

中型射出成形機用高負荷高速射出装置 (EHD 仕様) の開発

Development of Extended holding-time and High-speed Direct-drive Injection Unit (EHD Option) for Medium Size Injection Molding Machine



落岩 崇*
Takashi Ochiwa



豊田 大輔**
Daisuke Toyota



福田 佳吾**
Keigo Fukuda



中野 耕太郎**
Koutarou Nakano



越智 清史**
Kiyosi Ochi



清水 裕介***
Yusuke Shimizu



盛井 彰***
Akira Morii



天内 康裕****
Yasuhiro Amauchi



三谷 聡麻****
Souma Mitani

要 旨

中型射出成形機は、より複雑かつ様々な形状の成形品に対応することが求められており、この度当社は、高速射出性能に長時間保圧性能を併せ持つ、従来にない幅広い射出動作レンジを備えた高負荷高速機 (EHD 仕様) を開発した。最大の特長は、薄肉成形に対応するために必要な高速射出速度と、厚肉成形に対応するための長時間保圧能力を兼ね備えていることである。これは、射出装置専用開発したサーボモータを搭載し、全体の最適設計を行うことで実現している。特に駆動部は、射出装置にサーボモータを直接組み込んだダイレクト構造となっている。これにより、高速性能を実現するだけでなく、射出軸の動作を直接検出して制御できるため、従来に比べてより正確な射出設定への追従を実現している。また、高負荷時に必要となる長時間保圧力性能を満足するため、モータステータ部の発熱を効率的に伝熱し、外部に放熱させる樹脂モールド処理なども施している。これらの独自技術を融合して開発した EHD 仕様機は、幅広い成形条件に対応し、品質安定性および生産性改善をより高いレベルで達成できる射出装置である。

— Synopsis —

Medium-sized injection molding machines are required for the more complicated and various shapes of molded articles. We have developed extended holding-time and high-speed direct-drive injection unit (EHD specification) which enables high injection performance and extended time holding performance. The most important feature is that it combines the high injection speed necessary for thin wall molding and the long time holding capacity of dealing with thick molding. This is realized by installing a servomotor developed exclusively for the injection device and performing the optimum design overall. In particular, the drive section has a direct structure in which a servomotor is directly incorporated in an injection apparatus. As a result, in addition to high-speed performance, the movement of the injection axis can be directly detected and controlled, so that it is possible to more accurately follow the injection setting as compared with the prior art. In addition, in order to satisfy long-term holding pressure performance required at high load, resin mold processing for radiating heat generated by the motor stator part to the outside and radiating it to the outside is also performed. The EHD specification machine developed by combining these proprietary technologies is an injection device that can widely mold and achieve quality stability and productivity improvement at a higher level.

1. 緒 言

プラスチック成形製品は、さまざまな業界（自動車、電子、光学、医療機器等）で成形の複雑化・高精度化が進んでいる。そのため、成形機ユーザは、高付加価値を有する成形品を安定して生産できる成形機を望んでいる。

一方、近年の成形品のトレンドは変化が速く、成形機ユーザは、業界の要求する材料や形状に迅速に対応するため、様々な機種別の成形機を複数台備えている場合が多い。特に、中型射出成形機が活躍する成形分野では、成形品の種類が広範囲に渡るため、成形機メーカーは、多様な機械仕様をラインナップして対応している。このような状況の中、1台の成形機で様々な製品に対応できることは、機械供給や保守の観点からも成形機ユーザ、成形機メーカー双方にとって大きな利点となる。

このたび当社では、高速射出性能に長時間保圧性能を併せ持つ、従来にない幅広い射出動作レンジを備えた高負荷高速機 (EHD 仕様) を開発した。本報告では EHD 仕様機の特長および実現のための要素技術について紹介する。

2. 中型射出成形機 (J-ADS) のサーボシステム

2.1 中型射出成形機 (J-ADS) の特徴

当社の中型射出成形機 J-ADS シリーズ⁽¹⁾ は、型締力 220 トンから 450 トンの型締装置部と、最大射出量が異なる 300H、460H、890H、1400H の射出装置部を組み合わせることで、さまざまな成形品に対応可能である (図 1)。射出仕様と代表的な成形品の関係は表 1 のようになり、通常成形では標準仕様、薄肉・精密成形では高速射出仕様、厚肉成形では長時間保圧仕様と、同じサイズのクラスに異なる射出性能の成形機を揃えて、お客様のニーズに対応している。



図 1 J-ADS 中型射出成形機 (J350ADS-890H) の外観

表 1 中型機で成形される成形品例

成形品区分	事例	射出仕様	最大射出速度 (mm/s)
通常	雑貨、容器、トレイ	標準	160
薄肉	導光板、食品容器	高速	240
厚肉	レンズ、塩ビパイプ	長時間保圧	120

2.2 高負荷高速機 (EHD 仕様) の特徴

表 1 で示すように、高速仕様では厚肉成形に必要な長い保圧を作用させることができないため、成形時のひけ問題を十分に解消できない。また、長時間保圧仕様では最高射出速度が低くなってしまったため、高速充填が必要な薄肉成形が困難である。このような成形品に対応するため、高負荷高速機 (EHD 仕様) は、1台で高速性能と長時間保圧性能を両立できる。

EHD 仕様機最大の特長は、薄肉成形に対応するために必要な高速射出速度と、厚肉成形に対応するための長時間保圧能力を兼ね備えていることであり、射出装置の駆動部を最適設計することによって実現している。

とりわけ、射出性能を直接左右するサーボモータは、射出装置に直接組み込まれたダイレクト構造となっている。これにより、高速性能を実現するだけでなく、射出軸の動きを直接検出して制御することにより、従来に比べてより正確な射出設定への追従を実現している。この独自技術により、成形条件の変化に対する追従性や再現性、そして品質安定性をより高いレベルで達成した。

図 2 に射出装置部の外観を示す。EHD 仕様機は当社独自開発のダイレクトモータを採用し、タイミングベルトレス、モータベアリングレス機構による高速高応答、高負荷射出性能を実現した。

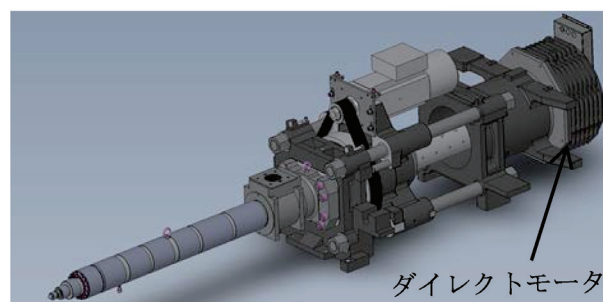


図 2 射出装置部の外観

2.3 広範囲な速度領域で安定した射出速度

広範囲で安定した射出速度を満足するためには、所望の速度変化に可能な限り遅れることなく追従することが求められる。当社では、機構部品の削減による駆動部の機械損失低減と、機構部とモータ部を一体にすることで、射出速度の高応答化を実現した。

制御システムに関しては、従来から当社で開発・設計しているサーボシステムに、新たに自社開発した射出専用のダイレクトモータを搭載することで、安定した射出速度を実現している。このサーボシステム⁽²⁾は電圧安定化装置を採用しており(図3)、必要最小限の動力のみ供給する高負荷時力率 100% 制御と、機械の運動エネルギーを電源回生する機能によって、省エネルギーかつ最小の設備容量で動作する。これにより、電源電圧変動の影響を最小限に抑え、搭載したダイレクトモータの安定した高速高応答性能に寄与している。

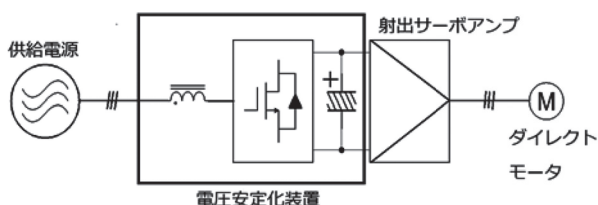


図3 射出装置部のサーボシステム

図4は射出速度性能の比較である。異なる機種毎に、標準仕様、高速仕様、長時間保圧仕様、高負荷高速(EHD仕様)が存在するが、どの機種においても、標準仕様に比べて大幅な射出高速性能向上を実現している。

図5は標準仕様と高負荷高速(EHD仕様)の射出速度応答性を示しており、目標指令速度に対する実速度の設定追従遅れが、標準仕様に比べて大幅に減少しており、射出速度の応答性向上を実現している。

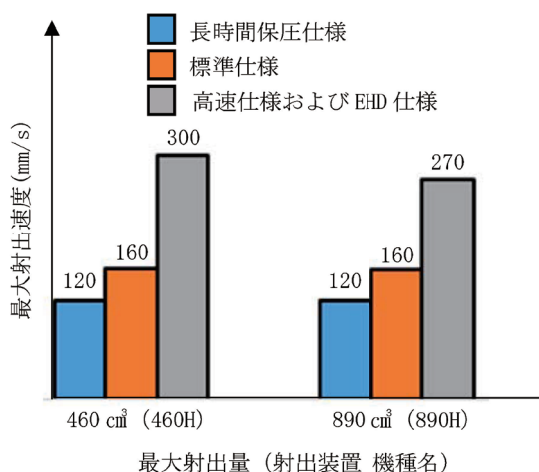
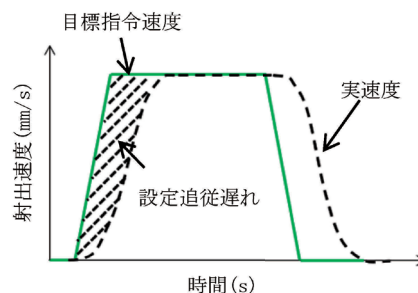
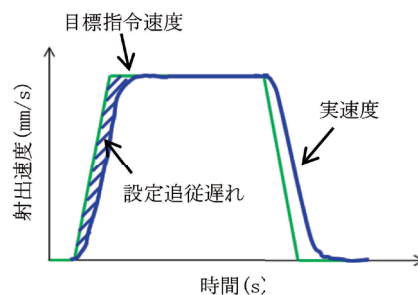


図4 射出高速性能の比較



(a) 標準仕様



(b) 高負荷高速 (EHD仕様)

図5 射出速度応答性の比較

2.4 高負荷性能の実現

高負荷高速機 (EHD仕様) は、高速性能を維持しながら長時間保圧性能も同時に満足させることを開発コンセプトとしている。保圧性能とは、樹脂に圧力をかけ続けられる能力であり、射出工程の後に、成形品のひけを防止するために必要な動作となる。本仕様機では、この保圧を長時間行うために必要となるダイレクトモータの放熱特性向上に取り組んだ。具体的には、モータステータ部の発熱を効率的に外部に放熱させるため、樹脂モールド処理によって射出フレームに伝熱させる構造とした(図6)。これに加えて、限られた機械スペースに収容する必要があるため、モータ本体のコンパクト化も実施することで、巻線内に高電流を通電しても、モータ本体の温度が急激に上昇しない(巻線の高電流密度化)技術を開発した。

これにより高負荷高速機 (EHD仕様) では、従来機の長時間保圧仕様を十分に超える保圧性能を達成している(図7)。



図6 負荷性能の向上のための樹脂モールド

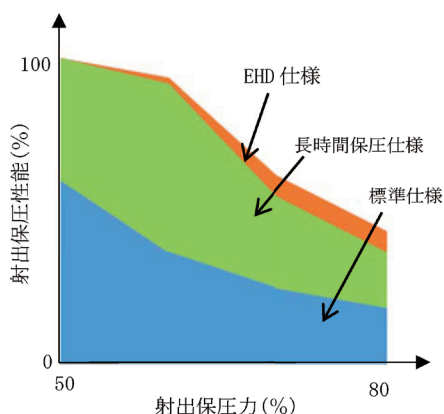


図7 射出保圧性能の比較

3. 高負荷高速機 (EHD 仕様) の成形性能

3.1 微細形状を要する成形

高度な寸法精度が要求される成形では、高い樹脂充填精度が求められ、わずかな成形動作のずれにより、図8 (a) や (b) のような充填不良が発生してしまう。金型構造の微調整によって所望の成形品を得る場合もあるが、調整が困難な場合や、調整に時間が掛かる場合が多い。射出動作の設定追従性が向上すれば、成形条件の微調整により、広範囲な成形条件の微調整が可能となる。



(a)ばり (b)ショート (c)良品

図8 成形例

高負荷高速機 (EHD 仕様) を用いれば、従来機に比べて設定した射出速度への追従性が格段に向上しているため、図8 (c) のような、ばりもショートも存在しない良品を安定的に成形できる。これにより、細やかな射出速度調整を行い、成形品質を改善することが可能である。

例えば、自動車内装品などの成形に用いられるフィルムインサート成形では、樹脂とフィルムの境界部に、樹脂漏れやしわ等の成形不良を防止する必要がある。その際、樹脂の充填速度を高速から超低速へ迅速に切り換えることで、樹脂の充填挙動を細やかな制御が求められる。このような要求を満足するため、高負荷高速機 (EHD 仕様) では、ダイレクト駆動かつスクリュ駆動軸を直接的に検出して、スクリュ位置を高精度に制御している。これにより、正確な速

度切換や充填挙動の細かな条件調整も可能となり、安定な成形運転を提供できる。

3.2 厚肉成形

レンズ成形 (図9) に代表される厚肉成形では、熔融樹脂を効果的に充填すると同時に、冷却中の樹脂の収縮を補うため長時間保圧性能が求められる。従来、このような長い保圧時間を必要とする成形では油圧射出成形機を用いていた。

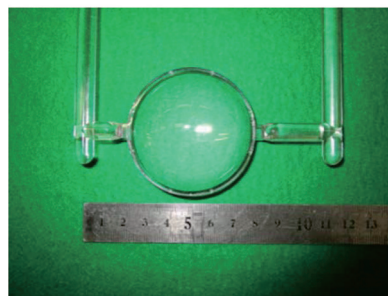


図9 レンズ成形例

高負荷高速機 (EHD 仕様) では、高速射出だけでなく厚肉成形にも対応しており、図10 に示すような幅広い成形条件設定が可能となるため、従来の油圧射出成形機から電動射出成形機に変更することで、省エネ化を促進することが可能となる。

今後は、成形品内に厚肉部分と薄肉部分が共存する偏肉成形が増加することが予想され、射出工程中の高速射出と長時間保圧の両立に対する更なる要求が高まることが考えられる。これに対して、本仕様機の性能を駆逐することで、より複雑な成形にも対応可能となる。

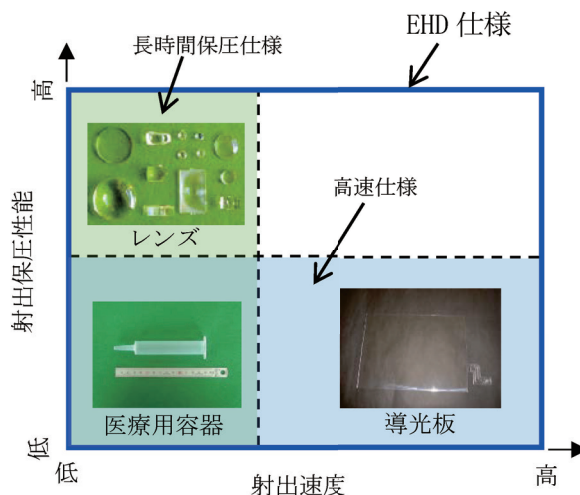


図10 高負荷高速機 (EHD 仕様) の成形可能範囲

4. 結 言

このたび当社では、高速射出性能に長時間保圧性能を併せ持つ、従来にない幅広い射出動作レンジを備えた高負荷高速機 (EHD 仕様) を開発した。本仕様機は従来では困難であった射出高速高応答性能を保ちながらも長時間保圧が可能となり、幅広い成形条件への対応が可能となった。これにより成形機ユーザの一層の生産性の向上、さらには、これまで電動化が進んでいない中型成形機の領域で電動化を促進することによって、成形機工場の省エネルギー化に貢献できるものと考えている。

今後はこの方式を他のラインナップに随時展開していき、射出成形機の装置性能と成形性能の更なる向上を推進していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 池山周市：全電動射出成形機「J-ADS」シリーズの特徴、プラスチックステージ, 63(2017), [2], p.54
- (2) 宗盛大河, 越智清史, 横林武, 福重陽一, 布下昌司：射出成形機の電動化と省エネルギー技術、プラスチックステージ, 55(2009), [2], p.75