

電動駆動式高加圧高精度ロールプレス機の開発

Development of High Pressure and High Precision Roll Press Using Electric Actuator

中島 章五* 古川 恭治*
Shogo Nakajima Kyoji Furukawa

中井 拓真* 鈴木 啓太*
Takuma Nakai Keita Suzuki

We developed equipment to improve the performance of next-generation rechargeable batteries. Battery performance is a decisive factor for the success of electrical drives.

Roll-press processing methods are being considered in many of the manufacturing processes of next-generation rechargeable batteries, and We worked on development to realize the compact, high-rigidity press that was required, and completed the equipment.

KEY WORDS: Roll-Press, Compact, High-rigidity press, Next-generation rechargeable batteries

1. はじめに

近年、環境問題や省エネ化、電気自動車の増加など、主にエネルギーの有効活用の観点から二次電池の需要が増加している。なかでも、高エネルギー密度、高電圧かつ大容量を特徴とするリチウムイオン電池が注目されている。

しかし、リチウムイオン電池には未だ多くの課題が残されている。例えば、二次電池需要の注目市場として挙げられる車載用二次電池は、安全性、航続距離、充電時間、コストが大きな課題となっており、これらの課題を解決できる次世代二次電池開発が望まれている。なかでも、「全固体電池」は次世代二次電池の有力候補である。

従来のリチウムイオン電池は正極と負極を有機化合物の電解液の中に浸した構造となっており、この電解液により電池の温度や形状などに制約があった。それに対して、「全固体電池」は電解液を使用することをせず、固体の電解質を通して、直接電子をやり取りする為電解液による制約がなくなる。このメリットとして、電解液の漏れや発火などの恐れがないこと、次に高電圧化や高容量化などにより高いエネルギー効率を持つこと、更にパッケージング自由度の向上などが挙げられる。これらの利点により従来の二次電池の抱えている課題を解決することが期待されている。

しかし、「全固体電池」の実用化に向けてはセル内部の抵抗低減という大きな課題がある。この抵抗は、①正極内の正極活物質と固体電解質の界面における抵抗層、②固体電解質層の肉厚化、③正負極内での活物質の凝集、④正負極や電解質を構成する固体粒子間空隙⁽¹⁾の4点に大きく由来する。

前記④の課題に対し、層間及び粒子間を密にする為、機械的に高加圧力、高精度でプレスして電極と電解質層自体を薄型化するロールプレス機を開発した。以下、開発機とする。

開発機の目的は次世代二次電池開発の促進にある。

開発機の全景写真をFig. 1に、その工程イメージ図をFig. 2に記す。



Fig. 1 Equipment Overview

*新事業本部 特機事業部 メカトロ技術開発グループ 開発チーム

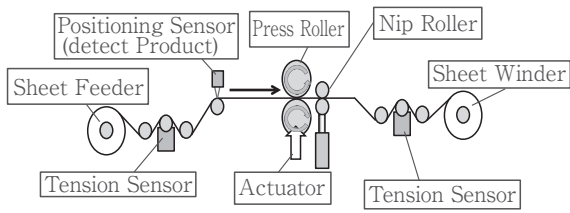


Fig. 2 Process Image

2. 開発機の特徴

従来のロールプレス機は、加圧機構に高出力化が比較的容易な油圧サーボを利用することが主流であった。それに対して、開発機の加圧機構には、電動サーボ駆動方式を採用しており、油圧レスで、外部検出器と組み合わせた高精度かつ応答性の良いフィードバック制御が最大の特徴である。以下に、加圧駆動源の電動化による詳細について記述する。

開発機的主要装置仕様を下記 (Table 1) に示す。

Table 1 Equipment Specifications

	Measured
Size (W × D)	4 [m] × 1.5 [m]
Height	2 [m]
Weight	5000 [kg]
Load	600 [kN]
Temperature control	± 1 [°C] (at 200 [°C])
Feeding speed	60 [m/min]
Gap control range	0 ~ 8 [mm], ± 1 [μm] (Accuracy)
Production System	Roll to Roll, and Batch Type (Vacuum Jig)

2.1 コンパクトな設置面積で高加圧力

開発機は、ボールねじを電動サーボモータにより駆動させることで、加圧力を発生させている。それに対して、油圧サーボを用いた従来のロールプレス機は、装置外部のポンプを動力源とした油圧を加圧力とすることができる為、装置単体で見ると、比較的小型化しやすい。しかしながら開発機では勾配角を設けたクサビを用いて、そのクサビを電動アクチュエータで横方向へ駆動させることにより、小さな横方向の入力に対しても縦方向への大推力を発生させることができ、これにより

電動サーボ駆動での小型化・高加圧力化（荷重 600kN）を可能とした。この機構により装置全体でおおよそ 4m × 1.5m 程度と、従来の油圧ロールプレス機同等の設置面積（油圧ポンプ設置面積を含む場合は従来装置の 1/2 程度の小型化）でありながらも、従来の油圧ロールプレス機と同等の加圧力を電動駆動式にて達成している。

2.2 高精度かつ高応答性の荷重・位置制御

従来の油圧ロールプレス機は、ロール間のギャップをストoppaなどで機械的に制限し、そのストoppaに対して常にロールを押し付け続けることでロール間のギャップを制御していた。そのギャップに対して、ワーク（被プレス加工品）が投入されプレスが行われるという方式である (Fig. 3 左)。一方、開発機には電動サーボを利用しており、ロール間のギャップを ± 1 μm 以内の精度で可変させることができ、従来の油圧方式に比べて高精度で応答性の良い荷重制御と位置制御を可能としている (Fig. 3 右)。

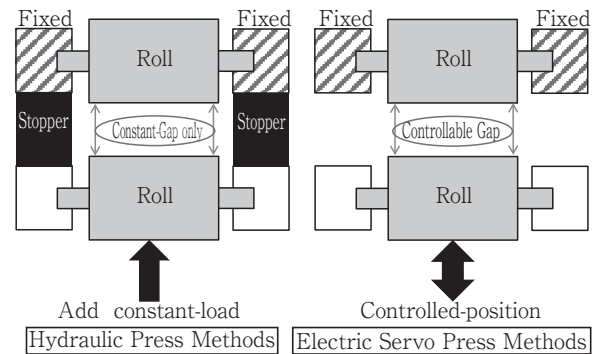


Fig. 3 Hydraulic Press and Electric Press Methods

2.3 特殊生産環境への対応

電動サーボ駆動を利用し油圧レスとしたこと、従来と同等サイズの設置面積を達成したことのメリットとして、ドライルームやクリーンルームなどの特殊な生産環境へも比較的容易に対応できることが挙げられる。実際、開発機のターゲットの一つである「全固体電池」の生産工程においても、電池の性能維持や、電池の成分と空気中に含まれる水分が反応して毒性ガスが発生することを防止する為、ドライ環境下で生産を行うことが多く、

これらの環境下に対応可能なことも開発機の特徴である。

3. 応用例

3.1 位置移動制御

油圧ロールプレス機に対して、開発機ではサーボモータを駆動源として、高精度かつ高応答の荷重・位置制御を可能とし、外付けの荷重検出や位置検出などと組合わせた細かなフィードバック制御を可能とした。その応用例を以下 (Fig. 4 ~ Fig. 7) に示す。

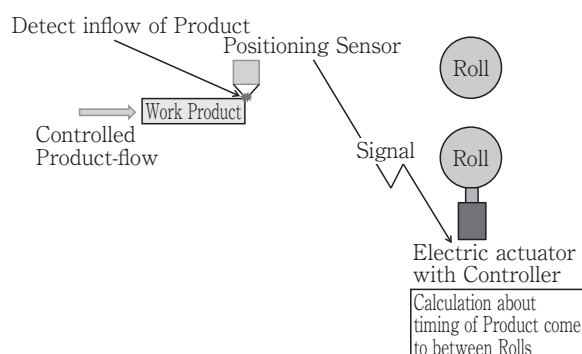


Fig. 4 Detect Inflow of Product

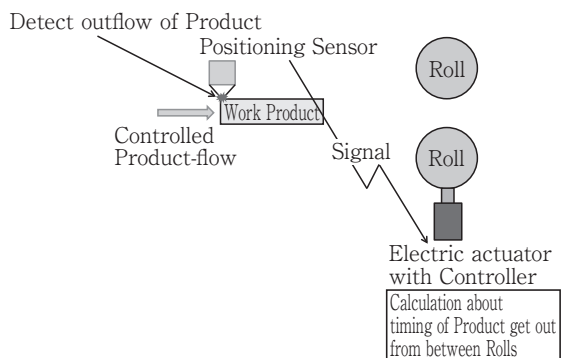


Fig. 5 Detect Outflow of Product

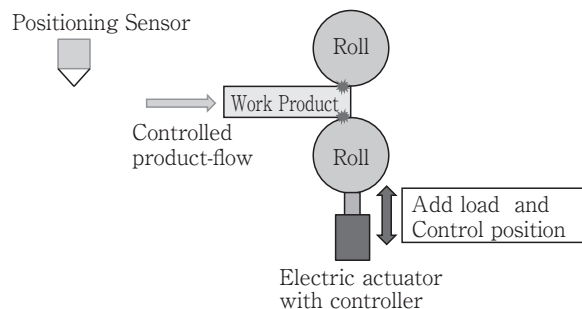


Fig. 6 Add Load and Control Position (Inflow of Product)

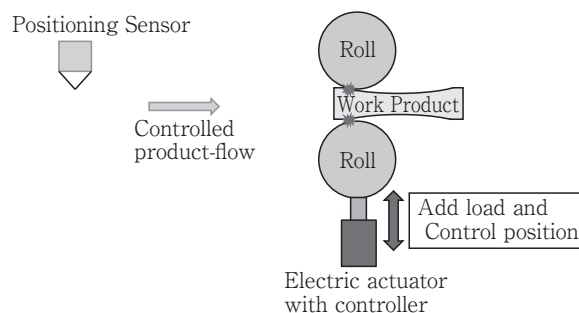


Fig. 7 Add Load and Control Position (Outflow of Product)

はじめに、変位センサによって搬送中のワークの入り端の位置を検出する。このとき、変位センサで検出したワークの搬送速度と位置より、電動駆動部を動かしロールを閉口しワークへ荷重を加えるタイミングを計算してコントローラへ指示を出す。(Fig. 4)

次に、前記したワークの入り端の検出同様、出端を検出、あわせてロールを開口しワークから荷重を除くタイミングを指示 (Fig. 5)。

次に、ワークの入り端がプレス部に来るタイミングに合わせて、下側ロールを上昇させてワークをプレスする (Fig. 6)。

最後にワークの出端がプレス部を通過するタイミングでロールを開口し除荷する (Fig. 7)。

この一連の動作 (Fig. 4 ~ Fig. 7) を、連続もしくは同時に複数ワークに対して行う制御方法を位置移動制御と呼んでいる。

この制御方法のメリットとして、従来のギャップ一定でのプレス方式の場合、ロールのギャップをワークの入り端・出端が通過する際に端部への荷重のコントロールが困難であった。その為、特にワーク端部へ大きな荷重がかかり、欠けや潰れなどのダメージを与えることも少なくなかった。しかし、ギャップや荷重を比較的容易にコントロールできる本方式では、端部がプレス部に来る際に、ギャップを拡げて端部へのダメージを抑えたプレスをすることが可能となり、ワークの欠けや潰れを防ぎ、均一な厚みを狙うことも可能となる。

また、厚みの異なるワーク流入に対しても同様の効果を示すことが本方式のメリットである。

3.2 真空ロールプレス

開発機は、ワークを枚葉で真空引きしながら搬送する真空治具と、3.1節にて述べた位置移動制御を組み合わせることで、ワークを真空下でロールプレスすることも可能である。この方式によって、層間ボイドや搬送時のワークのずれなどを防止することが可能となった。以下 (Fig. 8,9) に真空治具の写真を示す。Fig. 8はワークを搬送する為の真空治具内部の写真である。上下金属シート間にワークを設置し、その真空引きされた上下金属シート間を吸気しながらプレスできるようになっている。その構造は、はじめに下金属シートの上にワークを囲むようにエンボス加工を施した通気用金属シートを設置する。このシートの役割は、治具両端の吸気口からの真空引きを補助することである。この上に上金属シートを被せて、吸気口の上にオサエとなる上治具を載せる。このときに、写真右側と左側の吸気口を通気補助用の通気用金属シートがつなぐことで、搬送用の上下金属シート間を常に吸気することが可能となった。この真空治具を搬送する機構がFig. 9である。真空治具をタイミングベルト駆動にてロールプレス部へと搬送する。この真空治具がロールを通過する際に、真空治具搬送用の金属製枠（図中にて点線丸で囲んだ部分）とロールが干渉しないようにワーク位置に合わせてロール間ギャップを開閉できることも電動サーボ駆動活用方法の一つである。

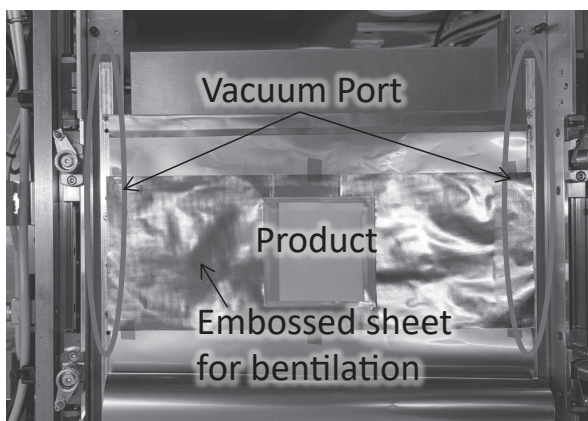


Fig. 8 Internal Vacuum-Conveyance Jig

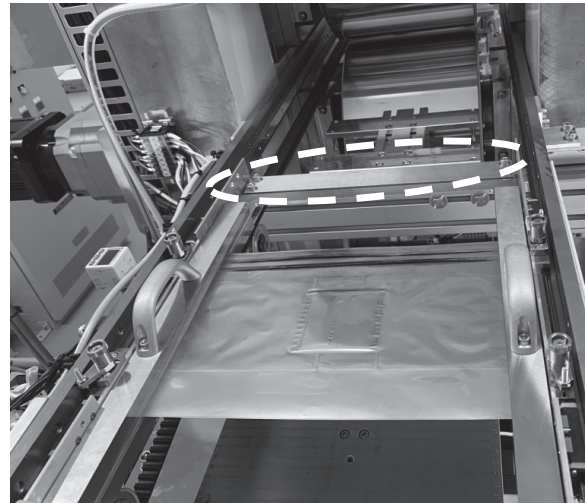


Fig. 9 Overview of Conveyor with Vacuum

4. おわりに

次世代二次電池開発とその性能向上に向けた装置として開発機を計画した。その結果、本稿では、従来の油圧方式ではなく、電動駆動式でのロールプレス機を開発し、その制御方式などの応用例について紹介した。

この開発機の特徴を求めた次世代二次電池関連のプレス試作依頼なども多くあり、良好な結果が得られていることから、この開発機によって次世代二次電池開発が更に促進されると感じている。

次世代二次電池の実用化に向けては、材料や工法が日々改良されるなど、まだ発展途上の状態である。次世代二次電池開発にあわせて、引き続き開発機も更なる改良や課題の発見など、先を見据えた行動をしていく所存である。

参考文献

- 1) 日経エレクトロニクス/日経×TECH、「次世代電池 2019」、日経BP、2018、119
- 2) 「Yano E plus」、(2018.11)、矢野経済研究所、3-25
- 3) 高橋雅子 (2019)、「電動車両用電池・充電に関する国際標準化の動向」、JARI Research Journal