時の無駄削減効果	30 ショット	10 ショット

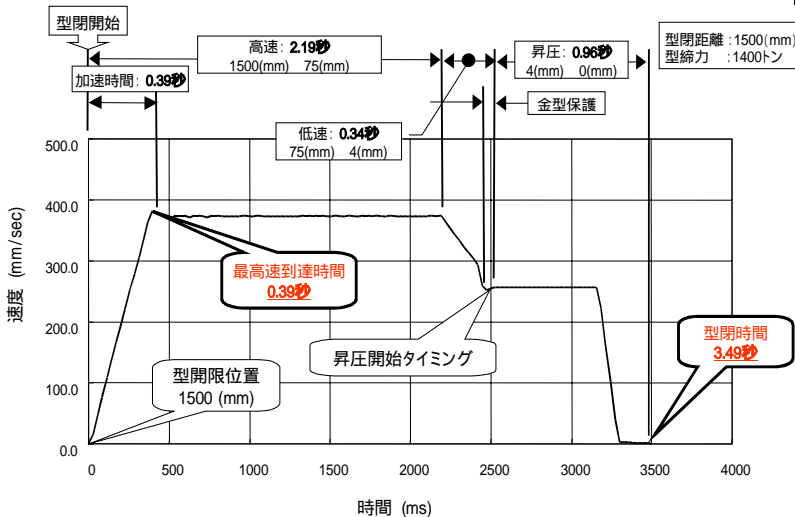


図4 高速型閉動作 MD1400 (型閉)

3-2 効果事例

(1)省エネルギー性

図3・表2にMD1400S・1800Sの消費電力比較事例を示すように、油圧式射出成形機と比較して、同製品に対する1サイクル当たりの消費電力低減率は40～60%と、大幅な省エネ効果が得られた。

(2)サイクル短縮・生産性向上

図3・表2に示すように実成形評価において、油圧式射出成形機と比較してサイクル短縮でも大きな効果が確認できた。これは高射出率に加え、油圧式射出成形機において不可能であった同時動作および、サーボモータを用いた高精度な位置制御による変速で低速区間を必要最小限に抑えることが可能となり、大幅なサイクル短縮となった(図4)。

(3)成形品品質向上

サーボモータを用いて成形品精度に影響する動作(位置・速度・圧力)をすべてフィードバック制御させることや、油圧式射出成形機における作動油温度の影響などの外乱がないことにより、抜群の成形安定性を得ることができ、成形品不良率の低減が得られた。また、成形立上げ時の安定性においても向上しており、むだショット数を抑えることが可能となり、廃プラスチックの発生減少による環境負荷への低減に貢献した。電動式と油圧式の比較事例を表3に示す。

4.電動成形機における高付加価値成形

トグル式型締機構を用いて、電動サーボモータによる型締多段精密制御により、成形中に金型開度を微調整することが可能となり、高機能加飾成形へ適用分野を拡げることが可能になった。図5に電動ダイプレスト成形機における高機能・複合成形の成形モード(一部開発中のモードを含む)を示す。

4.1 表皮加飾成形(ダイプレスト成形法)

金型内に表皮材をセットして、表皮材と金型間の空間に樹脂を充填して一体化する貼合わせ成形は、樹脂製品の表面加飾方法として自動車内外装部品をはじめ、家電・OA機器などに広く利用されているが、従来成形方法では、成形樹脂の圧力や加熱温度によって、表皮材が損傷

を受けやすく、所望の表面加飾性能が得られていないといった問題を抱えていた。

このダイプレスト成形法は、成形中の表皮材の温度履歴と熱特性に着目し、成形中に金型を微小開させることで、表皮材の損傷を回復することが可能になった画期的なプロセスである（図6）。写真3,4,5にダイプレスト成形プロセスでの成形実例を示す。

4-2.型内塗装技術（インプレスト成形法）

型内加飾成形の究極のプロセスとして、弊社は射出成形と同時に金型内で塗装を行うインプレスト成形法を開発した（図7）。従来、成形後の後工程で塗装されている自動車、二輪車、家電などの意匠部品は、塗装工程で品質維持管理に多くの工程を経ており、コスト高になっていた。インプレスト成形法は、型内での一体成形によるコストダウンや塗料に無機溶剤性の特殊塗料を使用することで、型内完全クローズ系で塗装できることによりVOC（有機溶剤）排出がないなど環境にも配慮されている。本プロセスは平成14年11月のIPF2002出展マシンにて成形実演を行い、大きな注目を集めた世界初のプロ

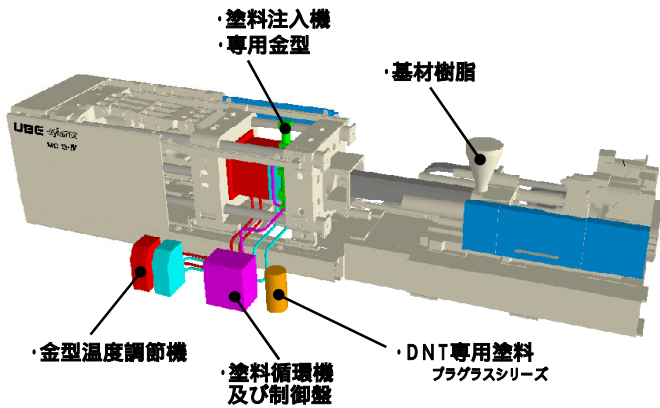


図7 型内塗装用装置

セスである。

5.今後の展望

電動成形機は今後、ますます大型化、高精度化が進んでいくと思われるが、これまでのような生産技術、コストや高機能成形技術などの観点だけでなく、環境保全という新たな条件をも考慮していく必要がある。

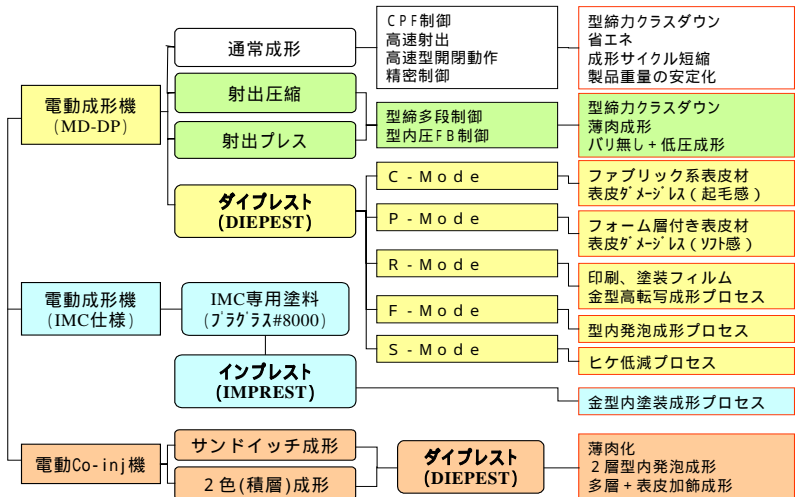


図5 電動成形機の高機能・複合成形

成形技術	構成	効果	用途
インモールドラミネーション	表皮材 樹脂	*表皮ゲージレス *表皮材コスト低減 *フィルム転写向上	*自動車内外装 *家電製品
コインジェクションとの複合成形	多層樹脂	*リサイクル対応 *硬軟異種材多層 *薄肉成形、発泡	*家電製品 *自動車
発泡成形	発泡樹脂	*軽量化	*自動車 *雑貨
インモールドコート	塗料 樹脂	*型内一体塗装 *環境対策	*自動車、二輪車 *家電製品
成形性向上		*薄肉成形 *ひけ防止	*家電、雑貨 *自動車

図6 ダイプレスト成形モード



写真3 A,B,Cピラー(ダイプレスト成形品:Cモード)



写真4 ドアトリム(ダイプレスト成形品:Pモード)



写真5 インストパッド(ダイプレスト成形品:Pモード)

宇部興産機械(株)は、今後も電動式射出成形機と高付加価値成形を融合させた、さらなる高機能化に努めていく所存である。

参考文献

- 1) 福吉啓司, "全電動式超大型射出成形システムとその事例", プラスチックス, 53(8), (2002)
- 2) 福吉啓司, "世界最大の全電動射出成形機", ポリマーダイジェスト, (2002.3)
- 3) 新潟鉄工成形機, 宇部興産機械, "マルチモータ駆動方式による大型電動式射出成形機 (MD1400S)", 平成 13 年度優秀省エネルギー機器 資源エネルギー庁長官賞, 日本機械工業連合会
- 4) 岡本昭男, "大型全電動射出成形機と高機能成形プロセス", 産業機械, (2002.4)
- 5) 岡原悦雄, 米持建司, "最近の電動成形機による金型内塗装技術", ポリマーダイジェスト, (2003.2)