

精密せん断加工に必要な プレス機の特長

アイダエンジニアリング(株) 井村隆昭*

プレス加工においては素材からの製品の切り離しに、せん断加工を必要としない製品は非常に稀である。このせん断加工には破断面を伴う汎用せん断加工と破断面をなくし全せん断面を得る精密せん断加工がある。近年は製品のネットシェイプ化の要求の高まりにより精密せん断加工のニーズが高まっている。従来の精密せん断加工は、ファインブランキングプレスに代表される油圧プレスの独壇場であったが、近年は機械式プレスでの取り組みも進んでいる。

本稿では、機械式プレスでの精密せん断加工について、必要とされる機械特性とそれを支える構

造について解説する。

精密せん断加工のための成形条件

全せん断面を得るための条件は、せん断部分に静水圧を作用させて材料の延性を向上させて破断を起こさせないことである。そのための方法として、主なものとして以下の3つがある。

- ①微小なクリアランス（一般的には板厚の1%以下）
- ②パンチ・ダイス刃先の面つけ
- ③素材の板押さえと製品側カウンタ力

この3つの条件を組み合わせることで、安定した全せん断面を得ることができる。

以下に、せん断部分への板押さえでの静水圧の効果を確認した実験について説明する。

図1に実験製品形状と材料の条件を示す。また図2はその結果である。

板押えがなしのとき [図2(a)] と、板押え力：400 kNとして平面で押さえた場合 [図2(b)] と、板押え力は変えずに板押さえにファインブランキングで用いるV字突起を設けた場合 [図2(c)] でせん断面長さを比較すると、せん断部分に作用する静水圧が大きくなる図2(a)から(c)に向けて、明らかにせん断面長さが向上していることがわかる。図中のせん断面率は、せん断面長さ/板厚を%で示したものである。

また、ダレとバリの大きさに関しても、図2(a)から(c)に向けて小さくなっている。

* (いむら たかあき)：営業・サービス本部 専担技術部
鍛造・精密成形課 専担顧問
〒252-5181 神奈川県相模原市緑区大山町2-10
TEL：042-772-5271 FAX：042-772-5261

<トライ条件>
材質：S45C
板厚：t=2.35mm
硬度：HV220 (HRC16)
金型クリアランス：20μm
カウンタ力：100kN

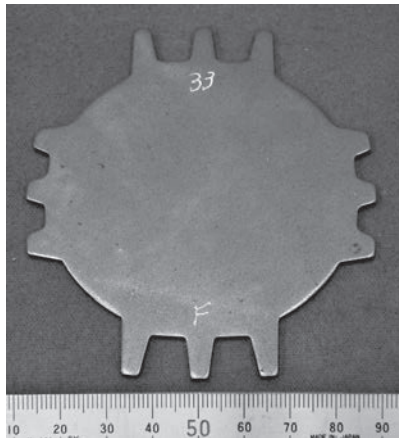


図1 実験条件：板押え力のせん断面長さへの効果

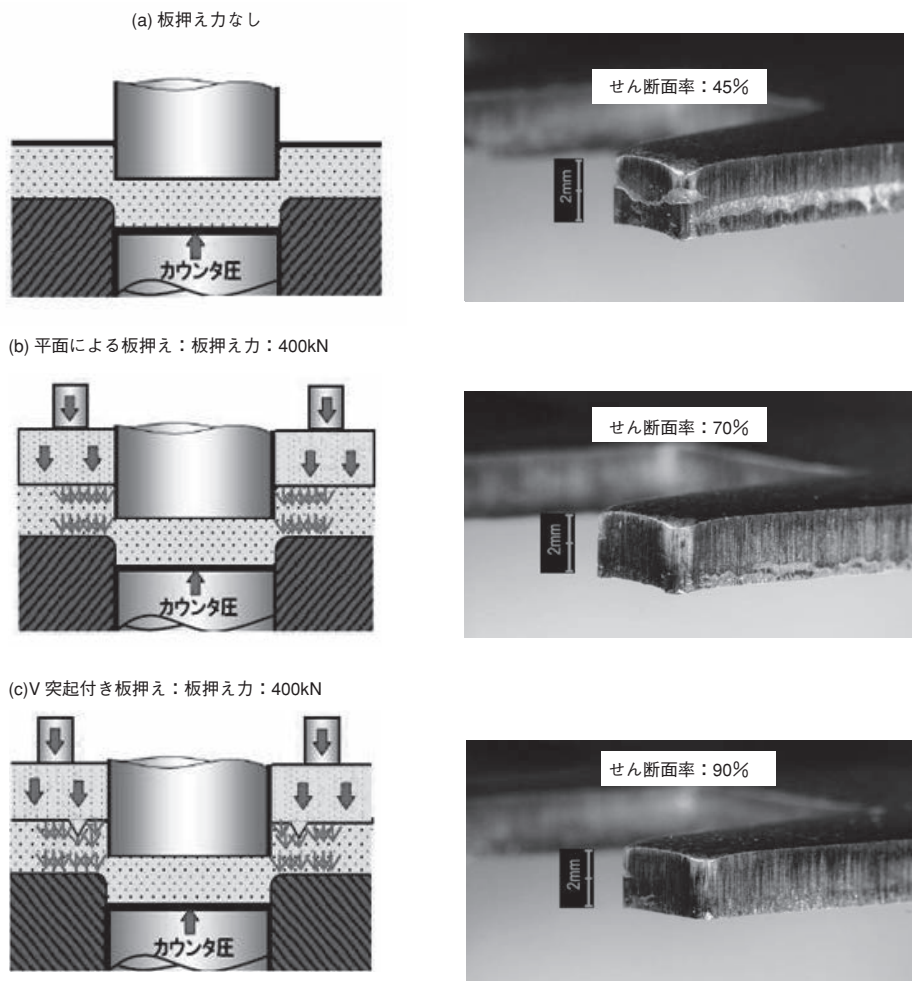


図2 実験結果：板押え力のせん断面長さへの効果

金型に関しては、前述①で示した微小なクリアランスを成形開始時から成形終了まで維持する必要があるため必然的に高精度であることが必要である。また、加工時の荷重による弾性変形を極力抑えるために高剛性であることも同時に求められる。

精密せん断とプレス機特性

プレス機械に高精度・高剛性の精密せん断金型を取り付けて実際の加工を行う際に発生するプレス機械での事象について述べる。

精密せん断加工で一番問題になるのは、加工の終了時前後（プレス下死点付近）でのパンチとダイの接触によるチップング現象である。チップング現象は図3に示すように、上下金型位置の成形時のずれにより発生する。

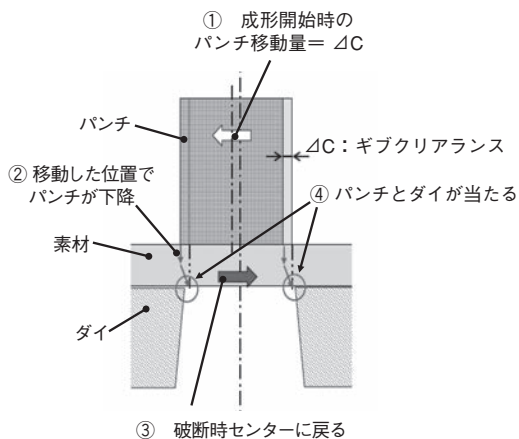


図3 せん断加工時の型チップング現象（模式図）

この現象は、金型からの要因もあるがプレスのスライドガイド構造によるものが大きい。

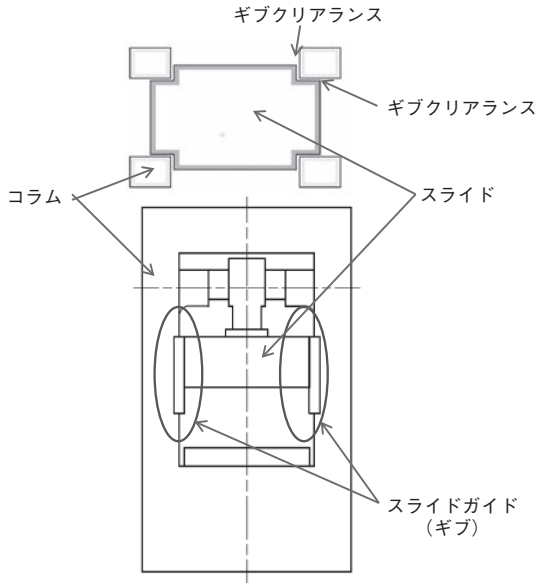


図4 一般的なプレス機械のスライドガイド構造例

一般的なプレス機械のスライドガイド構造は、図4に示すようにスライドはスライドガイド部(以下ギブとする。)に案内されて上下にストロークする。このスライドとギブの間にはすき間(以下ギブクリアランスとする。)が存在する。

すなわちスライドは下降する際にギブクリアランスの大きさ分は、位置の移動が発生する可能性がある。

スライドに成形時の荷重が働いたときには、無負荷または完全な均等分布であれば、上記のスライドの位置の移動はあまり顕在化しないが、実際の製品形状と金型構造では不均等な荷重分布となるために、スライド移動が顕在化し前述のチップングの原因となる上下金型のずれにつながる。

精密せん断加工は、厚板製品の生産にも使用される。従来から精密せん断加工に多用されている油圧式のファインブランキングプレスにおいてはあまり問題にはならない、加工に必要なトルク能力(下死点上でプレス機械が安全に発生できる荷重)と作業エネルギー(1回の加工でプレス機が許容できるエネルギー:荷重×加工距離)にも機械式プレスでは注意する必要がある。

上記に関しては、図5の精密せん断加工でのプレス機械トルク能力と作業エネルギーの関係で説明する。せん断加工は、製品のせん断部の周長×

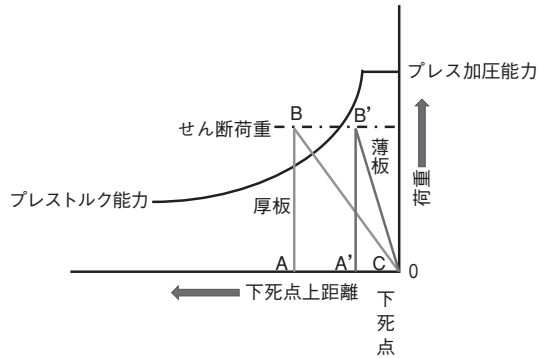


図5 精密せん断におけるプレス機械トルク能力と作業エネルギーの関係

板厚のせん断面積が同じであれば板厚に関係なくせん断加工に必要なとする荷重は同じである。しかし荷重が同じであっても、板厚の違いにより荷重の発生する下死点上の位置は異なる。機械式プレスはその特性上、プレストルク能力線図に示すように下死点からスライド位置が離れるほど発生可能な荷重が小さくなる。従って同じ荷重であっても板厚が厚くなるとプレス機械の仕様の制限により加工ができない場合がある。上記の荷重には、板押さえなどのクッション力も加算される。

続いて作業エネルギーについて説明する。通常の破断を伴うせん断加工はせん断面長さが板厚半分以下の範囲で終了するため、比較的加工に要するエネルギーは少ない。しかし精密せん断加工の場合は板厚の全域で荷重が発生するため、通常のせん断加工に比べて多くのエネルギー(図5 厚板: A-B-C/薄板: A'-B'-Cの三角形の面積)を必要とする。それに加えて板押さえとカウンタ力のためのクッションを作動させるためにもエネルギーが消費される。その消費エネルギーが加算されるため、更に必要とする加工エネルギーは大きくなる。

図6に通常のせん断加工と精密せん断加工での荷重とプレスストロークの関係を示す。

通常のせん断加工では、破断が発生した瞬間に荷重が0となり(図6の板厚の25%で破断と50%で破断の場合)、プレス機械と金型に蓄えられたせん断荷重による弾性変形のエネルギーが一気に解放されるブレイクスルーが発生する。結果として大きな加工音と振動が生じる。

精密せん断加工では、破断が下死点近傍で発生するのでせん断荷重も小さくなり、ブレークスルーの原因であるプレス機械と金型に蓄えられた弾性変形エネルギーが少なくなるため、加工音や振動が小さくなり周辺環境の改善に寄与できる。また振動が小さいことは、金型とプレス機械に与える負荷も小さくなり、金型寿命の延長や製品精度の安定が期待できる。

精密せん断加工のためのプレス機械

精密せん断加工を行うためのプレス機械の要件を以下にまとめる。

1. 高精度

従来のプレス機械の精度は、無負荷の状態での直角度、真直度、平行度などを評価する静的精度を基準としていたが、実際に成形する際の荷重が加わった状態でも高精度が維持できる必要がある。

2. 高剛性

成形方向と一致する縦方向とベッドの剛性については考慮されてきているが、上下金型のずれに直接影響する成形方向と直角の横方向の剛性やスライドの剛性にも対応する必要がある。

3. 高いトルク能力と作業エネルギー

精密せん断加工（特に厚板の）では、通常のせん断加工ではあまり考慮されないプレス機械のトルク能力と保有作業エネルギーについての考慮が必要になる。対応のために高トルク、高エネルギーに対応したプレス機械とする必要がある。

4. 多工程対応

精密せん断加工の適用分野は、従来のファイン

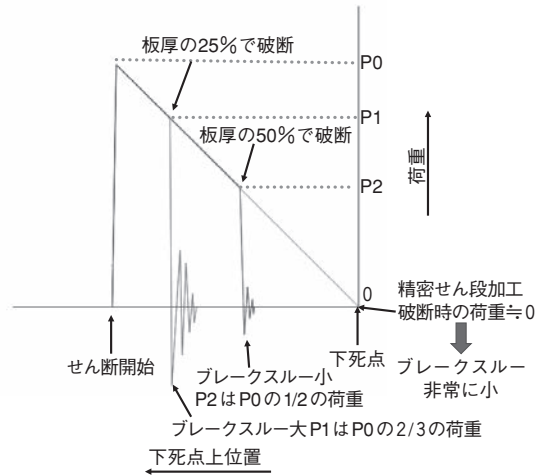


図6 せん断加工とブレークスルー

ブランキングプレスで取り組まれてきたエンボス、つぶし・増肉、バーリングなどの2次元+ α の形状製品から、更に複雑な絞り、押出しなどを含めた3次元形状製品への展開が求められている。そのためには、最終の精密せん断加工前の3次元形状を作るための多工程化にもプレス機械として対応する必要がある。

精密せん断加工対応のプレス機械の構造

当社開発の高精度・高剛性プレス UL シリーズを例に説明する。UL シリーズの外観と概略構造を図7に示す。

高精度に関しては、球面シュー構造を用いたギブクリアランス“0”の4面スライドガイドを用い、負荷時も含めてギブクリアランスの影響によ

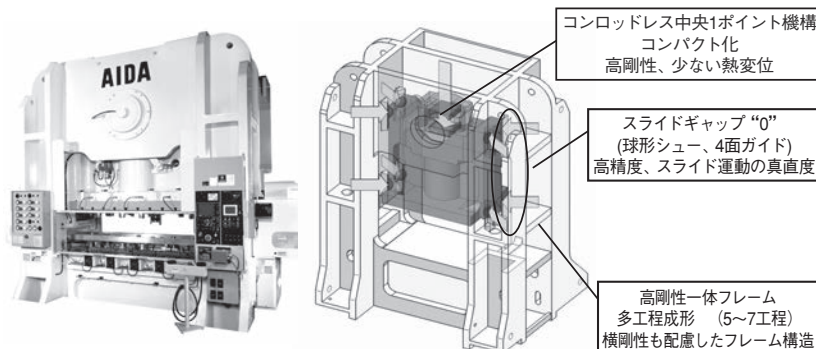


図7 ULシリーズの外観と概略構造

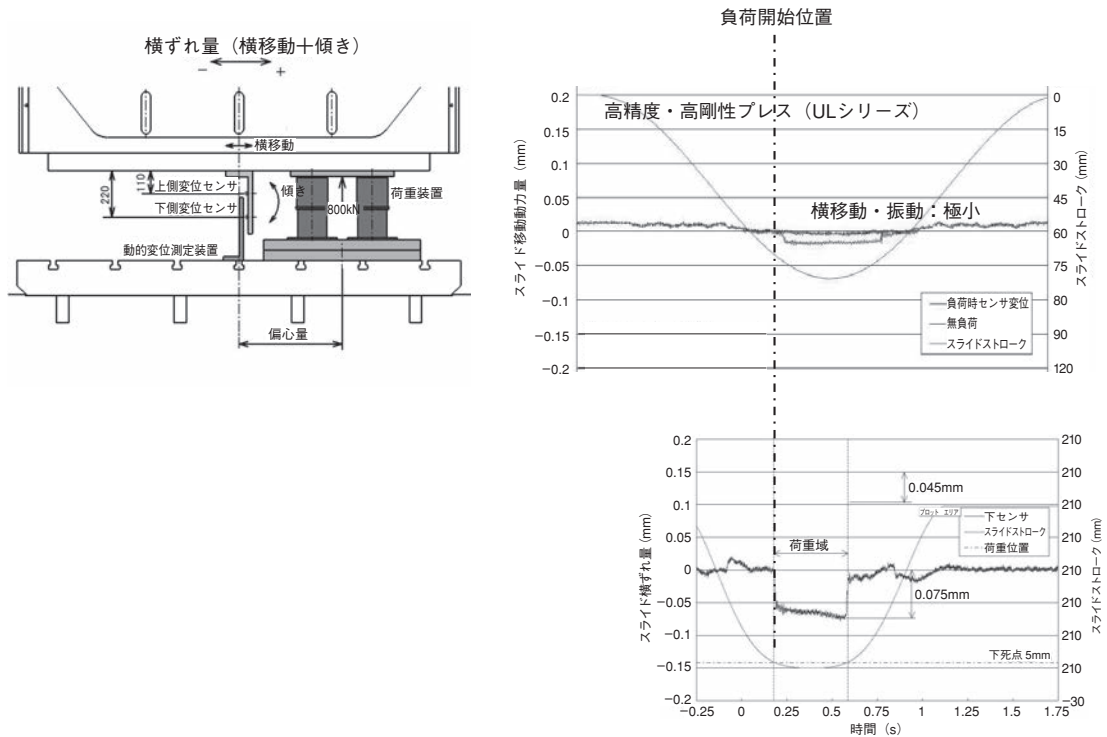


図8 右偏心荷重負荷時のスライドの横移動と振動

るスライドのズレを抑えている。図8に偏心荷重をかけた際のスライドのズレの測定結果を示す。

高剛性については、一般的なストレートサイドプレスで用いられるクラウン、コラム、ベッドの分割フレーム構造ではなく一体フレーム構造とすることで、縦剛性だけでなく横剛性にも配慮した高剛性の構造としている。横剛性は、ゼロクリアランスのスライドガイド構造と相まって負荷時のスライドの横ずれを抑えるために重要な特性である。

またスライド駆動機構に、スコッチヨーク機構を採用することでコンロッドレスの中央1ポイント構造としている。コンロッドレス構造の効果は、コンパクト化による高剛性化と、量産時のプレス機械の温度上昇による熱変位が少なくなり、下死点の変位を小さくできる。

ULシリーズは、プログレッシブ加工、トランスファ加工、冷間鍛造加工、FCF工法（板鍛造加工）と多岐にわたる工法に対応可能な基本構造を持つため、トルク能力と作業エネルギーに関しても余裕を持って対応できる。

多工程対応においては、ULシリーズは1ポイント機ではあるが、従来機の2ポイントプレスに近い左右エリアを持つために多工程対応が容易である。2ポイントプレスで精密せん断のような集中荷重が必要な加工をプレス中心で行なう多工程成形の場合は、図9の(a)に示すようなスライド側に上側への弾性変形による反りが、ボルスタ（ベッド）側に下側への反り変形が発生する。

一方、1ポイントプレスのULシリーズの場合は(b)に示すように、スライド側では集中荷重が作用するプレス中心にプレスの駆動系部材のポイントが存在するため剛性が高く、2ポイントプレスの反り変形とは逆方向の反り変形となる。従って反り変形の方向がボルスタ（ベッド）側の下側への反り変形方向と一致するため、成形時の金型の精度維持に効果が期待できる。

☆ ☆

精密せん断加工は、高精度、高剛性の金型を使用するため、金型を取り付けて実際の生産を行うプレス機械も高精度、高剛性であることが求められる。

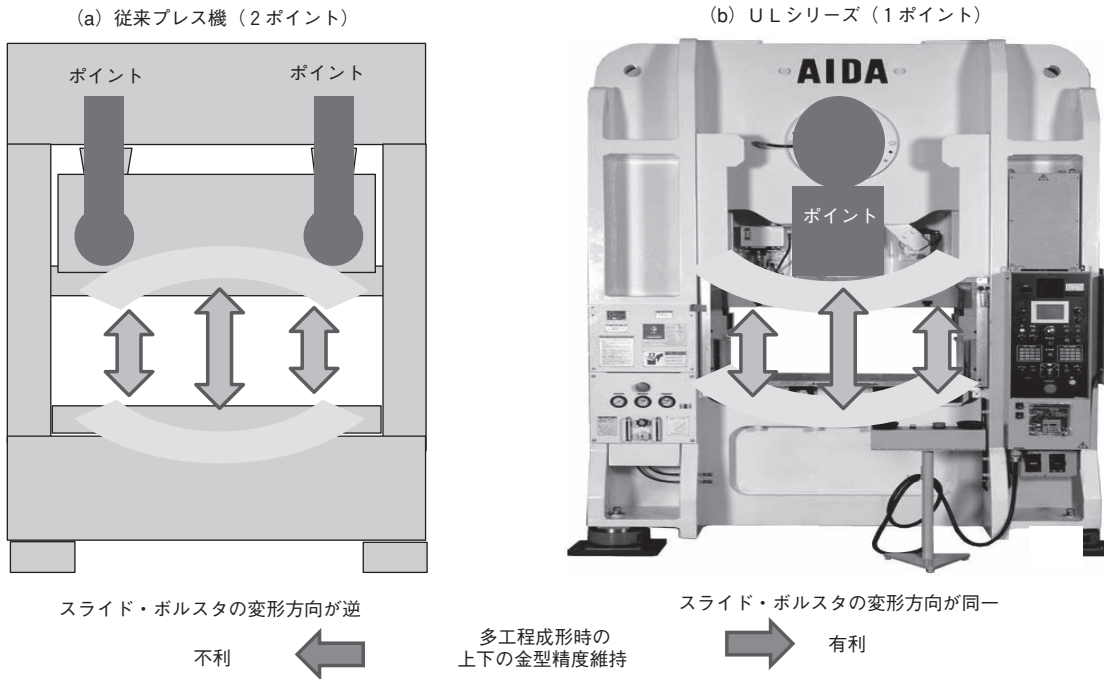


図9 多工程荷重作用時のスライド・ボルスタの変形挙動

企業理念として、「成形システムビルダとして発展し、人と社会に貢献する」を掲げる当社としては、高精度、高剛性プレスを中心とした金型、油圧クッションなどの成形システム技術の構築に更に取り組むことで、精密化・高付加価値化の進むこれからのものづくりに貢献できることを願う。

参考文献

- 1) 井村隆昭：精密プレス機による精密せん断加工、塑性と加工 2014年3月号、日本塑性加工学会
- 2) 井村隆昭：ULを活用した高付加価値プレス加工、プレス技術 2013年5月号、日刊工業新聞社