

アルミニウム合金板のV曲げにおける成形条件がスプリングバックに与える影響

日大生産工(院) ○石井 優輝 日大生産工 高橋 進

1. 緒言

近年、自動車の軽量化のために車体へのアルミニウム合金板及び高張力鋼板の適用が進んでいる¹⁾。これにより地球環境への負荷低減が期待できる。しかし上記材料は特にプレス成形後のスプリングバックが普通鋼板と比較して大きく、自動車の生産準備段階での金型開発に多大なコスト・工数を要している。このことから、スプリングバックの抑制技術が強く要求されている。これまで、スプリングバックレスを利用したV曲げ加工技術²⁾やFEMシミュレーションを用いてスプリングバック量を事前に予測することによる金型開発における見込み技術³⁾の研究が行われているが、ボトミング時の板厚方向への加工や二度成形がスプリングバック抑制に与える影響の把握、二度成形によるスプリングバック抑制効果及びメカニズムの解明は十分に行われているとは言えない。そこで前報⁴⁾において、スプリングバックが発生する主成形工程であるV曲げ成形に着目し、パンチの下死点における挙動を高精度に計測し、ボトミング時の板厚方向への成形量や二度成形、下死点におけるパンチ保持時間の各成形条件がスプリングバック抑制に与える影響について検討を行った。その際、二度成形によるスプリングバック抑制効果を確認したが、メカニズムの解明には至らなかった。そこで本研究では、二度成形によるスプリングバック抑制メカニズムの解明を進めるために、二度成形時の潤滑状況に着目し、高速度カメラによる潤滑状況の把握と、テフロンシートによる潤滑に関する検討を行ったので報告する。

2. 実験装置

実験装置として、V曲げ試験機(油圧式、100kN)を製作した。実験に使用した金型材質はSKD11とし、加工後の熱処理でHRC60~61とした。金型の主要寸法をFig.1に示す。パンチ下死点位置の制御はディスタンスブロックにより行うこととし、厚さを15.75mm~16.00mmまで0.05mm刻みで6種類使用した。また、パンチの下死点近傍における挙動を確認するためパンチとダイに渦電流式変位センサ(EX-210/422, KEYENCE社製、分解能4μm)を片側3箇所、計6箇所に設置した。センサを取り付けた金型をFig.2に示す。

3. 供試材

供試材には5000系アルミニウム合金板(GC45-O, 住友軽金属社製)を用い、圧延方向を長手方向に取り、板厚1mmの板材から、長さ100mm、幅30mmに機械加工した。供試材の機械的特性をTable 1に示す。

Table 1 Mechanical properties of test piece

Tensile strength /MPa	Yield stress /MPa	Elongation /%	n value	r value
280	140	32	0.31	0.70

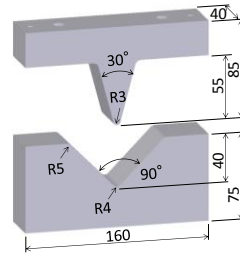


Fig.1 V-bending die and punch

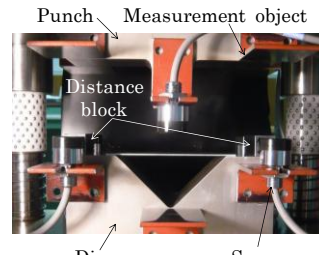


Fig.2 Installation of sensors on dies

4. 潤滑油を使用した二度成形実験

前報で行った二度成形実験の方法と結果について以下に示す。

4.1 実験方法

ボトミング時にパンチ先端部により供試材を板厚方向に圧縮し曲げ成形を行った。このときの板厚方向に圧縮する板厚方向成形量を供試材板厚の1mmに対し0.00mm~0.25mmまで0.05mm刻みで6段階に変化させた。このとき、パンチを下死点で約10s保持した後、一旦除荷し、再び荷重を加え約10s保持することで二度成形を行った。二度成形の比較対象として、同様の実験を一度成形でも行った。成形荷重はV曲げ試験機の油圧ポンプ容量を考慮し、70kNとした。また実験は各条件について3回行い、その平均を求めた。

4.2 結果及び考察

二度成形の結果、一度成形と同様の傾向として板厚方向成形量の増加に伴い、スプリングバックが減少する傾向が確認できた。また、二度成形を行うことにより一度成形と比較して僅かではあるがスプリングバックの抑制効果が確認できた。メカニズムの解明には至らなかったものの、一度目と二度目において潤滑状況に変化が生じている可能性が残されており、次に潤滑状況に着目した検討を行うこととした。

5. 高速度カメラによる潤滑状況の把握

二度成形において一度目と二度目の成形時に潤滑状況が変化している可能性があり、これを高速度カメラにより把握可能か検討を行った。

5.1 実験方法

供試材曲げ部近傍の潤滑油の流れを、高速度カメラ(VW6000, KEYENCE社製)により撮影した。二度成形の条件は、板厚方向成形量0.00, 0.10, 0.20mmで、下死点では各10s保持した。

5.2 結果及び考察

高速度カメラにより撮影した板厚方向成形量0.00mm、下死点時の供試材曲げ部をFig.3に示す。この映像からは、一度目の成形後一旦除荷し、二度目の成形に移行した際の潤滑油の曲げ部への再流入等の潤滑状況の変化は確認しにくく、潤滑状況の把握にはあまり適さない結果となった。そこで、次にテフロンシートを使用することで二度成形時の潤滑状況を一定とすることが可能か検討を行った。

Research on Influence of Forming Conditions on Springback in V-bending Process of Aluminum Sheet Alloys

Yuuki ISHII and Susumu TAKAHASHI



Fig.3 Image with high speed camera

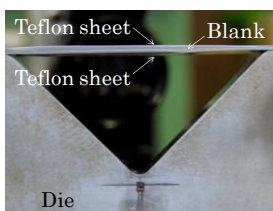


Fig.4 Experiment using Teflon sheet

6. テフロンシートによる潤滑状況の一定化

二度成形において、一度目と二度目の成形時の潤滑状況の変化を抑制して実験を行うための事前検討として、テフロンシートによる潤滑が有効か検討した。

6.1 実験方法

実験は Fig.4 に示す、テフロンシート(ニトフロン、日東電工社製、0.1mm 厚)を供試材より大きい長さ 128mm、幅 40mm に切り出し、これを供試材の上下に挟む方法で行った。下死点におけるパンチ・ダイ間の距離は供試材板厚と等しい 1mm に設定した。まずこのテフロンシートにより一度成形を行い、再び同じテフロンシートを使用して新しい供試材で再度一度成形を行い、同一のテフロンシートを二度使用してもスプリングバック量に変化が生じないかを確認した。実験は各 5 回行い、その平均を求めた。

6.2 実験結果及び考察

一度成形時のテフロンシートの使用回数とスプリングバック角度の関係を Fig.5 に示す。この結果、一回使用したテフロンシートはパンチ先端部に若干圧縮されてしまうが、同一のシートで再度一度成形を行ってもスプリングバック角度にはほぼ影響を及ぼさないことが確認できた。このことから、二度成形時にテフロンシートによる潤滑を行うことで、二度成形の効果が潤滑状況の変化によるものかを判断できる可能性があり、次に、テフロンシートを使用した二度成形実験を行った。

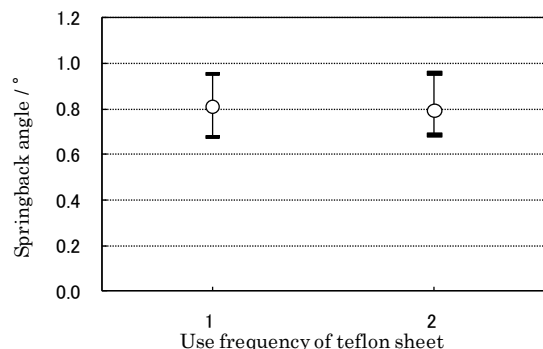


Fig.5 Relationship between use frequency of teflon sheet and springback angle

7. テフロンシートを使用した二度成形実験

テフロンシートにより潤滑状況を一定として二度成形実験を行い、二度成形によるスプリングバック抑制効果に潤滑が及ぼす影響を検討した。

7.1 実験方法

6.1 と同様のテフロンシートを供試材と同じ寸法に切り出し、供試材の上下に挟み実験を行った。板厚方向成形は行わないものとし、下死点におけるパンチ・

ダイ間の距離は供試材板厚と等しい 1mm に設定した。4.1 の二度成形方法と同様にパンチは下死点で約 10s 保持した後、一旦除荷し、再び荷重を加え約 10s 保持することで二度成形を行った。このとき、テフロンシートは交換せず一度目と二度目の成形で共に同一のテフロンシートにより潤滑を行っている。成形荷重は 70kN とし、各条件について 5 回行い、その平均を求めた。

7.2 結果及び考察

テフロンシートにより潤滑状況を一定とした場合の二度成形における、一度目と二度目の成形時のスプリングバック量を Fig.6 に示す。この結果、一度目と二度目の成形においてスプリングバック量に差は確認されなかった。前報で潤滑油を使用した場合は二度成形によってスプリングバックが減少していたことから、二度成形によるスプリングバック抑制効果は潤滑状況の変化により生じたことが明らかとなった。

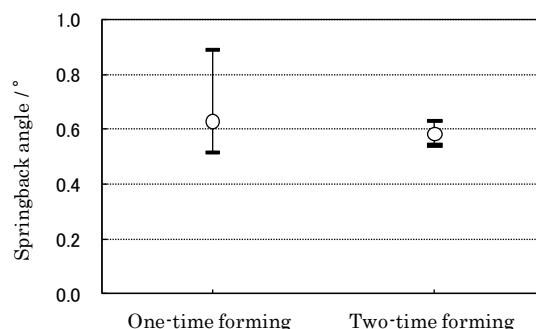


Fig.6 Influence of lubrication in two-time forming

結言

本研究から以下の結論を得た。

- 1) 二度成形時の潤滑状況把握のため高速度カメラにより供試材曲げ部を撮影したところ、金型側面からの撮影のため潤滑状況の把握には適さない結果となった。
- 2) 同一のテフロンシートを二回繰り返し使用して実験を行ったところ、スプリングバック量には影響を及ぼさないことが確認できた。
- 3) 二度成形において、潤滑油により潤滑を行うとスプリングバック抑制効果が得られ、テフロンシートにより潤滑状況を一定とするとスプリングバック抑制効果は確認できなくなった。

上記の結果から、二度成形によるスプリングバック抑制効果は、潤滑状況の変化が原因であることが明らかとなった。

「参考文献」

- 1) 杉山隆司, 高強度鋼板の車体への適用の変遷, 塑性と加工, **46**-534, (2005), pp.8-11.
- 2) 小川秀夫, 重石健登, 小山純一, 金属板材のスプリングバックレス V 曲げ加工, 塑性と加工, **47**-541, (2006), pp.56-60.
- 3) 笹原孝利, CAE によるプレス金型のスプリングバック見込み形状の最適化, 塑性と加工, **46**-534, (2005), pp.63-67.
- 4) 石井優輝, 高橋進, V 曲げ成形における成形条件がスプリングバックに与える影響, 第 60 回塑性加工連合講演会講演論文集, (2009), pp.155-156.