

解説 2

サーボプレスを活用による 高付加価値加工事例

アイダエンジニアリング(株) 下間隆志*

緒言

近年の塑性加工製品は、省エネルギーの観点より軽量化が求められている。そのために難加工材である高張力鋼板の採用が進んでおり、成形を困難とさせる要因となっている。また、コストダウンの観点から今まで以上に高精度化や高付加価値が高いレベルで要求されるようになってきている。このような要求に応えるために、金型を搭載するプレス機械側に要求される機能も多様化している。このため、モーション設定機能を利用した成形性や生産性の向上が期待でき、将来も含めた金型工法の開発や加工内容の変化に柔軟に対応できるプレス機械として、サーボプレスに対する期待は大きく、有効な活用方法の提案が急務となっている。本稿では、サーボプレスのフレキシブルなモーション設定を活用した成形事例を紹介する。

サーボプレスとは

サーボプレスは機械プレス的一种であるが、フライホイールを介さずにスライドをサーボモータで駆動するプレス機械である。駆動方式には各社で様々な構造、機構が採用されている。当社製汎用サーボプレス（商品名：ダイレクトサーボフォ

ーマ）（写真1）は、サーボモータと駆動軸を直結させた機構（ダイレクトドライブ機構）を最大の特長としている。

また当社製サーボプレスは、回転数が高くトルクが小さい一般の汎用サーボモータは採用せず、当社が独自に開発し、プレス駆動に適した低速高トルクモータを搭載している。ダイレクトドライブ機構と低速高トルクサーボモータを組み合わせることにより、スライドへの急加速、急減速、微低速、停止、正逆転、一定速などのモーション設定に対し高精度にスライドの動作を実行することができる。すなわち、プレス加工内容に合わせて選択された最適なプレスモーションを実行することが可能なのである。



写真1 サーボプレス（DSF-N 1-1500 A）

*（しもま たかし）：生産統括本部 FA 生産 BL
FA 生産部 金型装置課 課長
〒252-0134 神奈川県相模原市緑区下九沢 1662
TEL：042-772-5231 FAX：042-773-5803

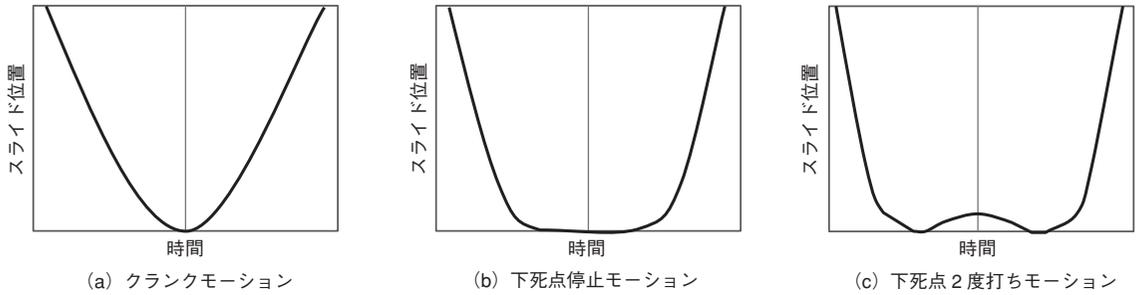


図1 成形スライドモーション

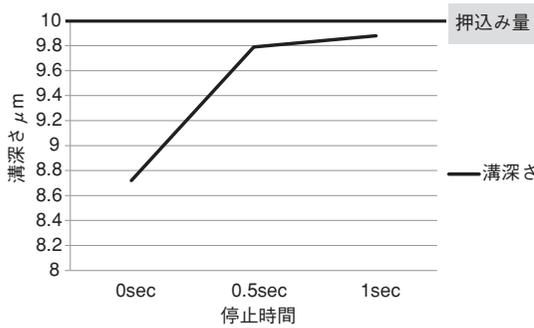


図2 下死点停止時間とコイニング溝深さ



写真2 絞り製品

プレスモーションとは、時間の経過に対応したプレススライドの移動を表したものである。また、最新のサーボプレスでは智能化が進化している。当社の新製品であるDSF-N 2-4000 Aは学習機能(AI)を搭載しており、プレス機の各部位の温度、サーボモータの電流値、電圧値などの測定データを集約して学習する。この機能により機械の状態を自動で診断し、トラブルの未然防止に活用できる。

下死点停止および下死点2度打ちモーションによる効果事例

機械式プレスの一般的なモーションはクランクモーションであるが、サーボプレスにおいては図1に示す下死点停止モーションや下死点2度打ちモーションの設定も可能である。ここでは、これらのモーションによる効果について事例とともに紹介する。

まず下死点停止モーションであるが、図2は材質SUS 304、板厚0.5 mmの板に押込み量10 μmのコイニング成形を行ない、下死点停止時間ごとに溝深さを測定した結果である。停止時間

0 secでは押込み量に対しやや浅くなるが、停止時間をもうけることにより溝深さが押込み量に近づくことが分かる。下死点でスライドを停止することによりコイニング加工部の応力が緩和され、スプリングバックが抑制されると考えられる。なお本事例においては、停止時間1 sec以上は溝深さに大きな変化は見られなかった。よって、0.5 secから1 sec停止させると溝深さを安定させる効果が期待できる。

次に下死点2度打ちモーションであるが、写真2に示す材質SPCC、板厚2 mmの絞り製品天井部を下死点で2度打ちすることにより平面度が向上した事例を紹介する。1度打ちの場合の絞り製品天井部の平面度は0.06であったが、2度打ちをすることにより平面度は0.03まで向上させることができた。試しに下死点3度打ちを実施してみたが平面度は0.03のまま、これ以上の向上は見られなかった。この製品において3度打ちで平面度が向上しなかった原因としては、加工材の加工硬化やスプリングバックなどの影響が考えられるが、製品形状や材質が違う製品においては、3度打ちでさらに平面度が向上する可能性もある。

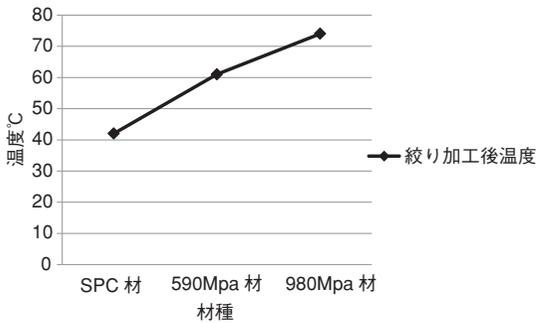


図3 絞り加工後の製品温度



写真3 SUS 304 L 絞り製品

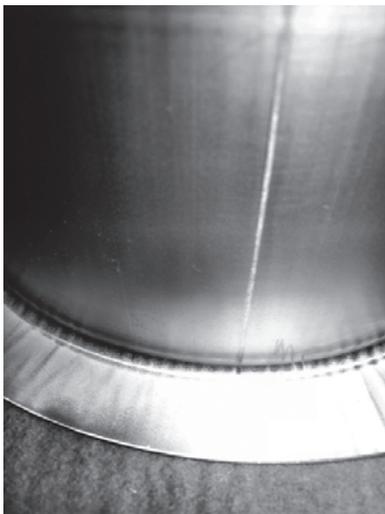


写真4 焼付き

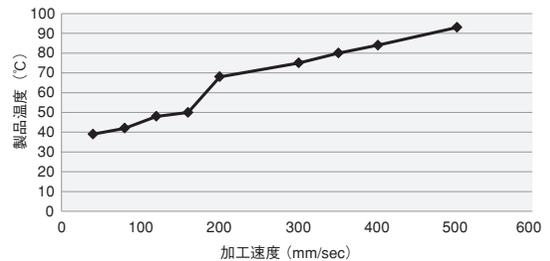


図4 加工速度と製品温度の関係

本項の事例のようにサーボプレスのモーションを工夫することにより製品精度の安定や向上させる効果が期待できる。

絞り加工における サーボモーションの優位性

図3は、種類の異なる材料のカップ絞り加工において絞り成形後の製品温度を測定したデータである。測定方法は絞り加工後の製品側面を接触式温度計により測定した。材料の種類は、SPC材および590MPa級、780MPa級の高張力鋼板の3種類で板厚は1mm、絞り内径φ88、深さ30mmである。測定結果より材料の引張強度が高い材料ほど製品温度が高くなっていることがわかる。よって引張強度が高い材料を絞り成形する場合は、金型の焼付き対策が必要である。

ここでサーボプレスのモーションおよび低速域で高エネルギーを保有する特性を活用することにより絞り成形での発熱が軽減した事例を紹介する。写真3に示す絞り製品の材質は、引張強度の高いSUS 304 L、板厚1mm、絞り径φ150、絞り深さ73mmの製品で、金型のダイラジラスR4.0、パンチラジラスR3.0で初回絞りのRとしては通常より小さな設定になっている。また、金型材質はパンチ、ダイ、ブランクホルダともSKD 11、HRC 58で表面処理は施されていない。本絞り加工に必要な成形荷重は400kN（しわ押さえ力平均120kN）で、これをもとにして計算した作業エネルギーは30,000Jとなる。本製品の材質SUS材は一般鋼板と比べてしわ押さえ圧力が高く、また成形荷重も大きいので、成形するためには高エネルギーが必要となる。さらに、成形時の発熱によるダイスの焼付きを避けるため成形速度に制約があり、加工速度100mm/sec以下が成形性、金型寿命に対し良いとされている。

以上のことから、本製品を成形するためには低

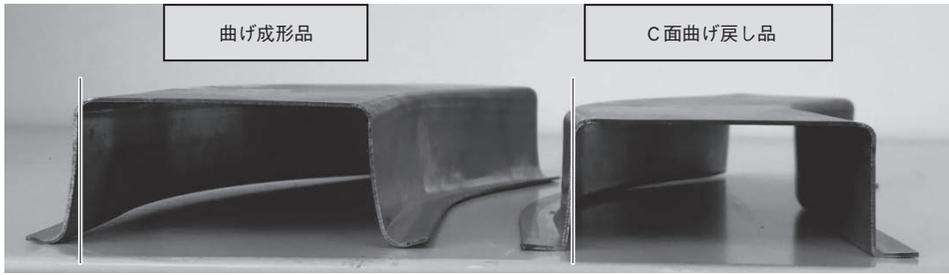
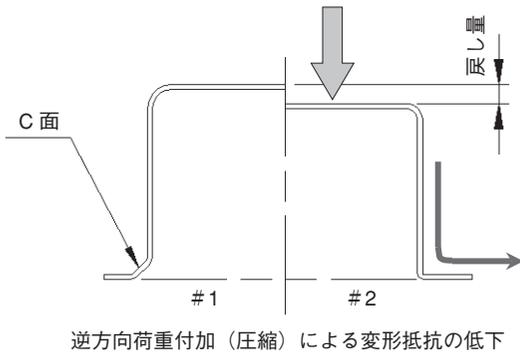


写真5 曲げ成形品とC面曲げ戻し製品の比較



逆方向荷重付加(圧縮)による変形抵抗の低下

図5 C面曲げ戻し成形法

速にて高エネルギーを発生するプレス機械が必要となる。従来の機械式プレスはフライホイールの運動エネルギーをプレス加工の作業エネルギーに変換しているため、フライホイールの運動エネルギーが低下する低速での成形ではプレスの保有エネルギーが減少する。このため、100 mm/sec以下での成形速度で高エネルギーを必要とする本製品の成形には不向きである。

実際に本製品を圧力能力1,500 kNの機械式プレスで加工した場合、プレス保有エネルギーの関係上、スライドのストローク数が 35 min^{-1} (成形速度 353 mm/sec)以上でないと73 mm深さまで絞ることができず、 35 min^{-1} (spm)未満の場合はエネルギー不足によりプレスが成形途中で停止する。やむを得ず 35 min^{-1} で成形すると1回の成形でダイスに焼付きが発生した(写真4)。

サーボプレスは作業エネルギーの発生方法が機械プレスとは異なり、低速時でも大きな作業エネルギーが得られる。そこで本製品を圧力能力1500 kNのサーボプレスで成形速度を絞り始めの下死点上73 mmで40 mm/secとし、成形性の確認を

行った。その結果、40 mm/secの低速でもプレスがエネルギー不足により成形途中で停止することもなく73 mm深さまで加工ができた。加工後の製品を接触温度計で計測した温度は 40°C 程度で金型の焼付きは見られなかった。

本成形品における絞り成形速度と製品温度の関係を図4に示す。成形時の速度が遅い分製品や金型の発熱が抑えられている。これは、成形速度を遅くすることにより金型の放熱時間が長くとれることが要因と考えられ、発熱が金型におよぼす影響を軽減し、これにより金型寿命の向上が見込まれる。

このように、成形速度のコントロールにより成形時の発熱を制御できることは、金型の高寿命化や高精度・高機能プレススタンピングに対し重要な要素であると考えられる。

サーボプレスでは、成形する材料の種類に合わせて適切な成形速度に設定ができる。また、成形速度を遅くしても、モーションを工夫することにより生産性を下げずに生産することが可能である。さらに上下金型が当たる直前にスライドを減速し、ソフトタッチさせることにより騒音や振動も軽減でき、金型や環境にやさしい成形が行えることもサーボプレスの大きな魅力である。

サーボプレスとサーボクッションとの組合せによる工程数削減事例

写真5は板厚1.0 mmの980 MPa級の高張力鋼板のハット曲げ形状の製品である。本製品の形状は、製品フランジ部に伸びフランジ部と縮みフランジ部が混在し、ねじれやスプリングバックが発生しやすい形状となっている。本来このような形状の製品を曲げ成形すると写真5左の製品のよ

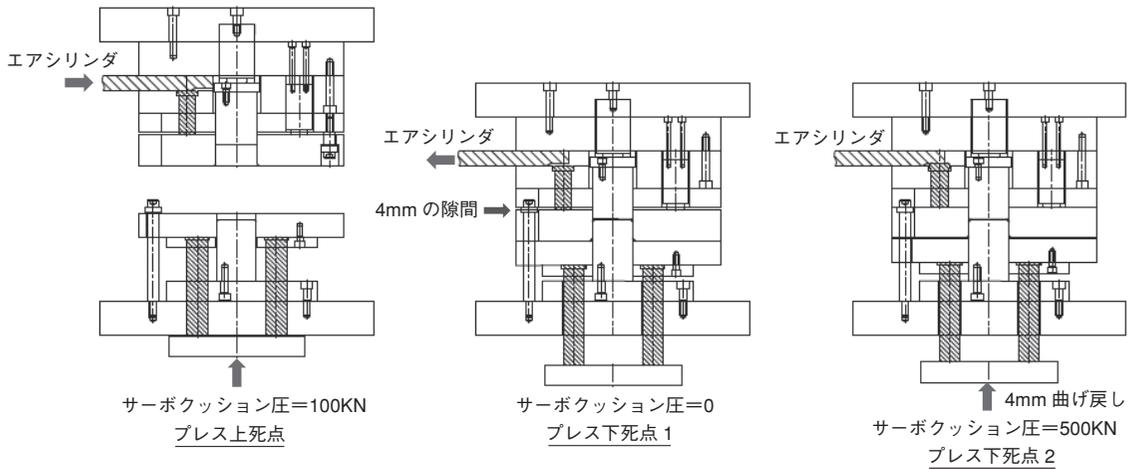


図6 成形プロセス

うにねじれおよびスプリングバックが発生し、修正するためにはハット曲げ成形後にリストライク工程が必要となる。本項で紹介する事例は工程を増やすことなく、サーボプレスのモーション制御と油圧式サーボクッションの機能を活用することにより製品のねじれやスプリングバックを解決した事例である。

ねじれおよびスプリングバック対策の手段としては、ハット曲げ成形完了後に製品フランジ部を圧縮し、曲げ戻しを行うC面曲げ戻し成形法(図5)で検討を行った。使用したプレス機械は圧力能力2,000kNのサーボプレスで、製品フランジ部の圧縮には当社製の油圧式サーボダイクッションを使用した。

成形プロセスは図6に示す通り最初にハット曲げ成形を行い、下死点でプレススライドを停止させる。次にスライドが停止したタイミングで金型に内蔵したシリンダにて受圧プレートを取り外し、金型側にフランジ部を4mm突き上げるための隙間を設けた。その後、下死点でプレススライドを停止させた状態で500kNのサーボクッション力により製品フランジ部を4mm突き上げ、曲げ戻しを行った。加工完了後にサーボクッション圧を脱圧(ロッキング)し、プレススライドを上死点まで戻した。最後にサーボクッションにて製品をノックアウトし加工が完了となる。このプロセスにて成形を行った結果、写真5右に示す通り、

ねじれやスプリングバックは改善され、リストライク工程を有する場合と同等な効果を得ることができた。

このようにサーボプレスとサーボクッションのフレキシブルな動作を組み合わせることにより工程削減となるほか、サーボクッション力を成形力として活用することにより多軸での成形が可能となり、板鍛造成形のような高付加価値加工への応用も期待できる。

☆ ☆

サーボプレスを活用した実験例と成形事例を紹介したが、サーボプレスは使用方法次第で、設備のコンパクト化、成形性向上、生産性向上、工程数削減、新素材成形、金型寿命向上、製品精度向上、騒音・振動の軽減など様々な部分で効果が期待できる。また、可動式金型の構造技術やサーボクッションの圧力制御などの組合せによりさらなる高付加価値加工への期待が高まるが、この場合各装置において複雑な動作が必要となるため生産性が下がることが課題である。本稿がサーボプレスでの加工技術の進展への助力になれば幸いである。