

2) サーボモータを駆動源とした動力プレス

1 サーボプレスの特徴と種類

プレス機械は大量生産に取入れられ大きく発展したプレス加工でありましたが、時代の変化と共に多品種少量生産も要求され、また昨今各種多様化への対応も必須となりました。加工素材の多様化、加工工程の多様化、金型構造の多様化と寿命向上、製品品質の多様化、ユーザー独自加工システムの台頭等への対応であり、これらは同時にプレス機械に対する市場の要求でもあります。

これらのプレス機械への変革要求は、“加工時のみ遅く、非加工時はスライドが速く動作し、しかもエネルギー能力は高く、また加工種類別に動作のパターンプログラム作成が可能であり、システム化（コンピュータリンク）にも容易に対応できるプレス機械”ということになり、これがまさしく『サーボプレス』を生み出すことになったのです。

サーボプレスの種類は構造上で分類すると下記のものがあり、今後も新しい機構要素が開発されれば、その種類は多岐にわたることが予想されます。代表的なものは「図3-2 サーボモータを駆動源とした動力プレス」に示します。

- ①クランクシャフト直動方式（ギヤ連結方式）
- ②クランクシャフト間接駆動方式（リンク方式）
- ③クランクシャフト間接駆動方式（ベルト方式）
- ④ナックル（トグルクランク）方式
- ⑤ボールスクリュウ方式
- ⑥リニアサーボ方式
- ⑦サーボモータ油圧ポンプ直動方式
- ⑧サーボバルブ（比例制御弁）方式
- ⑨ハイブリッド方式（各種機構の組合せ）

2 サーボプレスの安全に関する検討

時代の寵児として市場に登場し、業界に浸透しつつある『サーボプレス』の安全をプレス製造者（メーカー）はいかに考えるべきか。リスクに対する適切な方策（安全対策）を行ない、その検証をなすべき基準はどのようにあるべきか。従来のプレス機械と比較し、より高い安全性を保ち、使用者に対する情報をどのように開示するか。プレス製造者は次のような検討を行っています。サーボプレスの本質安全を考える上で、従来の「動力プレス機械構造規格」同様、使用者のハンドインダイ（金型の中に手が入る）作業をベースとした検討を原点としています。

- ①従来の両手操作方式において、サーボプレスの寸動によるスライド下降行程時、両手をプレス起動ボタンより離れた時点でのプレス機械側の停止状態を設定する場合、「サーボロック」のみの停止では手が挿入された場合の危険に対する安全は保証できない。

- ②前項と同じ条件において、従来の「両手操作方式」という安全方策は、サーボプレスの本質安全を確保し許容される基本手法とはならない。
- ③非常停止及び急停止時に機能するメカニカルブレーキは緊急時のみの作動であり、その作動の確実性をどのように保証するか。またその安全機能をどのように確保するか。従来のクラッチブレーキを用いたプレス機械のように、毎回の作動に対し磨耗すればオーバーラン検出にて急停止させるシステムを、サーボプレスにどのような形式で持たせることができるか。
- ④非常停止及び急停止時にメカニカルブレーキを使用する場合、そのブレーキ性能と検査要件はサーボプレスの機械構造要件として、複数バネ使用、バネの50%故障時における機能維持及び適切な時間間隔でブレーキ性能のチェックを行なうモニター機能を必要とする。
- ⑤ミューティングシステム（注）の信頼性について、そのシステム構成及び設定を誤った場合は非常に危険な状態を起こすため、制御安全方策のカテゴリは「4」以上を必要とする。
- 従来のフライホイールを動力源とするプレス機械においては、フライホイールの持つ慣性にて瞬時の逆転は想定されず、従ってスライドの上昇行程における瞬時の下降行程への変化は無いと考えられるが、サーボプレスの場合、正逆の動きは信号により制御されるため、ノイズ等による誤動作が想定される。よってミューティング動作中のスライド下降に対する防御方策が必要である。

上記のサーボシステムにおける不安全要素に対し、たとえば、「表3-1. サーボシステムのリスクアセスメント実施表」により、リスクアセスメントから危険(リスク)レベルを出し、要求される安全カテゴリに従ってその方策を実施することが必要となります。また、製造者のサーボプレス製造にあたっての安全要件としては、「表3-2. サーボプレスの構造要件」が求められることとなります。

3 従来のプレス機械との違いと使用者への影響

従来のクラッチブレーキを用いた機械プレス、電磁弁を用いた液圧プレスの歴史は長く、そのシステムの安全については、先人から引継ぎ今日では成熟したシステムで市場に受け入れられています。サーボプレスにおいて安全を同レベルとすべく、前述のリスクを製造者によりリスク低減されたとしても、従来の動力プレスと安全性について同レベルに維持するためには、従来の動力プレスと機構とその安全方策が違うことから使用者に対しては、保守、点検の内容が変わってきます。最も顕著なことは機械的要素から電氣的要素にウエイトが移っていることにより、従来の機械的な振動、異音、発熱等の検知による保全に加えて「表3-3. サーボプレス特有の構造要件」に示した電気保護装置、ノイズ、CNCの安全要件、電氣的寿命が保守点検における重要事項であるといえます。

(注) ミューティング：制御システムの安全機能を一時的に保留すること。具体的には、プレスの運転中、スライドの往復行程のうち身体の一部が危険域に達するまでの間にスライドの閉じ行程が終了する位置よりスライドの開き行程の範囲において安全装置の作動を無効とすること。

図3-2 サーボモータを駆動源とした動力プレス

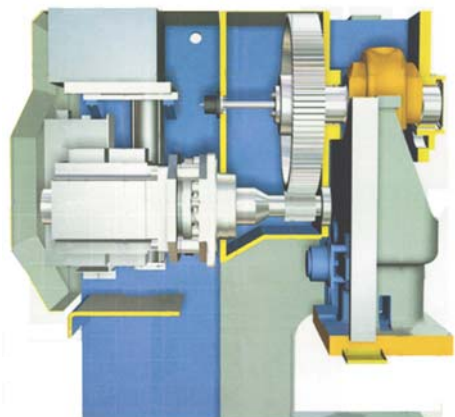


図-1 ダイレクト機構サーボプレスの基本構造



写真-1 ダイレクト機構サーボプレス外観

サーボプレスの構造上の種類は多々ある。図-1及び写真-1に示す機械は、従来のクランクプレスにおけるフライホイールとクラッチ・ブレーキ部分をサーボモータに置き換えたダイレクト駆動式のメカニカルサーボプレスである。クランクプレスの持つ良点をそのまま受け継ぎ、構造も非常に簡素化されており、また外観上は従来機械と変わらないため、ユーザーにとっても使いやすい機械である。

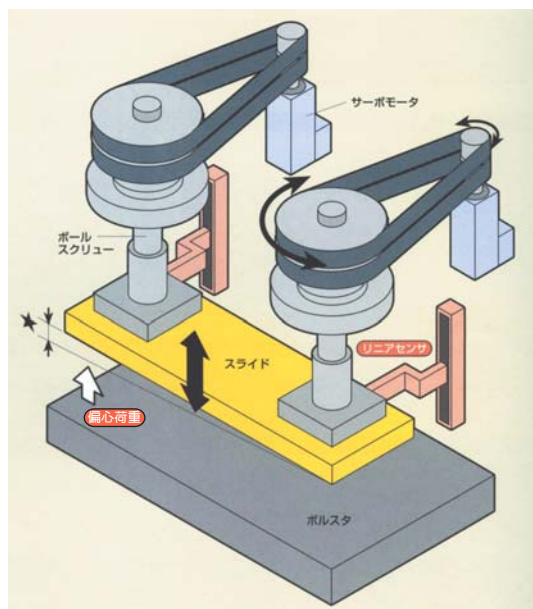


図-3 メカニカルサーボプレスの機構



写真-3 メカニカルサーボプレス外観

図-3及び写真-3に示す機械は、サーボモータにてボールスクリューを直接駆動させその動きをスライドに与えるタイプのメカニカルサーボプレス。

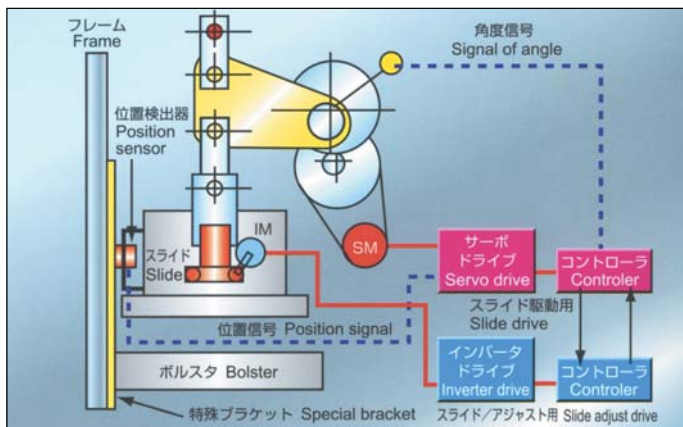


図-2 ハイブリッド機構
サーボプレス構造



写真-2 ハイブリッド機構
サーボプレス外観

図-2及び写真-2に示す機械はサーボモーターを使用し、リンク機構を採用した構造のメカニカルサーボプレスである。なるべく小容量のサーボモータを使用するため、リンク機構によるパワー増幅を図ったことが特徴である。外観は従来機と変わらない。

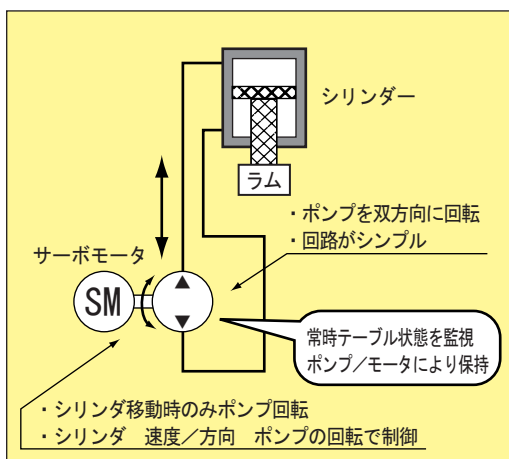


図-4 油圧ポンプ駆動式
サーボプレス概念



写真-4 油圧ポンプ駆動式
サーボプレス外観

図-4及び写真-4に示す機械は、油圧プレスの駆動源である油圧ポンプをサーボモータで直接駆動させる方式の油圧サーボプレスである。従来より油圧サーボプレスには油の流量制御をサーボバルブで行なうタイプ他各種あるが、最近では上図機構を採用する機械が多いようである。

表3-1 サーボシステムのリスクアセスメント実施表

(予定停止をサーボロックのみで停止させる場合の事例)

制御状態	不安定な挙動	状態	制動/運転	電力遮断	停止維持	危険源の同定	被害のひどさ S	発生頻度 F	回避の可能性 P	危険レベル V	要求安全カテゴリ	対応する安全方策	モニタ			安全方策後	
													メカ制動	オーバーラン	逆行	再起動防止	所見
停止	制御不能(噛み)	予定停止 待機点停止 寸動停止	回生制動	無し	サーボロック(CNC)	回生制動、サーボロック故障からスライ드의二度落ちによる挟まれ、押し潰し	S2 S2	F2 F1	P2 P2	V III	4 3	・予定停止できなかつたことを検知して急停止とする。	●	●	●	危険検出型のシステムであり、急停止機構(メカブレーキ、電源遮断)およびモニタシステムが危険側に故障してはならない。	
						回生制動、サーボロック故障からスライド落下による挟まれ、押し潰し	S2 S2	F2 F1	P2 P2	V III	4 3	・寸動を微速運転 10mm/s とする。または ・光安全装置により身体検知急停止とする。				スライドを安全速度とすることにより危険の回避をはかる。 急停止機構(メカブレーキ、電源遮断)およびモニタシステムが危険側に故障してはならない。	
停止	制御不能(噛み)	急停止 非常停止	メカ制動 抵抗制動	遮断	メカ制動 拘束	メカブレーキ、抵抗制動、電力遮断の故障からスライドが非常時に急停止せずスライドに挟まれ、押し潰し	S2 S2	F2 F1	P2 P2	V III	4 3	・ばね締め、ノーマリロークストロムメカブレーキですべてのばねの50%が破損した場合でもブレーキ性能が維持できる。 ・電力遮断はサーボドライブと電磁接触器によるダイバレータイ冗長をとる。	●			通常使わないメカブレーキが必ず強く担保がなく、メカ制動のモニタシステムが必要。 (ブレーキパッドに油脂類の付着等によるスリップ) 定期保守点検だけでは不足	
						メカブレーキ、抵抗制動、電力遮断の故障からスライドに挟まれ、押し潰し	S2 S2	F2 F1	P2 P2	V III	4 3	・同上	●			同上	
停止維持	不意起動	機械停止維持(保守・点検時)	メカ制動	遮断(安全ブロック)	メカ制動 拘束	メカブレーキ、電源遮断の故障から機械停止時の不意な起動によるスライドに挟まれ、押し潰し	S2 S2	F2 F1	P2 P2	V III	4 3	・同上					
						身体のプレスルームへの侵入からスライドに挟まれ、押し潰し	S2 S2	F2 F1	P2 P2	V III	4 3	光線式安全装置による危険域侵入検知、急停止とする。				両手操作式安全装置ではサーボ停止の安全担保が無く、使用できない。	
上昇	逆落下	上昇運転 安全ミュート	CNC PLC CNC	無し	-	CNC 故障からスライドの逆転落下による挟まれ、押し潰し	S2 S2	F2 F1	P2 P2	V III	4 3	・逆転を検知して急停止とする。 ・光線式安全装置による危険域侵入検知、急停止とする。	●	●	●	急停止機構(メカブレーキ、電源遮断)およびモニタシステムが危険側に故障してはならない。	
						ミュート回路故障からスライド上昇行程の安全装置ミュート時、身体をプレスルームに侵入している時にスライドの逆転落下による挟まれ、押し潰し	S2 S2	F2 F1	P2 P2	V III	4 3	・逆転を検知して急停止とする ・ミュート回路はハードシステム冗長/PLU 冗長+監視設計とする。	●	●	●	急停止機構(メカブレーキ、電源遮断)およびモニタシステムが危険側に故障してはならない ・両手操作式安全装置ではサーボ停止の安全担保が無く、使用できない。	

SFP 新面 上段:ハンドインダイ 下段:自動プレス ●:必要とするモニタと再起動防止システム

表 3-2 サーボプレスの構造要件

No.	構造要件の解説	
1.	<ul style="list-style-type: none"> ・電気式ブレーキを組み合わせても良い ・励磁開放、バネ締め型 	
2.	<ul style="list-style-type: none"> ・最高速で下降中、電気故障があっても機械式ブレーキでスライドを停止、保持できること。 ・サーボロック停止と電源遮断停止がある場合、停止時間の長い方で安全距離を設定すること。 	
3.	<ul style="list-style-type: none"> ・ブレーキはスライドを直接に停止できる機能を持つかまたは電源遮断の後、慣性エネルギーによるスライドの作動を停止できること。 	
4.	<ul style="list-style-type: none"> ・両手操作式安全装置が使用できるのはスライドを直接に停止できる機能を持つプレスに限られること。その機能が無いプレスでは光線式安全装置等により電源遮断する方式となる。 	
5.	<ul style="list-style-type: none"> ・サーボロックによるスライド停止時の停止性能の監視と自動停止 	
6.	<ul style="list-style-type: none"> ・機械式ブレーキの停止性能の監視と再起動防止 	

表 3-3 サーボプレス特有の構造要件

検討項目	構造要件	展開
1. 電気保護装置	サーボ電力系および制御系の必要なプロテクタ、電源変動の影響等	電気設備 IEC60204-1
2. ノイズ	ノイズによる誤作動 周辺機に与える影響	EMC EN61000 EN55011
3. CNCの安全要件	プレスの安全停止と停止維持 暴走対策	ソフトウェア IEC61508
4. 電氣的寿命	電気・電子部品およびシステムの寿命による故障	電気故障 ISO13849-1