

# マグネシウム合金板の深絞り・曲げ特性調査研究

日本工業大学 機械工学科

教授 古閑 伸裕

(平成 14 年度研究開発助成 AF-2002002)

**キーワード:** マグネシウム, 深絞り, 曲げ, 成形限界, 加工特性

## 1. 研究の目的と背景

エネルギー有効利用の見地から、自動車の燃費改善のための軽量化が叫ばれるとともに、民生機器のリサイクル率の向上なども社会的要請として求められている。このような要請に対応可能な構造材料としてマグネシウム (Mg) 合金が注目を集めている。同材の成形法にはチクソモールドイングやダイカストおよびプレス加工がある。これら成形法のうちでは、プレス加工法が抜群の生産性を有することから、すでに深絞り加工や曲げ加工などのプレス加工法によるマグネシウム合金の成形の試みや一部実用化が行われている<sup>1)</sup>。

Mg 合金板の深絞り加工は、1980 年代前半に奨励加工条件の公表<sup>2)</sup> や、近年になって加熱温度や成形速度を適正に管理すれば、極めて容易に大きな絞り比での加工や複雑形状部品の成形が行えるようになるなどの断片的な研究成果<sup>3)~5)</sup> が公表されている。しかし、例えば、実用的な加工速度の条件で、成形性に大きな影響を及ぼすパンチとダイの肩アール部半径やコーナアール部半径などの工具アール半径の大きさが成形性に及ぼす影響などが系統的に調査された事例は見当たらない。

Mg 合金の曲げ加工に関しては、AZ31 マグネシウム合金板の冷間 V 曲げ特性<sup>6)</sup> や温間曲げ成形限界の温度依存性<sup>7)</sup> などの断片的な調査研究成果が公表されている。しかし、成形温度や先端曲げアール半径、ダイ溝幅などの加工条件が互いに影響しあった条件の成形性や成形限界に及ぼす影響が詳細に調査された事例は見当たらない。

本研究では、上記明らかにされていない Mg 合金板のプレス加工特性や成形限界が明らかにできれば、Mg 合金の用途や需要の拡大に貢献できると考え、深絞り加工と曲げ加工の代表的なプレス加工の特性調査研究を行う。

## 2. 深絞りにおける加工特性調査

### 2-1 円筒容器の深絞り加工

#### (a) 実験条件および方法

図 1 に示す構造の、外径  $\phi 30\text{mm}$  の円筒容器深絞り金型を用い、表 1 に示す、パンチ肩アール部半径  $R_p$ 、ダイ肩アール部半径  $R_d$  のそれぞれの工具の組合せ条件下における限界絞り比  $LDR$  を調査する。

この場合、被加工材には、表 2 に示す機械的性質と化学成分の 3 種類の AZ31-0 材を用いる。材料 1 はインゴ

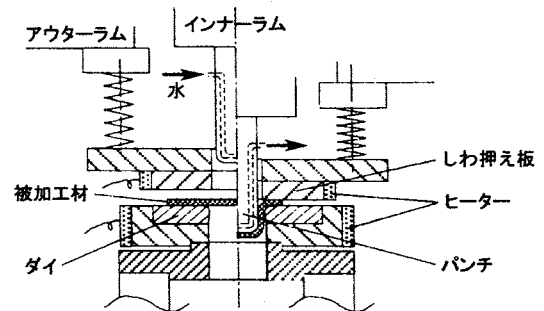


図 1 Mg 合金板の深絞り加工用金型構造概略図

表 1 準備した工具肩アールと板厚比

パンチ $R_p$ (mm)	1, 2, 3, 4, 5
$R_p/t(t=0.5\text{mm})$	2, 4, 6, 8, 10
$R_p/t(t=0.9\text{mm})$	1.1, 2.2, 3.3, 4.4, 5.6
ダイ $R_d$ (mm)	0.5 ( $t=0.5\text{mm}$ のみ使用), 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10
$R_d/t(t=0.5\text{mm})$	1, 2, 4, 6, 8, 10, 14, 20
$R_d/t(t=0.9\text{mm})$	1.1, 2.2, 3.3, 4.4, 5.6, 7.8, 11.1

表 2 被加工材 (AZ31-0) の機械的性質と化学成分

材料番号	引張強さ	0.2%耐力	伸び (G.L.=50mm)	
材料 1	245MPa	141MPa	25%	
材料 2	263MPa	172MPa	22%	
材料 3	246MPa	201MPa	17%	
材料 1 (vol%)	Al	Zn	Mn	Fe
	2.7	0.9	0.47	0.004
	Si	Cu	Ni	Mg
	< 0.05	< 0.01	< 0.005	残
材料 2	Al	Zn	Mn	Fe
	3.166	0.919	0.412	0.005
	Si	Cu	Ni	Mg
	< 0.05	< 0.01	< 0.005	残

ットから圧延加工により  $t=0.9\text{mm}$  厚さまで圧延された板材、材料 2 は約  $1\text{mm}$  の押し材を  $0.9\text{mm}$  の厚さに圧延加工されたもの、そして材料 3 は材料 2 と同一の押し材から  $t=0.5\text{mm}$  の厚さまで圧延加工された板材である。また、成形時のフランジ部の材料加熱温度は、これまでの研究成果<sup>3), 4)</sup> から実用的な絞り比が得られ、工具の酸化による劣化が比較的少ないなどの観点から実用的な加熱温度と考えられる  $T=520\text{K}$  とし、パンチには水冷パンチを用いる。しわ抑え力は、著者らの予備実験の結果から、しわの発生がない成形品が得られた適正なしわ抑え力と判断できた値  $Ph=5\text{kN}$  一定とする。また成形速度は、

主として実用的な成形速度と考えられる  $V=30\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$  とする。そして、高温域においても十分な潤滑性能が得られる水分散系プレコート潤滑剤（コスモ石油ルブリカンツ製試作油）<sup>4)</sup> を潤滑剤として用い、工具には SKD11 製（HRC58）のノンコートド工具を使用する。

なお LDR は、絞り比が 1.2 から 0.2 づつ大きくなるような直径のブランクをそれぞれ準備し、絞り比が小さな条件から成形を行い、同一絞り比で 5 回の深絞り加工を行い、過半数が破断した絞り比より 0.2 小さな絞り比を LDR とする方法で決定した。

(b) 実験結果および考察

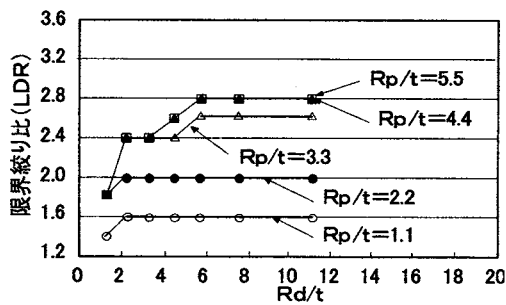
図 2 (a)~(c) に各種 AZ31 材（材料 1~材料 3）の LDR 調査結果を示す。材料 1 の場合（図 2 (a)）は Rp (Rp/t) の増加とともに LDR が向上する傾向が認められた。また、Rp/t が 1.1 や 2.2 と小さな条件では Rd/t が 2 以上で、Rp/t が 4.4 と 5.6 の比較的大きな条件では Rd/t が 5.6 以上で、Rd/t を大きくしても LDR がほぼ一定値となる Rd/t の臨界値が存在することがわかった。この臨界値はやや異なる（鋼材の場合の臨界値は Rp/t の違いによらずいずれも 4 付近）ものの、Rp/t や Rd/t の変化に伴う LDR に対する影響は鋼板の冷間深絞りにお

ける結果<sup>8)</sup> とほぼ同様の傾向を示すことがわかった。これに対し、材料 2 と材料 3 では、Rp/t=1.1, 1 では Rp/t $\geq$ 2.2, 2 の条件に比べ LDR が大幅に低下するが、Rp/t $\geq$ 2.2, 2 ではいずれも同様に LDR が大きく向上し、Rp/t の増加に伴う LDR の変化はほとんど認められなかった。また、いずれの Rp/t においても Rd/t $\geq$ 5.6, 6 で LDR がほぼ一定となることがわかった。ただし、いずれの Mg 合金においても Rp/t=1.1 および 1 の小さなパンチ肩部半径で成形された容器には、パンチ肩部に相当する成形品の外表面に大きな割れの発生が認められ、Rp/t=2.2 および 2 の場合には、同部に細かな割れや肌あれが発生する現象が認められた。

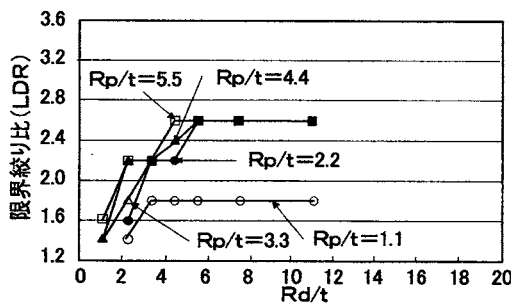
つぎに、Mg 合金板の深絞り加工においては成形速度（ひずみ速度）の成形限界に及ぼす影響が極めて大きい<sup>4)</sup> ことから、成形速度を遅くすれば小さな肩アール部半径の工具でも不良発生のない成形品が得られるのではないかと考え、材料 3 について各種成形速度 V での LDR と不良発生の有無を調査した。

その結果、図 3 に示すように、Rd/t=4 の一定条件下で V を変化した場合（図 3 (a)）は、Rp/t=4 では V の減少とともに LDR の大幅な向上が認められ、いずれも割れや肌あれなどの不良発生のない成形品が得られた。これに対し、Rp/t が 1 や 2 の条件では、V が減少しても LDR の向上は認められず、さらに Rp/t=1, 2 の条件で成形されたものには、いずれも  $V=30\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$  の場合と同様に割れや肌あれの不良発生が避けられず、成形速度の成形品不良発生防止効果は認められなかった。

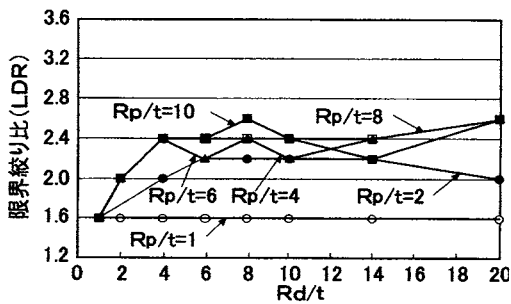
また、Rp/t=4 一定の条件下で、Rd/t=1, 2, 4 のそれぞれの条件で V を変化した場合（図 3 (b)）は、いずれの場合も割れや肌あれなどの不良発生は認められな



(a) 材料 1

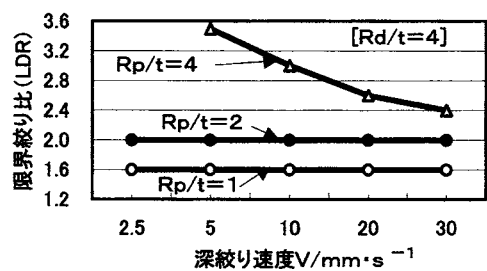


(b) 材料 2

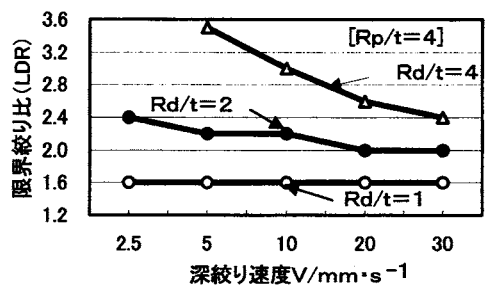


(c) 材料 3

図 2 工具肩アールの LDR に及ぼす影響



(a) 各種 Rp における V の LDR に及ぼす影響



(b) 各種 Rd における V の LDR に及ぼす影響

図 3 成形速度と肩アールの LDR に及ぼす影響

かったが、 $R_d/t$  の減少とともに、 $V$  の減少に伴う LDR の向上効果が薄れ、 $R_d/t=1$  では全く LDR 向上効果が認められなかった。

以上の結果から、割れや肌あれなどの不良発生のない成形品を得るためには  $R_p/t \geq 4$  の条件設定が必要であること、また成形速度の減少による LDR 向上効果を得るには  $R_p/t \geq 4$ 、 $R_d/t \geq 2$  の工具条件の設定が必要であることがわかった。

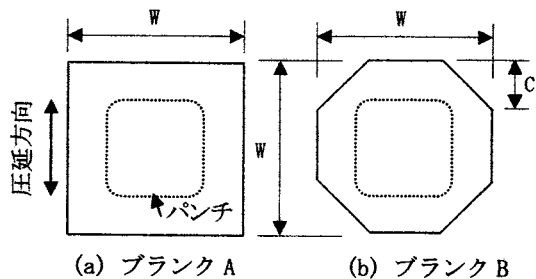
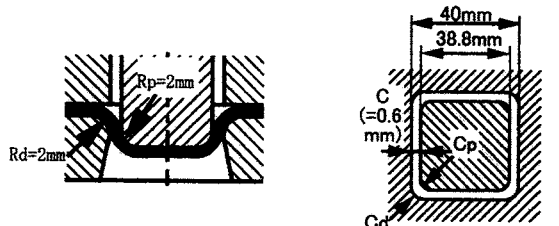
## 2・2 角筒容器の深絞り加工

### (a) 実験条件および方法

表3に示す、一辺が38.8mmの正方形パンチと、40mm ( $=L$ ) のダイの3種類のコーナーアール半径の組合せ工具を用い、図4に示すような正方形ブランク(ブランクA)と、このブランクAの四隅をカットしたブランク(ブランクB)の2種類のMg合金(板厚： $t=0.5\text{mm}$ )製ブランクから、所定の深さ  $h$  の正方形(角筒)容器をそれぞれ製作する。この場合、成形速度は  $V=5\sim 30\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$  とする。成形温度は  $T=520\text{K}$  一定とし、潤滑剤には水分散系プレコート潤滑剤を用いる。被加工材には表2中の材料3と同一の、板厚  $t=0.5\text{mm}$  のAZ31 Mg合金板を用いる。

表3 工具コーナーアールと板厚比

工具	パンチコーナーアール : $C_p$ ( $C_p/t$ )	ダイコーナーアール : $C_d$ ( $C_d/t$ )
1	0.4mm (0.8)	1.0mm (2.0)
2	1.4mm (2.8)	2.0mm (4.0)
3	3.4mm (6.8)	4.0mm (8.0)



	W	C
$h = 20\text{ mm}$	78 mm	12.2 mm
$h = 15\text{ mm}$	66 mm	8.7 mm
$h = 10\text{ mm}$	56.6 mm	6.8 mm
$h = 5\text{ mm}$	47.2 mm	5 mm

図4 ブランク形状およびサイズ

### (b) 実験結果および考察

まず、前節の円筒容器成形実験で割れや肌あれなどの製品不良の発生がなく成形が行えた、 $R_p/t=4$ 、 $R_d/t=4$  の一定条件下で、ブランクA、Bを用い、上記それぞれ

コーナーアール部半径が異なる条件で深絞り加工を行った。この場合の絞り深さは  $h=20\text{mm}$  ( $h/L=0.5$ ) 一定とした。

その結果、図5(ブランクAの場合)に示すように、実用的な成形速度と考えられる  $V=30\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$  においてもパンチコーナー部半径  $C_p=0.4\text{mm}$  ( $C_p/t=0.8$ ) という極めて小さなコーナー部半径の角筒容器が成形できることがわかった。また、これら成形品には割れや肌あれの不良発生は認められなかった。なおこの成形条件は、軟鋼板(SPCE)による角筒容器の冷間深絞りにおける成形限界深さ<sup>9)</sup>とほぼ同程度であった。

そこでつぎに、各種家電品などの筐体等に利用される角筒容器 ( $h/L=0.5$ ) などの製作を想定し、被加工材板厚と同程度のコーナー部と肩部のアール半径を有する工具を用い、正方形容器を得る場合の成形限界深さについて調査検討した。すなわち、 $C_p/t=0.8$ 、 $R_d/t=4$  一定条件で、成形速度  $V$  を種々変化させ、小さな先端アール ( $R_p/t=1$ 、2)での深絞り実験を行った。

図6に2種類の形状のブランクを用いて成形した場合の成形限界調査結果を示す。 $R_p/t=2$  では、 $V$  を遅くすれ

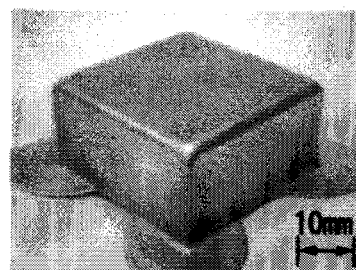
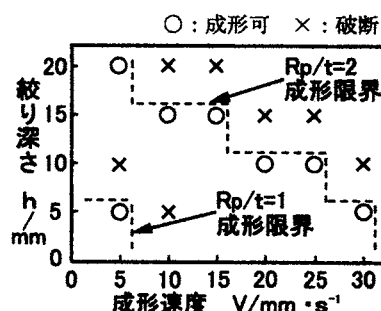
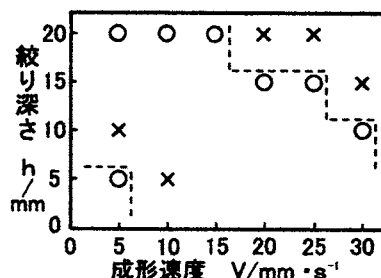


図5 コーナーアール  $C_p=0.4\text{mm}$  ( $C_p/t=0.8$ ) のパンチで成形された角筒容器



(a) ブランクA



(b) ブランクB

図6 小コーナーアール正方形容器深絞り加工における成形限界

(AZ31,  $t=0.5\text{mm}$ ,  $\square 40\text{mm}$ ,  $R_p/t=4$ ,  $R_d/t=4$ )

ば成形限界深さの向上が認められたが、 $R_p/t=1$  ではないずれのブランク、 $V$ においても絞り深さ $h=10\text{mm}$  ( $h/L=0.25$ )以上の成形品を得ることができなかった。

以上の結果より、 $h/L \geq 0.5$ のMg合金製角筒容器は、被加工材板厚と同程度の肩部半径を有するパンチ ( $R_p/t=1$ )による深絞り成形は困難であることがわかった。

### 2・3 サイジングによる小先端半径の成形

#### (a) 実験条件および方法

前節の角筒容器深絞り実験により、肩部とコーナ部のアール半径が共に板厚と同程度の小さな工具を用い、角筒容器を成形することは困難であることが判明した。そこで、上記2種類の形状ブランクから深絞り成形されたそれぞれの容器を用い、これら容器の肩(先端)部をサイジング(リストラйкиング)により矯正加工を行うこととする。サイジングに供する深絞り容器には、 $R_p/t=4$  ( $R_p=2\text{mm}$ )と $R_p/t=6$  ( $R_p=3\text{mm}$ )の条件で成形されたそれぞれの角筒容器(いずれも $C_p/t=0.8$ )を用いることとし、これらを図7に示すように、肩部半径が $0.5\text{mm}$ のパンチ ( $C_p/t=0.8$ )と底部半径が $1.0\text{mm}$ のダイ ( $C_d/t=2.0$ )を取り付けた金型内にセットし、各種成形温度でのサイジングを行う。この場合、被加工材の加熱温度は $T=370\sim 520\text{K}$ とする。また、このサイジングは順送金型を用いて深絞り加工と同一の金型内で行うことを想定し、 $R_p/t \geq 4$ の条件で安定した深絞り加工が行えた成形速度 $V=30\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ と同一の速度でサイジングを行うこととする。

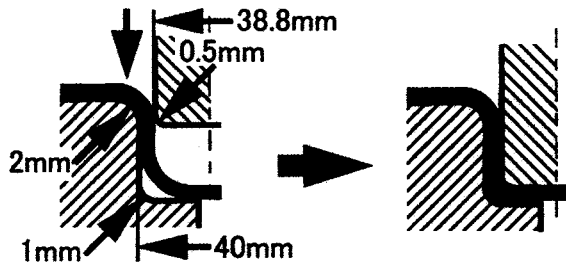


図7 深絞り容器先端部のサイジング方法

#### (b) 実験結果および考察

表4に各種条件でサイジングされた容器の評価結果を示す。サイジング後の成形品表面に割れや肌あれの不良発生がない良好な成形品が得られた場合を“○”，割れの発生はないが表面に梨地状の肌あれが発生した場合を“△”，そして容器先端部に割れが発生した場合を“×”

表4 サイジング成形品の評価結果

成形温度	$R_p/t = 4$		$R_p/t = 6$	
	ブランク A	ブランク B	ブランク A	ブランク B
520 K	○	○	○	○
470 K	△	○	△	○
420 K	×	△	×	×
370 K	×	×	×	×

○：良好な成形品 △：肌あれ発生 ×：割れ発生

として評価した。

全体的傾向としては、より小さな肩部半径で成形された深絞り容器を用いたほうがやや成形可能域が拡大すること、また成形温度 $T$ が $470\text{K}$ 以上でなければ容器先端部に割れや肌あれの発生を防止できないことがわかった。そして、コーナカットしたブランクBを用いたほうがブランクAを用いた場合に比べ、割れや肌荒れ発生のない成形品が得られる成功域が拡大することもわかった。

図8に、四隅をカットしたブランクBを用い、 $R_p/t=4$ 、 $R_d/t=4$ 、 $C_p/t=0.8$ 、 $h/L=0.5$  ( $h=20\text{mm}$ )の条件で成形された深絞り容器を、 $T=470\text{K}$ 以上の温度条件下で肩部アール半径 $0.5\text{mm}$ のパンチと底部アール半径 $1.0\text{mm}$ のダイによりサイジングした成形品を示す。割れや肌あれなどのない、先端部とコーナ部の半径がいずれも小さな角筒容器を成形することができた。

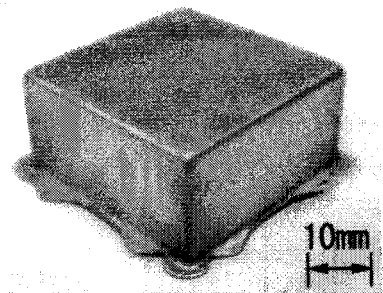


図8 サイジング成形後の角筒容器 (AZ31,  $t=0.5\text{mm}$ ,  $\square 40\text{mm}$ ,  $R_p/t=1$ ,  $C_p/t=0.8$ )

### 3. 自由曲げにおける加工特性調査

#### 3・1 実験条件および方法

図9に示す温間V曲げ金型を用い、自由曲げ加工を行う。この金型は、同図中に示すように、両端のブロックにより曲げストローク $S$ を規制することで、所望の曲げ角度( $90^\circ$ )を得る構造であり、パンチとダイのそれぞれに棒状ヒータを内蔵することで、所定の高温域での曲げ加工が行えるものである。なお、金型内にセットする工具(パンチとダイ)には、表5に示す諸元のものを用意した。曲げ加工速度 $V$ は予備実験において曲げ部精度にそれほど大きな影響を与えないことがわかったため、 $8\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ の一定条件とする。

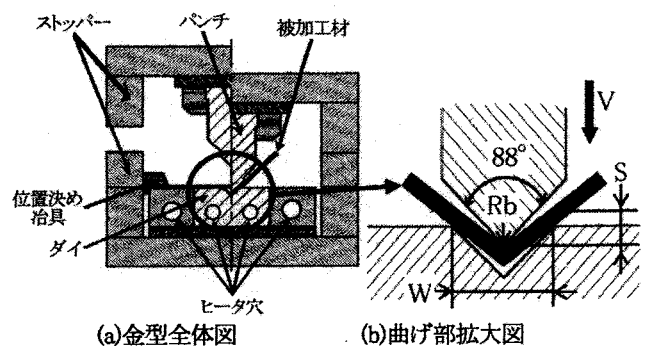


図9 曲げ加工用金型概略図

被加工材には、表6に示す化学成分、機械的性質の AZ31Mg 合金板（アズロール材、板厚  $t=0.5\text{mm}$ ）と、比較のための SPCC 材を一部条件で用いる。これらを  $50\text{mm} \times 100\text{mm}$  の長方形ブランク材とし、長辺を2分する位置で曲げ加工を行った。被加工材の加熱温度  $T$  は、RT（室温）、320、370、420、470、520K の6条件とする。曲げ方向は圧延ロール目に対し直角方向と平行方向の2条件とする。

表5 使用工具の諸元

ダイ溝幅 $W$	4, 6, 12(mm)
パンチ先端 アール半径 $R_b$	0.2, 0.5, 0.8, 1.5(mm)

表6 AZ31Mg 合金板の機械的性質および化学成分

機械的性質				
引張強さ(MPa)	0.2%耐力(MPa)		伸び(%)	
277	129		15.3	
化学成分(mass%)				
Al	Zn	Mn	Fe	Si
2.7	0.9	0.47	0.004	<0.05
Cu	Ni	Mg		
<0.01	0.005	残		

### 3・2 実験結果および考察

#### (a) 曲げ部性状

表7に各種温度条件および工具条件で加工を行った曲げ部性状を目視により評価した結果である。“○”は良好な曲げ部性状が得られた場合を示し、“△”は曲げ変形部に肌荒れが、“×”は割れが発生した場合をそれぞれ示している。

表7 曲げ部性状評価結果

W/mm	T/K	Rb/mm	RT		320		370		420		470		520	
			直角	平行	直角	平行	直角	平行	直角	平行	直角	平行	直角	平行
4	0.2	0.2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	△
			×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	△
			×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	○	○
			×	×	×	×	×	×	○	△	○	○	○	○
6	0.2	0.2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	
			×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	
			×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	○	○
			×	×	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○
12	0.2	0.2	×	×	×	×	△	△	○	○	○	○	○	
			×	×	×	×	△	△	○	○	○	○	○	
			×	×	×	×	△	△	○	○	○	○	○	
			×	×	△	△	○	○	○	○	○	○	○	

全体的傾向としては、Mg 合金板をこのように比較的小さな曲げアール半径で成形する場合は、材料の加熱が不可欠であること、また、材料加熱温度  $T$  が高いほど、パンチ先端アール半径  $R_b$  が大きいほど、そして、ダイ溝幅  $W$  が大きいほど肌荒れや割れ発生のない曲げ部性状が得やすくなることがわかった。しかし、一見  $W$  の大きな条件では成形可能な条件域が広いように判断できるが、後述するように、曲げ部の内アール半径が  $R_p$  より大幅に増大し、所望の小さな曲げアール半径に成形されないことがわかった。すなわち、特に  $R_b$  が小さな曲げでは、肌荒れや割れなどの不良のない曲げ加工を行うためには、 $W$  が小さな工具条件で  $T=520\text{K}$  程度まで  $T$  を高めなければ成形できないことがわかった。また、曲げ方向については、圧延方向と平行な方向に曲げられたものは、直角方向に比べや曲げ部性状が悪化する傾向が認められた。

#### (b) 曲げ角（スプリングバック）

図10に  $R_p$  と  $T$  のスプリングバック量に及ぼす影響を示す（表7中の○印の Mg 合金製曲げ成形品のデータのみをプロットし、比較のため SPCC 材のデータもプロットした）。Mg 合金板の場合も他の材料の場合と同様に  $R_p$  が大きくなるに従い、スプリングバック量が増加する。また、 $T$  が高くなるに従い、材料自身の弾性回復料が減少するため、スプリングバック量が減少する。

なお、Mg 合金板は、同一条件 ( $T=520\text{K}$ ) で曲げ加工を行った SPCC 材 ( $t=0.5\text{mm}$ ) より、冷間では弾性係数が大きいにも拘らず、温間曲げにおいてはスプリングバック量が小さいことがわかった。

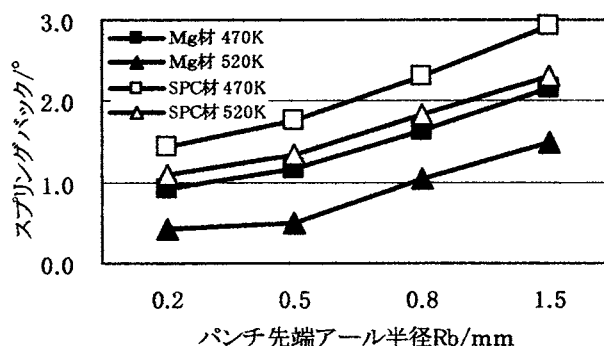


図10 パンチ先端アール半径によるスプリングバック量の変化 ( $W=6\text{mm}$ , 直角方向)

#### (c) 曲げアール半径

図11には、 $R_b$  と  $W$  の曲げ成形後の曲げ部内アール半径に及ぼす影響を示す。 $W$  が  $12\text{mm}$  程度に大きくなると、 $R_p$  を小さくしてもアール半径の小さな成形品を得ることができなかった。また、 $W=6\text{mm}$ ,  $4\text{mm}$  においては  $R_b \geq 0.8\text{mm}$  でほぼ  $R_b$  に近いアール半径の曲げ形状が得られたが、これ以下の  $R_b$  では所望の小さな曲げアール半径が得難いことがわかった。すなわち、自由曲げにおいて、 $0.5\text{mm}$  以下の内アール半径の曲げ成形品を得るためには、より高い成形温度での加工が必要になるとと思われる。

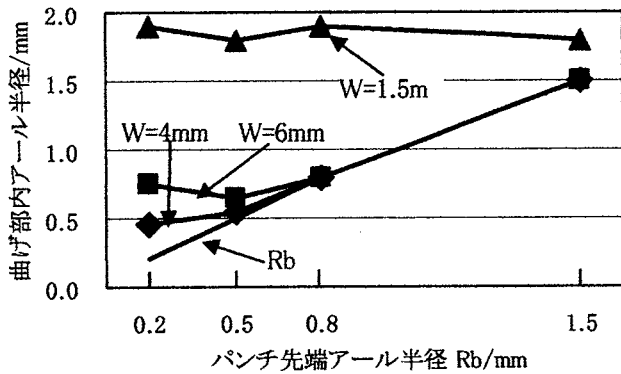


図 11 曲げアール半径(T=520K, 直角方向)

(d) 曲げ高さ

汎用のプレスブレーキにより複数箇所の冷間での曲げ加工を行う場合などは、曲げ部の伸び変形により、曲げ高さが幾何学的に求めた値（計算値）より大きくなるため、予めこの変化を見込んで曲げ位置を決定する必要がある。また、逆に温間による曲げ加工では、加工後に加熱により熱膨張した分が収縮するため、曲げ高さは減少することも予想される。

図 12 は各種 T で曲げた場合 (Rb=1.5mm, W=6mm) の曲げ高さ測定結果である。同図中の実線で示した曲げ高さの計算値は、熱収縮を見込んだ曲げ高さである。このように大きな熱収縮が生ずるにも拘らず、Mg 合金板の温間曲げ加工においては、T の上昇とともに、上記計算値より大幅に曲げ高さが増加することがわかった。これは図 13

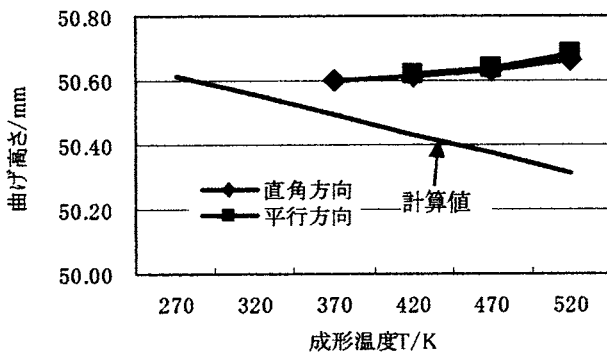


図 12 曲げ高さ(Rb=1.5mm, W=6mm)

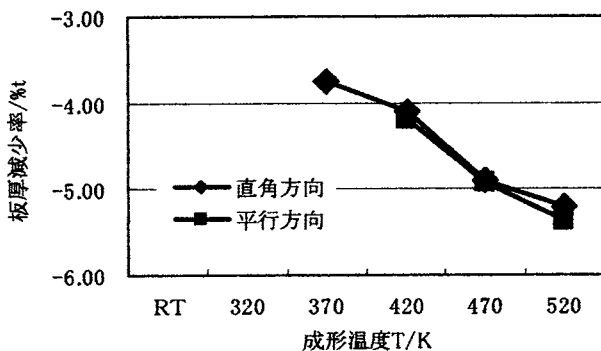


図 13 曲げ部の板厚減少率(Rb=1.5mm, W=6mm)

に曲げ部の板厚測定結果からもわかるように、T が高くなるほど曲げ部の板厚が減少し、曲げ方向と垂直な方向に板材が伸ばされるためである。

4. 結言 (まとめ)

AZ31 マグネシウム合金板の深絞り加工と自由曲げ加工における、それぞれの加工特性や成形限界の調査研究を実施し、実用上有益と思われる、以下の知見を得た。

円筒容器の深絞り実験より、現在市販されている AZ31 マグネシウム合金板は、その製造履歴などによりやや成形性が異なることがわかった。しかし、いずれの Mg 合金板も「工具肩部アール半径/板厚」が 4~6 と大きくなると、これらの値がこれ以上大きくなっても LDR が向上しない Rd/t の臨界値が存在し、この臨界値以上では実用的な絞り比での成形が行えることが判明した。

また、「一辺の長さ/絞り深さ」が 0.5 の角筒容器の深絞り実験から、「コーナ部半径/板厚」が 0.8 程度の小さな条件でも成形が可能であることがわかった。さらにこの角筒容器の先端部をサイジングにより矯正加工すると、先端部とコーナ部のアール半径のいずれもが被加工材板厚と同程度で、同部に割れや肌あれなどの不良発生がないの角筒容器がプレス加工により成形できることが明らかになった。

自由曲げ加工においては、材料の加熱温度を 520K 程度まで高めると、曲げアール半径が 0.2mm 程度の曲げ成形品が得られることがわかった。さらに、成形品の曲げアール半径はダイの溝幅に大きな影響を受けることなどもわかった。さらに、Mg 合金板の温間自由曲げ加工では、同一の条件で曲げられた SPCC 材よりスプリングバック量が小さくなること、また曲げ高さは、Mg 合金板が熱膨張率が他の材料に比べ大きいことにも関係し、大きく変化することなどの知見が得られた。

最後に、本研究の実験をお手伝いいただいた、当時日本工業大学卒研究生の今井彰宏、小林祥宏、今井 実および森泉哲也の諸君に深く感謝するとともに、本研究に対し助成を賜った、財団法人天田金属加工機械技術振興財団に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 渡辺 洋, 濱 葆夫: 213 回塑性加工シンポジウムテキスト (2002), 9.
- 2) Dow Chemical Company: Fabrication with Magnesium, Bulletin, (1982), 141.
- 3) 相田収平, 田辺 寛, 須貝裕之, 高野 格, 大貫秀樹, 小林 勝: 軽金属, 50-9(2000), 476.
- 4) 古閑伸裕, Ratchanee Paisarn: 塑性と加工, 42-481 (2001), 145.
- 5) 古閑伸裕, Ratchanee Paisarn: 軽金属, 51-9 (2001), 441.
- 6) 勝田基嗣他: 第 101 回軽金属講義集 (2001), 297.
- 7) 菅又信他: 平 14 塑加講義集 (2002), 179.
- 8) 例えば, 吉田清太: 理研報告, 35(1959), 199.
- 9) 吉田清太: 理研報告, 34 (1958), 374.