

# 省エネルギー型塑性加工技術の開発\* 1

鎌 田 和 彦\* 2

後 藤 卓 三\* 3

田 野 俊 昭\* 4

## 【要 旨】

現在、プレス成形の分野では、生産コストの削減、リードタイムの短縮、多品種少量生産に対応可能な新しい加工方法が強く求められている。特に深絞り加工では、多工程による成形が行われており、絞り成形の難しい材質では温間絞りによる成形等も行われていることから技術的課題は多い。

研究では、1工程で深い容器に成形可能な展開ブランクを用いた角筒容器の絞り成形を行い、冷間圧延鋼板(SPCC)、アルミニウム合金板(A5052-O)、黄銅(C2600P)、フェライト系ステンレス鋼板(SUS430)の各材質について、成形可能域、ブランクの板取方向及びクリアランスの影響について考察を行った。

その結果、SPCC板、C2600P板の成形可能域は比較的広いものの、A5052-O板、SUS430板については狭いこと、ブランクの板取り方向の明瞭な影響は見られないこと等がわかった。

## 1 緒 言

従来のプレス機械による絞り加工、特に深い容器の絞り加工では、生産に至るまでに長いリードタイムと多額の金型製作費を必要とするため、多品種少量生産にはうまく対応できていないのが現状であり、この問題を解決することが強く望まれている。

筆者らは、昨年度の研究の中で円形ブランクのフランジ部分を一部切り取った展開ブランク<sup>1)~4)</sup>を用いて深い円筒容器の成形実験を行い、同ブ

ランクの成形性について考察を行うと共に、成形品の側壁にある継ぎ目をレーザービーム溶接、Tig溶接を用いて一体化することも試みた。

本研究では、同様に素板のフランジ部分を一部切り取った展開ブランクを用いて、深い角筒容器の成形実験を行い、成形性について考察を行ったので報告する。

## 2 実験方法

### 2.1 展開ブランクの製作

展開ブランクは、板厚1.0mm及び1.2mmの冷間圧延鋼板(SPCC)、アルミニウム合金板(A5052-O)、黄銅(C2600P)、フェライト系ステンレス鋼板(SUS430)から図1に示すようにフランジの一部を切り取ったものである。

板厚1.0mmのものは、板取り方向による成形性の影響を見るために圧延方向に対して直辺部が0°及び90°に位置するもの(以下では0°方向と呼

\* 1 「地域集積中小企業活性化事業」  
(共通技術研究開発事業「メカトロ技術の適用に関する応用研究(多品種少量生産に対応した金属薄板の新成形技術の研究)」)

\* 2 機械電子課 主任

\* 3 同課 主任研究員

\* 4 同課 技師

ぶ)と45°に位置するもの(以下では45°方向と呼ぶ)の2通り用意した。

また板厚1.2mmのものは、板取り方向を0°方向とし、金型と板材のクリアランスの差(板厚1.0mmの場合0.5mm、板厚1.2mmの場合0.3mm)による成形性の影響を見るために用意したものである。

図1において、 $r_p$ はポンチコーナ半径、 $r_c$ はポンチコーナ部の中心からブランクのコーナ部までの長さを示し、外側の破線とポンチ面に囲まれた領域は通常の深絞り加工と同様に絞り変形を受

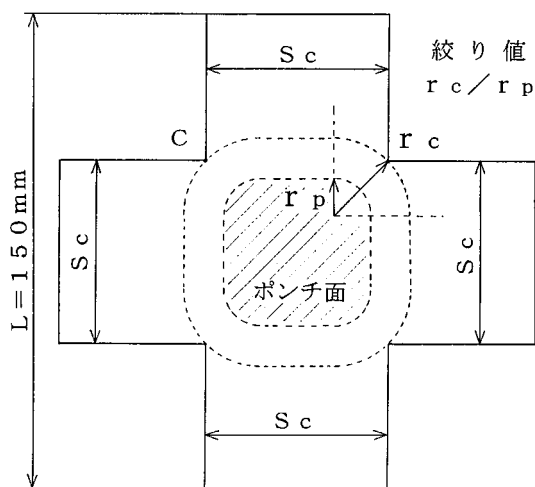


図1 展開ブランクの形状(角筒容器成形)

ける。 $r_c/r_p$ は、ブランクが絞り変形を受ける厳しさを表す尺度として、以下では $r_c/r_p$ を絞り値( )と呼ぶことにする。

$S_c$ はフランジの任意の幅を示し、分割した各フランジの幅がいずれも等しいことを示す。

これにより、C点より外側のフランジ側辺は、絞り加工中は順次ポンチコーナ部へ移動し、C点から互いに接触しながら絞り変形を受けて角筒容器の側壁コーナ部になる。

## 2.2 深絞り試験

以上の方法で製作したブランクを万能深絞り試験機(最大ポンチ荷重120kN)を用いて、深い角筒容器に成形し、使用した工具は、材質がSKD11、寸法は、ポンチ幅31.5mm、ポンチコーナ半径6mm、ポンチ直辺部及びコーナ部肩半径3mm、ダイス内径幅34.5mm、ダイスコーナ半径7.5mm、ダイス肩半径3mm、ポンチとダイスのクリアランスは1.5mmである。

潤滑剤として低粘度のパラフィン系鉱油をブランクの両面に塗布した。しわ押さえ荷重は、製作したブランクの形状及び板厚にかかわらず、各材質ごとに通常使用されるしわ押さえ荷重の約30%

表1 実験条件

ブランクの材質	ブランクの形状、板厚、板取り方向及びクリアランス	しわ押さえ荷重(初期面圧)	潤滑
SPCC	・外径 $L = 150\text{mm}$	5.4kN	パラフィン系 鉱油(ブランク の両面に塗布)
A5052 - O	・絞り値 1.0 ~ 2.4 (0.2間隔、8形状)	(約0.6MPa)	
C2600P	・板厚 1.0mm 板取方向 0°方向、45°方向 クリアランス 0.5mm	1.2kN (約0.1MPa)	
SUS430	・板厚 1.2mm 板取方向 0°方向 クリアランス 0.3mm	3.5kN (約0.4MPa)	
		5.8kN (約0.6MPa)	

～ 40%の荷重を负荷した。

以上の実験条件をまとめて表 1 に示す。

### 3 実験結果及び考察

#### 3.1 SPCC板の場合

図 2 に SPCC 板のポンチ荷重 ストローク線図 (板厚 1.0mm) の例を示す。

この図から、絞り値が大きくなるとポンチ荷重は段階的に増大し、絞り値 2.4 において破断することがわかる。また絞り値 2.0 以上の成形では、頻りにポンチ荷重の小刻みな変動 (ポンチのクリッキング現象) を起こしていることもわかる。これは、絞り変形が大きくなり潤滑状態が厳しくなっ

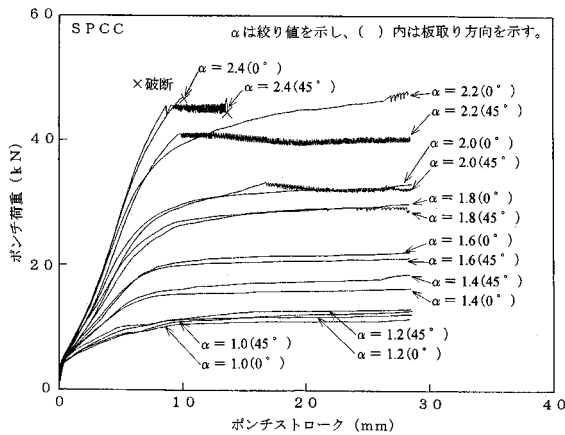
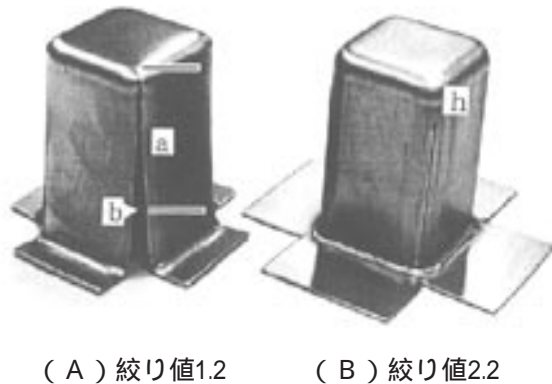


図 2 SPCC板のポンチ荷重 - ストローク線図 (板厚1.0mm)



(A) 絞り値1.2 (B) 絞り値2.2

写真 1 SPCC板の成形品例 (成形高さ54mm、板厚1.0mm)

たためと考えられる。一方、ポンチ荷重に及ぼす板取り方向の明瞭な差は見られない。

そして、絞り値 2.0 以下ではポンチストロークが約 10mm を越えるとポンチ荷重は若干増加傾向にあるものの、ほぼ一定に推移することから同一の絞り値の成形では、外径 L がさらに大きくても深い角筒容器を得ることが可能と考えられる。

写真 1 に SPCC 板の成形品例を示す。

写真 1 中の (B) 絞り値 2.2 の成形品では、ポンチ肩部で破断することなく、継ぎ目部の隙間も小さく良好に成形できていることがわかる。

しかし、(A) 絞り値 1.2 の成形品のように絞り領域が小さい場合には、スプリングバックの影響により、末広りの大きな隙間を生じている。

この成形品に生じる隙間の大きさを表すため隙間比  $b/a$  を用いることにする。

隙間比  $b/a$  は、成形品底面から長さ  $a$  (30mm) の位置にある継ぎ目部分の外側エッジの間隔  $b$  を直線距離で求めて  $a$  で除した数値である。また一体的に成形された成形品底面から継ぎ目開始位置までの長さを一体成形高さ  $h$  と呼ぶことにする。

図 3 に SPCC 板の各絞り値における隙間比  $b/a$

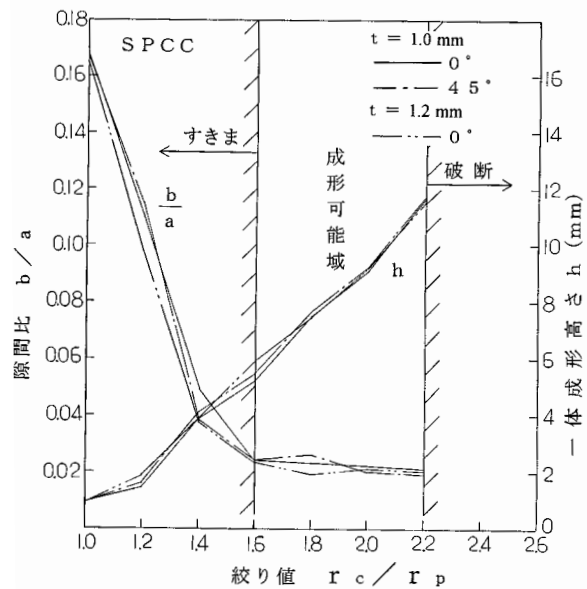


図 3 SPCC板の成形品隙間及び一体成形高さ

及び一体成形高さ  $h$  の関係を示す。

この図から隙間比  $b/a$  は、絞り値の増加に伴って減少し絞り値 1.6 ~ 2.2 の範囲では、最も小さくなりほぼ一定（隙間比約 0.02）に推移することがわかる。この隙間比  $b/a$  が最も小さく推移する範囲の成形品は、継ぎ目に若干隙間があるものの成形形状が最も良いので、この範囲を成形可能域と呼ぶことにする。

一体成形高さ  $h$  は、絞り値の増加にほぼ比例して大きくなり成形可能域に入る絞り値 1.6 では約 5 mm あることがわかる。

隙間比  $b/a$  及び一体成形高さ  $h$  に及ぼす板取り方向、クリアランス(板厚 1.0mm の場合 0.5mm、板厚 1.2mm の場合 0.3mm) の明瞭な差は見られない。

図 4 に SPCC 板の成形品（絞り値 1.6、板厚 1.0mm）の板厚変化の例を示す。

板厚変化の測定は、板取り方向が  $0^\circ$  方向と  $45^\circ$  方向の各成形品ごとに、成形品の底面のほぼ中心から底面直辺部中央を通りフランジ近傍に至るまでのもの（図中の成形品絵の破線で示す位置）と成形品の底面のほぼ中心から底面コーナー部を通り継ぎ目に沿ってフランジ近傍に至るまでのもの（図中の成形品絵の一点鎖線で示す位置）を 3 mm 間隔で行った。

この図から板厚変化は、板取り方向に関係なく、

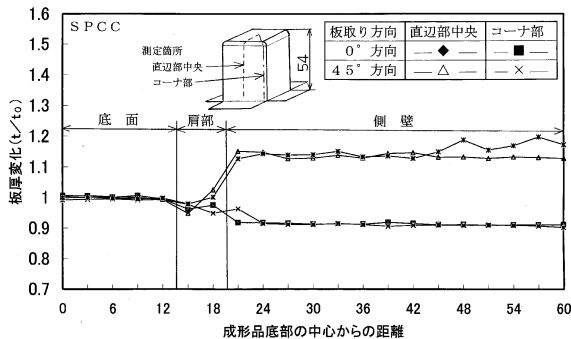


図 4 SPCC板の成形品の板厚変化  
(絞り値 1.6、板厚 1.0mm)

側壁中央を通る位置では薄くなり（板厚変化約 0.9）側壁コーナー部を通る位置では厚くなる（板厚変化約 1.2）ことがわかる。また成形品肩部の板厚減少は小さいこともわかる。

そして、板厚変化に及ぼす板取り方向の明瞭な差は見られない。

### 3.2 A5052 - O板の場合

図 5 に A5052 - O板の隙間比  $b/a$  及び一体成形高さ  $h$  の関係を示す。

この図から A5052 - O板の成形可能域は、各板共に一体成形高さ約 8 mm を越えたところから始まり、絞り値 1.8 ~ 2.0 の比較的狭い範囲にあることがわかる。

隙間比は絞り値の増加に伴って小さくなり、成形可能域ではほぼ一定に推移するが、クリアランスを小さくした場合（ $t = 1.2\text{mm}$ ）ではさらに減少する傾向が見られる。

また一体成形高さに及ぼす板取り方向、クリア

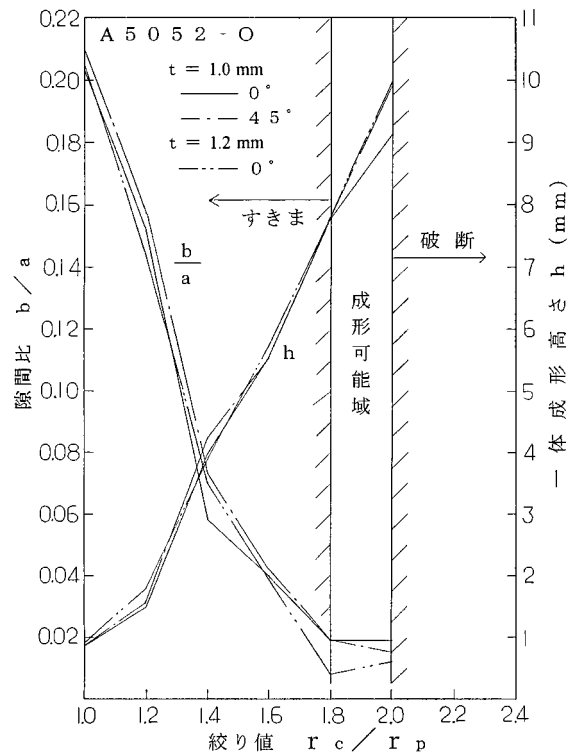


図 5 A5052 - O板の成形品隙間及び一体成形高さ

ランスの明瞭な差は見られない。

### 3.3 C2600P板の場合

図6にC2600P板の隙間比 $b/a$ 及び一体成形高さ $h$ の関係を示す。

この図からC2600P板の成形可能域は、各板共に一体成形高さ約8mmを越えたところから始まり、絞り値1.8～2.2の範囲にあることがわかる。

隙間比は絞り値の増加に伴って小さくなり、成形可能域では、ほぼ一定に推移する。

また一体成形高さ及び隙間比に及ぼす板取り方向、クリアランスの明瞭な差は見られない。

### 3.4 SUS430板の場合

図7にSUS430板の隙間比 $b/a$ 及び一体成形高さ $h$ の関係を示す。

この図からSUS430板の成形可能域は、一体成形高さ約5mmを越えたところから始まり、絞り値1.6～1.8の狭い範囲にあることがわかる。

隙間比は絞り値の増加に伴い小さくなり、成形可能域ではほぼ一定に推移するが、クリアランスを小さくした場合( $t = 1.2\text{mm}$ )ではさらに減少する傾向が見られる。

また一体成形高さに及ぼす板取り方向、クリアランスの明瞭な差は見られない。

なお、SUS430板の絞り成形では、ダイスにかじりを生じ、成形品の外側の側壁は肌荒れ状態となった。

## 4 結言

展開ブランクを用いて、冷間圧延鋼板(SPCC)、アルミニウム合金板(A5052-O)、黄銅(C2600P)、フェライト系ステンレス鋼板(SUS430)の各材質ごとに深い角筒容器の成形実験を行い、次の結果を得ることができた。

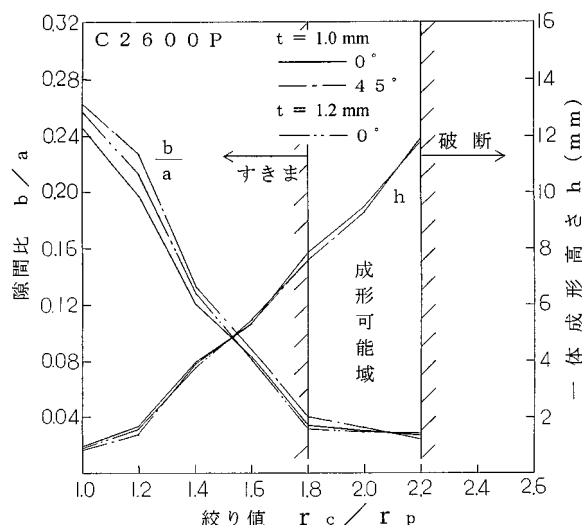


図6 C2600P板の成形品隙間及び一体成形高さ

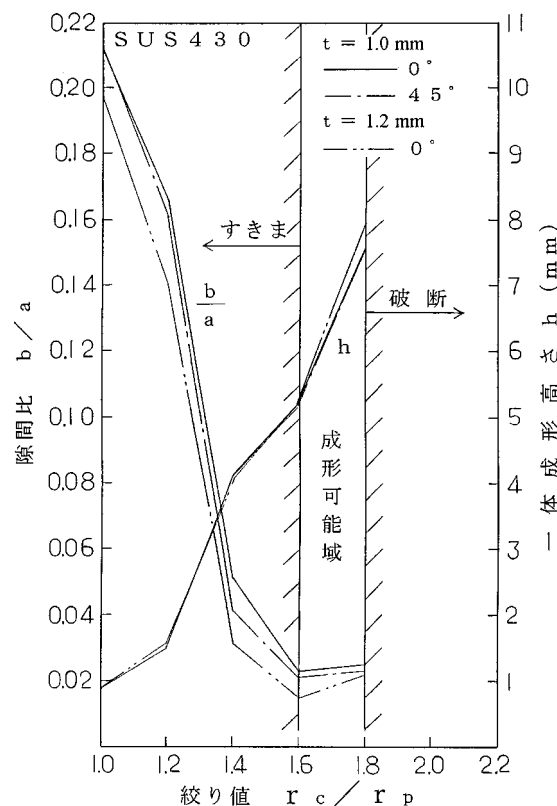


図7 SUS430板の成形品隙間及び一体成形高さ

- (1) 展開ブランクを用いた成形では、1工程で非常に底の深い角筒容器の成形が可能である。
- (2) 各板の成形可能域は、次のとおりである。
  - ・SPCC板の場合は、絞り値約1.6～2.2の範囲にある。

- ・ A5052 O板の場合は、絞り値約 1.8 ~ 2.0 の比較的狭い範囲にある。
  - ・ C2600P板の場合は、絞り値約 1.8 ~ 2.2の範囲にある。
  - ・ SUS430板の場合は、絞り値約 1.6 ~ 1.8の比較的狭い範囲にある。
- (3) 成形品の板厚変化は、各板共に側壁中央を通る位置では薄くなり側壁コーナ部を通る位置では厚くなる。
- (4) 各板共に、一体成形高さに及ぼす板取り方向、クリアランスの明瞭な影響は見られない。
- (5) 各板共に、成形可能域では隙間比はほぼ一定に推移するが、A5052 - O板及び SUS430板の場合においては、クリアランスを小さくすると隙間比はさらに減少する。

### (謝 辞)

最後に本研究を遂行するに当たり、終始御指導頂きました京都工芸繊維大学 工芸学部 機械システム工学科 教授 山口克彦先生に深く感謝申し上げます。

### (参考文献)

- 1) 山口克彦：金属の塑性加工技術における高精度化、知能化に関する調査研究（受託研究報告書 平成9年3月27日）
- 2) 山口克彦、高倉章雄：平成8年度 塑性加工春期講演会（1996.5.10～12名古屋）P.250
- 3) 山口克彦、高倉章雄、新原基宏、白川信彦：第47回塑性加工連合講演会（1996.11.2～4 金沢市）P.343
- 4) 山口克彦、高倉章雄、新原基宏、白川信彦：第48回塑性加工連合講演会（1997.11.12～14 山口市）P.353