

サーボプレスを活用した V 曲げ成形におけるスプリングバックに関する研究

日大生産工(院) ○阿部慎也

日大生産工 高橋進

1. 緒言

地球環境問題が世界的に注目されている中、自動車業界では軽量化による燃費向上のために高張力鋼板やアルミニウム合金板の採用比率が急激に高まっている¹⁾³⁾。しかし、これらの軽量材料はプレス成形後のスプリングバックによる寸法精度不良が課題となっている²⁾⁴⁾。そこで、金型設計ではスプリングバックへの対応として、試作金型による不具合箇所の調査と金型形状や成形条件の変更を行う試行錯誤的手法がとられる。しかし、これらの金型開発工程には多大な工数・コストを要しており、スプリングバックの抑制技術が強く求められている。

これらのことから、スプリングバック抑制技術に関してはこれまでに、曲げ加工中の角度と除荷後の角度に差が生じないスプリングバックレス状態を利用した V 曲げ加工⁵⁾や FEM を用いてスプリングバック量を予測し金型開発に適応させる見込み技術⁶⁾⁹⁾の研究が行われている。しかし、スプリングバック抑制に効果があると言われているパンチの下死点保持がスプリングバックに与える影響やメカニズムの解明は十分に行われているとはいえない。

そこで既報¹⁰⁾ではスプリングバック抑制を目的として、プレス成形の主成形工程である V 曲げ成形に着目し、油圧式 V 曲げ試験機で下死点保持時間の変化による実験を行った。しかし、下死点保持時間制御が困難であることから 1sec 以下で信頼できる実験結果が得られなかった。

これより本研究では、サーボプレスを用いたパンチの下死点保持によるスプリングバック抑制効果の把握、メカニズムの解明を進めたので報告する。

2. 実験装置

実験装置は、直動式サーボプレス(MPS550 放電精密加工研究所, 圧力能力 50ton)を使用した。実験装置を Fig.1 に示す。金型の材質はプレス金型で主に使用される SKD11 とし、加工後の熱処理で HRC60~61 とした。金型の主な寸法を Fig.2 に示す。パンチの下死点位置は実験開始時にディスタンスブロックを用いてプレス機のストローク量を設定した。板厚方向に圧縮する板厚方向成形量を供試材板厚 1mm に対して 0.00mm の位置を、本実験での下死点位置とした。



Fig.1 Servo press

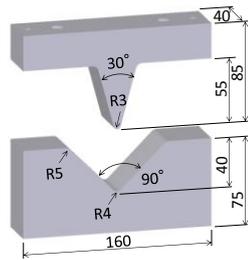


Fig.2 Model dimension

3. 供試材

供試材には、5000 系アルミニウム合金板(A5182-O, 住友軽金属社)を用いた。供試材の機械的性質を Table.1 に示す。供試材は板厚 1mm の板材から、圧延方向を長手方向として長さ 100mm, 幅 30mm となるように加工して使用した。

4. 実験条件

下死点における金型保持時間は、既報¹⁰⁾で報告した油圧式 V 曲げ試験機で制御が困難であった 1sec 以下

を中心に、0.01, 0.05, 0.2, 0.4, 0.6, 1, 5sec と設定した。また、サーボプレスでは、成形速度も任意に設定することが可能なので、下死点保持によるスプリングバック抑制効果が成形速度に関わらず発生するかも把握するために、成形速度 5, 50mm/sec の 2 条件で実験した。供試材と金型間の潤滑は、アイロフォーム FST4(カストロール社)を使用した。実験は各条件 5 回行い、平均を求めた。

5. 角度評価方法

本実験における供試材の曲げ角度の評価方法は、画像処理ソフトウェア(ImageJ-Win テクセル工房)を用いた。実験時の画像上に任意の 3 点を定めて、それから成る 2 直線の角度を供試材角度とした。画像は成形時に金型側面からデジタルカメラ(EX-F1 CASIO)により撮影した動画から、成形中と成形後の画像をそれぞれ抽出した。Fig.3 に供試材の計測概要図を示す。

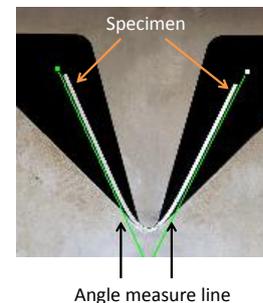


Fig.3 Angle evaluation method by ImageJ

6. 実験結果及び考察

下死点におけるパンチ保持時間と成形中角度を Fig.3, 成形後角度を Fig.4 に示す。これらを用いて算出したスプリングバック量を Fig.5 に示す。Fig.3, Fig.4 に示す成形中角度と成形後角度については、下死点保持時間の延長により減少する傾向を確認することが出来た。この現象については以下にその原因を考察する。また、成形速度 5mm/sec, 50mm/sec どちらの場合もスプリングバック抑制効果の明確な確認はできなかった。

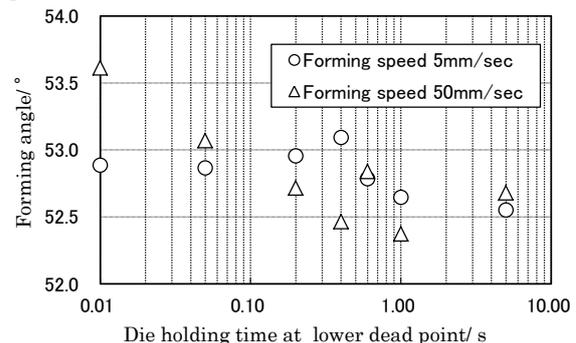


Fig.3 Relationship between die holding time at lower dead point and forming angle

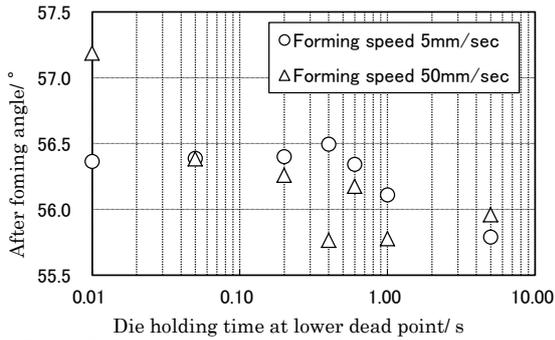


Fig.4 Relationship between die holding time at lower dead point and after forming angle

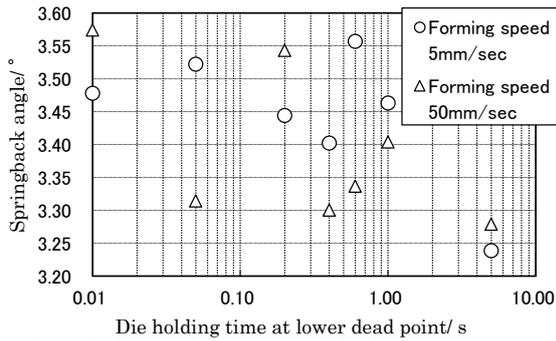


Fig.5 Relationship between die holding time at lower dead point and springback angle

本実験で使用したサーボプレスはプレス機のスライドの駆動用ボールねじ近傍のスライドの4箇所のストロークを計測している。このストロークの計測結果をFig.6及びFig.7に示す。

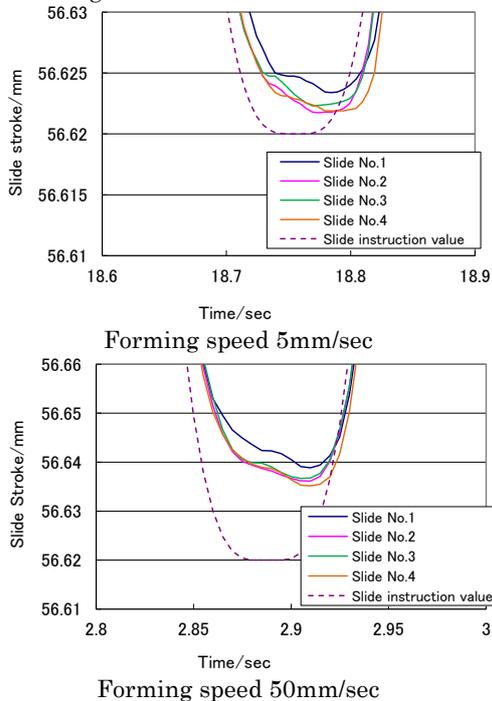


Fig.6 Relationship between die holding time at lower dead point (0.01sec) and slide stroke

計測結果は各条件5回ともほぼ同様の傾向となったので、ここでは計測1回目の結果を示す。図中のスライド位置指令値はスライドの目標位置を示し、#1~#4のスライド位置の各プロットは実際のスライド各部のストロークを示している。Fig.6及びFig.7より、実際のスライドの変位は目標よりも若干遅れ、また、0.01secといった短時間の下死点保持時間では実際に

下死点に到達する前にスライドが上昇していることがFig.6より確認できた。また、Fig.7より、実際のスライドの下死点位置が目標値を超えてしまい、設定以上の下降量となる傾向が確認できた。スライドのストローク計測の結果から、下死点保持時間の設定により、パンチ下死点位置に変化が生じていることが明らかとなった。このことから、供試材の成形中角度と成形後角度が保持時間の増加に伴って減少する傾向を示していたのは、下死点位置が保持時間の増加と共に低下していたためであることも確認できた。以上の結果から、これまでの研究¹⁾において、サーボプレスにより下死点保持時間を延ばすことで成形精度が向上した原因はスプリングバックに起因すると述べられていたが、これはスライド下死点位置制御の精度が一因であると考えられる。

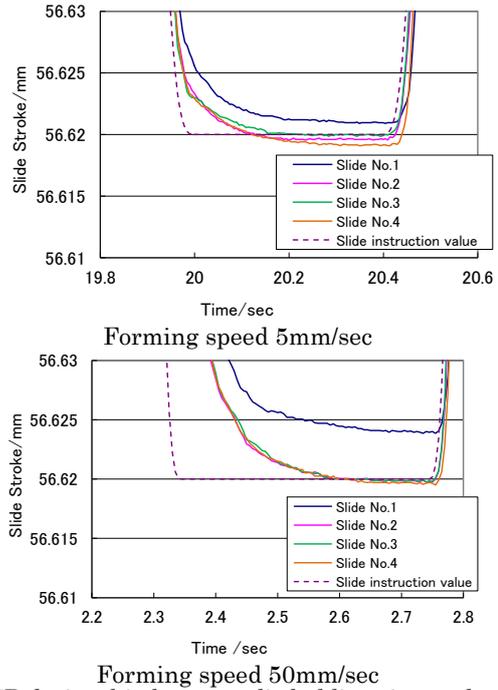


Fig.7 Relationship between die holding time at lower dead point (0.4sec) and slide stroke

7. 結言

スプリングバック抑制を目的としたV曲げ成形における下死点保持時間についてのサーボプレスを用いて検討を行い以下の結論を得た。

- (1) 下死点保持時間を延ばすことにより成形中、成形後角度が減少する傾向が確認できた。しかし、明確なスプリングバック抑制効果は確認できなかった。
- (2) 成形中におけるプレス機のスライドのストローク計測結果から、パンチの下死点保持時間及び成形速度により、下死点位置が変化することが確認された。
- (3) サーボプレスでの高精度加工ではパンチ下死点位置の目標に対する差を考慮した上で、下死点位置や成形速度の設定が必要である。

参考文献

- 1) 杉山隆司：塑性と加工，46-534(2005)，pp8-11.
- 2) 杉山隆司：塑性と加工，51-598(2010)，pp19-23.
- 3) 稲葉隆：神戸製鋼技報，55-2(2005)，pp66-74.
- 4) 佐藤ほか：塑性と加工，44-506(2003)，pp8-12
- 5) 小川秀夫：塑性と加工，47-541(2006)，pp56-60.
- 6) N. Ma, Y. Umezumi, Y. Watanabe and T. Ogawa : Numisheet 2008, (2008) pp473-478.
- 7) T. Schönbach and T. Bauer, Numisheet 2008, (2008), 515-520.
- 8) 笹原孝利：塑性と加工，46-534(2005)，pp63-67.
- 9) 蔦森ほか：塑性と加工，44-513(2003)，pp28-32.
- 10) 石井優輝：第61回塑加秋講論，(2009)，pp155-156
- 11) 西村尚：第269回塑性加工シンポジウム(2008)，pp65-73