

プレス成形と接合の複合化による深い容器の成形技術の開発*

鎌 田 和 彦**

大 東 卓 央***

後 藤 卓 三***

【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、多品種少量生産への対応が強く求められている。そこで、これらの課題に対応した新しい加工方法として、プレス成形と接合の複合化による深い容器の成形技術の開発を試みた。研究では、冷間圧延鋼板(SPCC)、オーステナイト系ステンレス鋼板(SUS304)、アルミニウム板(A 1050調質O)の各材質ごとの展開ブランクを用いた深い円筒容器への成形実験を行った。

また、成形品の側壁にある継ぎ目をTig溶接、レーザービーム溶接一体化も試みた。

その結果、各材質とも展開ブランクの分割数が3分割又は、2分割による複合加工が適していることがわかった。

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。

そこで、深絞り加工において、絞り成形と接合を組み合わせた複合加工により多品種少量生産に対応できる新しいフレキシブルな加工方法について研究を行った。

ところで、深絞り加工の成否は、素板のポンチ

肩部にあたる材料強度とフランジ部の絞り抵抗の大小によって決定されるので、一工程で深い容器を得ようと外径の大きい素板(ブランク)を用いるとフランジ部の絞り抵抗が大きくなりポンチ肩部で破断を生じる。そのため、一般に深い容器の成形では、初絞りの後に再絞りやしごき加工を施す多工程により行われている。

本研究では、図1のようにフランジの一部を切り取ったブランク(展開ブランク)と接合を組み合わせた複合加工による深い容器の成形^{1)~4)}について検討を行ったので報告する。

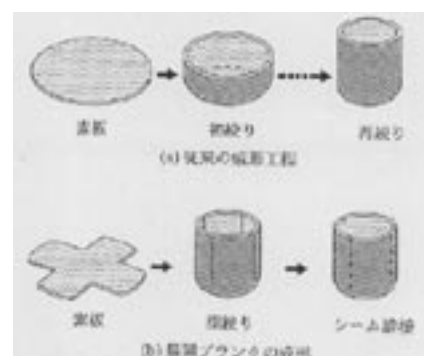


図1 深い容器の成形工程

* 「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」)

** 機械電子課 主任

*** 同上 主任研究員

この方法によれば、深い容器を一工程で成形できるので深絞りが多い製品の多品種少量あるいは極少量生産に対しては、有効な加工法になる。

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 mm の冷間圧延鋼板 (SPCC)、オーステナイト系ステンレス鋼板 (SUS304)、アルミニウム板 (A1050調質O) を図 2 に示すようにフランジ部の一部を切り取ったものである。ブランク形状は、外径 100 mm と 110 mm の 2 種類、分割数は 2 分割、3 分割、4 分割の 3 種類とした。

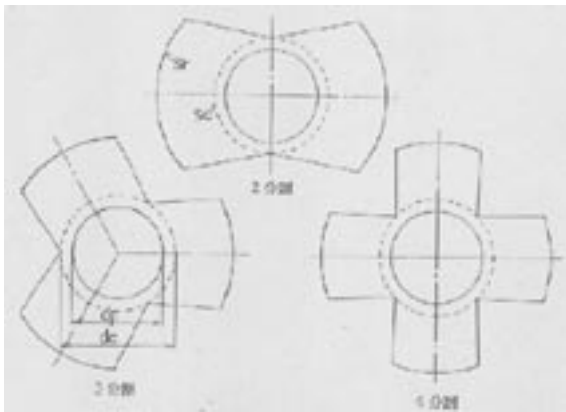


図 2 展開ブランクの形状

図 2 において、 d_p はポンチ径、 d_c は通常の深絞り加工と同様に絞り変形を受ける部分の直径を示している。展開ブランクは、フランジの外周 S_r の長さの和と C 点における円周の長さ S_c が等しくなるように製作した。これにより、 d_c より外側のフランジ部は、絞り加工中は順次ポンチ側へ移動し、C 点から順に接触しながら絞り変形を受けて容器の側壁部になる。

2.2 深絞り試験

以上の方法で制作したブランクを万能深絞り試験機 (最大ポンチ荷重 120 kN) を使用して、深い円筒容器に成形実験を行った。

使用した工具は、ポンチ径 40 mm、肩半径 2 mm、ダイス内径 43 mm、肩半径 2 mm、材質 SKD11 のものを使用した。潤滑は低粘度のパラフィン系鉱油のみ、同パラフィン系鉱油とテフロンシート ($t = 0.1 \text{ mm}$) の併用の 2 通り行った。しわ押さえ荷重は、製作したブランクの外径と形状によらず、材質ごとにそれぞれ 2 通りずつ設定して実験を行った。

以上の実験条件をまとめて表 1 に示す。

なお、表中の () 書きの数値は、しわ押さえ

表 1 実験条件

ブランクの材質	ブランクの形状	しわ押さえ荷重	潤滑
SPCC	外径 100mm 分割数 2, 3, 4	7.0kN (約1.6MPa) 3.5kN (約0.8MPa)	パラフィン系鉱油
	外径 110mm 分割数 2, 3, 4	3.5kN (約0.6MPa)	パラフィン系鉱油 パラフィン系鉱油 + テフロンシート
SUS304	外径 100mm 分割数 2, 3, 4	8.0kN (約1.8MPa) 4.0kN (約0.9MPa)	パラフィン系鉱油
	外径 110mm 分割数 2, 3, 4	4.0kN (約0.7MPa)	パラフィン系鉱油 パラフィン系鉱油 + テフロンシート
A 1050 - O	外径 100mm 分割数 2, 3, 4	1.4kN (約0.3MPa) 0.7kN (約0.2MPa)	パラフィン系鉱油
	外径 110mm 分割数 2, 3, 4	0.7kN (約0.1MPa)	パラフィン系鉱油 パラフィン系鉱油 + テフロンシート

荷重を各ブランクの初期面積で除した平均値である。

2.3 容器側壁部の接合

展開ブランクを深い容器に成形するとその側壁には、継ぎ目が存在する。その継ぎ目を接合するためTig溶接、レーザービーム溶接を試みた。

3. 実験結果及び考察

3.1 SPCC板の場合

潤滑条件（パラフィン系鉱油のみ）を一定にして、フランジ部の分割数と絞り領域の直径 d_c を変化させ、さらにしわ押さえ荷重を変化させたときのSPCC板の成形状況と最大ポンチ荷重の変化を表2に示す。

この表から3分割、4分割の成形性が良いこと（絞り比 $d_c / d_p = 65 / 40$ においても成形良好である。）、2分割でも成形可能なこと、絞り比の増加に伴い破断荷重に近づくこと及び、しわ押さえ荷重を半減させると全体的に最大ポンチ荷重が1kN～2kN低減傾向を示すことがわかる。

次に、しわ押さえ荷重を低めに一定にして、フランジ部の分割数と絞り領域の直径 d_c を変化させ、さらに潤滑条件を変化させたときのSPCC板の成形性と最大ポンチ荷重の変化を表3に示す。

この表から潤滑（パラフィン系鉱油+テフロンシート）を良くすると最大ポンチ荷重は、さらに1kN～5kN低減傾向を示し、成形性は向上する。（4分割、絞り比 $65 / 40$ において成形良好になる。）

表2 冷間圧延鋼板（SPCC）の成形可否に対するブランクの分割数、絞り比 d_c / d_p 及び、しわ押さえ荷重の影響

絞り比 d_c / d_p		50 / 40	55 / 40	60 / 40	65 / 40	70 / 40
分割数	しわ押さえ	7.0			×	×
		kN	P=26.7kN	P=33.7kN	P=39.8kN	P=46.4kN
	3.5				×	×
		kN	P=26.2kN (- 0.5kN)	P=32.3kN (- 1.4kN)	P=38.6kN (- 1.2kN)	P=45.0kN (- 1.4kN)
分割数	しわ押さえ	7.0				×
		kN	P=26.8kN	P=32.5kN	P=40.6kN	P=46.1kN
	3.5					×
		kN	P=26.4kN (- 0.4kN)	P=30.6kN (- 1.9kN)	P=40.0kN (- 0.6kN)	P=44.9kN (- 1.2kN)
分割数	しわ押さえ	7.0				×
		kN	P=26.1kN	P=34.1kN	P=40.7kN	P=46.8kN
	3.5					×
		kN	P=26.5kN (+ 0.4kN)	P=32.9kN (- 1.2kN)	P=39.4kN (- 1.3kN)	P=44.4kN (- 2.4kN)

- ・試料
材質 SPCC
形状 100mm
板厚 1.0mm
(d_c, d_p の単位mm)
- ・工具
ポンチ径 40.0mm
肩半径 2mm
ダイス内径 43.0mm
肩半径 2mm
- ・潤滑 パラフィン系鉱油
- ・成形状態
×破断
成形不良(継ぎ目隙間1mm以上)
成形可能 " 1mm未満)
成形良好(" 0.5mm未満)
- ・Pは、最大ポンチ荷重
()内は、しわ押さえを変化させた時のPの増減を示す。

表3 冷間圧延鋼板 (SPCC) の成形可否に対するブランクの分割数、絞り比 dc/dp 及び、潤滑の影響

絞り比 dc/dp		50 / 40	55 / 40	60 / 40	65 / 40
分割数	潤	パラフィン系鉱油 P=28.3kN	P=34.2kN	P=38.9kN	P=44.7kN
	滑	パラフィン系鉱油 P=25.8kN (- 2.5kN)	P=31.7kN (- 2.5kN)	P=37.9kN (- 1.0kN)	P=44.5kN (- 0.2kN)
分割数	潤	パラフィン系鉱油 P=27.3kN	P=32.2kN	P=39.5kN	P=46.9kN
	滑	パラフィン系鉱油 P=25.1kN (- 2.2kN)	P=31.2kN (- 1.0kN)	P=38.3kN (- 1.2kN)	P=43.2kN (- 3.7kN)
分割数	潤	パラフィン系鉱油 P=26.8kN	P=33.4kN	P=41.5kN	P=48.4kN
	滑	パラフィン系鉱油 P=24.9kN (- 1.9kN)	P=31.3kN (- 2.1kN)	P=37.4kN (- 4.1kN)	P=42.8kN (- 5.6kN)

- ・試料
材質 SPCC
形状 110mm
板厚 1.0mm
(dc, dp の単位 mm)
- ・工具
ポンチ径 40.0mm
肩半径 2 mm
ダイス内径 43.0mm
肩半径 2 mm
- ・しわ押さえ荷重 3.5kN
- ・成形状態
× 破断
成形不良(継ぎ目隙間 1 mm以上)
成形可能 " 1 mm未満)
成形良好(" 0.5mm未満)
- ・ P は、最大ポンチ荷重
() 内は、潤滑を変化させた時の P の増減を示す。

図3に、表3において潤滑条件を良くした場合の絞り比 = 60 / 40 ($dc = 60\text{mm}$ 、 $dp = 40\text{mm}$) における各分割数ごとのポンチ荷重 - ストロークの関係と、この材料の限界絞り比直下の円形ブランク (80mm 、 $t = 1.0\text{mm}$) のポンチ荷重 - ストロークの関係を併せて示す。

この図から、フランジ部を分割した直径110mmのブランクは、限界絞り比直下の円形ブランクよりも深い円筒容器に成形されている。

そして、分割数はポンチ荷重とストロークの関係に影響が少なくかつ、ポンチストロークが10mmくらいからポンチ荷重が一定になるのがわかる。

このことは、展開ブランクの外径をさらに大きくすれば円形ブランクでは成形不可能な底の深い円筒容器に成形できることを示す。

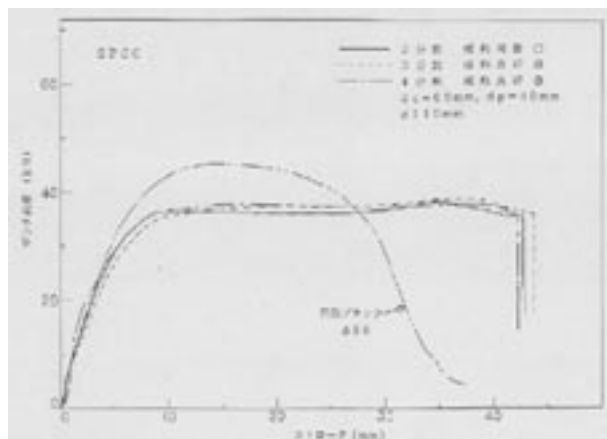


図3 SPCC板のポンチ荷重 - ストローク線図

写真1に各分割数ごとの成形品と外径180mmの成形品 (4分割、 $dc = 55\text{mm}$ 、 $dp = 40\text{mm}$ 、成形深さ80mm) を併せて示す。

3.2 SUS304板の場合

潤滑条件 (パラフィン系鉱油のみ) を一定にし

て、フランジの分割数と絞り領域の直径 d_c を変化させ、さらにしわ押さえ荷重を変化させたときのSUS304板の成形状況と最大ポンチ荷重の変化を表4に示す。

この表からSUS304板の成形性は、あまり良くな



写真1 SPCC板の成形品例 (左から 110mm 分割数 2, 3, 4, 180mm 分割数 4)

い。(全体的に成形不良、破断が多い。)

原因として、フランジ部分がC点から順に接触しながら絞り変形を受けるときのフランジの縮み抵抗が材料の引張強さに比べ相対的に大きいこと、材料強度が高いためダイス肩への接触面圧が高くなり低粘度の潤滑油では、潤滑作用が不十分になるためではないかと考えられる。⁵⁾ 後者のことは、ダイス表面に傷を生じ易いことから推察される。

一方、表4からしわ押さえ荷重を半減させると最大ポンチ荷重は全体的に低減傾向を示し、成形性は向上するのわかる。(3分割、絞り比 $d_c/d_p = 60/40$ において成形良好になる。)

なお、成形品には、スプリングバックの影響から小さい絞り比では、成形品側壁部にある継ぎ目部分に隙間を生じ易い。

表4 ステンレス鋼板 (SUS304) の成形可否に対するブランクの分割数、絞り比 d_c/d_p 及び、しわ押さえ荷重の影響

絞り比 d_c/d_p		50/40	55/40	60/40	65/40
分割数	し	8.0	×	×	×
	わ	kN	P=64.9kN	P=78.0kN	P=89.3kN
2	押	4.0	×	×	×
	さえ	kN	P=60.2kN (- 4.7kN)	P=76.2kN (- 1.8kN)	P=87.4kN (- 1.9kN)
分割数	し	8.0		×	×
	わ	kN	P=55.3kN	P=77.1kN	P=93.5kN
3	押	4.0			×
	さえ	kN	P=57.6kN (+ 2.3kN)	P=72.2kN (- 4.9kN)	P=92.4kN (- 1.1kN)
分割数	し	8.0		×	×
	わ	kN	P=57.0kN	P=81.3kN	P=95.4kN
4	押	4.0		×	×
	さえ	kN	P=56.1kN (- 0.9kN)	P=72.8kN (- 8.5kN)	P=95.5kN (+ 0.1kN)

・試料

材質 SUS304

形状 100mm

板厚 1.0mm

(d_c, d_p の単位mm)

・工具

ポンチ径 40.0mm

肩半径 2mm

ダイス内径 43.0mm

肩半径 2mm

・潤滑 パラフィン系鉱油

・成形状態

×破断

成形不良(継ぎ目隙間 1mm以上)

成形可能 " 1mm未満)

成形良好(" 0.5mm未満)

・Pは、最大ポンチ荷重

()内は、しわ押さえを変化させた時のPの増減を示す。

表5 ステンレス鋼板 (SUS304) の成形可否に対するブランクの分割数、絞り比 d_c/d_p 及び、潤滑の影響

絞り比 d_c/d_p		50 / 40	55 / 40	60 / 40	65 / 40
分割数	潤	パラフィン系鉱油 P=60.8kN	×	×	×
	滑	パラフィン系鉱油 P=45.7kN (- 15.1kN)	P=73.9kN (- 14.0kN)	P=92.0kN (- 3.4kN)	×
2	潤	パラフィン系鉱油 P=58.1kN	×	×	×
	滑	パラフィン系鉱油 P=41.9kN (- 16.2kN)	P=61.4kN (- 14.5kN)	P=82.9kN (- 12.5kN)	×
3	潤	パラフィン系鉱油 P=62.0kN	×	×	×
	滑	パラフィン系鉱油 P=46.2kN (- 15.8kN)	P=73.9kN (+ 1.1kN)	P=77.5kN (- 16.5kN)	P=86.0kN
4	潤	パラフィン系鉱油 P=62.0kN	×	×	×
	滑	パラフィン系鉱油 P=46.2kN (- 15.8kN)	P=73.9kN (+ 1.1kN)	P=77.5kN (- 16.5kN)	P=86.0kN

- ・試料
材質 SUS304
形状 110mm
板厚 1.0mm
(d_c, d_p の単位mm)
- ・工具
ポンチ径 40.0mm
肩半径 2mm
ダイス内径 43.0mm
肩半径 2mm
- ・しわ押さえ荷重 4.0kN
- ・成形状態
× 破断
成形不良(継ぎ目隙間 1mm以上)
成形可能 " 1mm未満)
成形良好(" 0.5mm未満)
- ・Pは、最大ポンチ荷重
()内は、潤滑を変化させた時のPの増減を示す。

次に、しわ押さえ荷重を低めに一定にして、フランジの分割数と絞り領域の直径 d_c を変化させ、さらに潤滑条件を変化させたときのSUS304板の成形性と最大ポンチ荷重の状況を表5に示す。この表から潤滑(パラフィン系鉱油+テフロンシート)を良くすると最大ポンチ荷重はさらに低減傾向を示し、成形性は向上する。(3分割、4分割、絞り比60/40において成形良好になる。)

図4に、表5において潤滑条件を良くした場合の絞り比=60/40($d_c=60\text{mm}, d_p=40\text{mm}$)における各分割数ごとのポンチ荷重-ストロークの関係と、この材料の限界絞り比直下の円形ブランク(75mm, $t=1.0\text{mm}$)のポンチ荷重-ストロークの関係を併せて示す。

この図からも、フランジ部を分割した直径110mmのブランク(3分割、4分割)は、限界絞

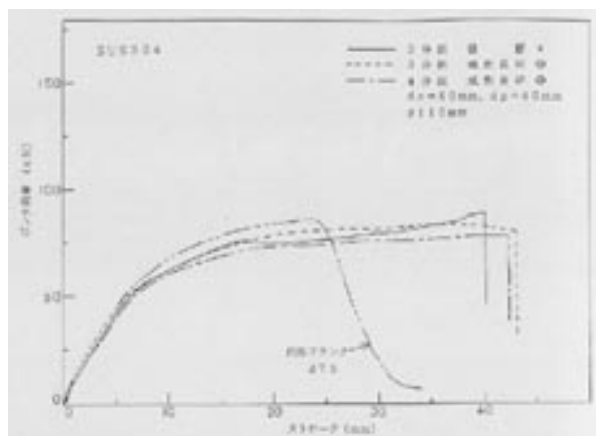


図4 SUS304板のポンチ荷重 - ストローク線図

り比直下の円形ブランクよりも深い円筒容器に成形されている。

2分割では、成形最後にポンチ荷重が急に増加して破断している。破断原因として、成形最後に当たるフランジ部分の縮み抵抗の増加が考えられる。(2分割の場合のフランジ部分は、他の分割

数のものに比べて特に末広がりである。)

また、2分割、3分割及び、4分割のポンチストローク線は、ポンチ荷重にばらつきはあるものの似かよっている。このことから分割数による成形性への影響は少ないと考える。

3.3 A1050 - O材の場合

潤滑条件(パラフィン系鉱油)を一定にして、フランジの分割数と絞り領域の直径 d_c を変化させ、さらにしわ押さえ荷重を変化させたときのA1050 - O材の成形状況と最大ポンチ荷重の状態を表6に示す。

この表からA1050 - O板の成形性は良くない。(全体的に破断が多い。)

原因として、A1050 - O板の r 値が引張強さに比べ相対的に小さいために、小さい絞り比の段階

でポンチ荷重が即、破断荷重を越えるためと考えられる。

一方、表6からしわ押さえ荷重を半減させると反対に最大ポンチ荷重は1kN~2kN増加傾向を示す。しかし、破断した試料からは成形性の向上(破断時の絞り深さの向上)を確認できる。

次に、しわ押さえ荷重を低めに一定にして、フランジの分割数と絞り領域の直径 d_c を変化させ、さらに潤滑条件を変化させたときのA1050 - O材の成形性と最大ポンチ荷重の状況を表7に示す。

この表から潤滑(パラフィン系鉱油+テフロンシート)を良くすると最大ポンチ荷重は、0.5kN~2.5kN低減し成形性は格段に向上する。

そして、2分割においても良好な成形を行える。

図5は、表5において潤滑条件を良くした場合

表6 アルミニウム板(A1050 - O)の成形可否に対するblankの分割数、絞り比 d_c/d_p 及び、しわ押さえ荷重の影響

絞り比 d_c/d_p			50 / 40	55 / 40	60 / 40	65 / 40
分割数	し	1.4	×	×	×	×
	わ	kN	P=9.0kN	P=11.4kN	P=12.3kN	
2	押	0.7	×	×	×	×
	さえ	kN	P=11.3kN (+2.3kN)	P=13.2kN (+1.8kN)	P=14.5kN (+2.2kN)	
分割数	し	1.4	×	×	×	×
	わ	kN	P=12.6kN	P=9.4kN	P=12.3kN	
3	押	0.7	■	■	×	×
	さえ	kN	P=10.6kN (-2.0kN)	P=12.3kN (+2.9kN)	P=14.1kN (+1.8kN)	
分割数	し	1.4	■	×	×	×
	わ	kN	P=8.2kN	P=12.6kN	P=12.3kN	
4	押	0.7	■	×	×	×
	さえ	kN	P=8.9kN (+0.7kN)	P=14.7kN (+2.1kN)	P=12.8kN (+0.5kN)	

- ・試料
材質 A1050 - O
形状 100mm
板厚 1.0mm
(d_c , d_p の単位mm)
- ・工具
ポンチ径 40.0mm
肩半径 2mm
ダイス内径 43.0mm
肩半径 2mm
- ・潤滑 パラフィン系鉱油
- ・成形状態
×破断
成形不良(継ぎ目隙間1mm以上)
成形可能 " 1mm未満)
成形良好(" 0.5mm未満)
- ・Pは、最大ポンチ荷重
()内は、しわ押さえを変化させた時のPの増減を示す。

表7 アルミニウム板 (A1050 - O) の成形可否に対するブランクの分割数、絞り比 d_c / d_p 及び、潤滑の影響

絞り比 d_c / d_p		50 / 40	55 / 40	60 / 40	65 / 40
分割数	潤	×	×	×	×
	滑	×	×	×	×
2	潤	パラフィン系鉱油 P=10.6kN	パラフィン系鉱油 P=12.6kN	パラフィン系鉱油 P=13.0kN	
	滑	パラフィン系鉱油 + テフロンシート P=8.4kN (- 2.2kN)	パラフィン系鉱油 + テフロンシート P=10.1kN (- 2.5kN)	パラフィン系鉱油 + テフロンシート P=11.2kN (- 1.8kN)	P=12.6kN
分割数	潤	×	×	×	×
	滑	×	×	×	×
3	潤	パラフィン系鉱油 P=9.2kN	パラフィン系鉱油 P=12.0kN	パラフィン系鉱油 P=13.0kN	
	滑	パラフィン系鉱油 + テフロンシート P=8.4kN (- 0.8kN)	パラフィン系鉱油 + テフロンシート P=9.7kN (- 2.3kN)	パラフィン系鉱油 + テフロンシート P=11.8kN (- 1.2kN)	P=13.1kN
分割数	潤	×	×	×	×
	滑	×	×	×	×
4	潤	パラフィン系鉱油 P=8.9kN	パラフィン系鉱油 P=12.7kN	パラフィン系鉱油 P=12.9kN	
	滑	パラフィン系鉱油 + テフロンシート P=8.2kN (+ 0.7kN)	パラフィン系鉱油 + テフロンシート P=10.2kN (- 2.5kN)	パラフィン系鉱油 + テフロンシート P=12.3kN (- 0.6kN)	P=13.8kN

- ・ 試料
材質 A1050 - O
形状 110mm
板厚 1.0mm
(d_c, d_p の単位mm)
- ・ 工具
ポンチ径 40.0mm
肩半径 2mm
ダイス内径 43.0mm
肩半径 2mm
- ・ しわ押さえ荷重 0.7kN
- ・ 成形状態
× 破断
成形不良(継ぎ目隙間 1mm以上)
成形可能(" 1mm未満)
成形良好(" 0.5mm未満)
- ・ Pは、最大ポンチ荷重
()内は、潤滑を変化させた時のPの増減を示す。

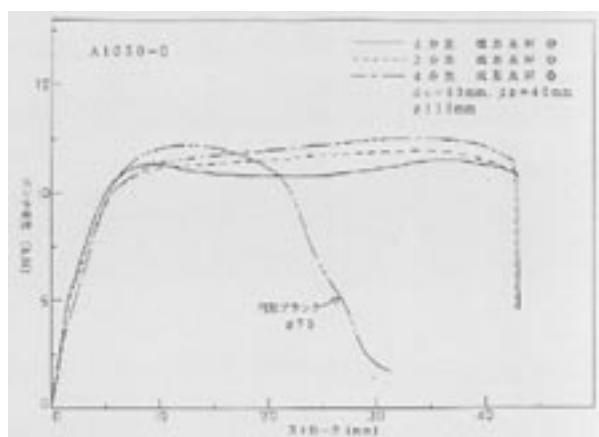


図5 A1050 - O板のポンチ荷重 - ストローク線図

の絞り比 = 60 / 40 ($d_c = 60\text{mm}$ 、 $d_p = 40\text{mm}$) における各分割数ごとのポンチ荷重 - ストロークの関係と、この材料の限界絞り比直下の円形ブランク (75mm) のポンチ荷重 - ストロークの関係を併せて示している。

この図からも、フランジ部を分割した直径

110mmのブランクは、限界絞り比直下の円形ブランクよりも深い円筒容器に成形されている。

そして、分割数はポンチ荷重とストロークの関係には影響が少なく、ポンチストロークが10mmくらいからポンチ荷重が一定になる。

3.4 継ぎ目部の接合の試み

本成形では、容器側壁部に継ぎ目が存在する。

この継ぎ目を接合する試みとしてTig溶接、レーザービーム溶接を行った。(各板材の成形品共に、Tig溶接、レーザービーム溶接による接合は可能である。)

Tig溶接は、溶加棒と裏当てジグを用いて手溶接で行われた。各材質の成形品共に容器内壁、外壁に良好な溶接ビードが形成され、完全に接合されている。しかし、薄板のTig溶接は、難しく、熟練



写真2 接合例（左からSPCC材のレーザー
ビーム溶接、A1050 - O材のTig溶接）

した技能、技術を必要とする。

レーザービーム溶接の場合は、各試料共に継ぎ目部分の隙間が大きいため（特にSUS304材）、ビーム径を大きくしてかなり低速度に溶接しないと接合は困難である。また、A1050 O材の低出力の溶接は、母材の溶融状態が不安定になり完全な接合は出来ない。

写真2に接合例を示す。

4. 結 言

プレス加工分野における多品種少量生産に対応可能な新しい加工方法の研究を行った。モデル実験として展開ブランクと接合を組み合わせた複合加工による深い円筒容器への成形実験を冷間圧延鋼板（SPCC）、オーステナイト系ステンレス鋼板（SUS304）、アルミニウム板（A1050調質O）の各材料ごとに行った。

また、各材料の成形品の継ぎ目部分の接合も試みた。そして、次の結果を得ることが出来た。

- (1) 各板共に、3分割又は、2分割の展開ブランクを用いた複合加工が適している。
- (2) 各板共に、展開ブランクの分割数による成形性への影響は少なく、絞り比による影響は大きい。

- (3) 冷間圧延鋼板（SPCC）の展開ブランクの成形性は比較的良好であり、2分割においても成形可能である。
- (4) オーステナイト系ステンレス鋼板（SUS304）の展開ブランクの成形では、材質特性による破断傾向、スプリングバックの影響及び、ダイスへの影響（傷を生じ易い。）が見られる。（ブランク形状、ポンチダイスのクリアランス、潤滑方法及びダイスの材質を適正にする必要がある。）
- (5) アルミニウム板（A1050 - O）の展開ブランクの成形性は、しわ押さえ荷重を低くして潤滑性を良くすると格段に向上し、2分割においても成形可能となる。
- (6) 成形品の継ぎ目の接合は、Tig溶接、レーザービーム溶接共に可能である。
しかし、Tig溶接による薄板成形品の継ぎ目部分の接合は、難しい。その点、レーザービーム溶接では、継ぎ目部分の隙間を完全に密着させるように成形できれば比較的スムーズに接合できるものと推察される。

（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 工学部 山口克彦教授、実験の際、大変お世話になった大学院生 新原基宏さんに深く感謝申し上げます。

また、接合に御協力頂きました小坂金属工業株式会社 代表取締役 小坂憲一氏、三菱電機株式会社 関西支社 産業メカトロニクス部加工機課 課長 森川美光氏、両氏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名古屋市) 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
- 5) 日本塑性加工学会編：塑性加工技術シリーズ
13「プレス絞り加工」コロナ社 P146、P149