大推力コンパクトサーボプレス機の開発

Development of Large thrust and Compact Servo Press

芳賀 悠紀	* 古川 恭治*
Yuki Haga	Kyoji Furukawa
近藤 丈雅*	白井 陽一郎**
Takemasa Kondo	Yoichiro Shirai

Servo press that mainly used joining multiple material such as secondary battery and multilayer board together by pressurizing and heating is one of main product in this division. In recent years, the market focusing on ceramic printed circuit boards needs joining together by heating at 400 degrees Celsius, pressurizing in vacuum and heating at 200 degrees Celsius, large thrust about 1000kN, more compact machine, etc. In addition to them, the development machine is equipped with visualization of processing points for process verification.

KEY WORDS:Servo Press, Electric Press, Hot Press, Servo motor, Load cell, Vacuum, Visualization

1. はじめに

サーボプレスとはサーボモータを駆動源とす るプレスユニットである。油圧プレスと比較して 高精度な位置決め動作や精密な押し付け荷重の制 御が可能であり、データトレサビ機能も搭載して いる。これらにより不良率の低減や歩留まりの向 上、検査工程の簡略化などのメリットがあるため、 二次電池・多層基板といった複数材料を精密に貼 り合わせる工程で使用されている。また、油圧を 用いないことで省エネ、クリーン環境などの特徴 からカーボンニュートラルの実現に有効である。

2. 開発の背景

メインターゲットとする二次電池・多層基板な どの電気・電子市場では、①400℃程度の超高温 下での接合②200℃かつ真空状態での加圧③ 1000kN程度の高加圧力④大型化する設備のコン パクト化などが求められている。

それらに加え最適なプロセス提案を行うために は広い荷重範囲で使用可能であること、加工時の ワークに及ぼす機械外的要因やワークの性状変化 を確認可能であることが必要になってくる。Fig. 1 及びTable 1 に市場毎のプロセス条件例を示す。 また、当社サーボプレス機の能力はFig.1に示す 斜線の範囲である。我々のターゲット市場の顧客 ニーズに応えるため、本開発のテーマをFig.1の 格子の範囲とした。



Fig. 1 Press test request example.

Table 1 Work processing conditions.			
	Load [kN]	Temperature [°C]	
①Plating thermal bonding	50	400	
②Film laminate	360	320	
3Compaction of all-solid-state batteries	1000	200	
④Uniform thickness of PCB cover	1000	100	
5 Bonding sheet	270	200	
©FPC Coverlay	440	160	

^{*}特機事業部 メカトロ技術開発グループ 開発チーム **特機事業部 メカトロ技術開発グループ 技術チーム

3. 開発機の目標

現行機であるCYPF型サーボプレス機の構造図 をFig. 2に示す。シリーズ化サーボプレス機は最 大推力400kN、最高温度300℃、最大面圧 20.4MPaに対し、最大推力1000kN、最高温度 400℃、最大面圧90MPaを開発目標としTable 2 に示す。

また検討した開発機の構造図をFig.3に示す。







Fig. 3 Structure of Development machine.

	Measured	
Size $(W \times D)$	1280[mm] × 1470[mm]	
Load range	10-1000[kN]	
Load accuracy	± 1%R.S.	
Temperature control	± 2[℃] (at 400[℃])	
Open height	180[mm]	
Work size $(W \times D)$	300[mm] × 300[mm]	
Work size (H)	170[mm] 25[mm] (at Vacuum)	
Degree of vacuum	100[Pa[abs]]	
Press speed	24[mm/s]	
Parallelism	25[µm]	

Table 2 Target value of development machine.

3.1 超高温下での接合

従来のサーボプレス機では熱盤部にアルミニ ウム合金を使用しているため、耐熱温度が問題に なり300℃以上で使用できなかった。表面温度を 300℃にするためにはヒータ近傍では400℃近い 温度になってしまう。400℃はアルミニウム合金 の焼きなまし等の熱処理温度に近いため、強度低 下や結晶構造変化による寸法変化が起きてしま い、精度や性能を維持できなくなるなどの問題が あった。

一方、開発機はSKD材を使用し加熱部分から 平面部までを一体構造とすることで400℃までの 昇温を可能にした。400℃までの昇温カーブを Fig.4に示す。上熱盤・下熱盤共に約2000秒で 400℃が達成できた。



Fig. 4 Temperature rise time.

3.2 真空状態での加圧

現行のシリーズ機では可動式真空チャンバで 熱盤部全体を囲うか、或いは熱盤面に直接可動式 真空チャンバを設けることで真空状態で加圧でき る構造にすることは可能であるが、チャンバ容積 が大きくなり過ぎる問題があった。

そこで開発機では上熱盤に外筒を取り付け、下 熱盤自体を底蓋とするような抜き差し型の真空 チャンバを用いた方式とした。

現行機及び開発機の同一ワークサイズに対す るチャンバサイズをTable 3に示す。開発機は現 行機と比較して約20%(あるいは10%)に小型 化しており、真空度100Pa [abs]を達成した。 Fig. 5に真空度計測結果を示す。約45秒で 100Paを下回り、安定していることが分かる。

Туре	Existing Chamber 1	Existing Chamber 2	Development Chamber
Chamber size	460[mm] × 460[mm] × 310[mm]	600[mm] × 600[mm] × 160[mm]	460[mm] × 460[mm] × 56[mm]

Table 3 Work size and degree of vacuum.



3.3 コンパクトな設置面積で大推力

現行のシリーズ機は駆動軸が1軸であり、推 力が最大400kNであった。従来の構造で推力を 1000kNにした場合、プレス機の設置面積は幅 1354×奥行1395mmとなる。そこで加圧軸を4 つに増やすことで設置面積を抑えかつ推力 1000kNを実現した。幅1500×奥行920mmとな り、従来比約70%の小型化を実現した。従来構 造と設置面積を比較した図をFig.6に示す。



3.4 精度一定で広い荷重制御範囲

現行機の荷重範囲は下限を最大荷重の10%、 荷重精度は最大荷重の1%と定めている。

開発機では荷重範囲の下限を最大荷重の1%に 下げ、更に荷重精度の目標値を最大荷重の1%で はなく設定荷重の1%とした。

ロードセルの荷重検出フルスケールを 1000kN としてステップ的に 1000kNまで加圧した結果を Fig. 7 に示す。若干のオーバーシュートはあるが、 50kNから 1000kNでは安定時に設定荷重の±1% 以内に収まっているのに対して、10kNでは全く 制御できていないことが分かる。

そこで、低荷重時においても目標精度を達成す るためにロードセルの荷重検出レンジを切り替え る機能を実装した。これにより10kNでも荷重制 御精度±1%を実現した。10~50kNの荷重範囲 における荷重精度を測定した結果をFig.8に示 す。50kN時のオーバーシュートも無くなり、よ り安定した制御ができていることが分かる。



Fig. 7 Pressurize from 10kN to 1000kN.



4. 加工状態の見える化

従来のサーボプレス機は、プレス中の熱盤温 度、熱盤位置、荷重などのプロセスデータを収集 する機能を備えている。

しかしながらワークの状態を示すデータを収 集する機能は持っておらず、ワークが想定してい たような挙動・変化をしているか、あるいはその 処理が適切であるか否かを処理中に確認・判断す る機能がない。そのため、最適な処理条件出しの 作業においては、処理後にワーク評価と収集した プロセスデータとの関連を検討・考察する必要が あった。これにはデータ処理に作業時間を要する 点や、ワークの変化を処理前と処理後の2ヵ所で しか確認できないという課題があった。

そこで、従来からのプロセスデータに加え、① 荷重多点測定による荷重の偏り具合②熱盤温度≒ ワーク表面温度ばらつきと見なすための熱盤温度 の多点測定③ワークの任意位置に取り付けた熱電 対によるワークの温度検出④熱盤直近での熱盤間 距離の測定値≒処理中のワーク厚さと見なした データを表示・収集する機能を加えることで、装 置の状態とワークの挙動・変化が同時に表示・収 集され適切な処理がされているかの確認・判断・ 考察が円滑に行える機能を持たせた。これらの機 能により、適切なプロセス条件を見出すための議 論・判断が容易になる。

プレス時の条件の見える化イメージ図をFig.9 に示す。



Fig. 9 Visualization of processing status.

4.1荷重・厚みの見える化

Fig. 10 に下熱盤部を示す。ロードセルを4点 設置し、それぞれの検出荷重及びその合計値を表 示することでワークへの荷重の掛かり方、バラン スを見える化した。

また、熱盤の移動距離検出器を4ヵ所に配置 することで熱盤の移動距離を4点で検出し、オー プンハイトから熱盤の移動距離を引くことでワー ク厚さ、ワークの潰れ方を見える化した。

荷重・厚みを見える化した図をFig. 11 に示す。



Fig. 10 Heat plate part.



Fig. 11 Visualization of load and thickness.

4.2 温度の見える化

本装置にはワーク温度を直接測定し、データを 取得する機能もあるが、センサを取り付けること のできないシート等の薄いワークでは温度を測定 できない。そこで、ワークと接する定盤自体の温 度を上下各9点、合計18点を測定することで ワークの複数ヵ所の温度を見える化した。定盤温 度測定位置をFig.12に、定盤温度・ワーク温度 の見える化のイメージ図をFig.13に示す。



Fig. 12 Temperature measurement point.



Fig. 13 Visualization of temperature.

5. おわりに

日々進化する電気・電子市場のニーズに応える ため、既設機では対応が難しい高圧や高温などの 要求を満たす開発機を計画、試作を行い、従来の 1 軸駆動のサーボプレス機に対し4 軸駆動のサー ボ機構、高温度対応加熱機構、真空機構を開発し、 市場に対応したコンパクトかつ大推力のプレス機 を実現できた。また、それに加えてワーク加工状 態の見える化をすることで、最適なプロセス条件 の提案を可能とした。

結果、高温、高圧下での最適なプレス条件を効 率よく見つけ出すことも可能となった。

本装置は二次電池・多層基板などの電気・電子 市場をメインターゲットとしているが、その分野 に限らず幅広い市場に対応できるように、引き続 き開発機の更なる改良や課題の発見など、先を見 据えた装置開発をしていく所存である。