

## 超大型ツインマグネシウム射出成形機の開発

## Development of an Ultra-Large Twin Magnesium Injection Molding Machine

岡島 謙一  
Kenichi Okajima松崎 貴英  
Takahide Matsuzaki里城 篤  
Atsushi Satoshiro米原 裕輔  
Yusuke Yonehara部谷 道雄  
Michio Butani中川 裕  
Yutaka Nakagawa

## 要 旨

地球温暖化が世界的な課題として注目されており、温室効果ガスの排出量削減に向けて、社会全体で脱炭素化が推進されている。マグネシウムは実用金属の中で最も軽く、鉄やアルミニウムなどの部品をマグネシウム合金に置き換えることで、軽量化が可能である。自動車分野では軽量化による燃費向上が求められ、マグネシウム合金の大型部品への適用が拡大している。これに対応し、当社は型締力 29,400 kN のマグネシウム射出成形機を開発。電動型締装置の採用により省エネ性と停止精度を高め、ツイン射出技術により射出量・射出率を2倍に向上させた。成形テストでは2台の射出装置の同期射出により、ほぼ均等に成形品に充填されることが確認でき、実成形にて従来のダイカスト成形品と比較して材料使用量を約16%削減した成形に成功し、環境負荷低減にも貢献している。

## — Synopsis —

Global warming has become a global issue, and society as a whole is promoting decarbonization in order to reduce greenhouse gas emissions. Magnesium is the lightest of all practical metals, enabling weight reduction by replacing steel and aluminum components with magnesium alloys. In the automotive industry, weight reduction is required to improve fuel efficiency, and magnesium alloys are increasingly being used in large parts. In response to this trend, we have developed a magnesium injection molding machine with a clamping force of 29,400 kN. The adoption of an electric clamping unit improves energy efficiency and stopping accuracy, and twin injection technology doubles the injection volume and injection rate. In molding tests, synchronized injection from two injection units confirmed nearly uniform filling of the molded product. In actual molding, we successfully achieved a molding that used approximately 16% less material than conventional die-cast moldings, contributing to reduced environmental impact.

DM 技術部 / Dedicated Machinery Engineering Department, Hiroshima Plant

## 1. 緒言

マグネシウムは、実用金属の中で最も軽量であり、優れた放熱性や電磁波シールド性を有することから、家電製品分野に広く活用されている。特にノートパソコンやデジタルカメラなどのモバイル機器では、携行性向上のためにマグネシウム合金(以下、Mg合金)の採用が進んでおり、Mg合金を用いた製品が多数量産されている。

近年では、輸送機器分野においてもMg合金の適用が拡大している。地球温暖化対策として温室効果ガス排出量の削減が求められ、自動車分野では低燃費化の手段として車体の軽量化が重視されている。こうした背景から、自動車部品へのMg合金の適用事例が増加しており、現在では大型部品にも広がっている(図1)。

当社では大型自動車部品へのMg合金適用拡大に対応し、2023年に型締力29,400kN(以下、3000t)の超大型マグネシウム射出成形機JLM3000-MG II eL(以下、3000t機)を上市した。さらに対象としている大型成形品に対応するため、射出量や射出率を大幅に向上させたツイン射出技術も併せて開発した。

本稿では、Mg合金の適用拡大に向けた当社の取り組みとして、3000t機の開発およびツイン射出技術について報告する。

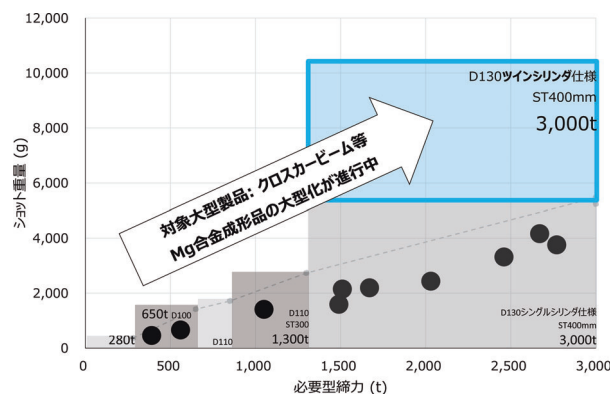


図1 マグネシウム合金の製品動向

## 2. 3000 t 機の構造

### 2.1 3000 t 機の構成と特長

Mg合金の射出成形法であるチクソモーディング(THIXOMOLDING®)は、同じ高圧鋳造であるダイカストと比較して溶湯温度が低く、成形品は、①収縮量が少なく寸法精度が高い、②引け巣などの鋳造欠陥が少ない、③耐食性が良い、④焼き付きが少ない、といった特長をもつ。また、原料チップはシリンダ内でのみ溶解され、溶湯が保持

されるため、溶解炉や防燃ガスが不要であり、エネルギー消費量も少なく、環境性能にも優れている。

近年の自動車部品の大型化への適用拡大のため、2023年に上市した3000t機では、プラスチック射出成形機で培った電動化技術を取り入れた電動型締装置を、チクソモーディング法によるマグネシウム射出成形機として初めて採用している。電動型締装置はクローズドループ制御による型盤停止精度の向上、サーボモータによる効率的な駆動により消費電力を低減、型締の油圧駆動部がなくなり作動油量の削減を実現した。射出装置においては、スクリュ径の拡大および計量ストロークの延長によって射出性能を向上させ、従来機種では対応できなかった大型成形品の成形を可能とした<sup>(1)</sup>。

しかし、さらに大型化が進む成形品に対しては射出量や射出率が不足することが想定された。そこで従来のマグネシウム射出成形機と同様に1台の射出装置を配置するシングル射出成形機から、これまで培った成形実績や従来機種部品の流用が可能で、射出量や射出率を飛躍的に向上させることができる2台の射出装置を平行配置した3000tツイン射出成形機を開発した(図2)。

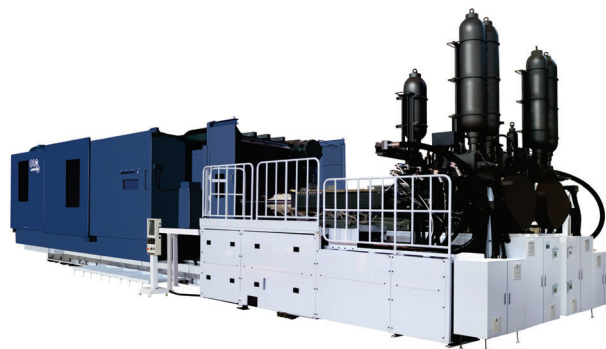


図2 3000tツイン射出成形機外観

### 2.2 ツイン射出成形機の構成と特長

図3にツイン射出成形機の概略図、表1にシングル射出成形機とツイン射出成形機の仕様比較表を示す。ツイン射出成形機は1台の型締装置に対して独立した2台の射出装置を平行に配置する構造とした。これにより、射出量と射出率を2倍にすることができ、大型成形品への対応が可能となった。また、従来機種部品が流用可能なため、1台の大型射出装置を開発するよりも、開発期間の短縮にも寄与する。しかし、従来のシングル射出装置を2台配置すると、2台分の射出装置の横幅が必要となるため、機械設置面積が増大する問題がある。そこで、それぞれの射出装置の油圧アクムレータやサーボモータなどの駆動系部品を、型締装置の機械中心線から離れた位置に対称配置することで、射出装置間の距離を短縮した。これにより、射出装置の横幅の増大を抑え、

機械設置面積を約 8 % 低減した。

また、従来のシングル射出成形機では、スクリュメンテナンす時にシリンダからスクリュを抜き出すため、射出装置全体を旋回する機構が必要である。これに対し、ツイン射出成形機では、射出装置同士の間隔が狭く、旋回時に機械中心側で必要なスペースの確保が困難であるため、旋回装置を廃した構造とした。スクリュメンテナンすの際には、新たに開発したスクリュメンテナンす装置(図4)を使用する。

さらに、2 台の射出装置は独立稼働が可能であり、成形品の形状が非対称な場合や、左右で成形品肉厚が異なる場合でも、重量の割合に合わせてそれぞれの射出装置で計量して、射出の条件を変えることで、シングル射出成形機よりも複雑形状の成形ができる可能性がある。



図4 スクリュメンテナンす装置の外観

### 3. 射出同期制御

ツイン射出成形機にはシングル射出成形機と同様に SYSCOM コントローラ(以下、SYSCOM)を搭載し、2 台の射出装置を 1 台の SYSCOM で制御している。マグネシウム射出成形機の射出時間は数十 ms 程度と非常に短時間であるため、2 台の射出装置から Mg 合金を均等に射出するには、射出開始の同期が極めて重要になる。

表1 JLM3000-MG II eL の主仕様

	項目	単位	シングル射出仕様	ツイン射出仕様
射出装置	スクリュ径×本数	mm×本	130×1	130×2
	射出圧力	MPa	68	68
	理論射出体積	cm <sup>3</sup>	4,911	9,822
	射出率	cm <sup>3</sup> /s	59,730	119,459
	計量ストローク	mm	400	400
	射出位置	mm	0, -350	-350
型締装置	型締力	kN	29,400	
	デールライト	mm	3,300	
	型盤ストローク	mm	1,500	
	金型厚さ(最小～最大)	mm	750～1,800	
	タイパ一隔( H×V )	mm	2,050×1,820	
	型盤寸法( H×V )	mm	3,000×2,500	
	エジェクタ力	kN	500	
エジェクタストローク	mm	220		
電気関係	ヒータ出力	kW	123	246 (123×2)
	総電気容量	kW	485	720
その他	機械重量	t	223	270
	機械寸法	m	L17.3×W6.8×H5.2	L16.9×W7.1×H4.9
	作動油タンク体積	L	900	1800 (900×2)
	冷却水使用量	m <sup>3</sup> /h	8	16 (8×2)

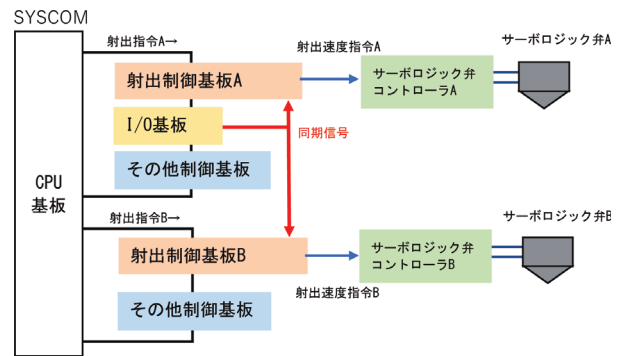


図5 射出制御構成の概要

図5に射出制御構成を示す。射出制御は、CPU 基板から射出指令が射出制御基板に送られ、それを受けた射出制御基板は、射出速度を制御するサーボロジック弁コントローラへ射出速度指令として設定速度に応じたアナログ電圧を出力する。これによりサーボロジック弁が開き射出が開始する。ツイン射出成形機ではこの構成が2セット存在するが、CPU 基板からの射出指令に対して、2 台のサーボロジック弁コントローラに出力される射出速度指令 A および B を計測すると、数 ms の時間差が生じることが確認された。これは SYSCOM が分散型のコントローラであり、CPU 基板から各射出制御基板へ通信を介して射出指令を送っているためである。

この課題を解決するため、射出制御基板からサーボロジック弁コントローラに出力する射出速度指令の出力タイミングを

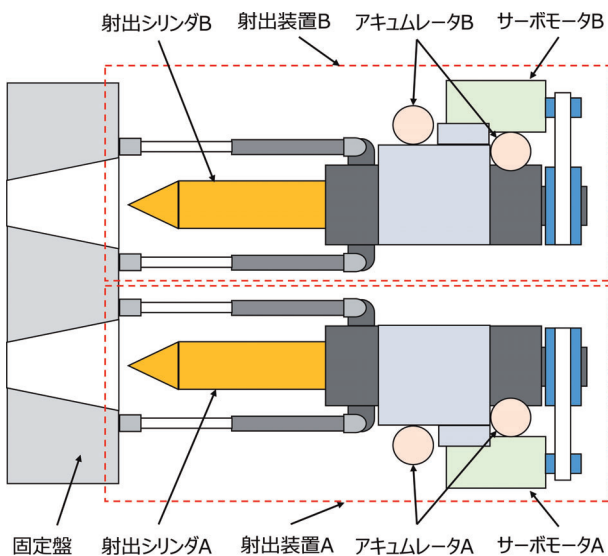


図3 ツイン射出成形機の射出装置概略図(平面図)

新たな同期信号で制御する方式を採用した。同期信号は SYSCOM の構成上にあるデジタル I/O 基板からデジタル信号で出力され、各射出制御基板に同時に入力される。各射出制御基板は CPU 基板から射出指令を受けた後、この同期信号が入力されるまで射出速度指令の出力を待機するように設計されている。

同期方法の改善前後における射出速度指令 A に対する射出速度指令 B の時間差を従来の通信で同期をとった場合と同期信号で同期をとった場合と比較すると射出速度指令の時間差は 1/20 程度まで改善された。

## 4. 成形性能

### 4.1 成形テスト結果

図 6 は、今後自動車分野で需要が増えていくことが予想される大型メータパネルケースを模擬した成形品の流動解析結果である。理想的には、2 台の射出装置から Mg 合金が同時に射出されるのが望ましいが、実際には、それぞれの射出装置の状態により、射出開始から完了するまでの時間差が生じる可能性がある。

この成形品の射出時間は約 30 ms と試算されており、本射出時間から想定される同期射出の時間差の許容値は、射出時間の 10 % 以内であると考え、成形テストにより実際の時間差を確認した。

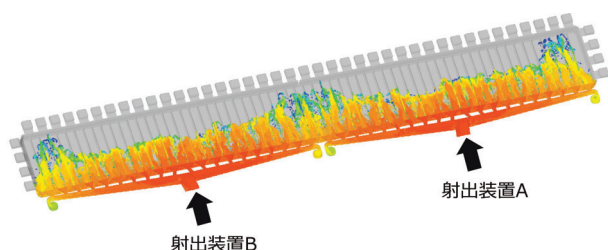


図 6 大型メータパネルケースを模擬した成形品の流動解析結果

図 7 は、3000 t ツイン射出成形機で射出中のスクリュ位置を示す。2 台の射出装置の射出開始直後、製品部流入開始直後、保圧切換位置での時間差はそれぞれ 1.4 ms、1.1 ms、2.1 ms であり、許容値内であることが確認できた。

2 台の射出装置の同期射出によって、A 側および B 側の Mg 合金が均等に充填され、大型メータパネルケースを模擬した成形品 (図 8) の成形に成功した。

一方、図 9 に A 側が射出した 30 ms 後に B 側が射出するように時間差を設けた成形品を示す。先に射出した A 側の溶湯は B 側のほうに流れていくため、オーバーフローの一部分が充填せずにショートショットが発生した。さらに、B 側から射出された溶湯は A 側から流れてきた溶湯によって A 側に流れていくことが出来ずにそのまま B 側に留まり、オーバーパックとなるため、B 側の成形品の肉厚が増加する傾

向が確認できた。この結果により、ほぼ左右均等形状の成形品において、A 側と B 側の射出タイミングがずれると、それぞれの射出装置から射出された溶湯の湯流れ方向が変化し、ショートショットや湯ジワなどの欠陥が発生する。これにより、成形品の品質や肉厚に影響を及ぼすことが明らかになった。今回の成形品はほぼ左右均等な形状であったが、今後は左右が均等ではない複雑形状の成形品に対するテストを実施し、射出タイミングの時間差や計量の影響をさらに検証していく予定である。

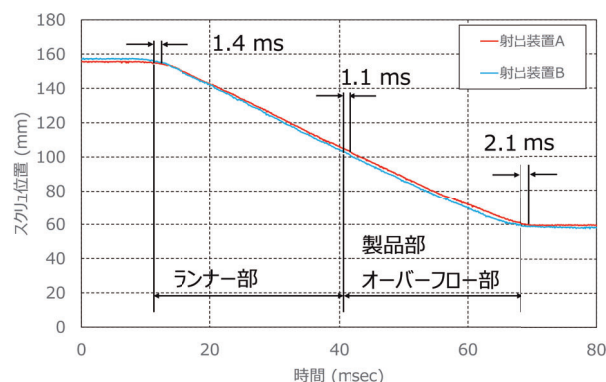


図 7 同期射出時のスクリュ位置変化

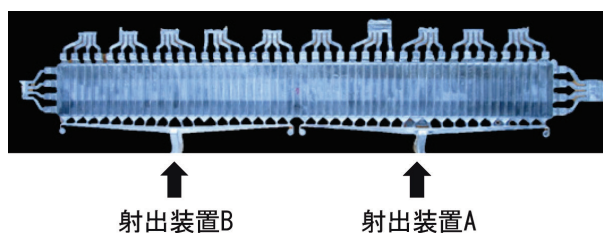


図 8 大型メータパネルケースを模擬した成形品

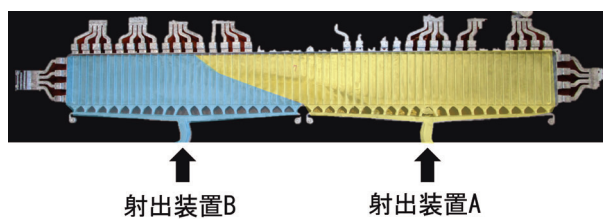


図 9 時間差を設けて射出した成形品

### 4.2 実成形でのダイカスト成形品との比較

図 10 は自動車内装構造品のクロスカービームの成形品である。従来はダイカストにて成形されていたが、ツイン射出成形機用に金型を改造して成形を行った。製品重量は 4.8 kg であり、ダイカスト成形では射出重量が 10.1 kg であったのに対し、ツイン射出成形機ではランナ部の削減により 8.5 kg となり、約 16 % 射出重量削減を達成した。これにより、Mg 合金材料の使用量を減らすことができ、ダイカスト成形品に対する優位性を示すことができた。



図10 W社所有3000t機クロスカービーム成形品  
(2025年上海ダイカスト展)

## 5. 結 言

本稿では、3000 t ツイン射出成形機の開発とその技術的特長について報告した。3000 t シングル射出成形機に比べて射出量と射出率が2倍に向上し、射出開始時の同期を改善することで、2台の射出装置から射出されたMg合金が、ほぼ均等に成形品に充填されることが確認できた。このツイン射出成形機の開発により大型成形品への対応が可能となり、ダイカスト成形品に対しても、材料使用量で優位性を示すことができた。

今後、自動車分野をはじめとする大型Mg合金部品の需要はさらに増加すると予想される。当社は市場のニーズに応えるべく、成形機の技術開発を継続し、Mg合金成形品の適用拡大に貢献していく所存である。

## 参 考 文 献

- (1) “超大型マグネシウム射出成形機 JLM3000-MG II eL”, 日本製鋼所技報, No.74 (2023.11), pp. 98-99

THIXOMOLDING は株式会社日本製鋼所の登録商標です。