

超大型 電動2プラテン式射出成形機 5500 emⅢの開発

UBEマシナリー株式会社
射出成形事業本部 名古屋射出成形機技術部 開発グループ

主席 加藤 直紀

1. はじめに

当社はこれまでに、型締力4,000トン以上の射出成形機を100台以上製作し、また、ダイカストマシンにおいては「ギガキャスト」に対応した型締力9,000トンを上市するなど、超大型機の製作においてユーザーから高い評価をいただいている。今回、射出成形機においてもプラスチック成形品の大型化に対応するため、電動2プラテン式射出成形機として世界最大の5,500トン及び5,000トン機を新たに開発したのでここに紹介する。5500emⅢ-i235の外観を写真1に、主仕様を以下に示す。

さらに、本稿では、5500emⅢに採用した2プラテン式型締機構の技術継承と進化について簡単に説明する。本機構はコンパクトかつ軽量であることが大きな特徴であり、これらの特性は、今回ご紹介する超大型機において、より一層その効果を発揮する。

主仕様	
型締力	5,500トン、5,000トン
理論射出体積	13,200cm ³ (PP換算：11.2kg) *自動車用PPでの換算値
機械全長	15.3m

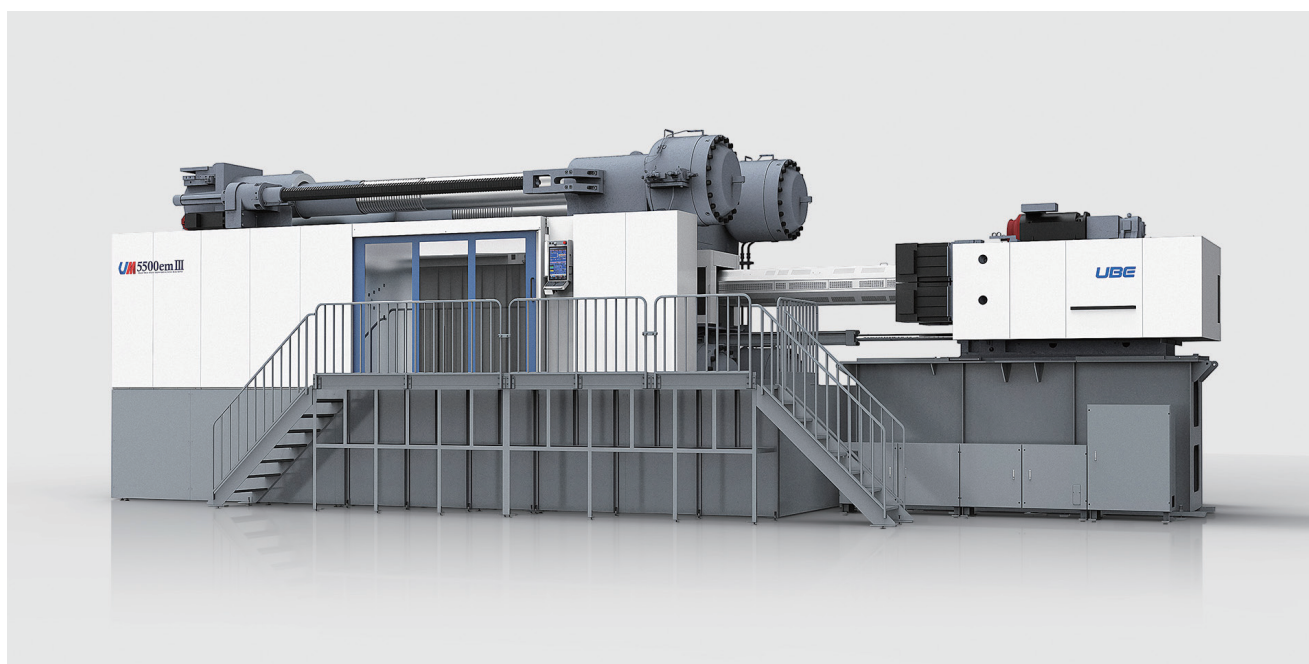


写真1 5500emⅢ-i235の外観

2. 2プラテン式射出成形機の技術の継承と進化

当社は型締力350～3,500トンの全電動トグル式射出成形機もラインアップしており、2プラテン式とトグル式の両型締機構の技術を有している。

特に2プラテン式は、当社が1987年に世界初となる油圧駆動の2プラテン式射出成形機「MMシリーズ(型締力1,300～5,500トン)」(写真2)を開発し、2001年には電動2プラテン式射出成形機「emシリーズ(型締力650～3,500トン)」を発売開始、「emⅡシリーズ」を経て、2019年に電動として第3世代目となる電動2プラテン式射出成形機「emⅢシリーズ」(写真3)の販売を開始しており、2プラテン式射出成形機の老舗メーカーとしての地位を確立してきた。

ここで、2プラテン式型締機構について説明する。

(1) 構造と動作工程

はじめに、図1を用いて、構造と動作工程について簡単に説明する。



写真2 世界初の2プラテン式射出成形機「MMシリーズ」(1987年)

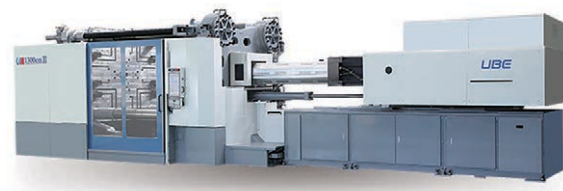


写真3 電動2プラテン式射出成形機「emⅢシリーズ」(2019年～)

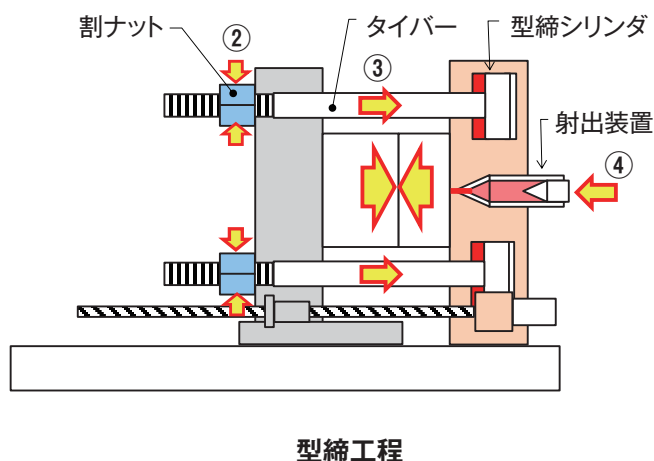
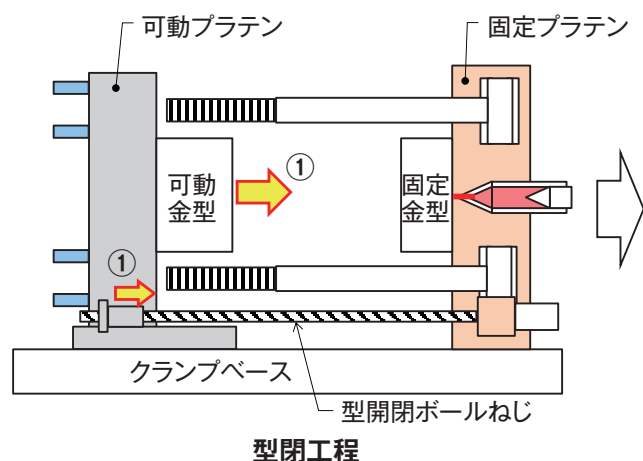


図1 2プラテン式型締機構の構造と動作

【型閉→型締工程】

- ① 型開閉ボールねじにより可動プラテンを高速で型閉する(図1 左図)
- ② 型閉完了後、割ナットを閉じて、タイバーと割ナットに設けられた噛合わせ歯が噛み合い、割ナットとタイバーをロックする(図1 右図)
- ③ 型締シリンダに油圧を供給し、タイバーを引っ張ることで、金型に型締力を負荷する(図1 右図)
- ④ 射出装置より、金型内に溶融した樹脂を射出充填する(図1 右図)

型開工程は、上記の逆となる。金型内の樹脂成形品が冷却固化した後、型締シリンダの圧力を降圧させて、割ナットを開き、型開閉ボールねじで可動プラテンを型開し、成形品を取り出す。

(2) 特徴

① 省スペース

2 プラテン式は、型開閉動作と型締動作を別の駆動機構に分けることで、トグル式とは異なりトグル機構を支持する3枚目のプラテンを用いることなく型締構造が実現できる。そのため、2 プラテン式は機械全長が短く、軽量の構造にできる。

② タイバー 4 点均等型締

2 プラテン式は、プラテン 4 隅の型締シリンダに同一圧力を負荷するため、4本のタイバーの型締力は常に均等となる。そのため、型締時に金型の圧縮変形の不均一などによって型締中の金型平行度が変わっても、金型に均一な型締力が負荷できる。これにより、金型や型締装置の精度を長期に維持できる。

③ 金型段取時間短縮

トグル式の型厚調整動作は、トグル機構（可動プラテン・トグル・トグル支持用プラテン）自体を型厚に合わせて低速で移動させる必要がある。一方、2 プラテン式は型閉密着後にタイバーの位置調整を自動で行うのみで済むため、型厚設定時間が短く、平均で10秒以下である。

(3) 技術の継承と進化

2 プラテン式型締機構は、歴代シリーズで技術を継承し進化させている。その一例を紹介する。

① 割ナットとタイバーの噛合せ歯の強度

型締力が作用する噛合せ歯の強度設計技術は2 プラテン式の構造信頼性において非常に重要である。1987年開発のMMシリーズから、複数の噛合せ歯の荷重分布を均一化するため「噛合せ歯の不等ピッチ」を採用し、最新のemⅢシリーズまで継承されている。さらに、構造解析や応力等の計測技術に関するノウハウを蓄積し、噛合せ歯の形状最適化や強度評価手法の高精度化を図ることで、構造信頼性の向上に努めてきた。図2は、可動プラテン、割ナット、タイバーなどを含めた大規模な非線形接触解析による噛合せ歯の応力評価の一例である。噛合せ歯に作用する変形や応力に影響を与える構造部品をモデル化し、接触部には摩擦抵抗も反映し、実測値との比較評価を通じて設計技術の向上に取り組んできた。

② タイバーの位置決め機構と制御

2 プラテン式では、タイバーと割ナットの噛合せ歯が毎ショット噛み合う位置にタイバーを停止する

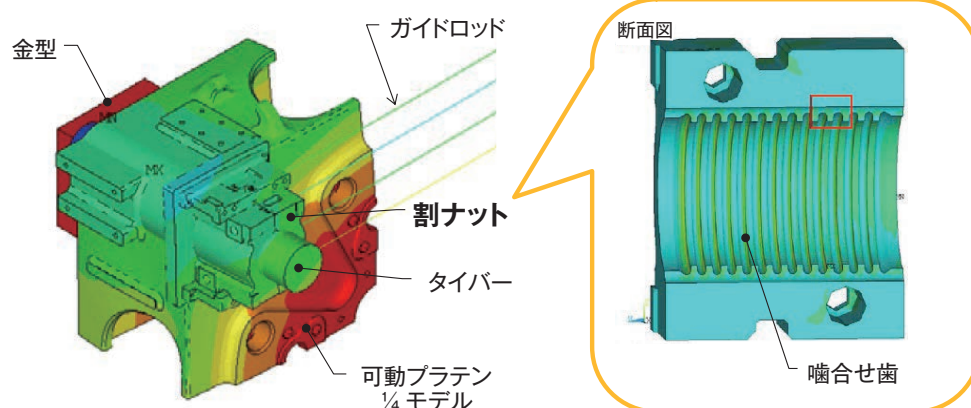


図2 大規模非線形接触解析による噛合せ歯の応力変形評価

よう、高精度かつ安定したタイバーの位置決めが必要である。例えば型締力3,000トンクラスで質量約4tonにもなるタイバーを、油温や摺動摩擦抵抗の変化、経年変化を受けながら、コンマ数mm以下の精度で毎ショット停止させる必要がある。そのため、タイバー位置決め技術とノウハウは2プラテン式の要でもある。

当社のタイバー位置決め機構と制御は、より高精度かつ安定化するように進化させてきた。その結果、emⅢシリーズでは高性能化と同時に構造もよりシンプルになり、部品点数削減により信頼性も向上している。

3. 超大型電動2プラテン式射出成形機 5500emⅢの開発

自動車のxEV化に伴う軽量化ニーズの高まりにより、外板ボディパネルや車体下部の空力部品などの大型樹脂部品の需要が急拡大している。こうした市場の変化に対し、自動車のみならず、二輪車、家電、産業資材、住宅設備などの多様な業界の生産性向上に貢献すべく、emⅢシリーズのラインアップ拡充として超大型電動機5500emⅢの開発に踏み切った。

5500emⅢは前述の電動2プラテン式の最新鋭機であるemⅢシリーズの構造と特徴を受け継ぎ、さらに超大型機として新たな構造を採用した。

(1) 開発の課題

超大型機の開発にあたり、超大型部品の質量効果を考慮した単純なスケールアップ設計以外にも、様々な設計要因の検討が必要であるが、特に大きな課題となるのは超大型部品の「製作」「輸送」「組立」である。

主な課題は以下のとおりである。

- ① 製作：超大型部品用の加工機は数が少ない。また加工機の設備能力（搭載質量・寸法等）に制約がある。
- ② 輸送：国内陸上運送に関しては、「道路法」「道路交通法」「道路運送車両法」等の関連法規に基づき、積載物を含む車両総重量や最大寸法などに制限が設けられ、これらの基準値を超過する場合には、特殊車両通行許可制度の適用が求められる。質量や寸法が大きいと申請手続きに要する期間及び費用が大幅に増加する。
- ③ 組立：クレーンの質量制限などの理由から、組立工法の根本的な見直しが必要となる。

したがって、超大型部品を従来機から単純にスケールアップした設計では、部品費、輸送費、組立費がスケールアップ以上に増加し、成形機コストが機械サイズに比例しない大幅なコストアップとなる。また、輸送申請期間が長期化することでユーザーへの納期が延びる。さらに、機械質量が従来にないほど大きくなるため、ユーザー負担となる基礎工事費も増加する。

当社はもともと大型機の実績が豊富であり、また近年ではダイカスト分野において型締力9,000トンの実績も有していることから、社内の知見を結集して本開発に取り組んだ。

(2) 軽量化と分割構造化

前述の課題解決のため、超大型部品となる固定・可動プラテン、タイバー、クランプベースの軽量化と分割構造化を行った。

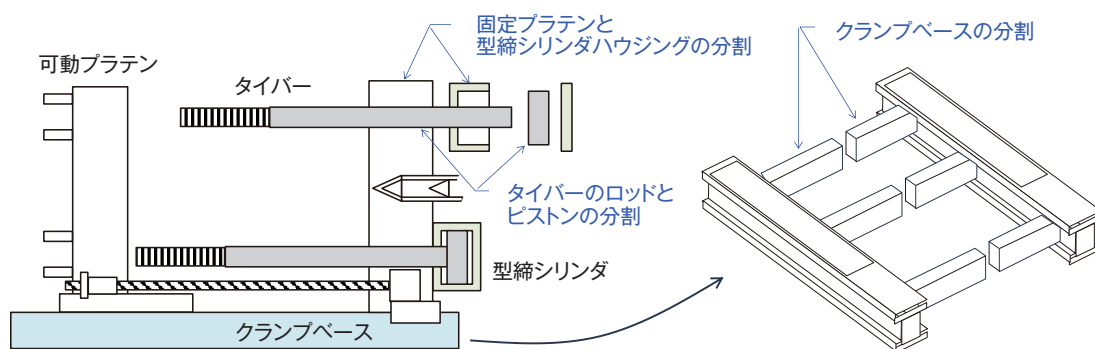


図3 超大型部品の分割構造化

分割構造化は図3に示すように、固定プラテンの型締シリンダのハウジング部の分割、タイバーのロッドとピストンの分割、クランプベースの2分割構造を採用した。

2プラテン式型締機構の採用に加え、超大型部品の軽量化と分割構造化により、機械全長は15.3mに抑えられた。これは、型締力3,000トンの当社トグル機より短く、省スペースで設置が可能である(図4)。機械質量も型締力3,000トンの当社トグル機と同レベルの250トンであり、ユーザーの基礎工事費の抑制につながる。

また、超大型部品の軽量化と分割構造化により、単純にスケールアップした場合に対して、成形機のコスト、成形機の輸送コストと輸送期間を大幅に抑制したことで導入しやすい超大型射出成形機となっている。

4. おわりに

5500emⅢ-i235は、当社が培ってきた2プラテン式射出成形機の技術を受け継ぎ、さらに進化させた超大型電動機である。分割構造や軽量化技術の導入により、設置スペースや輸送・据付の負担を大幅に軽減し、さらに成形機自体のコストや輸送コストも抑えることで、ユーザーにとって導入しやすい製品となっている。今後も当社は、成形機業界の発展とユーザーの多様なニーズに貢献していく所存である。

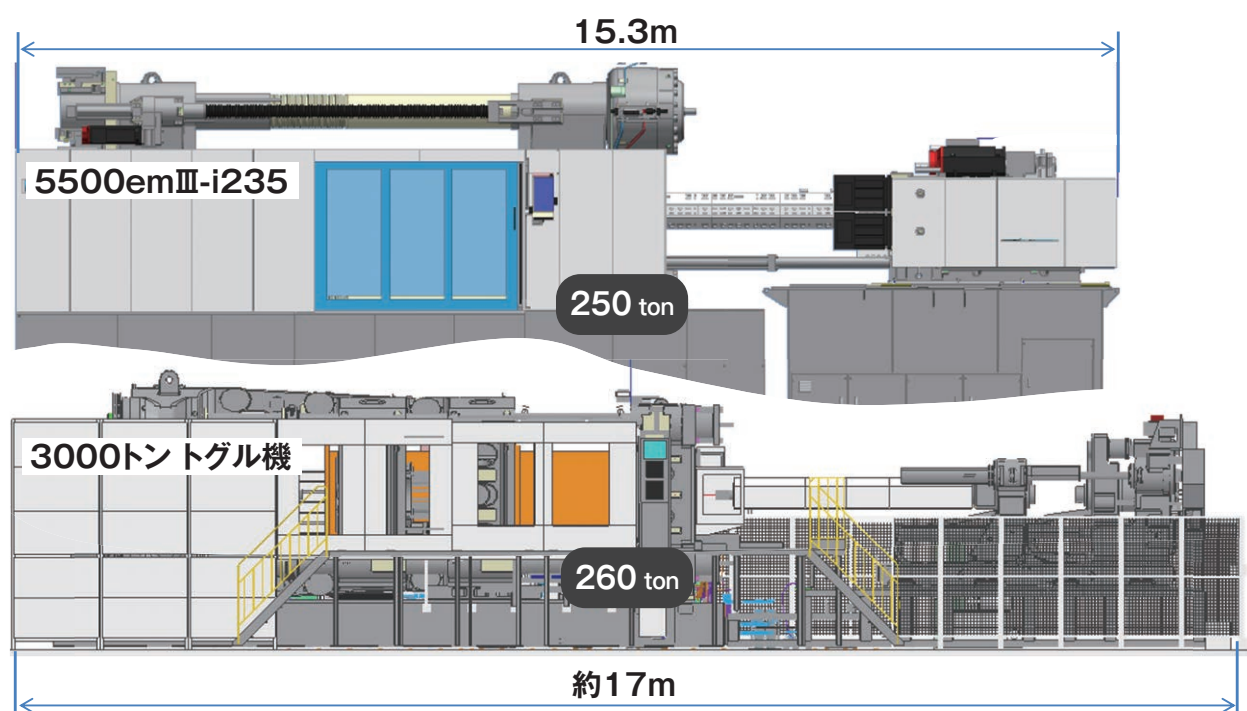


図4 省スペース