

マグネシウム合金板の冷間プレス成形

豊橋技術科学大学 森謙一郎

マグネシウム合金板は一般に温間深絞り加工されているが、市販マグネシウム合金板に500℃の高温焼なまし処理を行うことによって冷間成形性を向上させて、冷間深絞り加工、曲げ加工が可能になることを示し、さらに2段プレス成形を適用することによって小さな底角半径を有する円筒・角筒容器が成形でき、角筒容器の底部ビード成形についても紹介する。

マグネシウム合金板の冷間プレス成形

豊橋技術科学大学 森 謙一郎

平成19年

100kg軽量:1km/燃費向上

- 高張力鋼板(7.8)
- チタン(4.5)
- アルミニウム(2.7)
- マグネシウム(1.8)



マグネシウム合金部品の製造

	マグネシウム合金板 (AZ31)	アルミニウム合金板 (A5052)	軟鋼板 (SPCC)
引張強度 / MPa	250	290	340
比重	1.8	2.7	7.8
比強度 / MPa	139	107	44

温間プレス成形品

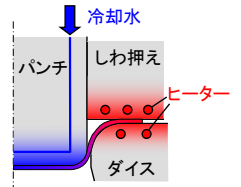


○ダイカスト

↓ 薄肉化, 高強度化
生産性向上

○プレス成形

【 温間(200~300℃):装置複雑
冷間 :成形性低 】



- マグネシウム合金板の機械的特性
- 冷間円筒・角筒深絞り加工, 曲げ加工
- 小さな底角半径を持つ円筒容器の冷間2段プレス成形
- 小さな底角半径を持つ角筒容器の冷間2段プレス成形
- 角筒容器の底部ビード成形

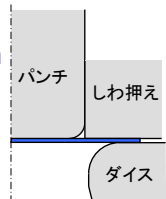
市販マグネシウム合金板の冷間深絞り加工

展伸用材

AZ31マグネシウム合金板, 0.5mm

(mass%)

Al	Zn	Mn
2.5~3.5	0.7~1.3	0.20~0.35



市販材に対し, 冷間において
深絞り加工を行う

成形性の評価
成形性の向上

焼なまし処理による成形性の変化 (絞り比=1.32)



(a) 焼なまし無し

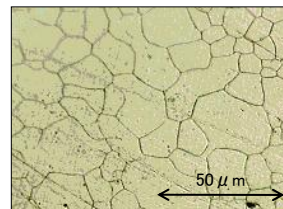


(b) 焼なまし有り(500°C, 1h)

焼なまし処理による微視的組織の変化



(a) 焼なまし無し

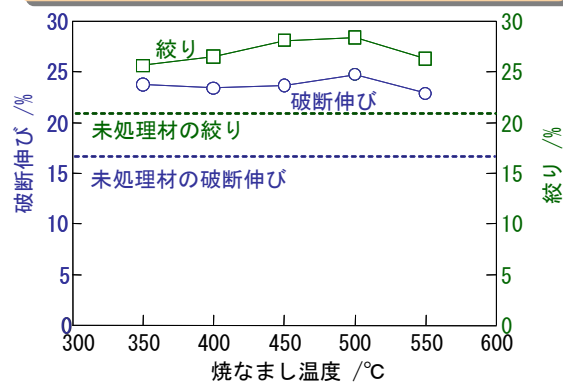


(b) 焼なまし有り

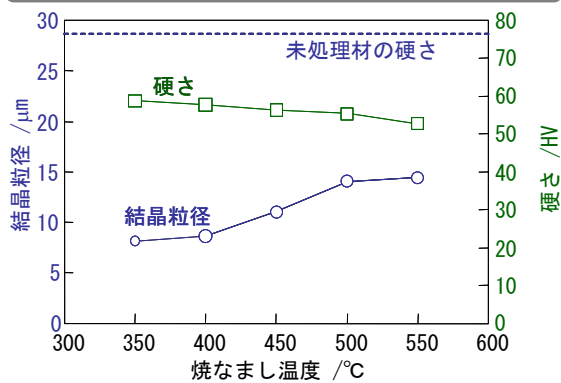
マグネシウム合金板の機械的性質

	焼なまし無し	焼なまし有り 500°C, 1h
耐力 / MPa	214	153
引張強さ / MPa	274	247
ビッカース硬さHv	61.6	55.5
伸び / %	17.6	22.4
r値	1.33	1.50
n値	0.14	0.32
絞り比=1.32		

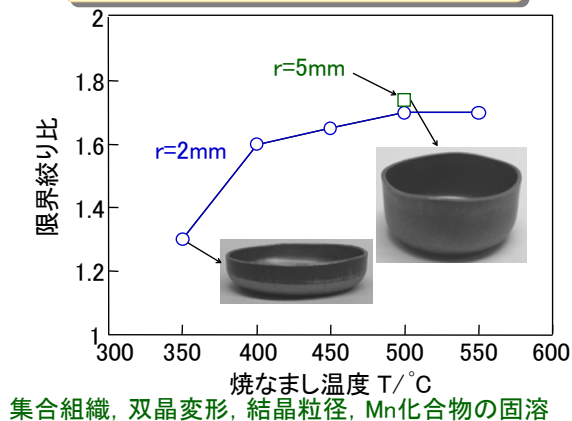
破断伸びおよび絞りと焼なまし温度の関係



結晶粒径および硬さと焼なまし温度の関係



限界絞り比と焼なまし温度の関係



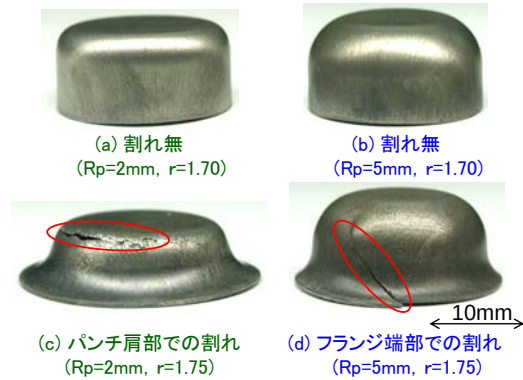
集合組織, 双晶変形, 結晶粒径, Mn化合物の固溶

- 1. マグネシウム合金板の機械的特性
- 2. 冷間円筒・角筒深絞り加工，曲げ加工
- 3. 小さな底角半径を持つ円筒容器の冷間2段プレス成形
- 4. 小さな底角半径を持つ角筒容器の冷間2段プレス成形
- 5. 角筒容器の底部ビード成形

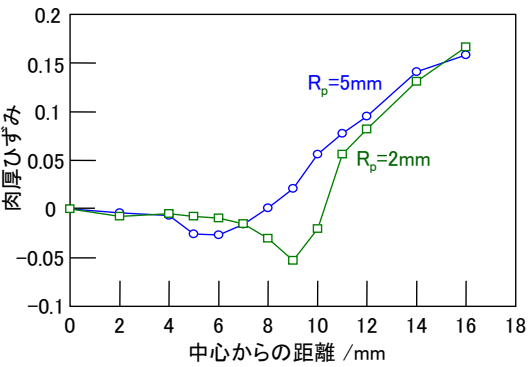
冷間円筒深絞り加工条件

パンチ	パンチ直径 D_p / mm	18.6, 18.8, 19.0
	パンチ肩半径 R_p / mm	2, 5
	クリアランス / mm	0.5, 0.6, 0.7
ダイス	ダイス直径 D_d / mm	20
	ダイス肩半径 R_d / mm	4
ブランク板厚 / mm		0.5
パンチ速度 / $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$		15
しわ押え力 / kN		1
潤滑剤		アルミニウム用油性潤滑剤 二硫化モリブデン テフロンシート ($t=0.05\text{mm}$) テフロンスプレー

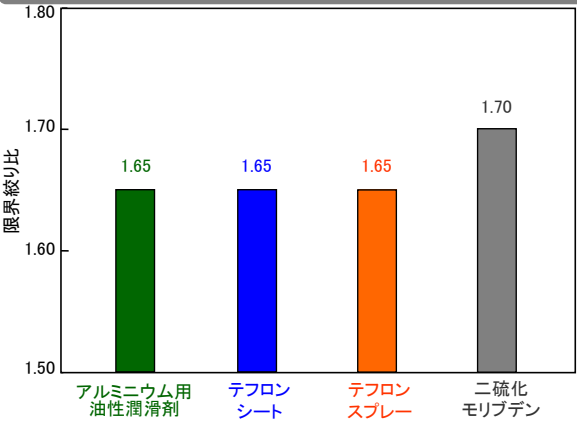
円筒容器外観写真



各パンチ肩半径における肉厚ひずみ分布 (絞り比1.65)



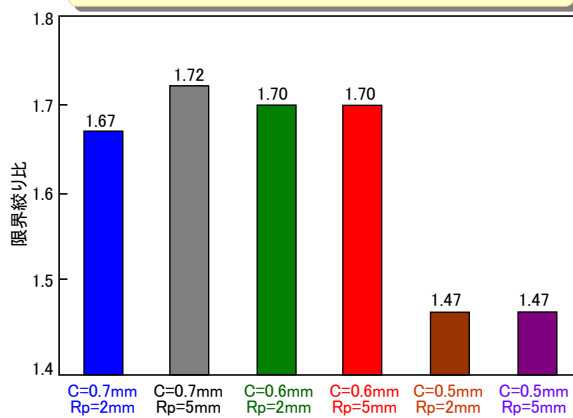
各潤滑剤における限界絞り比($C=0.6\text{mm}$, $R_p=2\text{mm}$)



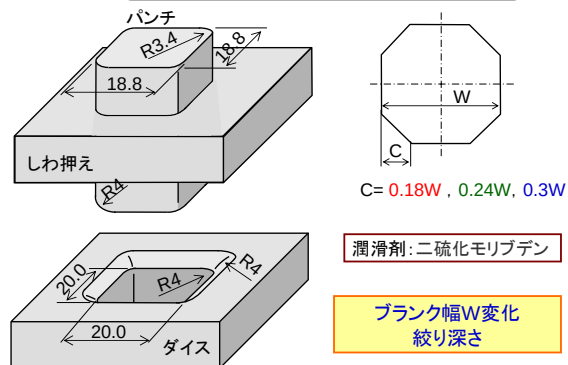
割れの形態

	$C=0.5\text{mm}$	$C=0.6\text{mm}$	$C=0.7\text{mm}$
$R_p=2\text{mm}$	 剥れ ($r=1.56$)	 肩割れ ($r=1.75$)	 肩割れ ($r=1.77$)
$R_p=5\text{mm}$	 剥れ ($r=1.56$)	 フランジ割れ ($r=1.75$)	 フランジ割れ ($r=1.77$)

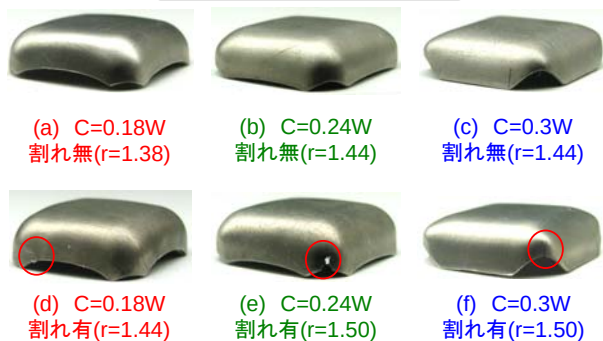
各パンチ形状における限界絞り比



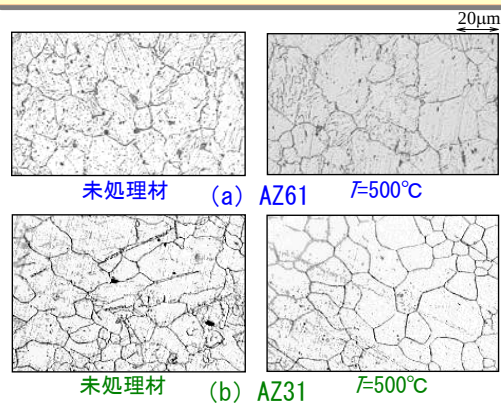
冷間角筒深絞り加工条件



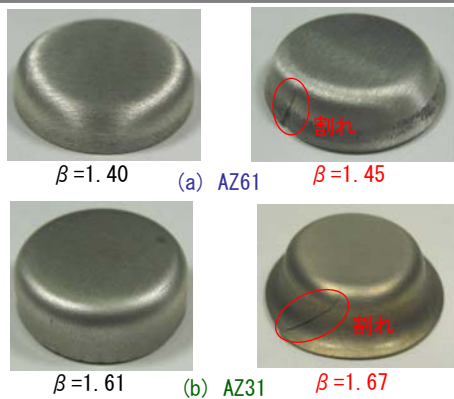
角筒容器外観



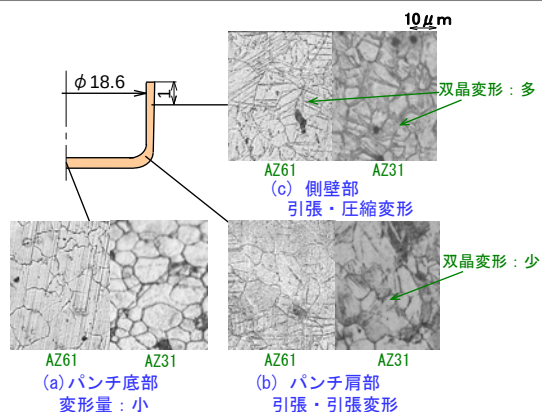
AZ61とAZ31における高温焼なましによる微視的組織の変化



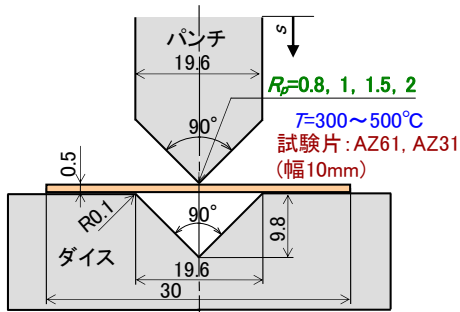
AZ61とAZ31における冷間深絞り加工性の差



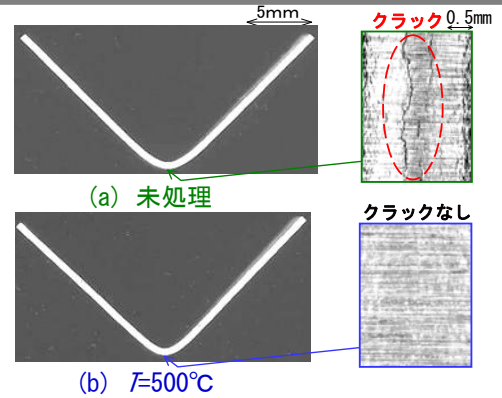
限界絞り比の円筒容器における各部微視的組織



冷間V曲げ加工条件



AZ61, $R_p=1.0\text{mm}$ における高温焼なましによる冷間曲げ加工性の向上



曲げ成形性に及ぼすパンチ先端半径と焼なまし温度の影響

パンチ先端半径 R_p/mm

焼なまし温度 $T/^\circ\text{C}$

○: クラック無し ×: クラック有り

焼なまし温度 $T/^\circ\text{C}$

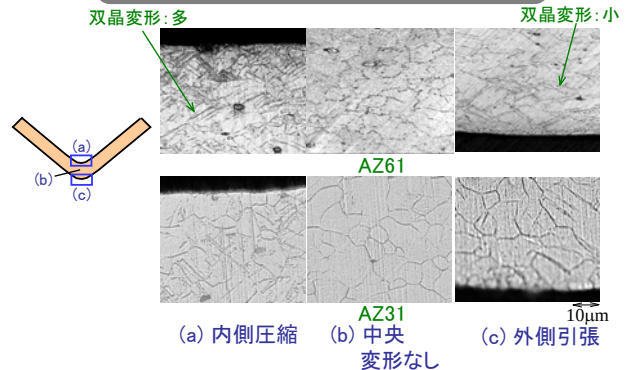
パンチ先端半径 R_p/mm	常温	300	400	500
2.0	○	○	○	○
1.5	×	×	○	○
1.0	×	×	×	○
0.8	×	×	×	×

(a) AZ61

パンチ先端半径 R_p/mm	常温	300	400	500
2.0	○	○	○	○
1.5	×	○	○	○
1.0	×	×	×	○
0.8	×	×	×	×

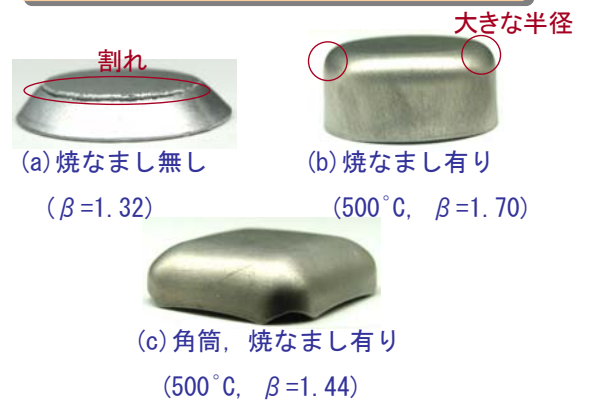
(b) AZ31

$T=500^\circ\text{C}$, $R_p=1.0\text{mm}$ における冷間V曲げ加工後の微視的組織

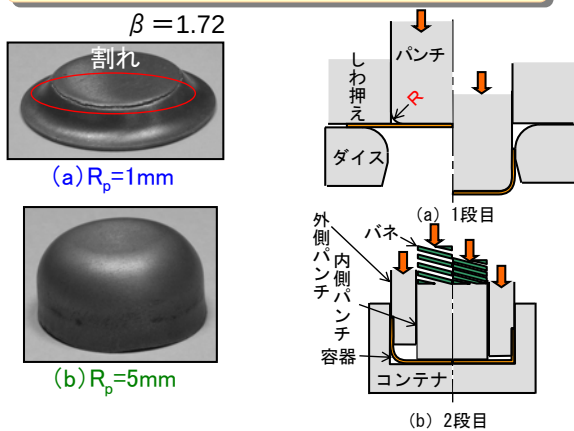


- マグネシウム合金板の機械的特性
- 冷間円筒・角筒深絞り加工, 曲げ加工
- 小さな底角半径を持つ円筒容器の冷間2段プレス成形
- 小さな底角半径を持つ角筒容器の冷間2段プレス成形
- 角筒容器の底部ビード成形

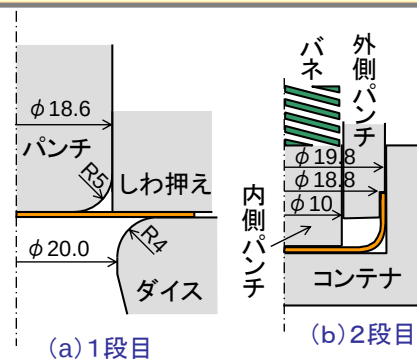
これまでの冷間深絞り加工実験結果



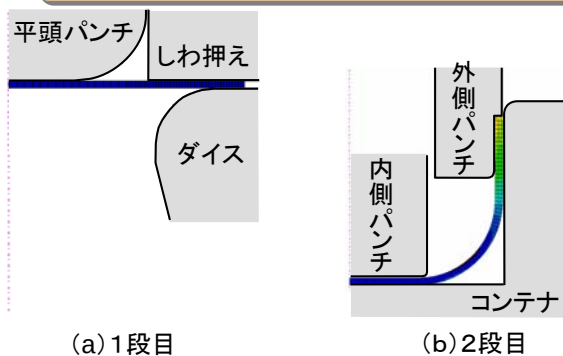
角半径減少のための冷間2段プレス成形



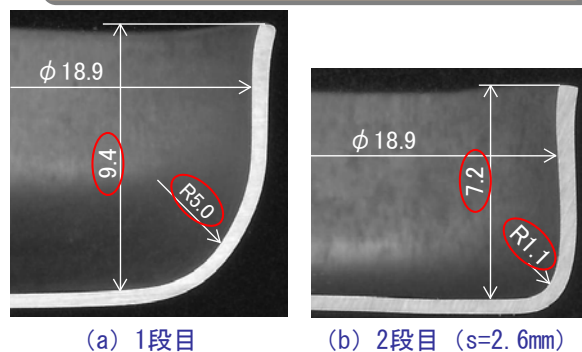
平頭パンチを用いた冷間2段プレス成形



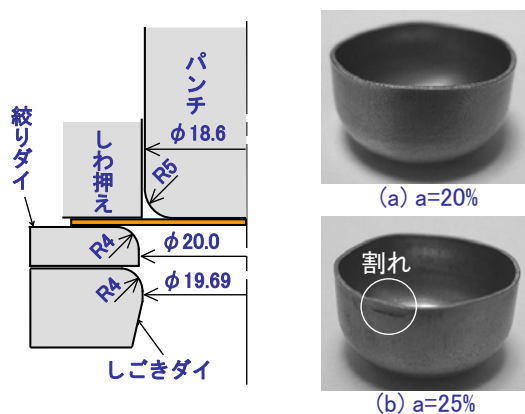
平頭パンチを用いた冷間2段成形の有限要素シミュレーション結果



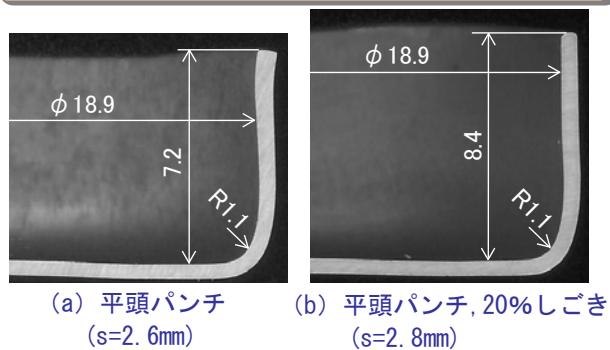
平頭パンチを用いた冷間2段成形による容器断面形状実験結果



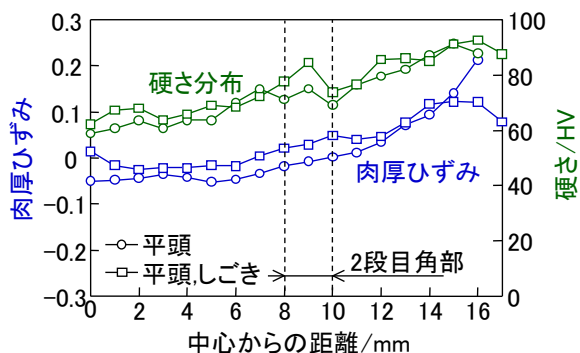
側壁高さ増加のためのしごき加工



平頭パンチおよび平頭パンチとしごき加工を用いた冷間2段成形後の断面形状の比較

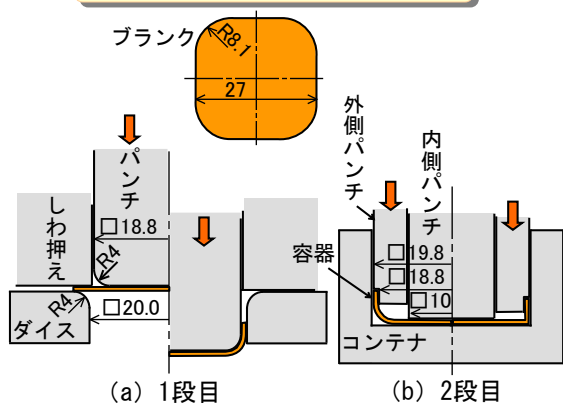


肉厚ひずみおよび硬さ分布の比較



1. マグネシウム合金板の機械的特性
2. 冷間円筒・角筒深絞り加工, 曲げ加工
3. 小さな底角半径を持つ円筒容器の冷間2段プレス成形
4. 小さな底角半径を持つ角筒容器の冷間2段プレス成形
5. 角筒容器の底部ビード成形

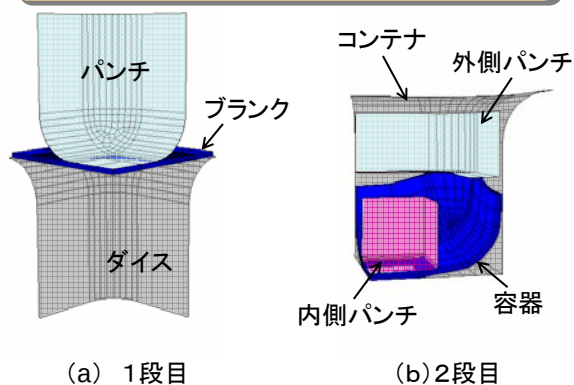
角筒容器の冷間2段成形



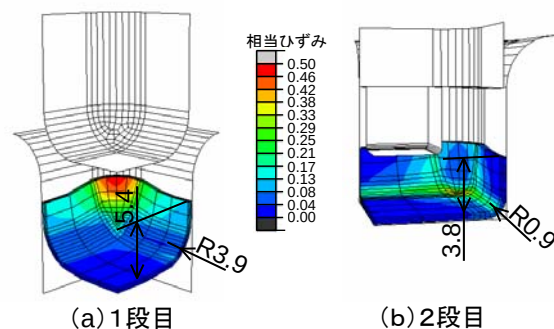
角筒容器の限界絞り比



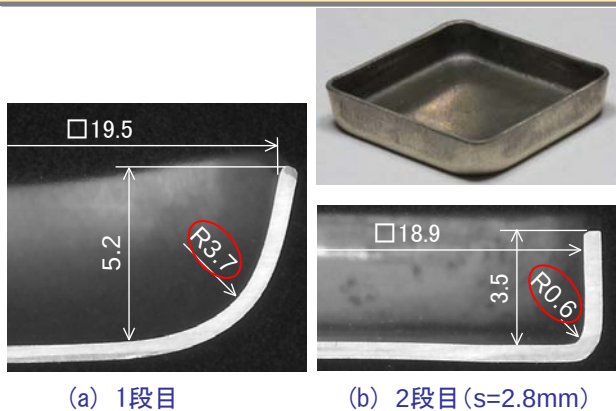
平頭パンチを用いた冷間2段角筒成形の有限要素シミュレーション結果



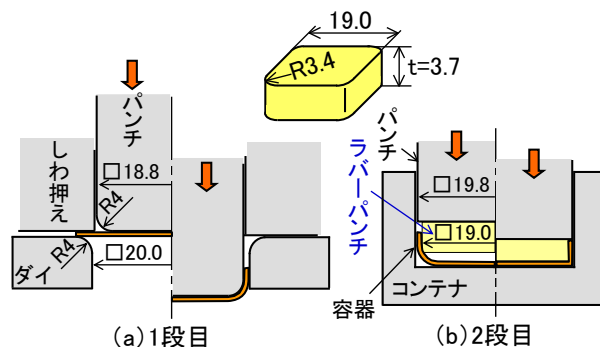
平頭パンチを用いた冷間2段角筒成形の有限要素シミュレーション結果



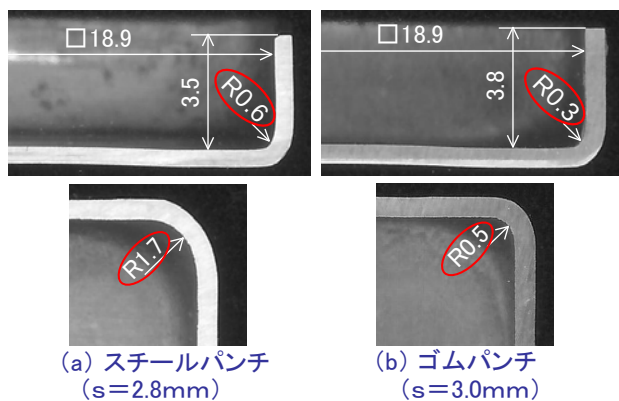
2段成形された角筒容器の平行方向断面実験結果



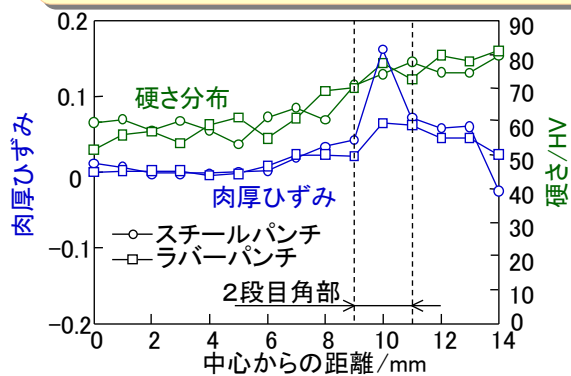
2段目にゴムパンチを用いた角筒容器の冷間2段プレス成形



角筒容器の精度向上実験結果

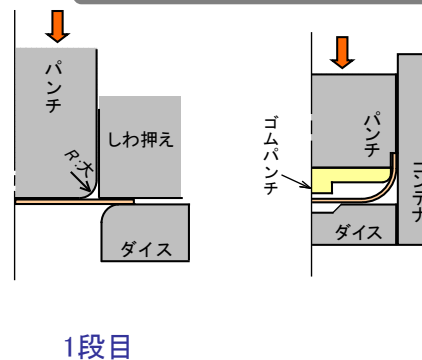


スチールパンチとラバーパンチの硬さおよび肉厚ひずみの比較

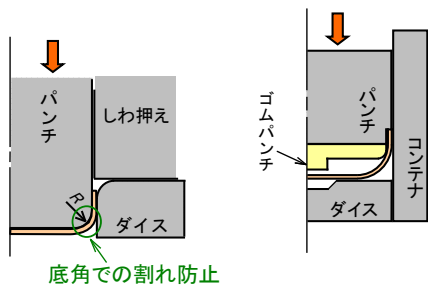


1. マグネシウム合金板の機械的特性
2. 冷間円筒・角筒深絞り加工, 曲げ加工
3. 小さな底角半径を持つ円筒容器の冷間2段プレス成形
4. 小さな底角半径を持つ角筒容器の冷間2段プレス成形
5. 角筒容器の底部ビード成形

底部ビード成形方法

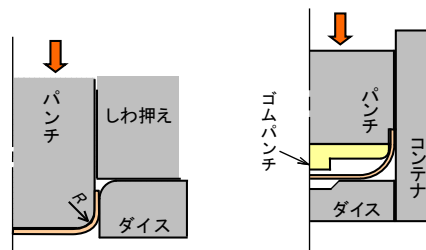


底部ビード成形方法



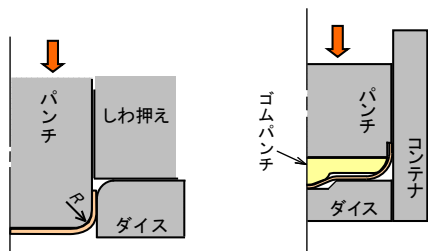
1段目

底部ビード成形方法



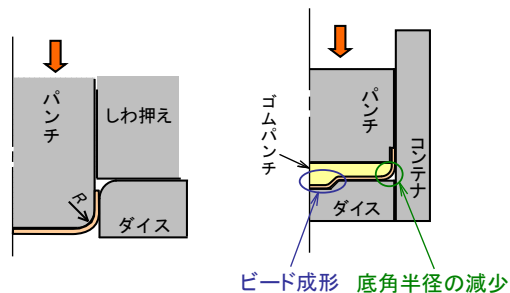
2段目

底部ビード成形方法



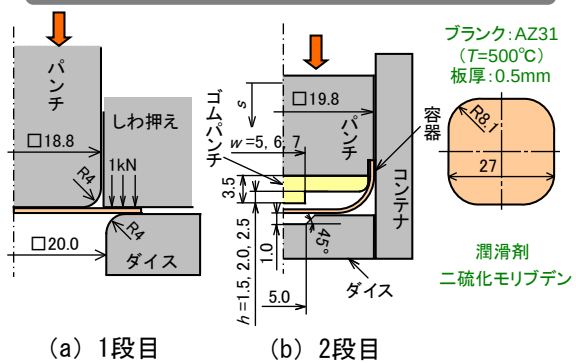
2段目

底部ビード成形方法

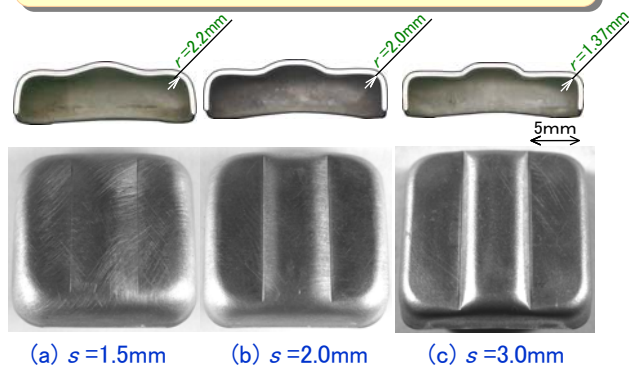


2段目

角筒容器における底部ビード成形条件



$w=6\text{mm}$, $h=2.0\text{mm}$, ゴムパンチにおける2段目の成形形状

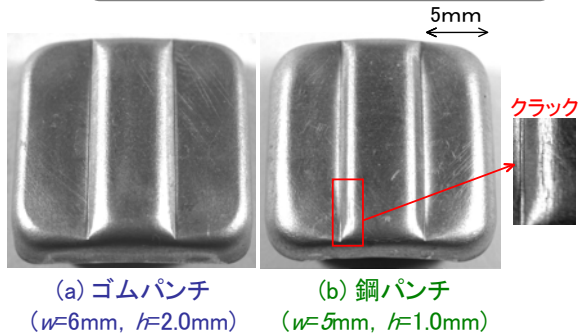


(a) $s=1.5\text{mm}$

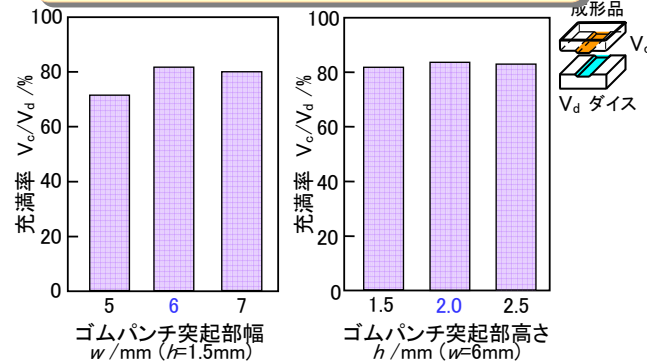
(b) $s=2.0\text{mm}$

(c) $s=3.0\text{mm}$

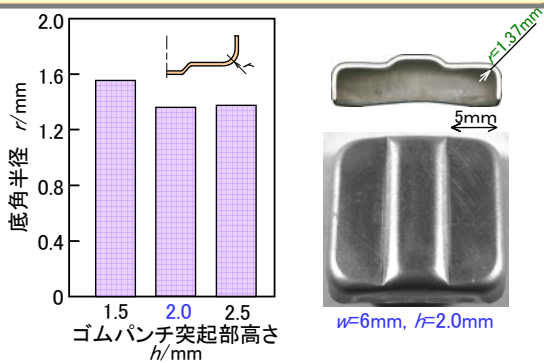
ゴムパンチと鋼パンチにおける 底部ビード成形品



容器ビード部への充填率に及ぼす ゴムパンチ突起部幅と突起部高さの影響



$w=6\text{mm}$ における容器の底角半径に及ぼす 突起部高さの影響



マグネシウムプレス成形, まとめ

成形性向上 : 500℃の高温焼なまし

2段プレス成形 : 底角半径の小さい容器, 底部にビードが付いた容器を成形できた.



参考文献

- 森謙一郎, マグネシウム合金板の冷間深絞り加工, アルトピア, 37-2(2007), 15-20.
- 森謙一郎, 辻浩和, 市販マグネシウム合金板の冷間深絞り加工, 塑性と加工, 48-552(2007), 41-45.
- 森謙一郎, マグネシウム合金板の冷間プレス加工, 工業材料, 56-7(2008), 68-71.
- 森謙一郎, マグネシウム合金容器の冷間プレス成形, プレス技術, 46-8(2008), 68-71.
- 森謙一郎, 西島進之助, C.J. Tan, 小さな角半径を有するマグネシウム合金容器の冷間2段プレス成形, 塑性と加工, 50-576 (2009), 64-68.