

プレス成形品の形状精度向上に関する研究 (第2報)

小川 大介、大平 武俊

Study on the Improvement of Accuracy for Press Forming(II)

Daisuke Ogawa and Taketoshi Ohira

従来、深絞りによって代表されるプレス成形では、成形品の精度はあまり重要視されてこなかった。しかし、ものづくりにおけるコストの削減の要求から、切削加工をプレス成形に置き換えることが進行するにつれ、プレス成形品にも精度が要求されるようになってきた。そこで、プレス成形の内、最も基礎的な深絞りを対象に、ストレッチドロー成形法による成形品の形状不整低減の効果について検証した結果、材料の異方性による形状のゆがみが発生することもあるが、ストレッチドロー成形法を用いることで、材質に依存することなく形状精度向上の有用性を確認することができた。

1. はじめに

従来、深絞りによって代表されるプレス成形では、成形品の精度はあまり重要視されてこなかった。しかし、ものづくりにおけるコストの削減の要求から、切削加工をプレス成形に置き換えることが進行するにつれ、プレス成形品にも精度が要求されるようになってきた。しかし、プレス成形では元々機械的特性に異方性を有する金属板材を用いるため成形品の精度確保が容易ではなく、その向上が課題となっている。

プレス成形品の精度を確保するための方法には確定的なものがない。成形工程の最後で成形品を閉塞的に金型に強く押しつけるリストラクト成形が限定的に行われる程度である。しかし今後は、精度向上法の確立が最も重要な課題となってくると考えられる。

一方、深絞り金型のダイス肩半径は、被成形材の板厚の6~10倍とするのが定石である。しかし、これを板厚程度まで減少しても成形が可能で、材料節約に効果があることが知られるようになってきた(ストレッチドロー成形法)。このストレッチドロー成形法は、板材に大きな引張り力と曲げが作用することになり¹⁾、これは成形品の精度向上にも効果があると考えられる。

プレス成形の内、最も基礎的な深絞りを対象に、ストレッチドロー成形法によるダイス肩半径 R_d と成形品の形状不整低減の材質依存性について検証した。

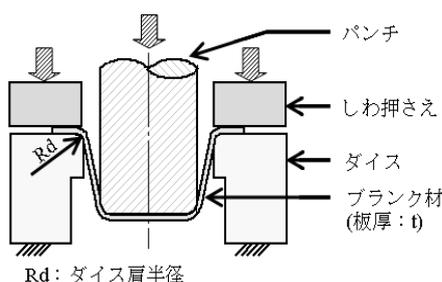


図1 プレス成形 (深絞り原理)

2. 実験

2.1 試験条件

ブランク材質には、オーステナイトステンレス鋼 (SUS304) と冷間圧延鋼板 (SPCC) および Al-Mg 系合金 (A5052) の3種類を用い、寸法は直径 29mm (絞り比 1.93)、板厚 0.5mm とした。金型寸法は、パンチ直径 15mm、ダイス内径 16.4mm、ダイス肩半径 3.0mm ($R_d/t_0=6$)、2.0mm ($R_d/t_0=4$)、1.5mm ($R_d/t_0=3$)、1.0mm ($R_d/t_0=2$) をそれぞれ用いた。プレス速度 0.3mm/sec、潤滑剤に牛脂黒鉛を使用した。

しわ押さえ力は、2.4kN、3kN、3.5kN、4.5kN、10kN、20kN にそれぞれ設定し、慣用法によるプレス成形とストレッチドロー成形との真円度を測定し、形状精度を比較することで、ストレッチドロー成形法の最適しわ押さえ力を評価し、各材料のストレッチドロー成形法の材質依存性について評価を行った。

2.2 形状計測

2.2.1 カップ高さ測定

成形品のカップ高さは、縁の耳を基準として 45 度間隔に合計 8 箇所を測定する。その平均値を用い、慣用法によるプレス成形 ($R_d/t_0=6$) からのカップ高さ増加率を算出し、ストレッチドロー成形法の有用性の比較を行う。

2.2.2 真円度測定

真円度測定は、真円度測定機 (株東京精密 ロンコム 52B-510) を用いてカップの外周を底面より 4mm、6mm および 8mm の高さを測定した。

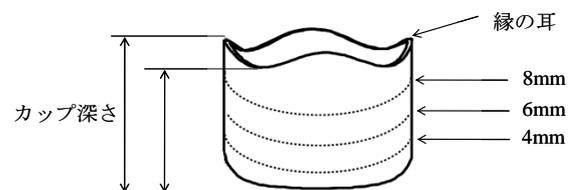


図2 カップ形状計測箇所

2. 2. 3 カップ板厚測定

カップ板厚分布を調査するため、三次元測定機 (Carl Zeiss (株)東京精密 Prismo ULTRA 9/13/7 VAST GOLD) を用いて真円度測定機と同様にカップ底面より 4mm、6mm および 8mm の高さを円周 5 度ピッチに外径と内径を測定し、その差から板厚を計測した。

3. 結果及び考察

3. 1 しわ押さえ力の最適評価

ブランク材に SUS304 および SPCC を使い、しわ押さえ力をそれぞれ変えて成形し、カップ底面より 6mm の高さの真円度測定を行った結果を図 3 に示す。

各材料についてしわ押さえ力を変えて評価した結果、慣用法によるプレス成形 ($Rd/t_0=6$) では、しわ押さえ力が大きくなるにつれ真円度が良くなるが、ある一定以上のしわ押さえ力になると急激に悪化している。しかし、ストレッチドロー成形 ($Rd/t_0=2$) におけるしわ押さえ力は、小さいほど良好な真円度を得ることが確認できた。これは、ブランク材が半径方向の引張りの力を受けてダイスを通り、ダイス肩半径の所で曲げ変形を受けるからである²⁾。ダイス肩半径が小さいほど材料に加わる引張り力と曲げの作用が大きくなり、小さなしわ押さえ力でもダイス形状に倣い、真円度が向上していると考えられる。そこで、慣用法によるしわ押さえ力と比べ、小さい

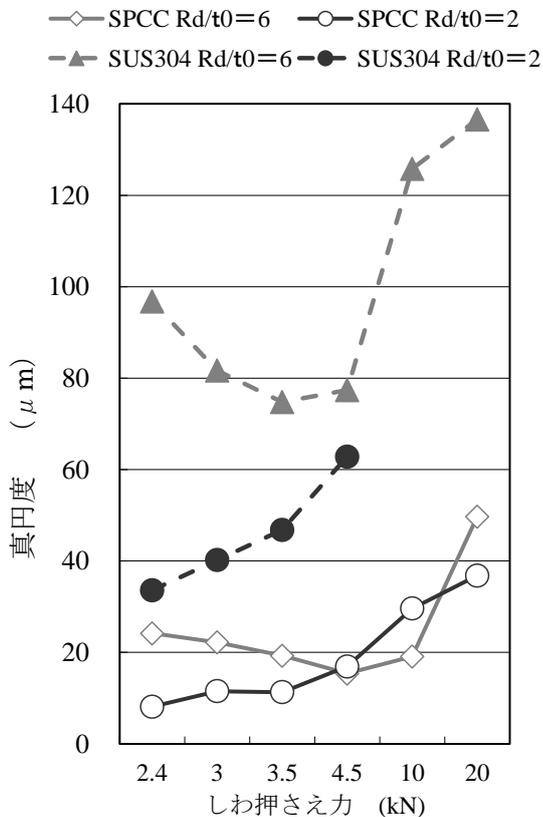
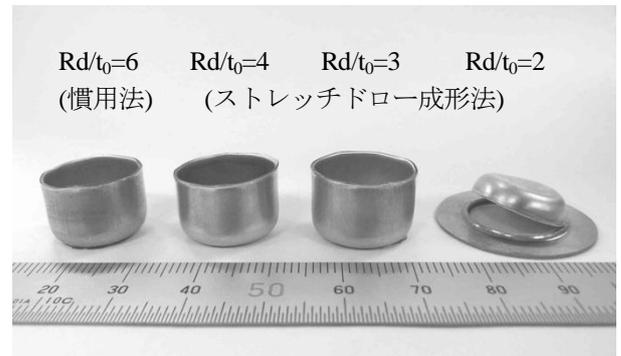


図 3 しわ押さえ変更による真円度結果

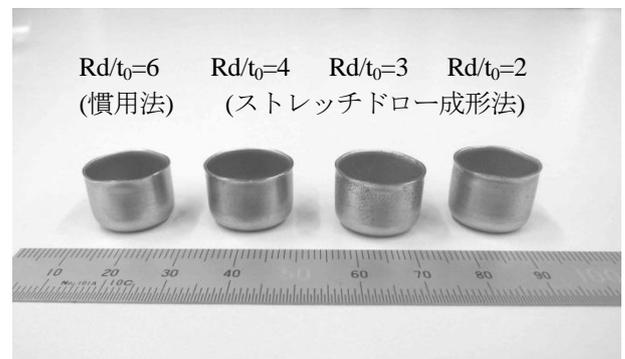
しわ押さえ力でプレス成形を行う方が真円度が高いことが確認できたため、精度向上が見込まれる 2.4kN のしわ押さえ力にて実施した。

3. 2 ストレッチドロー成形による形状評価

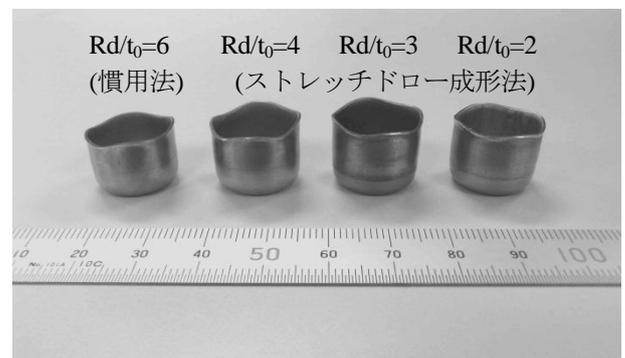
各材料を深絞り試験を行なった様子を図 4 に示す。A5052 材の $Rd/t_0=2$ 条件時に、深絞り途中にカップ割れが生じ、ストレッチドロー成形の限界であることが分かった。これはダイスやポンチの肩半径が小さくなることで材料に加わる引張り力と曲げ作用が強くなり、割れが生じてしまうという一般的なことで、今回はダイス肩半径部で破断していることが分かる。SPCC や SUS304 の材料はカップ割れすることなく成形することができた。



(a)A5052



(b)SPCC



(c)SUS304

図 4 深絞り成形品

真円度測定結果を表 1 に示す。SUS304 材は、材料の異方性により縁の耳が他の材料と比べて大きくなることから、真円度測定結果も他と比べると悪い傾向になることが分かった。しかし、いずれの材料も通常の深絞り ($Rd/t_0=6$) に比べ、ストレッチドロー成形により真円度の結果が向上していることが明らかとなり、成形法の有用性を確認することができた。カップの高さ方向に真円度結果をみると、カップ縁に近いほど悪くなる傾向にある。深絞りの成形過程において、材料のフランジ部に引張り と圧縮される箇所があり、カップ縁部近くでゆがみが生じると考えられる。SPCC 材においては、真円度 $10\mu m$ 以下の精度を得ることができた。

表 1 真円度測定結果
(a)A5052

測定箇所	$Rd/t_0=6$	$Rd/t_0=4$	$Rd/t_0=3$	$Rd/t_0=2$
8mm	56.6	37.1	20.7	—
6mm	46.6	25.3	13.3	—
4mm	25.8	18.1	13.0	—

(b)SPCC

測定箇所	$Rd/t_0=6$	$Rd/t_0=4$	$Rd/t_0=3$	$Rd/t_0=2$
8mm	27.0	10.4	15.1	9.0
6mm	24.2	10.0	9.2	8.1
4mm	18.0	12.2	10.7	8.4

(c)SUS304

測定箇所	$Rd/t_0=6$	$Rd/t_0=4$	$Rd/t_0=3$	$Rd/t_0=2$
8mm	127.8	109.8	79.1	38.4
6mm	96.8	56.7	51.6	33.6
4mm	43.1	32.9	31.5	24.2

ストレッチドロー成形によるカップ高さ増加率を図 5 に示す。慣用法 ($Rd/t_0=6$) によるカップ高さを基準として、ストレッチドロー成形によるカップ高さ増加率を計算した結果を示している。この結果、ストレッチドロー成形によりカップ高さは慣用法と比べ増加することが分かり、特に SUS304 の材料はストレッチドロー成形 ($Rd/t_0=2$) を行うことで、17%近くカップ高さを増加させることが可能であることから、少ない材料で深くカップの絞り加工ができ材料費削減に有用な成形法である。

三次元測定機による板厚分布の評価を行った結果を図 6 に示す。各材料の板厚分布を評価した結果、カップ底面から高さ 8mm (カップ縁に近い所) ほど板厚が増加することが分かった。また、A5052 及び SUS304 材において、カップ縁に近い所ほど円周方向に板厚のばらつきが生じている。これは板材に圧延時の加工履歴として、材

料特性に異方性が生じ、圧延方向(RD)とその直交方向(TD)に、厚み分布の差異が生じたと考えられる。SPCC 材の場合、ストレッチドロー成形をすることで、慣用法による成形と比べ、材料の板厚を 10%近く低減していることが分かり、板厚分布の差がなく、円周方向における板厚が一定に保たれている。

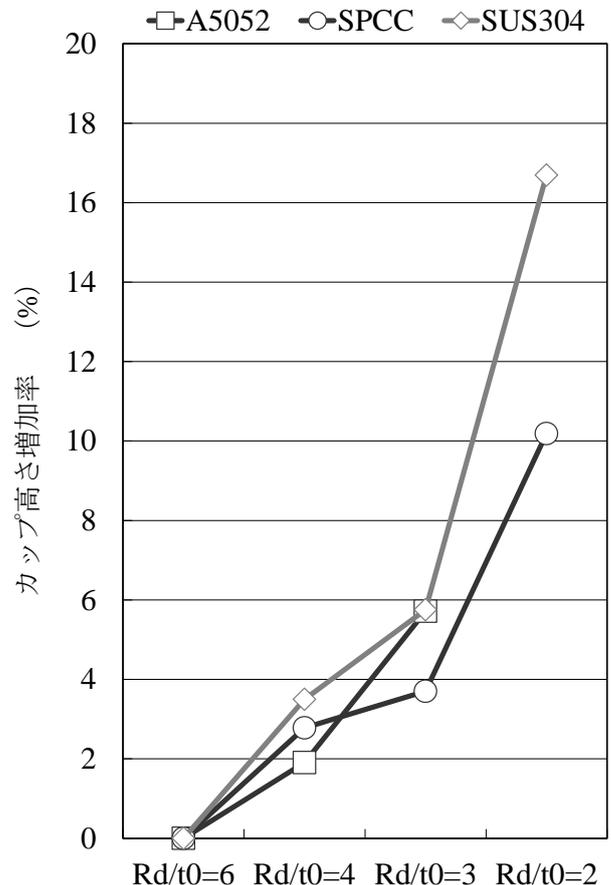


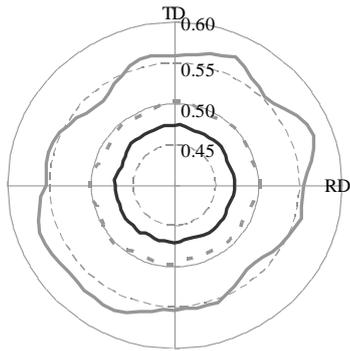
図 5 各材料のカップ高さ増加率

4. まとめ

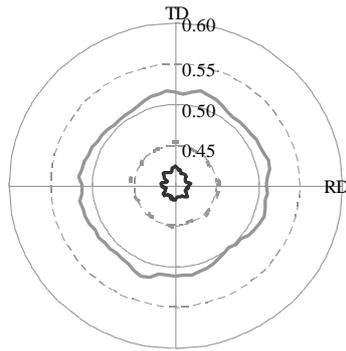
最も基礎的な深絞りについて、ストレッチドロー成形法による成形品の形状不整低減効果について検証した。ストレッチドロー成形によるしわ押さえ力は、慣用法と比べ小さい方が良好な形状精度を得ることが確認できた。また、自動車用部品等に使用される各材料のストレッチドロー成形による形状不整低減の材質依存性効果を検証し、慣用法と比べ形状精度及び板厚分布の向上に効果があることを確認した。

【参考文献】

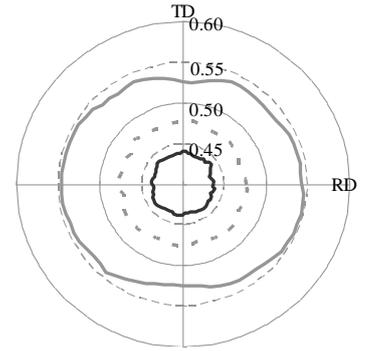
- 1)佐藤ら, 岐阜県金属試験場研究報告, pp19-22, 1998
- 2)橋本ら, プレス作業読本, pp115-116, 1966



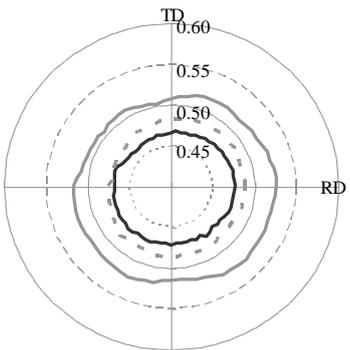
(a) A5052(Rd/t₀=6)



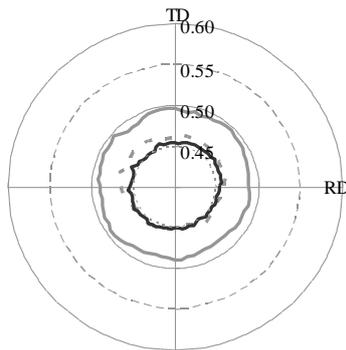
(b) A5052(Rd/t₀=4)



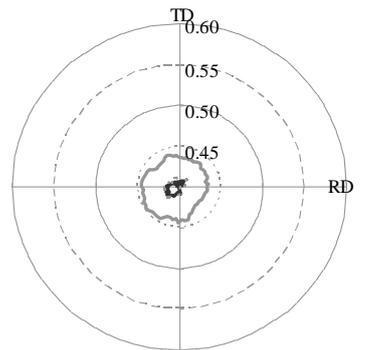
(c) A5052(Rd/t₀=3)



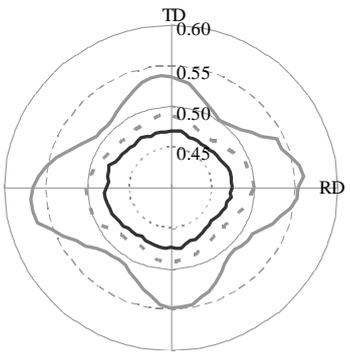
(d) SPCC(Rd/t₀=6)



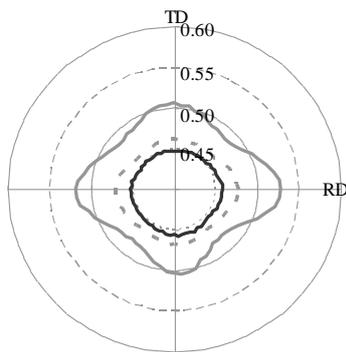
(e) SPCC(Rd/t₀=3)



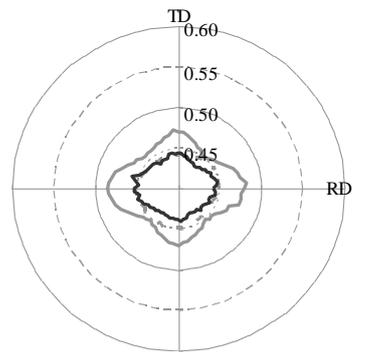
(f) SPCC(Rd/t₀=2)



(g) SUS304(Rd/t₀=6)



(h) SUS304(Rd/t₀=3)



(i) SUS304(Rd/t₀=2)

図6 板厚分布測定結果 (—— 4mm ····· 6mm ——— 8mm)