

絞り加工の成形事例に見る サーボプレス活用の視点

アイダエンジニアリング(株)
下間隆志*

日本国内において、モノづくりのスタイルは転換期を迎えている。国内での生産は縮小傾向にあり、新興国での現地生産の拡大が進んでいる。モノづくりのグローバル化に伴い、プレス加工においても部品の高精度化、高付加価値化と同時にさらなるコストダウンが求められている。そのためには、より一層のプレス加工技術の高度化が必要である。技術高度化の手段として、近年サーボプレスが注目され、スライドのモーションが自由に設定できる特性を活かし、成形性の向上、生産性の向上、精度の安定化、騒音・振動などの環境への配慮といったプレス加工の付加価値を高めるための利用技術の展開が行われている。

本稿では、サーボプレスを利用した絞り加工の効果的事例を紹介する。

*(しもま たかし)：開発本部 成形技術センター 技術課 課長
〒252-5191 相模原市緑区根小屋 1752
TEL：042-784-3870 FAX：042-784-5531



写真1 SUS 304 L 絞り製品

サーボプレスとは

サーボプレスとは、スライドをサーボモーターで駆動して加圧する方式のプレス機械である。スライド速度や、位置、モーション、加圧力などを任意に設定でき、新たな成形工法の開発や生産性の向上を可能にする機械として注目されている。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ー）は、サーボモーターと駆動軸を直結させた機構（ダイレクトドライブ機構）を最大の特徴としている。市販されているサーボモーターは、回転数は高いがトルクは小さいというプレス駆動用としての弱点を持っていたため、当社では低速高トルクモーターの開発・製造を行い、これを搭載している。ダイレクトドライブ機構と低速高トルクサーボモーターの組合せにより、スライドの急加速、急減速、微低速、停止、正逆転、一定速などの動作を任意の位置で自由に設定することができる。これらの動作をプレス加工内容に合わせて、最適に実行するスライドモーションを選択することが可能である。

SUS 304 の深絞り加工例

写真1に示す絞り製品は、材質SUS 304 L、板厚1mm 絞り径φ150、絞り深さ73 mmの製品である。金型のダイラジアスR4.0、パンチラジアス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

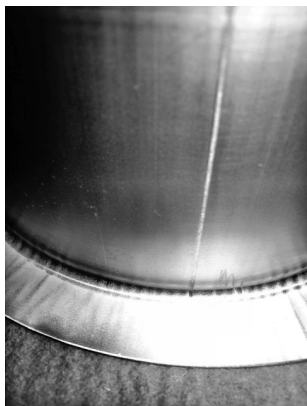


写真2
焼付き

シクホルダともSKD 11 HRC 58で表面処理は施されていない。これを、圧力能力1,500 kNのダイレクトサーボフォーマーで加工した例を紹介する。

プレス荷重計の数値による成形荷重の平均値は400 kN（しわ押え力平均120 kN）で、これをもとにして計算した作業エネルギーは、30,000 Jとなる。本製品の材質SUS材は、一般鋼板と比べてしわ押え圧力が高く、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。また、成形時の発熱によるダイの焼付きを避けるため、成形速度に制約があり、加工速度100 mm/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加工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以下での加工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35 spm以上でないと73 mm深さまで絞ることができない。

また、35 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。やむを得ず機械プレスで成形

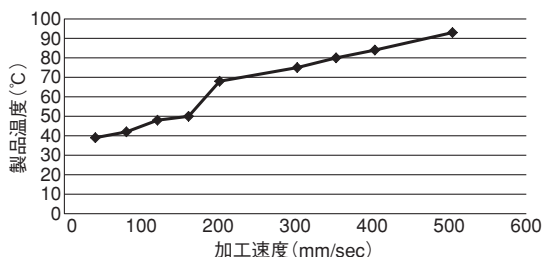


図1 加工速度と製品温度の関係

できる最低速の35 spm（加工速度353 mm/sec）で加工すると1回の加工でダイに焼付きが発生した（写真2）。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1,500 kNのサーボプレスで、加工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℃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加工速度と製品温度の関係を図1に示す。

このように、成形速度のコントロールにより加工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。

異形絞りの工程短縮例

写真3に示すSUS 304 L板厚1 mmの異形絞り加工の工程短縮を実現した例を紹介する。一般的

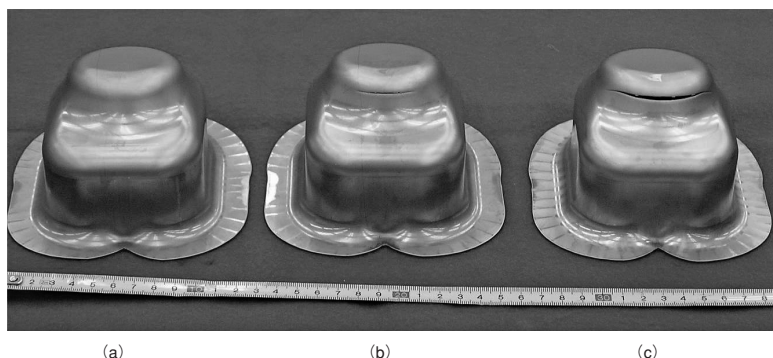


写真3 異形絞り加工品

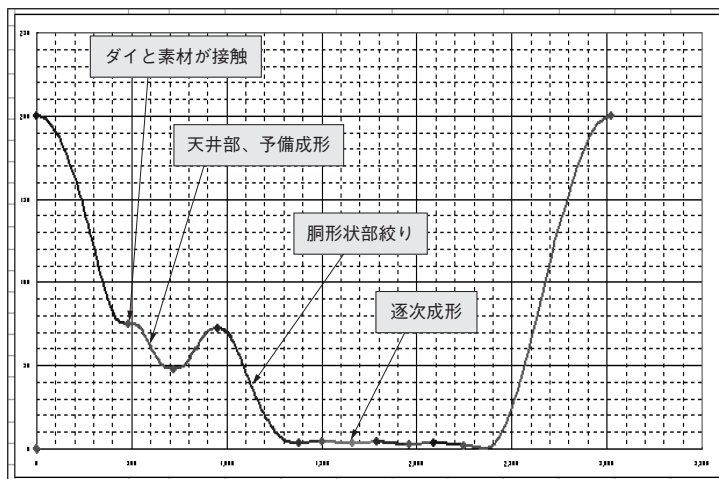


図2 異形絞りのスライドモーション図

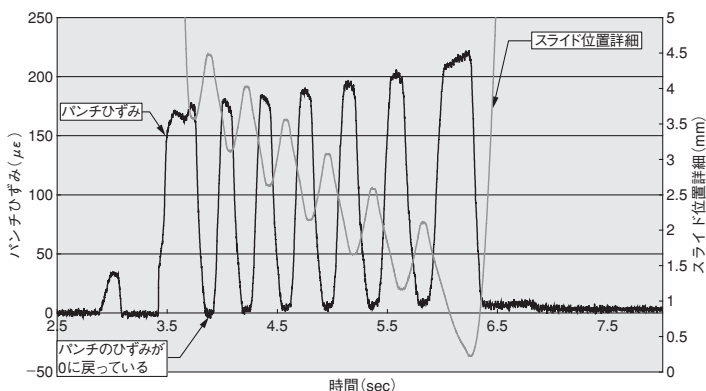


図3 1.2 mm 戻し時のパンチひずみとスライド位置

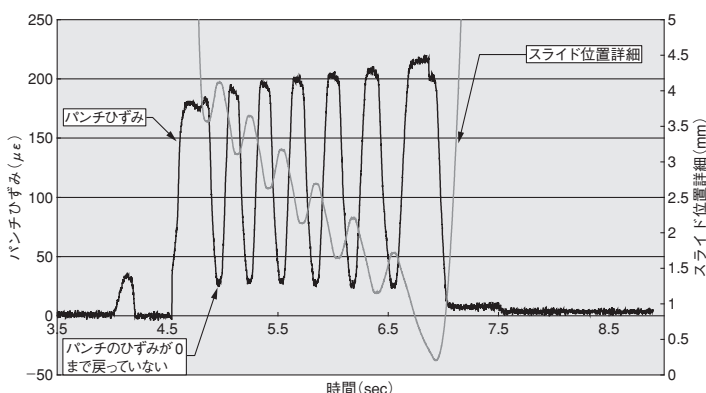


図4 0.8 mm 戻し時のパンチひずみとスライド位置

な工程レイアウトは、製品天井部のボリュームを確保するための張出し予備成形および胴形状絞りを行う第1工程と、天井部の張出し成形を行う第2工程との2工程を必要とする。この製品をクランクモーションにて1工程で成形した場合、写真

3(c)に示す通り、天井部に大きな割れが発生した。これをダイレクトサーボフォーマーにより、図2に示すスライドモーション設定で成形できるかを試みた。スライドモーションの概要を簡単に説明すると、まず絞りダイとブランクホルダ上の加工材とをソフトタッチで接触させ、ダイとの接触による加工材のショックマークの発生を抑え、天井部にボリュームをもたせるための予備成形を行う。

次に胴形状絞り部の絞り加工に入る前に一旦スライドを停止させ、15 mm 上昇させた後、胴形状絞りを下死点上3.5 mm まで絞り加工する。その後の天井部張出し成形開始からは、0.5 mm 押し込み1.2 mm 戻しとなる逐次成形パターンを繰り返す設定である。このモーションの最も重要なポイントは、逐次成形時の戻し量で、写真3(a)はスライドの戻し量が1.2 mm の場合で製品に割れはなくきれいに成形ができているのに対し、写真3(b)は、スライドの戻し量0.8 mm の場合で、割れが発生している。

図3および図4に、戻し量1.2 mm と0.8 mm 時のパンチひずみとスライド位置の関係をそれぞれ示す。パンチのひずみは、パンチ裏にひずみゲージを設置し測定した。図3の戻し量1.2 mm ではパンチひずみがゼロに戻っているのに対し、図4の戻し量0.8 mm ではパンチひずみがゼロに戻っていないことが確認できる。

このことから、逐次成形時の戻し量はパンチに掛かる荷重が完全に除去されるまで戻すことが本成形のポイントであることがわかる。このような現象が起きる要因としては、加工材に対する上型ダイの接触位置が、加工材側のスプリングバック現象で、微量ずれることにより、接触

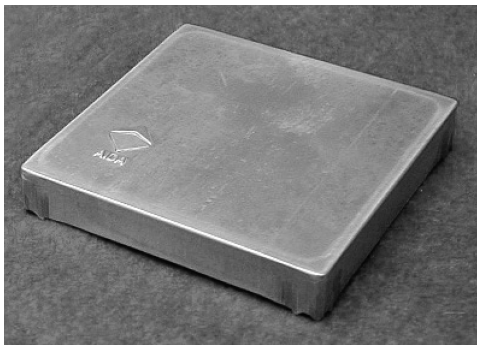


写真4 マグネシウム合金の角絞り

ポイントが順次ずれて、幅広い領域での変形となり局部的な肉痩せが防止されることや、パンチ荷重を完全に脱圧することにより潤滑油が再循環され、潤滑性が向上したことが、考えられる。

以上のように、複合成形においては、それぞれの成形内容を把握し、成形内容に対してスライドモーションや加工速度を最適化することが必要である。また、本例では工程の短縮が達成でき、通常のクランクモーションに比べてほぼ同等の生産性が得られている。このように、モーションの工夫により成形性を向上させ、なおかつ生産性を下げないことが重要である。

マグネシウム合金の絞り加工例

マグネシウムは、構造用金属材料の中で比重が 1.74 g/cm^3 で鉄の $1/4$ と低いものにも関わらず、比強度（引張強さ/比重）が高く、耐くばみ性、リサイクル性など優れた特性を持ち合わせた材料である。しかしながら再結晶温度（ 190°C ）以下での成形は難しいとされ、塑性加工が非常に難しい難加工材である。

マグネシウム合金の絞り加工例として、写真4に示すマグネシウム合金（AZ 31 B）板厚 0.6 mm の角絞り加工の例を紹介する。本成形において、まず重要なのは成形前素材の温度をマグネシウムの再結晶温度以上に加熱することである。素材の加熱は、設定温度に加熱された上・下の金型工具により素材を挟み込み、上・下型の工具が持つ熱量を素材に伝達させることで行った。この際には上、下型の温度を常に同一温度とし、金型表面の温度差を極力少なくすることが重要である。

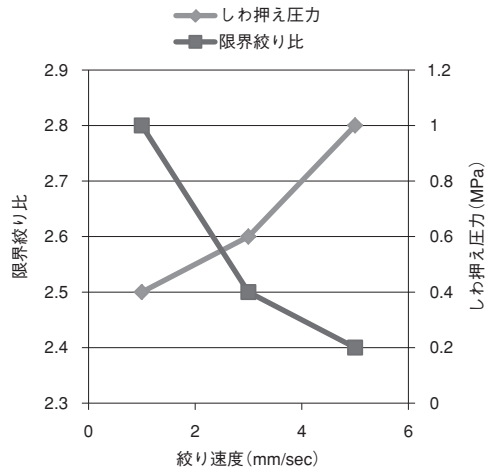


図5 絞り速度に対する限界絞り比、しわ押え圧力の関係

次に、加工速度もマグネシウムの絞り加工において重要な要素となる。図5に絞り速度と限界絞り比、および必要なしわ押え圧力の関係について示す。このグラフに示すように、絞り成形速度が増加すると限界絞り比は減少し、しわ押え圧力が増加する。このことよりマグネシウム合金の絞り成形限界は加工速度に影響され、加工速度が遅い程、絞り成形性が向上することがわかる。これらのマグネシウム合金の性質を加味し、最適なスライドモーションを作成した。スライドモーションの概要を簡単に説明すると、加熱された上、下型工具と素材がタッチしたところで、素材が 270°C に達するまでの時間（3秒間）スライドを停止する。

次に微速にて絞り加工を行うモーションとした。本加工のポイントとしては、プレススライドの停止位置および停止時間、成形速度の正確なコントロールであり、サーボプレスの多彩なモーション設定により難加工材のプレス成形を可能とした例である。

☆

☆

サーボプレスを活用した絞り加工の3つの成形事例を紹介したが、サーボプレスの使用方法次第で、設備のコンパクト化、成形性向上、工程短縮、新素材成形、金型寿命向上、高精度、高付加価値化、騒音・振動などの環境への配慮などさまざまな部分で効果が期待できる。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。