

全電動ダイカストマシンの開発

宇部興産機械株式会社

平泉 一城 岡崎 芳紀
○紙 昌弘 小江 則禎
真鍋 準治

The Development of All Electric Driven Die Casting Machine

UBE Machinery Corporation, Ltd.

Kazuki Hiraizumi Yoshinori Okazaki
○Masahiro Kami Noriyuki Oe
Jyunji Manabe

Abstract:

Die casting machine can produce efficiently aluminum products in desired shape, and used in several industries especially in automotive and electric instruments. However the environment which surrounding die casters requires more efficient, less electric power consumption, and easier maintenance for machine. And recently in the field of general industrial machine, electric drive system is taking the place of hydraulic system. But in the die casting machine field, practical use of electric power system has been limited in partial because of enormous power.

For responding the requirement, we have been studying and developing the new concept die casting machine that is all driven by electric power using linear motor, servo motor and servo control system without hydraulic devices, and it could move in high repeatability and traceability. In this paper, we will introduce the mechanical structure, control method and superior points of the new concept machine.

1. はじめに

所望の形状のアルミニウム製品を効率良く生産できるダイカストマシンは、自動車や家電業界を中心に様々な産業分野で使用されており、業界の生産性向上に大きく貢献している。ダイカストマシンには、要求される動作、性能を実現できる駆動装置として、従来から油圧装置が使われており、油圧ポンプや油圧シリンダー、アクチュエータなどの油圧機器を操作して駆動されている。特に近年では、油圧バルブなどの油圧機器の高応答化や制御装置の高精度化により、鋳造プロセスはより一層進化し、高品質の鋳造品を効率的かつ安定的に生産することが可能となっている。それにより、鋳造良品率も100%に近い状態で連続稼働できるようになってきている。

しかしながら、去年発生した東北太平洋沖大震災による原発事故に端を発した電力供給量の減少により、大量の電気を消費するダイカスターは、さらなる節電を要求されている。また、中国や東南アジアを中心とする新興国の工業の発展にともない、海外で鋳造されるダイカスト製品の品質も上がってきており、国内ダ

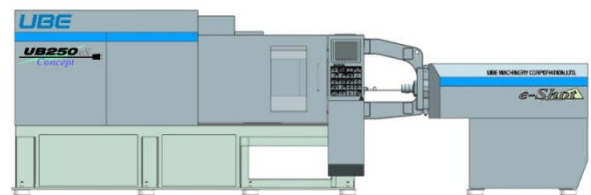


図1 UB250eS コンセプト

イカスターにはより高品質なダイカスト鋳造が要求されてきている。さらには、自動車メーカーなどの海外進出に追従した鋳造工場の海外移転にともない、現地でのセットアップ時間短縮や、稼働時におけるメンテナンス負荷の軽減が求められている。

これらの要求に応えるため、ダイカストマシンメーカーには従来の油圧駆動の限界を超えた次世代のダイカ

ストマシンの開発が求められていた。その要求に応えるため、この度弊社では油圧装置を一切使わないオール電動のダイカストマシンUB250eSコンセプト（図1、型締力：250Ton）を開発した。ダイカストマシンにおいては、型締装置は射出成形機をはじめ既に全電動化され市上に出された事例も多く、このため、このコンセプト機では主に射出装置を電動化するための各要素技術を新しく開発した。

本稿では、新開発の全電動射出装置の構造、制御方法、それらがもたらす効果を中心に述べる。

2. 電動射出装置に要求される性能

今までの油圧駆動のダイカストマシンで蓄積された技術から考えると、電動射出装置には以下の性能が要求される。

- ・安定した低速前進動作
- ・高速への瞬時的立ち上り（高加速度）
- ・高速前進速度
- ・バリの発生を抑える低いサージ圧
- ・フル充填から増圧へのシームレスな切換え
- ・自由度が高い設定値どおりの増圧工程

よって、今回の電動射出装置の開発では、以下の要素システムの開発に力点をおいて行った。

- ・低慣性高速射出駆動装置
- ・シームレスな切換えが可能な増圧切換装置
- ・自由自在なプロファイルで増圧できる増圧装置
- ・上記装置を所望どおりに動作可能な制御装置
- ・設定の自由度が高く使い勝手の良いヒューマンマシンインターフェース

3. 電動射出装置の構成と内容

3. 1 高速射出駆動装置

直進型電動駆動装置の典型的な機構としては、サーボモータとボールねじの組合せが最も一般的である。しかしこの構造では、回転部分が多く回転慣性が大きくなるため高加速性を要するダイカストマシンの高速駆動装置には向いていない。よって、当社では回転運動を伴わないリニアモータをダイカストマシン用に独自開発することにし、まずは試作機を作成した。（図2）固定された2組の磁石の間に、電流を流すコイルプレートが配置されている。リニアモータにおける移動部をより軽くするために、比重の大きい永久磁石側を動かすのではなく、図3、図4のように軽いコイル側を移動する構造とした。コイルは、U相、V相、W相の3組に分かれて構成され、電流値は連動して別々に制御される。さらにコイル部分を軽くするために、鉄心を使わずに宇部興産製のポリイミド（商品名：ユープレックス）を心にしてそれに電線を巻き付けた。このポリイミド素材は耐電圧、絶縁性、耐熱性、強度に優れている。このように射出駆動部分を軽くしたため、油圧機並みの加速特性が実現可能となる。

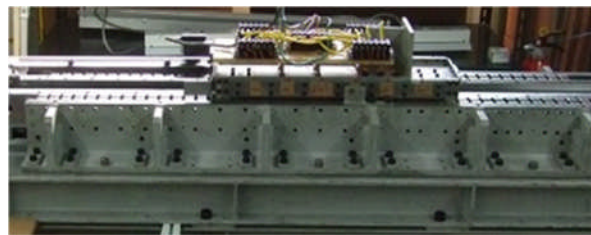


図2 テスト装置の外観

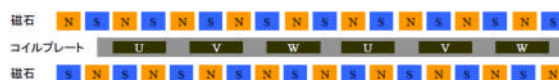


図3 上から見た磁石とコイルの配置

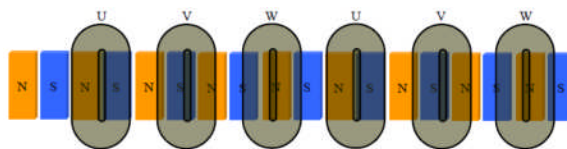


図4 横から見た磁石とコイルの配置

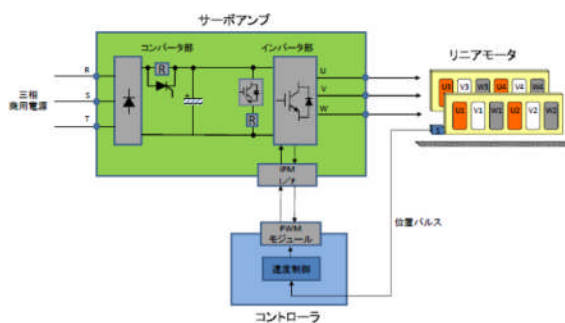


図5 制御システム図

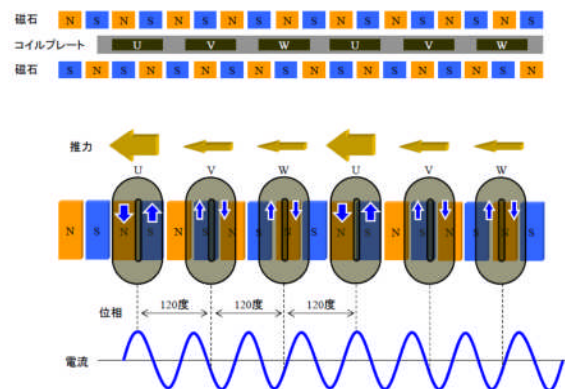


図6 コイルに流す電流と推力の関係

さらに、この高速駆動装置（リニアモータ）を自由自在に加速、減速できるようにするため、サーボアンプも独自開発した。図5は、その制御システム図を表す。リニアモータの位置センサからの情報に基づいて、制御システムから3相のコイルに位置に応じた電流を流すと、図6のように永久磁石の磁力線の作用によって、コイルに自在の推進力を発生できる。

また、高速加速時には瞬時に大きなエネルギー（電力）が必要なため、図7のような大容量キャパシターを用い、電気エネルギーを蓄電して瞬時に供給できるようにした。このことにより油圧機におけるアキュムレータ駆動と同等の高加速性能を発揮可能になるとともに、工場電源の増設をしなくても良いようにした。

3. 2 射出装置の全体構成

射出装置の全体構成を、図8に表す。図に示すように、メタル圧を受けるプランジヤは、ガススプリング（クッション）を介してリニアモータの可動部と接続している。この構造により、プランジヤに急激なサージ圧が作用しても、リニアモータにはクッションを介して伝わるので、リニアモータの損傷を防止している。プランジヤとともに高速で移動する部分には、ロックナットやねじ軸からなる増圧切換装置が装着されている。また、その後方には大径のボールねじやサーボモータなどからなる増圧装置が装着されている。

3. 3 増圧切換装置

スリーブ内に給湯される溶湯の量は、溶解炉内の湯面の高さや溶湯の温度変化によってバラつく。そのため金型内に溶湯がフル充填される時のプランジヤ位置もバラつくことになる。よって、増圧切換装置にはフル充填位置がバラついていても、その位置で増圧装置の移動部と一体化（ロック）する機能の切換装置が必要となる。本装置では、ロックナット切換機構を採用することにより、それを実現した。増圧切換装置は主に、プランジヤとともに移動する部分に回転自在に装着されたロックナットと、ロックナットと螺合するねじ軸からなる。ロックナットには摩擦ディスクが取り付けられており、通常はばね力の作用により、自由に回転することができる。また、ロックナットは後部増圧機構の移動部に固定されたねじ軸に螺合している。このため、リニアモータが前進するとロックナットは回転しながら一緒に前進する。高速前進中に溶湯が金型内にフル充填しプランジヤにサージ圧が作用し急激に減速すると、ばねが縮みプランジヤ側の摩擦ディスクと接触して摩擦力でロックナットの回転が拘束（ロック）される。さらに溶湯からプランジヤが受ける力により、ロックナットの回転拘束状態が維持され、プランジヤ部とロックナット及びねじ軸、それに増圧機構の移動部とが一体化し、増圧可能となる。この時、ロックナットはサージ圧で一番前進した位置でロックされるの



図7 大容量キャパシター

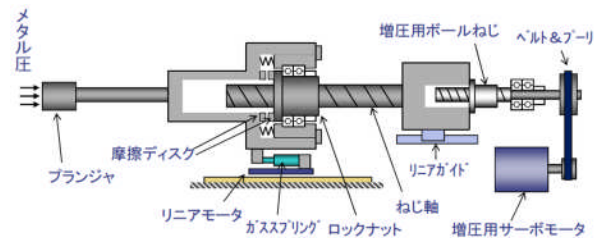


図8 射出装置の全体構成

で、サージ圧によりプランジヤが後退しキャビティ内に一度充填された溶湯がスリーブ内に逆流することは無く、そのため、巣が発生して casting quality が低下することはない。また、摩擦力を利用してロック（切換）を行うので、フル充填位置（溶湯量）に対応した位置で切換えが可能となる。そして、射出充填から増圧までシームレスに切換えを行うことができる。

3. 4 増圧装置

増圧装置は、移動部と固定部からなる。移動部には、増圧切換装置のねじ軸とともに、大きな力が発揮できる大径のボールねじのナットが固定されており、自身もリニアガイドによって前後進可能であるが回転が拘束された状態にある。固定部にはボールねじ軸が回転自在に装着され、減速装置（ベルト&プーリ）を介してサーボモータの回転軸と連結している。よってサーボモータを回転させると、移動部を大きな力（増圧力）で前進することができる。増圧切換装置の作用によりプランジヤと一体化した増圧装置の移動部を、移動させることにより、プランジヤを前進させ大きな力で溶湯に圧力をかける（増圧）ことができる。増圧には大きな力が要求される一方、速い速度は要求されないため、ここでは大径のボールねじを採用した。増

圧時サーボモータの回転速度や回転トルクを自在に制御することにより、増圧速度に緩急を付けたり、あるいは多段や斜めで上げるなど自由なプロファイルで増圧することができる。このため、バリを回避しながら鑄巣の発生を抑え込むなど、鑄造品質を大幅に向上することが可能となる。また、この増圧システムの増圧力が作用する要素には、剛性の劣る作動油が含まれないため、メカ的にダイレクトに力を伝えられるのでレスポンスの良い増圧が行える。

3. 5 高性能制御装置、方法

今回開発した全電動ダイカストマシンの制御装置は、弊社が今までに油圧機で培った制御技術に、サーボ制御ならではの技術を組み合わせ、さらに向上されている。

マンマシンインターフェースには、油圧ダイカストマシンで好評を得ている「Cast Navi (キャストナビ)」を改良し、電動機が可能な細かい制御、設定にも対応できるよう、「Cast Navi plus (キャストナビプラス)」を開発した。電動機ならではの高加速、高減速、多段増圧などの機能を簡単な操作で設定することができる。

さらに、バリ防止のために、油圧機で開発した「Impact Control (インパクトコントロール)」のサージ圧低下技術を応用している。高速充填の後半に射出力を下げることで、バリ防止を可能にした。

4. 全電動ダイカストマシンが発揮する効果

以上論述してきた電動射出装置から構成されるダイカストマシンによる鑄造運転では、以下の効果が期待できる。

- 鑄造品質の向上
 - ・加速、減速の自由度が拡大
 - ・設定値への高度な追従能力
 - ・増圧プロファイルの自在化
- 品質の安定
 - ・サーボシステムの繰返し安定制御能力
 - ・油温変化などの油圧的変動の回避
- 省エネルギー
 - ・電力消費量の削減
 - ・油圧システムによる電力浪費の回避
- 後加工工程の軽減 (後加工レス)
 - ・後加工レス (ニアネットシェイプ)
 - ・品質の向上、安定
- 省メンテナンス
 - ・油圧レス (油圧機器、ACC、高圧ガス、オイルタンクの排除)
 - ・ガスボトルレス
 - ・油漏れの排除
 - ・油圧機器の調整が不要



図9 キャストナビプラス

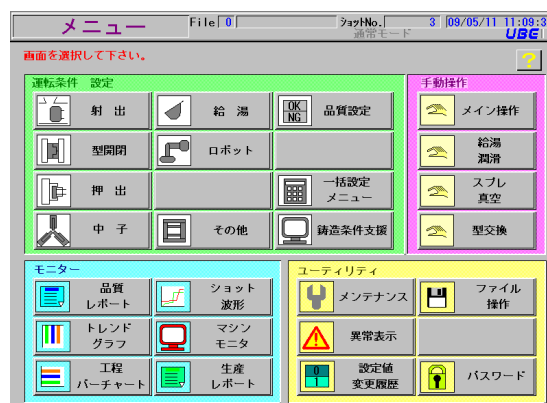


図10 設定画面の一部

○鑄造現場の無人化

- ・鑄造動作の安定
- ・自動運転の長時間化
- ・調整作業の削減

5. おわりに

今回開発したUB 250 e Sダイカストマシンコンセプトを、今後実鑄造現場においてフィールドテストを実施し、マシンとしての実用性や耐久性を確立していき、そしてダイカスト工場での実用稼働に耐えるものとして完成させる予定である。また、大型化への技術開発も続け、対象鑄造製品を広げていき、これからのダイカスト業界の発展に貢献していく所存である。