

# サーボプレス加工高機能化のための要素技術の課題と展望

首都大学東京  
楊 明\*

サーボプレスの導入が進み、難加工材への適用をはじめ絞り加工や板鍛造、成形加工など3次元形状の成形の高精度化など取組みが目立ち始めた。また、各種のモーションコントロールに加え、プランクホルダーやダイクッションの高精度制御との組み合わせによる成形性など新たな機能の強化も図られている。そこでサーボプレスの持つ機能を最大限に引き出すための効果的な運用をはじめ金型、潤滑、周辺装置、シミュレーションといった要素技術の最新動向を紹介し、サーボプレス加工高度化について展望する。

## 現状と課題

サーボプレス技術はデジタル加工技術として、多様な制御性を有し、それを巧みに利用することにより、従来不可能な加工を可能にするなど高い潜在能力を有する。すでに各種スライドモーションを活用した板材成形の成形限界や形状凍結性向上、あるいはボデーフリー鍛造技術など、環境に優しい加工技術や難加工材加工への適用が実用化されている<sup>1)</sup>。それはサーボプレスの利用技術の黎明期に過ぎず、その高い潜在力を引き出すためには、サーボプレスに適した金型技術、潤滑技術など周辺要素技術の開発が必要である<sup>2)</sup>。さらに、高度な制御技術を実現するためには各種センシング技術を導入したプロセスモニタリング技術、データ処理技術やネットワーク技術が今後重要とな

る。本特集ではサーボプレスを使った新たな事業領域の開拓に取組む動きに焦点をあて、サーボプレスの持つ機能を最大限に引き出すための効果的な運用をはじめ金型、潤滑、周辺装置、シミュレーションといった要素技術開発の現状と課題、今後の技術開発の方向性などを紹介する。

## サーボプレス高機能化のための要素技術

### 1. 機械剛性を含めたモーション制御技術

サーボモータの制御技術はもともと精密機械加工などでのステージの精密位置制御のために開発されたが、プレス加工に適用した場合、荷重負荷が大きく、さらに非線形的に変化するため、それが大きな外乱として、スライドの位置制御に影響し、制御を乱す要因となる。例として、せん断加工時、素材せん断抵抗の外乱によって、むしろ騒音が増大する結果になる場合がある<sup>3)</sup>。素材の破断時の変形抵抗によって素材および機械フレームに蓄えられた弾性エネルギーの解放に加えて、サーボ制御の時間遅れが騒音増大の原因となる。騒音低減のためのモーション制御を行う場合、素材変形抵抗の大きさに応じて、予測制御を併用して、サーボ制御の時間遅れを補正することにより騒音の大幅低減ができる<sup>4)</sup>。ほかの加工においても、素材変形抵抗による機械フレームの変形を含めて、スライド下死点位置制御を行うことにより、加工の繰返性向上につながる。

### 2. 金型表面処理技術および潤滑技術

サーボプレスモーション効果の1つに金型と素材間の摩擦低減効果が挙げられる。板材成形の場

\* (ヤン ミン) : 大学院 システムデザイン研究科 教授  
〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6  
TEL/FAX: 042-585-8440

合、しわ押さえにパルスモーションを加えることにより、押出された潤滑の再流入を促進することで、潤滑特性が維持される。また、パンチのパルスモーションと同期させることにより、よりしわ押さえ力低減効果を高めることができ、その結果、成形性の向上につながる<sup>5)</sup>。大きい面圧および表面積の増加が伴う鍛造においても、パルスモーションなどにより、再潤滑効果が顕著である。その結果、素材表面のボンデーを処理せず、液体潤滑を用いた加工が可能となった<sup>6),7)</sup>。

### 3. 材料変形特性に対応したモーション制御

サーボプレスモーションのもう1つの効果として、スライドを途中で短時間止めて、再び進めるといったステップモーションによって、素材が塑性変形中に応力緩和が起こり、より成形限界が向上する<sup>8)</sup>。これは成形限界の低い材料や難加工材には大変有効である。ただし、応力緩和効果は素材の組成や結晶構造などに依存するので、個々の材料変形特性に応じて、適用する必要がある。例として、軟鋼板とDP鋼板とTRIP鋼板とでは、ステップモーションを用いたときの応力緩和特性が異なる<sup>9)</sup>。図1に材料依存性に関する実験結果を示す。低炭素鋼の場合は、応力緩和による均一伸びの増加がひずみ量に比例して大きくなる。TRIP鋼の場合は、低ひずみの場合は均一伸びの増加が大きいですが、UTS付近では、その効果があまり伸びない。これは素材の結晶組織、強化機構などが異なるからである。

### 4. AI技術を用いたユーザーフレンドリーな対応

サーボプレスの各種効果を引き出すスライドモーションは製品形状、素材特性、加工プロセスなどに大きく依存する。どのモーションを適用すれば、効果が得られるかのようなシーズを提供するだけでは、不十分である。使用する素材と最終製品形状および要求仕様などのニーズに対して、最適なモーションを提案できる必要があり、そのために、各種モーションを再現するシミュレーション

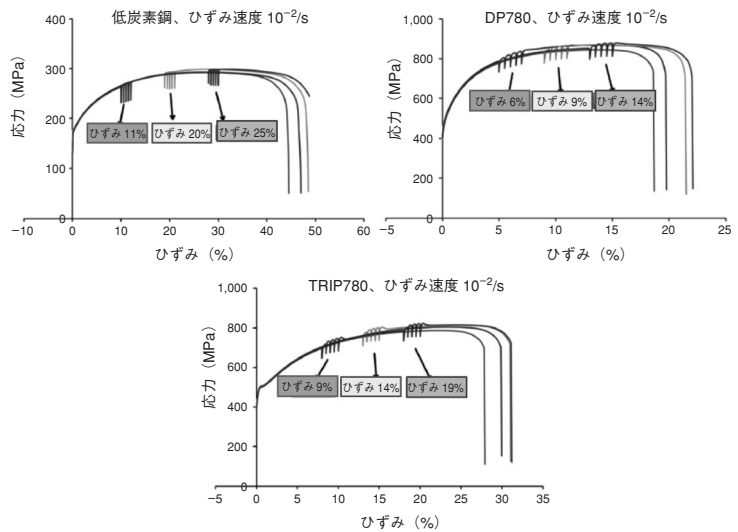


図1 応力緩和効果の材料依存性（低炭素鋼、DP鋼、TRIP鋼）

技術開発、さらにCAEと併用したプロセスの最適設計技術が大変重要となる。また、人口知能(AI)技術を利用して、最終製品のニーズに対して、シーズ情報を使って、加工プロセスの提案などが今後重要となる。

## 要素技術開発の事例紹介

### 1. デジタル生産管理によるプロセスの高効率化

コンパクト高速サーボタンデムラインが開発された<sup>10)</sup>。工程ごとに小型化したサーボプレスをタンデムライン化して高速搬送機と組み合わせることにより、大型プレスラインと同等以上の生産能力を実現し、生産ライン情報管理の一元化が特徴である。また、IT技術によるプレス生産管理システムを開発され、IT支援技術とネットワーク技術を適用して、個々の製品に対して、複雑なサーボモーションのプログラミングした加工条件、およびその製品の生産時情報を記録した加工データを自動的に管理することにより、生産システム管理のデジタル化が実現され、プレス工場全体の見える化につながっている。

### 2. 金型表面処理とスライドモーションの組み合わせによる鏡面成形技術

従来プラスチック射出成形品の表面にアルミニウム蒸着処理で製作されたLED照明用三次元反射鏡を、サーボプレスの可変速度制御によって加