

しわ押え面ビード制御プレス機械の開発

楯列 俊夫*

1. 研究の背景

板金プレス成形において、しわ押え面にビードを設ける場合と、ビードをつけないで平らな面にする場合がある。一般的に、比較的深い、単純な断面の容器には、材料のダイス穴への流れ込みを目的として、ビードを付けずに平らなしわ押え面としている。一方、成形高さはそれほど高くないが、形状が複雑な場合にはビードを設けて、張り出し成形が主となる成形を行っている。

このように、フランジ、しわ押え面およびしわ押え力の成形性への影響は最も重要であり、種々の方面から研究されているが、系統的に整理されたものはまだないようである。

これは次のような分類または観点から整理できる。

- (1) ブランクの形状
- (2) しわ押え、ダイス面の摩擦条件
- (3) しわ押え面の形状
- (4) しわ押え力を場所的に調節する方法
- (5) しわ押え力の加工中の時間的制御
- (6) フランジ部の材料流入を拘束

(1)については、blankの大きさおよび形状によって成形性は大きく異なり、特に形状による制御として、角筒絞りにおけるコーナカットによる絞り高さの向上がある。

(2)のしわ押えの摩擦条件については、フランジ部での材料としわ押えおよびダイスとの摩擦係数を減少するという点から潤滑剤の選択、ダイス、しわ押え面をコーティングする方法がある¹⁾。また、材料に表面処理を施し、その処理材の潤滑効果を利用するものなどがある。

(3)のしわ押え面の形状に関しては、ステンレスの厨房用流しなどの成形には、しわ押え面、およびダイス面を完全に平面とはせず、しわ押え面-ダイス面の間隙を調整する方法がある。しわ押えとしわ押えベースの間に1/100mm程度のスペーサを挿入し、しわ押え面部にわずかな凹凸を設け、いわゆる当たりを調節して、フランジ部に発生するしわを局所的に抑制する加工法がある。また別の観点から、平面状のしわ押え面とせず、しわ押え面にわずかな傾斜を設け円錐状にすることによって著しく成形性を向上することができる²⁾。これは円筒深絞りに適用される。しわ押え面が円周方向に曲率をもっているため、blankが絞り込まれるときの円周方向圧縮応力による座屈が生じにくいためである。この方法は成形品の径に比べて板厚の薄い場合にも有効である。類似の方法としてコンカルカップ試験がある

が、円錐角が大きく、しわ押えを用いない方法であり、薄板に対してはしわが発生しやすい。

(4)のしわ押え力の場所的強弱制御は、複数本の油圧シリンダーによってしわ押え力を与え、各油圧シリンダーの油圧を制御することによってなされる。これは、自動車ドアパネルの成形の研究に適用された。なお、このときのフランジ部はビードのあるしわ押えによって保持されている。

(5)しわ押え力の加工中の時間的制御は、成形中のポンチ力、板厚などを入力としてリアルタイムで行われる³⁾。これは円筒深絞り加工で製品円筒壁の板厚分布をなくす試みとして研究されている。

(6)のしわ押え面にビードを設けて材料の流入を制御する方法は、通常大型異形成形の成形性向上の手段に用いられる。一般にはフランジ部の全周または部分的に単列のビードが用いられるが、さらにフランジ部の拘束力を上げる必要のある場合には2列のビードが用いられ、その効果を研究したものもある⁴⁾。

これら成形性の向上の要因は、フランジ部の拘束を如何に制御するかであるといえる。上述のうち、最近の研究であるしわ押え力を場所的に制御する方法は、ポンチストロークすなわち時間的に制御することも可能であり、しわ押え面にビードを有する成形に適用している。従って、この成形では、ポンチストロークの初期からビード効果によってフランジ部は大きな拘束を受けている。さらに成形性を向上させるためには、変形初期はフランジ部の拘束を小さくして、成形後期にしわを制御できるよう大きなフランジ拘束を与えることができるような、フランジ拘束の幅広い制御機構を開発することが重要であると考えられる。

このような観点から、成形途中でビードを作用させることができる型構造のプレス機械の開発が考えられる。生産現場では実際にボディーしわを消去するために、ビードをもつ同じ形のもうひとつの金型で仕上げプレスする手段が用いられることがある。金型製作費が高価でない場合には有効であるが、高価な場合には、ビード作用を制御できるプレス機械が有効になると思われる。

ここでは、第1ステップとして、このような方法がどの程度効果があるかを調べることを目的とした。

2. 実験装置

実験に用いた材料は冷延鋼板 SPCC、板厚 0.5mm である。

写真1はその外観を示す。なお、ダイス肩Rは8mmであり、ポンチ先端Rは10mmである。ポンチとダイス穴とのクリアランスは20mmである。写真(a)、(b)はビードを取り付けた状

態であるが、ダイス、ポンチのしわ押え面のビード部は取り外しができる。写真1(c)のポンチ先端平頭部には円弧形の突起があるが、この部分は取り外しができ、今回の実験では突起部を除去し、平頭として実験した。

図1は本実験に用いたポンチ断面、ダイス穴の寸法およびビード取り付け溝を示す。ビード位置はダイス穴壁から17mmの距離にあり、その長さはダイス穴入り口の直辺部の長さに等しい。

図2にビード溝に挿入するビードの形状を示す。変形初期には、材料の絞り込みをよくするため、しわ押え面のビード取り付け凹部にスペーサを挿入し、ビードのない状態で加工し、変形途中でビード取り付け凹部のスペーサを除去し、ビード型を挿入してビードが働いた状態で加工することができる。しかし、ビード取り付け凹部にスペーサを挿入したとき、この上を材料がすべるので、ダイス表面を完全に平らにしなければならない。たびたびスペーサを挿入するので、いつもその表面を平らにすることが困難であ

るので、実験では、スペーサを挿入せずにビードが働かない状態とした。したがって、ビード取り付け凹部を材料が通過するとき、板材の上下表面の拘束がないため、しわが発生しやすい状態になるが、ビード部領域の幅が狭いため大きな影響はないとして実験した。

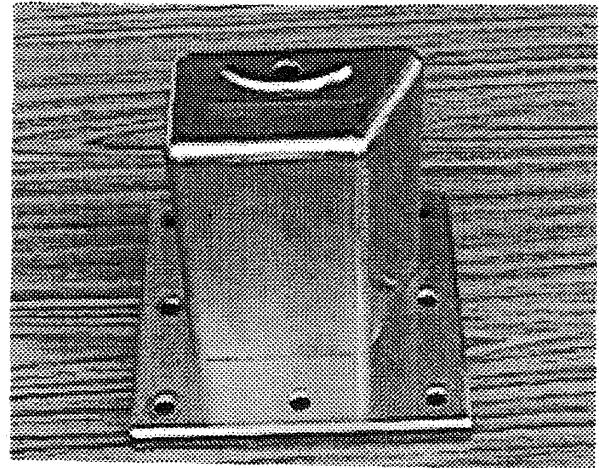


写真1(c) ポンチ

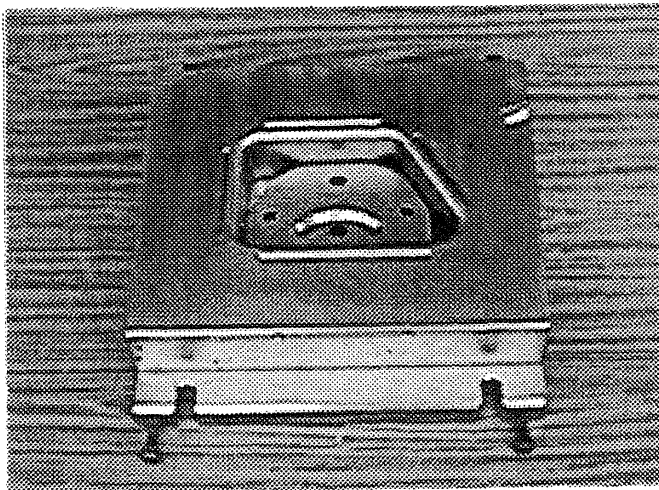


写真1(a) ダイス

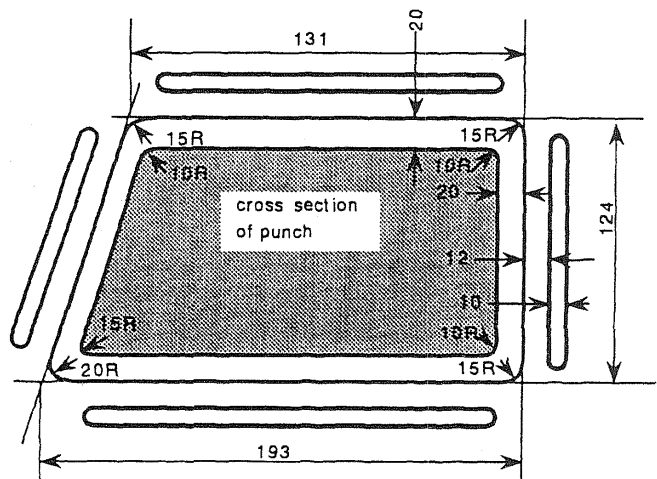


図1 ダイス穴およびポンチ寸法とビード位置

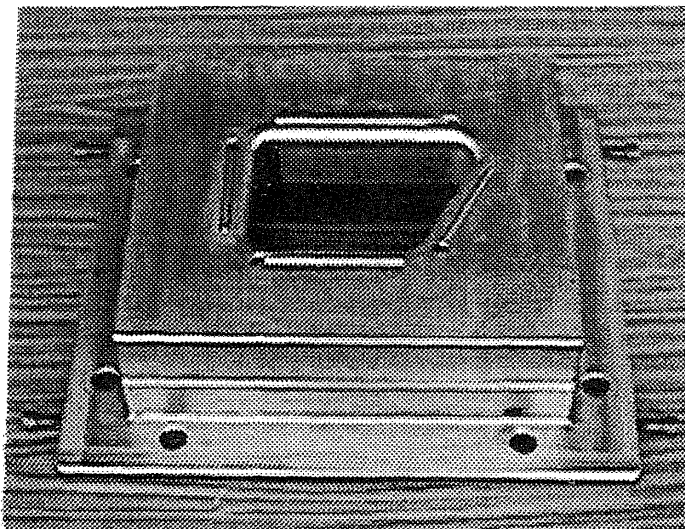


写真1(b) しわ押え

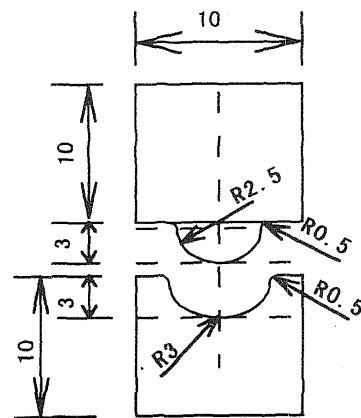


図2 ビード寸法

3. 実験方法

次の3つの実験を行った。

- (1) しわ押え面にビードを使用せず、最大の絞り深さを求める
- (2) しわ押え面にビードを設け、最大絞り深さを求める
- (3) 成形途中まではビードのないしわ押えを用いて、成形後期にビードを作用させて最大絞り深さを求める

図3にブランクの形状を示す。最適なブランク形状については研究課題であるが、ここでは実験結果の整理を簡単にするために長方形ブランクを用い、ブランクの外周の4辺からダイス穴までの最短距離 L を一定とした。 $L=35, 45, 55, 65\text{mm}$ の4種のブランクについて実験した。

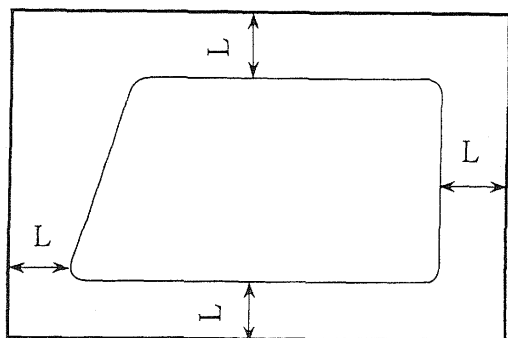


図3 ブランク寸法

実験はしわ押え力を一定にしてポンチを1mmずつ送り込み、その都度ボディーしわまたは破断が生じていないか調べ、しわまたは破断が生じたときのポンチストローク（成形深さ）を求めた。なお、しわの有無の判定は、目視と触指によった。破断はポンチ肩付近に生じ、しわは製品傾斜壁に生じた。製品の容器側壁が垂直な場合は、フランジしわが生じ、このしわが円筒へ壁に入り込む現象が問題になるが、今回の実験ではポンチとダイス穴壁に20mmの間隔があり、製品には傾斜壁があり、この部分のボディーしわが問題となる。したがって、フランジ外縁部にしわが発生しても、製品傾斜壁にしわの影響がなければしわ発生とはしない。写真2に製品を示す。

4. 実験結果と考察

図4は、しわ押え面にビードをつけて成形したときのしわ押え力に対する成形限界を示す。図からしわ限界線と破断限界線とが存在し、成形高さはしわ限界線と破断限界線の交点から決まることがわかる。 $L=35$ の実験で、しわ押え力25 kN のとき最大成形高さ 31mm が得られる。現象的には、しわ押え力が小さければしわが生じ、しわ押え力が大きければ破断が生じるという常識的な結果であり、適切なしわ

押え力のとき、最大の深絞り高さが得られることを示すものである。このとき、ブランクの外縁はダイス穴付近まで達し、ブランクの大きさからくる成形高さの限界である。したがって、これ以上寸法の小さなブランクを用いても成形高さは向上しないことがいえる。

図5はしわ押え面にビードがない場合の実験結果である。 $L=65\text{mm}$ のとき、最大成形高さ 29mm が得られる。

この研究の目的は、成形初期はビードなしで成形し、ボディーしわが発生した時点で、一旦ポンチ押し込みを中止し、ビードを作用させてフランジ部の材料をさらに拘束した後、再度ポンチを押し込みしわを除去することである。このとき、成形初期のしわ押え力の大きさと、どの程度のしわが発生したときにポンチ押し込みを中止するかが重要な因子となる。ここではそのしわ押え力とポンチストロークとをビード点といい、ビード点として、しわ限界線と破断限界線の交点を与えるしわ押え力より3.8kN 低いしわ押え力と、そのしわ押え力におけるしわ限界線上を採用した（図5中の●で示す）。すなわち、第1ステップで、しわができていても構わないから、より成形高さの大きい製品を製作して、第2ステップでビードを作用させてしわを消去しようとするものである。ここではビード点として、第1ステップでしわが発生した時点を採用したが、積極的にもう少しポンチを押し込み、しわが少し成長した時点にとることによってより成形性を向上することも考えられる。ここでは基礎実験として、しわ限界線上の点をビード点とした。

実験結果を図6に示す。図中の破線は第1ステップでの半製品の成形高さであり、第2ステップでビードのあるしわ押えでフランジ部を保持してポンチを押し込み成形高さを調べた。このとき、しわ押え力が大きすぎると材料はポンチ肩付近で破断し、適当なしわ押え力が存在する。例えば、図5(c)でビード点はしわ押え力 62 kN、ポンチス

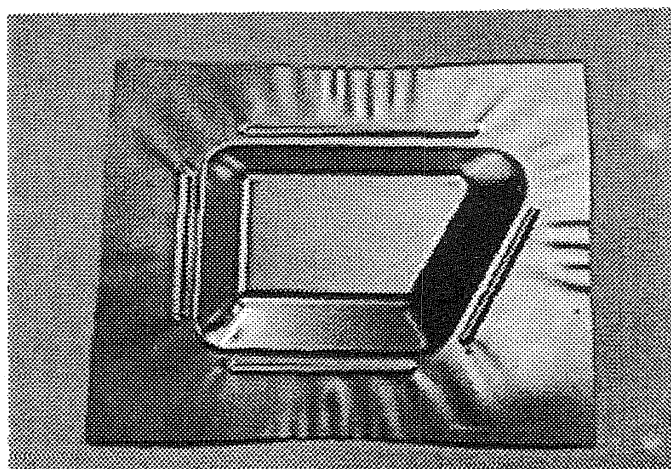
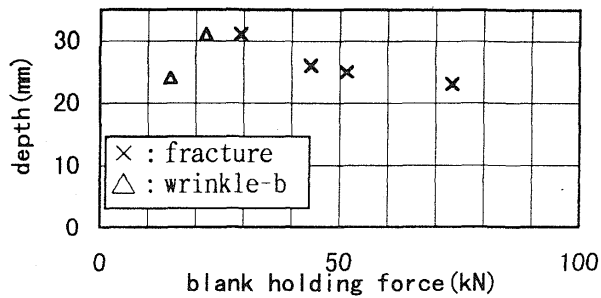
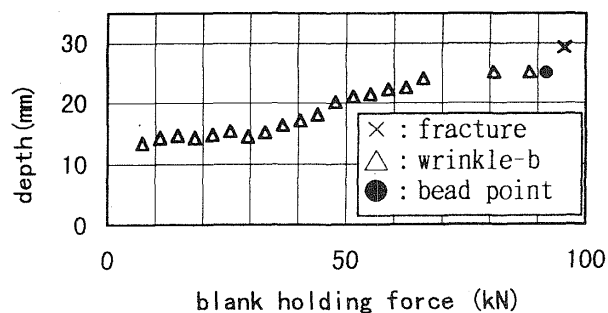


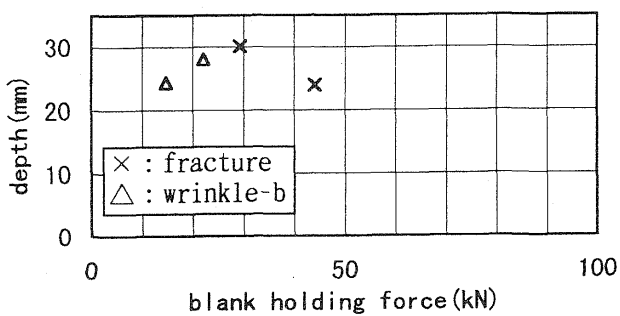
写真2 成形品



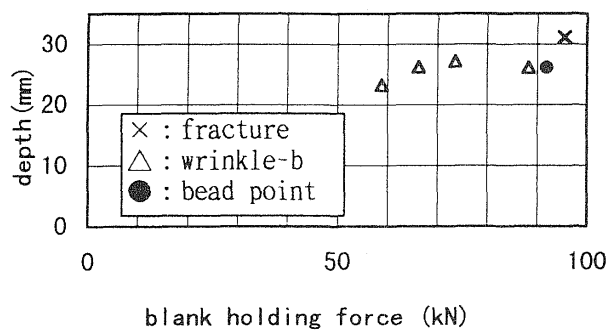
(a) L = 35



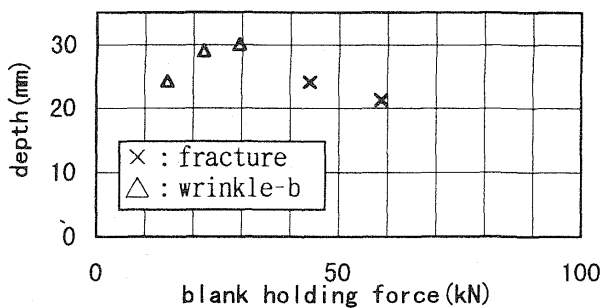
(a) L = 35



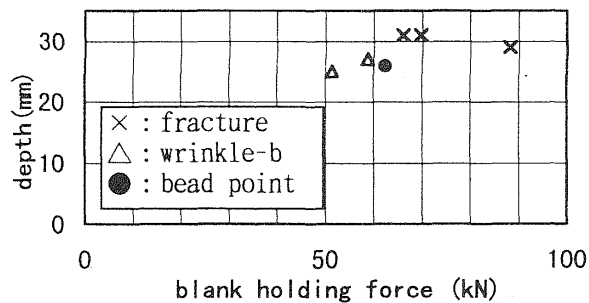
(b) L = 45 mm



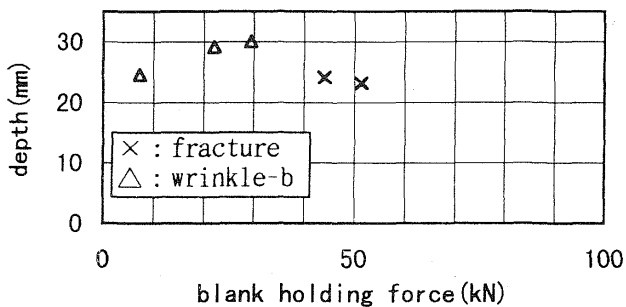
(b) L = 45 mm



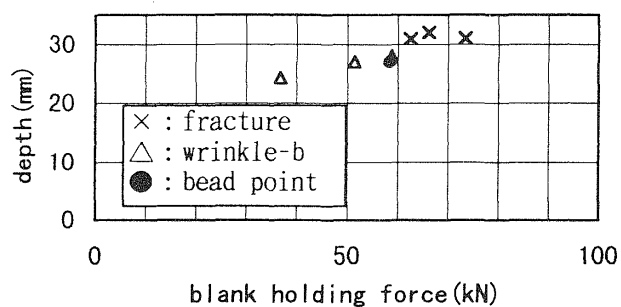
(c) L = 55 mm



(c) L = 55 mm



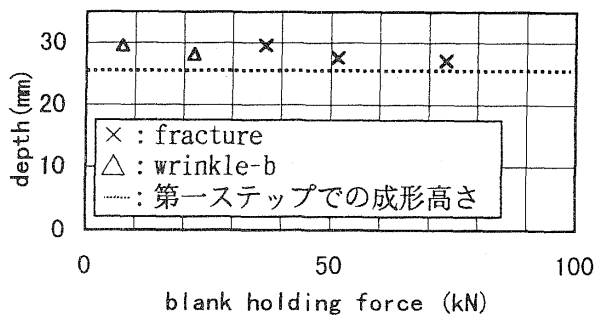
(d) L = 65 mm



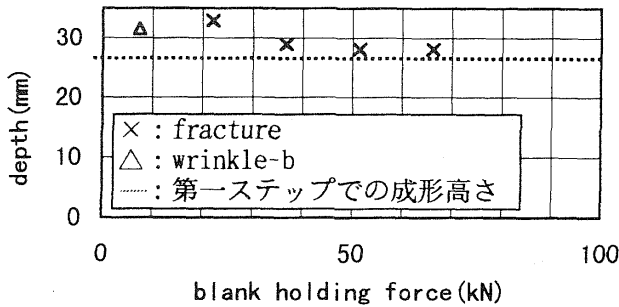
(d) L = 65 mm

図4 成形限界 (ビードなし)

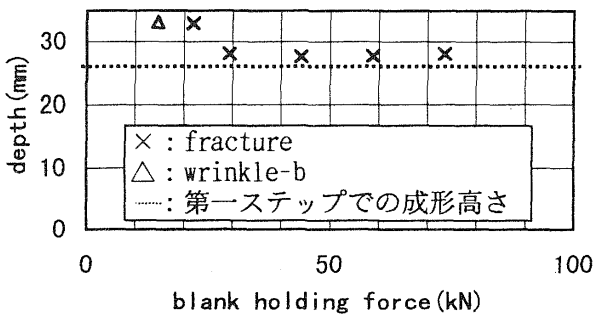
図5 成形限界 (ビードあり)



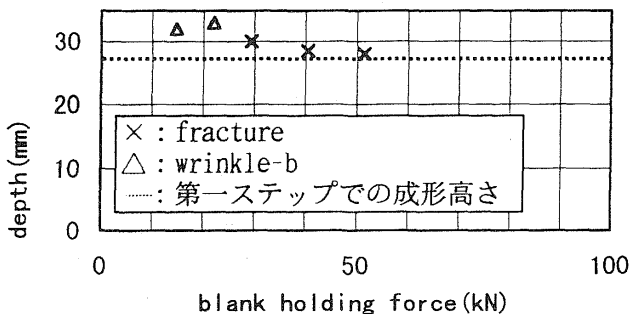
(a) L = 35 mm



(b) L = 45 mm



(c) L = 55 mm



(d) L = 65 mm

図6 成形限界 (成形途中でビード付加)

トローク 27 mmである。これは、L=55mm のブランクを用いて、ビードなしでしわ押え力 62 kNで、ポンチストローク 27 mmまで押し込み、ここで一旦加工を中断し、次にビードのあるしわ押えでフランジ部を保持して、しわ押え力 20 kNを作用させて加工すると、成形高さ 33 mmの製品が得られることを示している。図4, 5, 6の結果をまとめて表1に示す。成形中終始ビードを作用させて加工すると、最大成形高さは 31mm であり、全くビードを用いないで成形すると最大成形高さは 29mm であり、成形初期にはビードを作用せずに加工し、成形後期にビードを作用することによって最大成形高さ 33mm が得られる。

表1 加工条件による成形高さ

ブランク寸法		L=35	L=45	L=55	L=65
終始	成形高さ mm	31	29	26	26
	しわ押え力kN	25	25	35	35
終始	成形高さ mm	26	28	28	29
	しわ押え力kN	90	90	60	60
成形途中で	成形高さ mm	29	32	33	32
	しわ押え力kN	30	15	20	25

5. まとめ

本研究では、傾斜壁を有する容器の成形について実験し、変形初期にはビードを作用させず、フランジ部の材料がダイス穴に流入しやすい状態で成形し、成形後期でビードを作用させることによって、成形性すなわち成形高さの高い製品を成形することができた。

しかし、一般には大型異形の薄板成形でしわ、面ひずみなどが問題となり、ここでの絞り変形が主である加工と、張り出し変形が問題となるような加工との相違点についても研究されなければならない。

謝辞

本研究の実施に当たり、御支援いただいた財団法人天田金属加工機械技術振興財団に、心より厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 古閑伸裕：平7 塑加春講論，(1995)，p81.
- 2) 楯列俊夫ほか：塑性と加工，30-340(1989)，p696.
- 3) 真鍋健一：塑性と加工，34-387(1993)，p398.
- 4) 小嶋正康：塑性と加工，36-408(1995)，p74.