

マグネシウム合金板の冷間絞り加工

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ることを紹介し、さらに2段プレス成形を適用することによって円筒・角筒容器を成形できることを示す。

マグネシウム合金板の冷間絞り加工

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

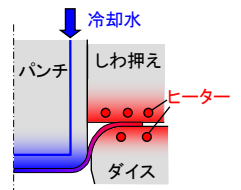


○ダイカスト

↓ 薄肉化, 高強度化
生産性向上

○プレス成形

温間 (200~300°C): 装置複雑
冷間: 成形性低



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
3. 小さな底角半径を持つ円筒容器の冷間2段プレス成形法
4. 小さな底角半径を持つ角筒容器の冷間2段プレス成形法

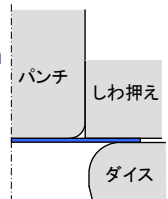
市販マグネシウム合金板の冷間深絞り加工

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

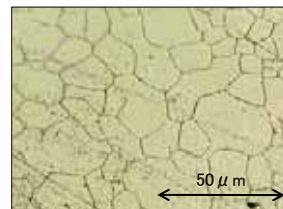


(b) 焼なまし有り(500°C, 1h)

焼なまし処理による組織の変化



(a) 焼なまし無し

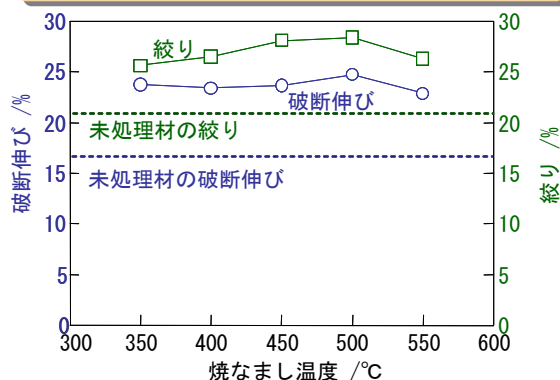


(b) 焼なまし有り

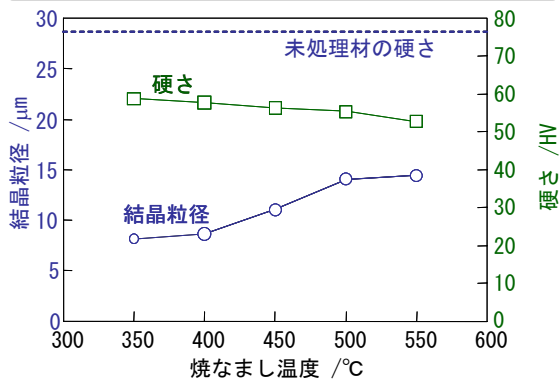
マグネシウム合金板の機械的性質

| | 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 |  |  10mm |

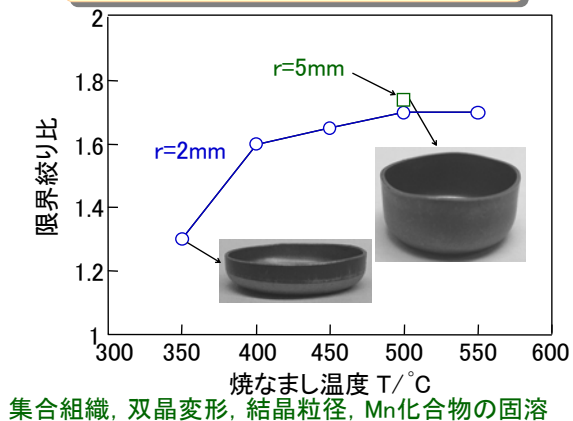
破断伸びおよび絞りと焼なまし温度の関係



結晶粒径および硬さと焼なまし温度の関係

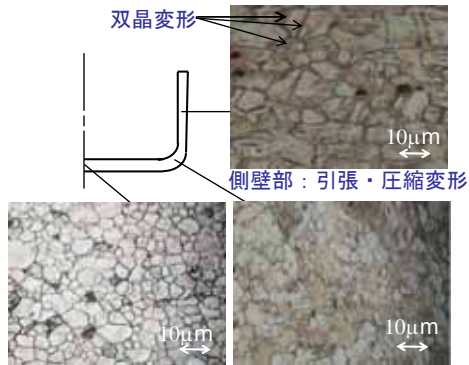


限界絞り比と焼なまし温度の関係



集合組織, 双晶変形, 結晶粒径, Mn化合物の固溶

深絞り容器の各部における組織写真



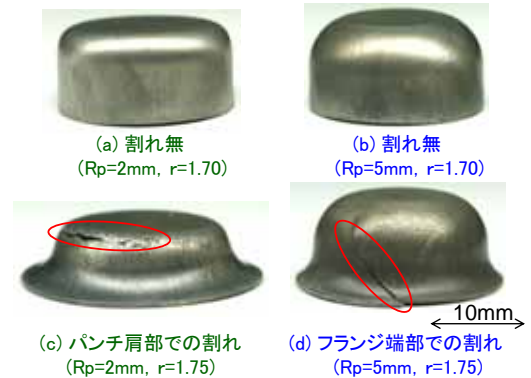
パンチ底部：少ない変形 パンチ角部：引張・引張変形

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
3. 小さな底角半径を持つ円筒容器の冷間2段プレス成形法,
4. 小さな底角半径を持つ角筒容器の冷間2段プレス成形法

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 |
| blank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



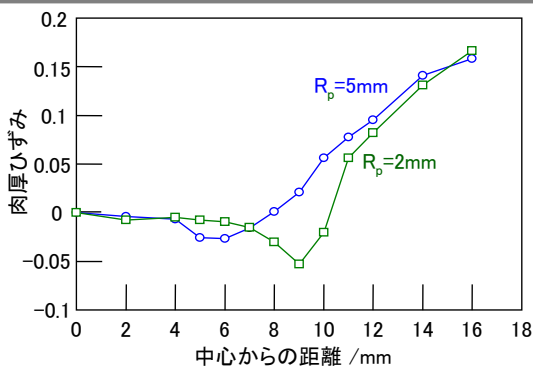
(a) 割れ無
($R_p=2\text{mm}$, $r=1.70$)

(b) 割れ無
($R_p=5\text{mm}$, $r=1.70$)

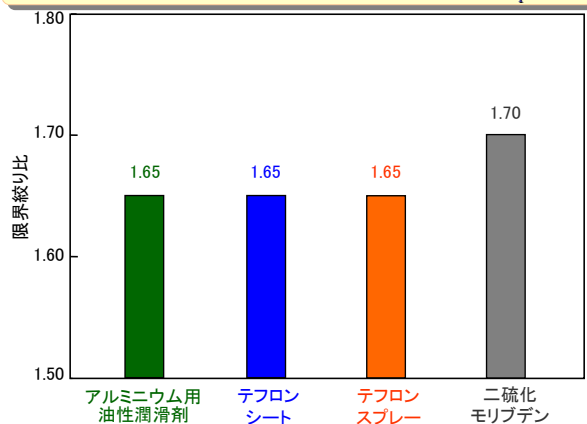
(c) パンチ肩部での割れ
($R_p=2\text{mm}$, $r=1.75$)

(d) フランジ端部での割れ
($R_p=5\text{mm}$, $r=1.75$)

各パンチ肩半径における肉厚ひずみ分布 (絞り比1.65)



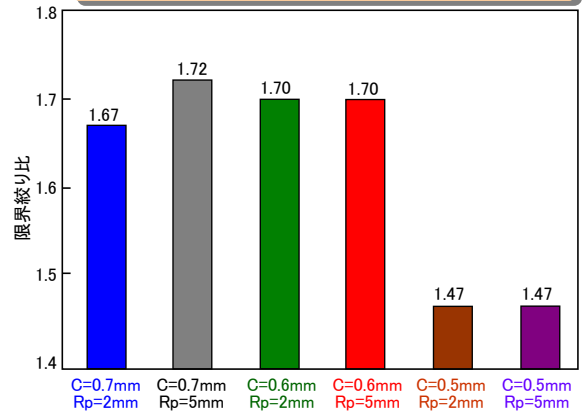
各潤滑剤における限界絞り比($C=0.6\text{mm}$, $R_p=2\text{mm}$)



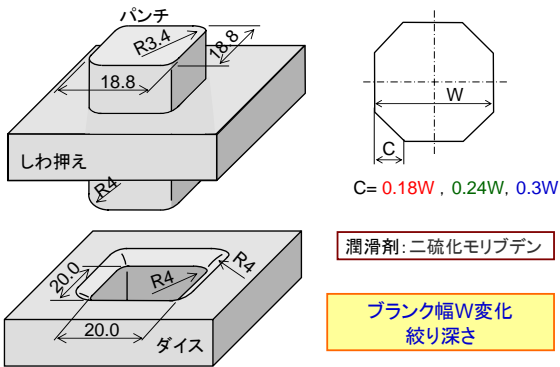
割れの形態

| | C=0.5mm | C=0.6mm | C=0.7mm |
|--------|--------------------|------------------------|------------------------|
| Rp=2mm | 剥れ (r=1.56) | 肩割れ (r=1.75) | 肩割れ (r=1.77) |
| Rp=5mm | 剥れ (r=1.56) | フランジ割れ (r=1.75) | フランジ割れ (r=1.77) |

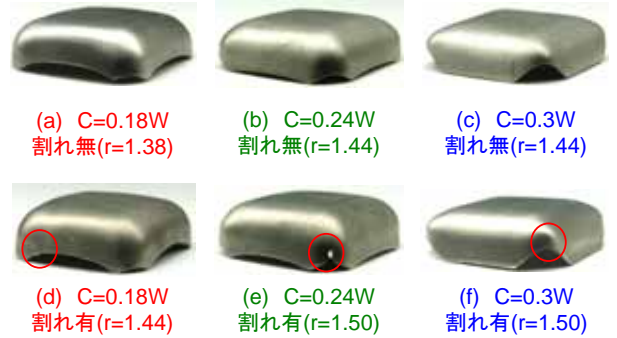
各パンチ形状における限界絞り比



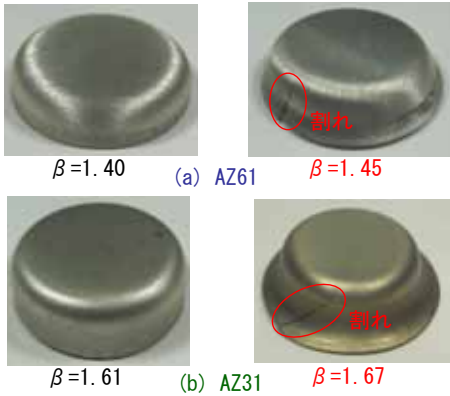
冷間角筒深絞り加工条件



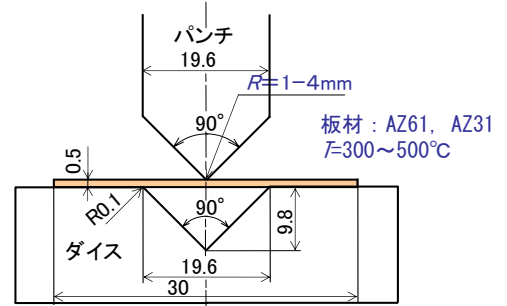
角筒容器外観



AZ61とAZ31における冷間深絞り加工性の差



冷間V曲げ加工



冷間曲げ加工性

○:クラック無し ×:クラック有り

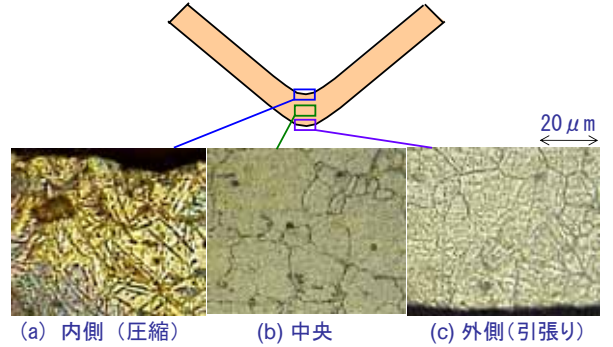
| パンチ先端半径比 R/t | 焼なまし温度 /°C | | | |
|----------------|------------|-----|-----|-----|
| | 常温 | 300 | 400 | 500 |
| 4.0 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 2.0 | × | × | × | ○ |
| 1.6 | × | × | × | × |
| 1.0 | × | × | × | × |

(a) AZ31

| パンチ先端半径比 R/t | 焼なまし温度 /°C | | | |
|----------------|------------|-----|-----|-----|
| | 常温 | 300 | 400 | 500 |
| 4.0 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 2.0 | × | × | × | ○ |
| 1.6 | × | × | × | × |
| 1.0 | × | × | × | × |

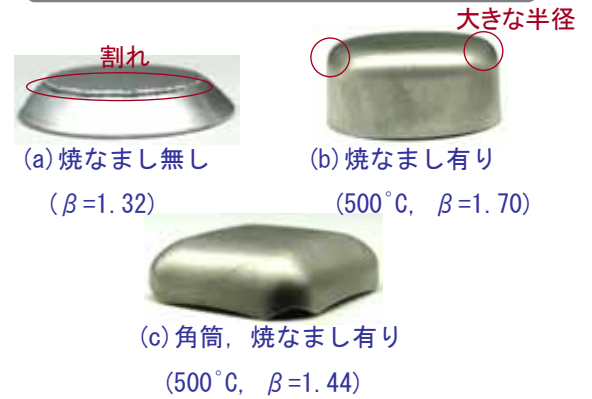
(b) AZ61

AZ61, $T=500^{\circ}\text{C}$ における冷間型曲げ加工後の結晶組織

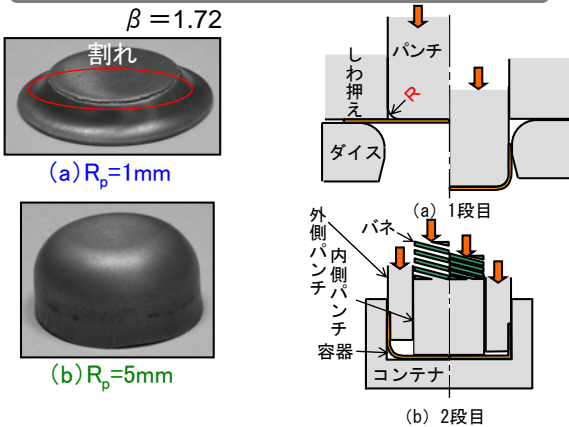


1. マグネシウム合金板の機械的特性
2. 冷間円筒・角筒深絞り加工
3. 小さな底角半径を持つ円筒容器の冷間2段プレス成形法
4. 小さな底角半径を持つ角筒容器の冷間2段プレス成形法

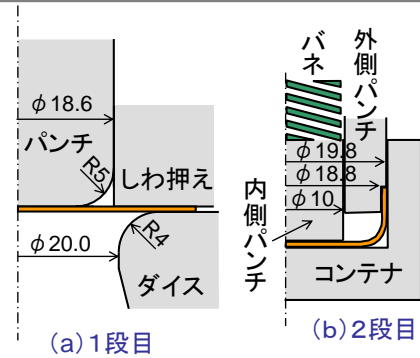
これまでの冷間深絞り加工実験結果



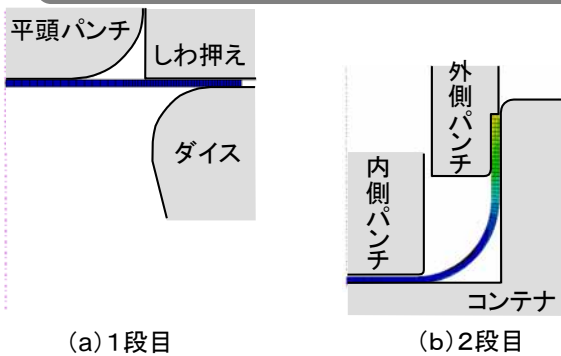
角半径減少のための冷間2段プレス成形



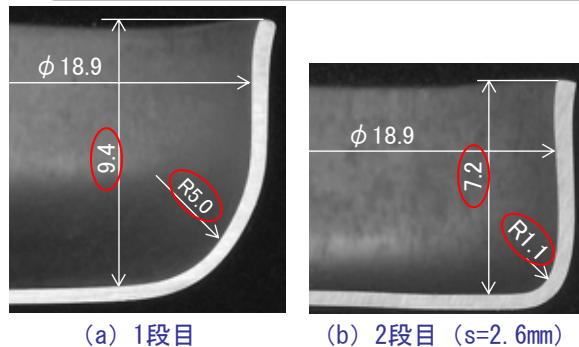
平頭パンチを用いた冷間2段プレス成形



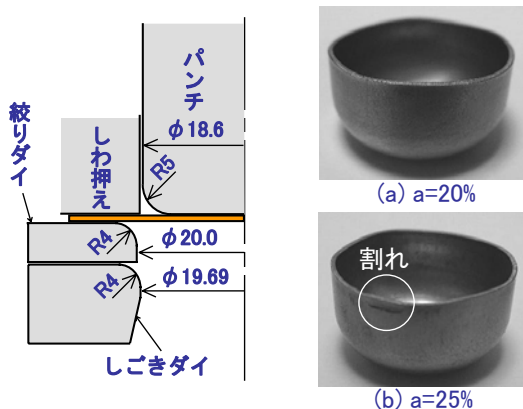
平頭パンチを用いた冷間2段成形の有限要素シミュレーション結果



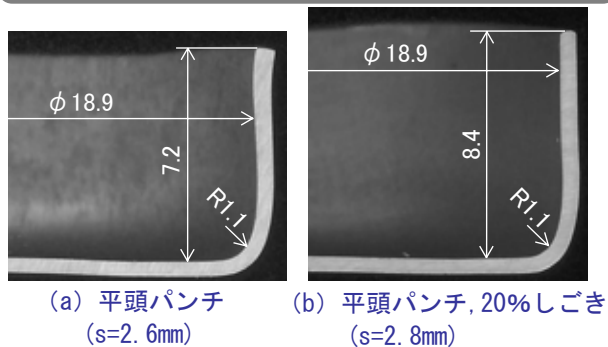
平頭パンチを用いた冷間2段成形による容器断面形状実験結果



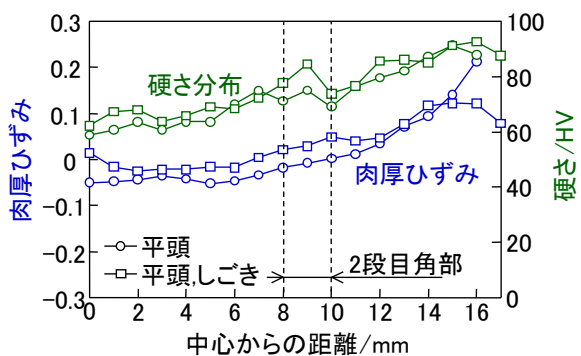
側壁高さ増加のためのしごき加工



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

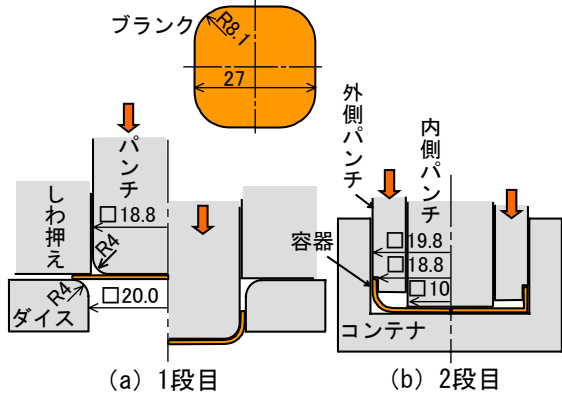


肉厚ひずみおよび硬さ分布の比較

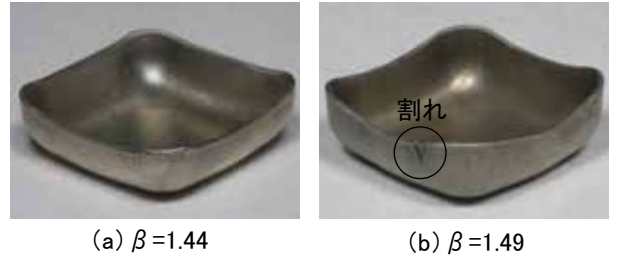


1. マグネシウム合金板の機械的特性
2. 冷間円筒・角筒深絞り加工
3. 小さな底角半径を持つ円筒容器の冷間2段プレス成形法,
4. 小さな底角半径を持つ角筒容器の冷間2段プレス成形法

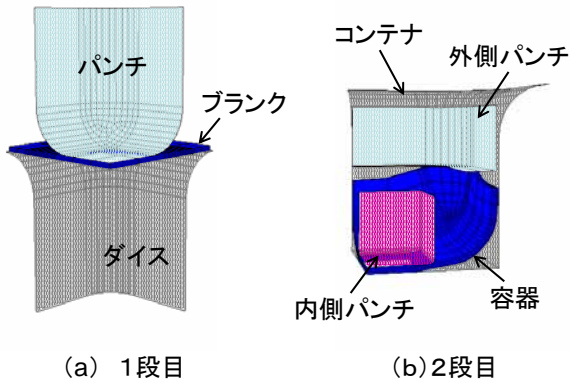
角筒容器の冷間2段成形



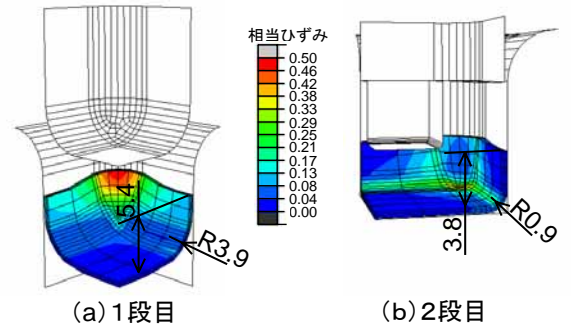
角筒容器の限界絞り比



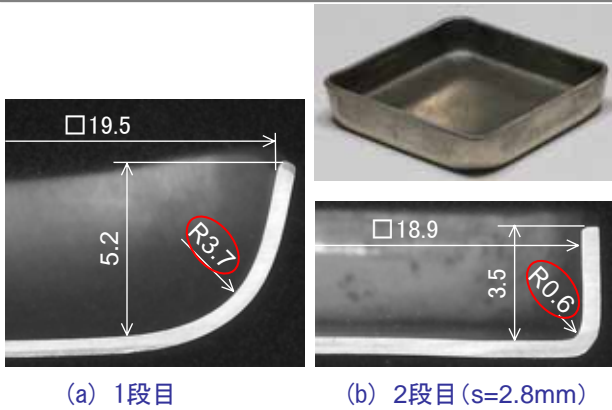
平頭パンチを用いた冷間2段角筒成形の有限要素シミュレーション結果



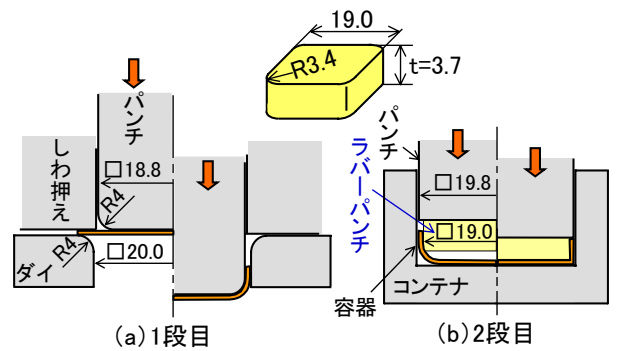
平頭パンチを用いた冷間2段角筒成形の有限要素シミュレーション結果



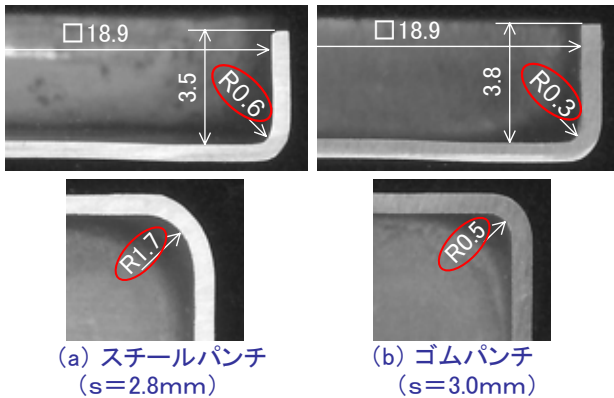
2段成形された角筒容器の平行方向断面実験結果



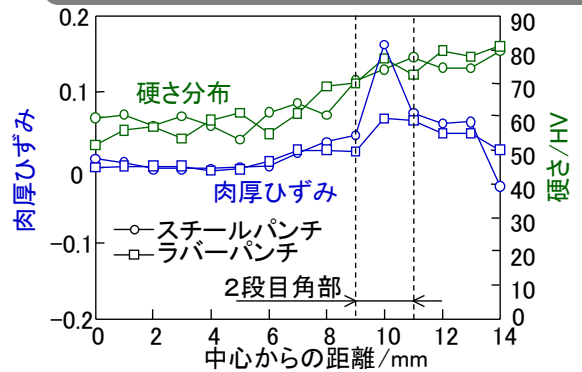
2段目にゴムパンチを用いた角筒容器の冷間2段プレス成形



角筒容器の精度向上実験結果



スチールパンチとラバールパンチの硬さおよび肉厚ひずみの比較



マグネシウムプレス成形、まとめ

成形性向上：500°Cの高温焼なまし

2段プレス成形：底角半径の小さい容器を成形できた。



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.