

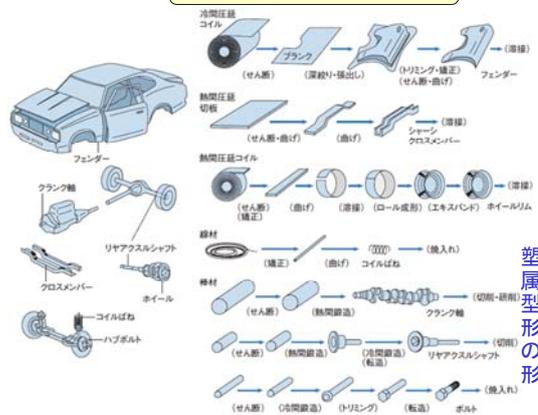
最新のプレス成形技術



豊橋技術科学大学 森謙一郎



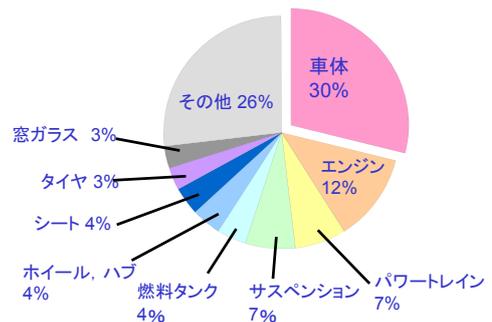
自動車部品の塑性加工



塑性加工: 金属素材を金型で塑性変形させて所定の形状に成形

1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. ホットスタンピング
8. 塑性接合
9. チタン・マグネシウムのプレス成形

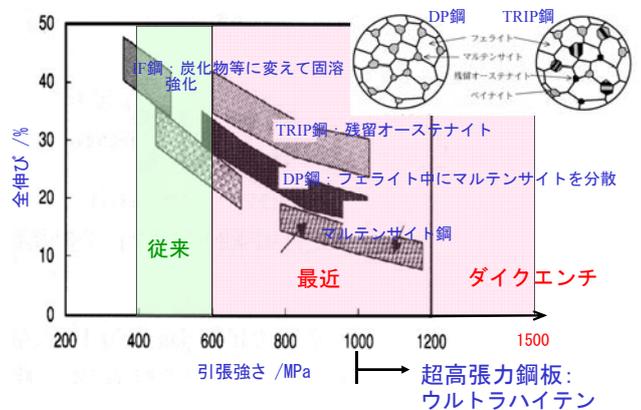
自動車の重量構成



自動車用板材の比較

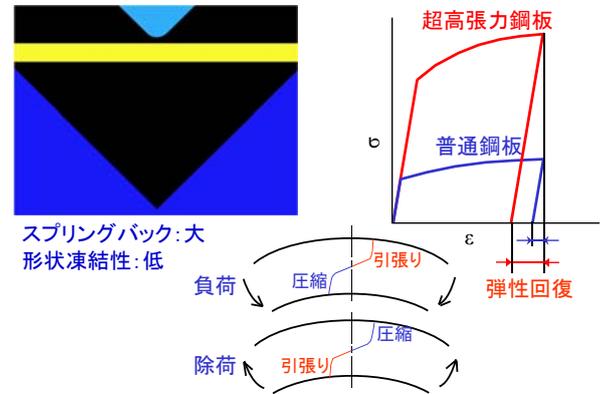
板材	引張強さ	比重	比強度	コスト(1kg 当り)	生産量
ウルトラハイテン	980~1470MPa	7.8	126~188MPa	100円程度	鉄: 12億 ton
従来ハイテン	490~790MPa	7.8	63~101MPa		
軟鋼板 SPCC	340MPa	7.8	44MPa		
アルミ合金板 A6061(T6処理)	310MPa	2.7	115MPa	500円~600円	アルミ: 3400万 ton
マグネシウム合金板 AZ31	270MPa	1.8	137MPa	3000円程度	マグネ: 60万 ton
PAN系炭素繊維	2000MPa~5000MPa	1.6		2000円程度	炭素繊維: 2万 ton

高張力鋼板の強度



1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. ホットスタンピング
8. 塑性接合
9. チタン・マグネシウムのプレス成形

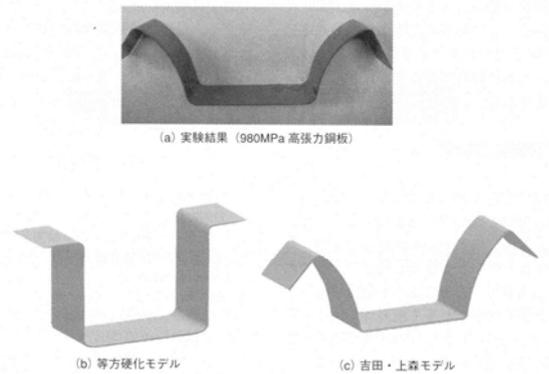
超高張力鋼板のスプリングバック



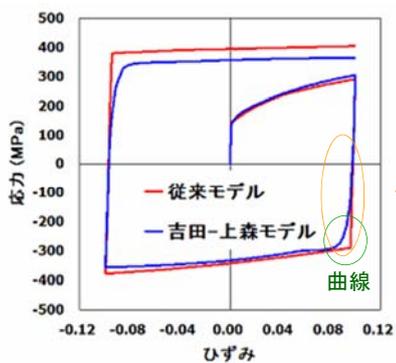
高張力鋼板の曲げにおけるスプリングバック



有限要素シミュレーションにおける構成式の影響

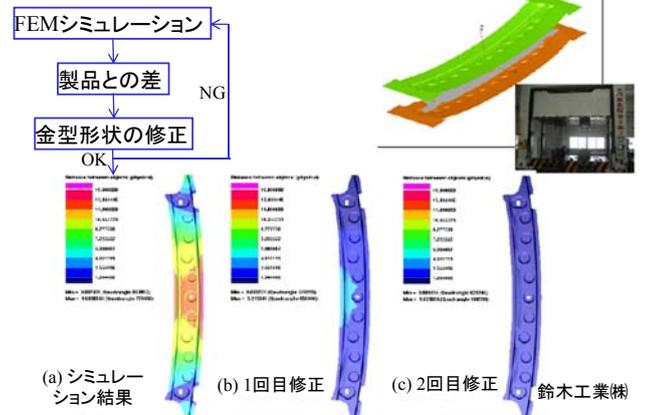


曲げー曲げ戻しにおける構成式

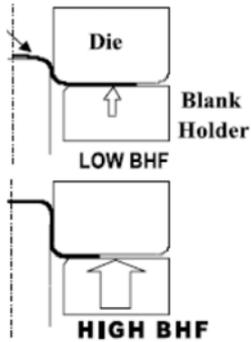


ヤング率の減少

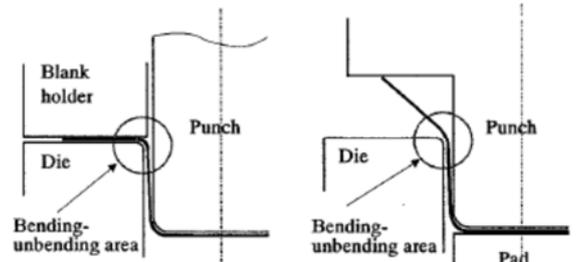
有限要素シミュレーションを用いたスプリングバックを考慮した金型形状の修正



しわ押え力制御によるスプリングバックの防止



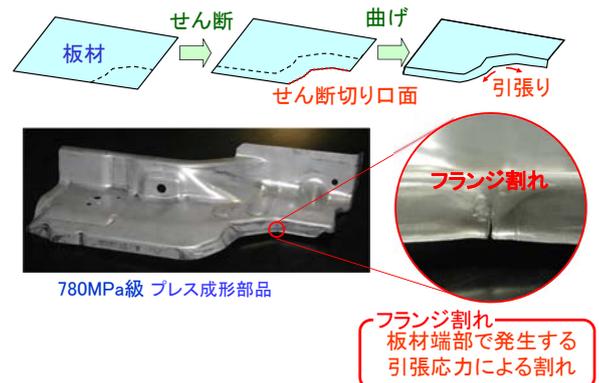
フォーム成形によるスプリングバックの防止



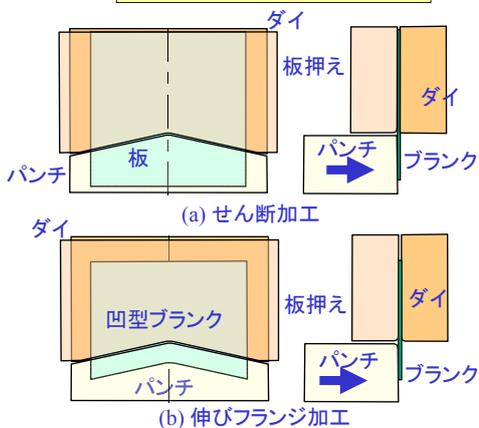
(a) Draw bending (b) Crash forming without blank holder

1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. ホットスタンピング
8. 塑性接合
9. チタン・マグネシウムのプレス成形

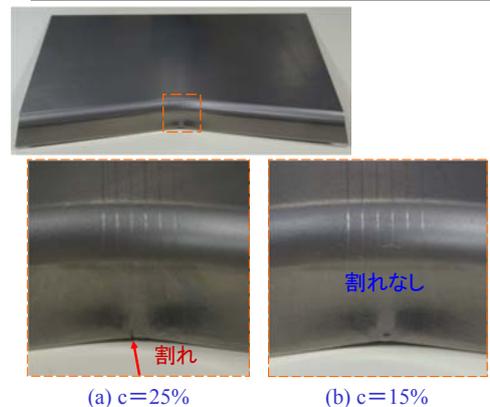
プレス成形におけるフランジ割れ



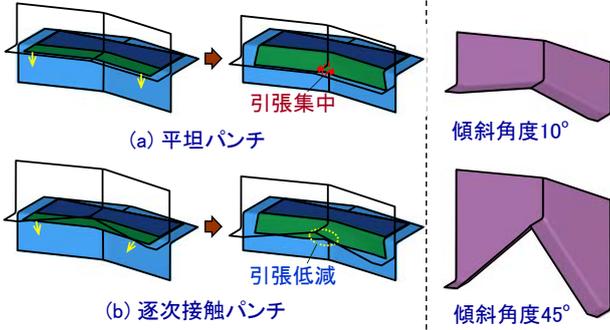
せん断と伸びフランジ成形



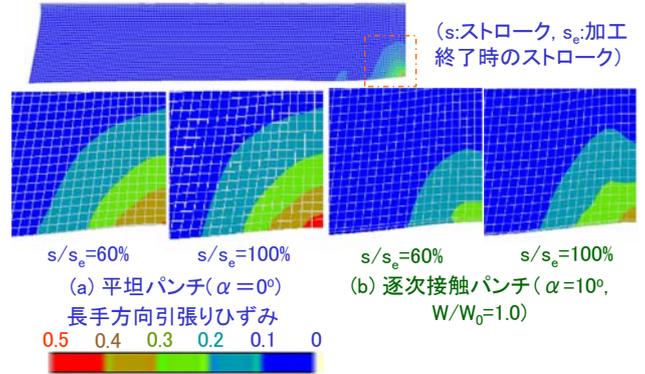
フランジ割れにおよぼすせん断クリアランス比の影響 (JSC780Y, L=17mm)



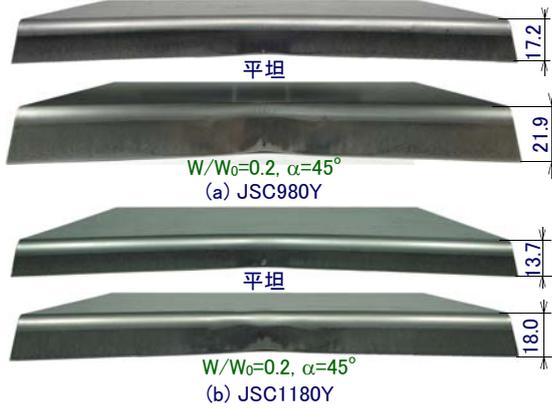
部分逐次接触パンチによる
伸びフランジ成形性の向上



計算による長手方向引張りひずみの変化 (JSC780, L=17mm)



実験における部分逐次接触パンチによる
最大製品高さの向上

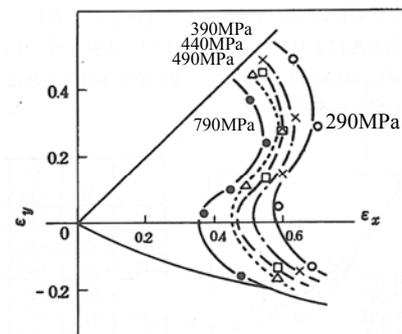


1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. ホットスタンピング
8. 塑性接合
9. チタン・マグネシウムのプレス成形

各種鋼板の深絞り成形性

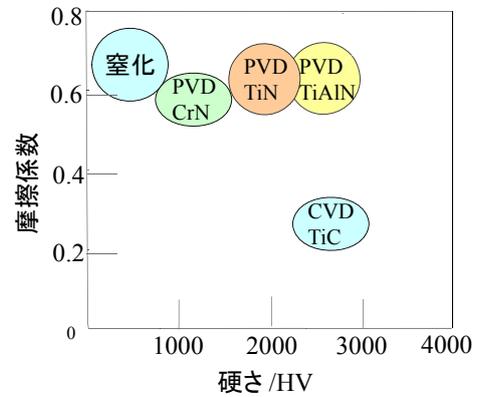


各種鋼板の成形限界線

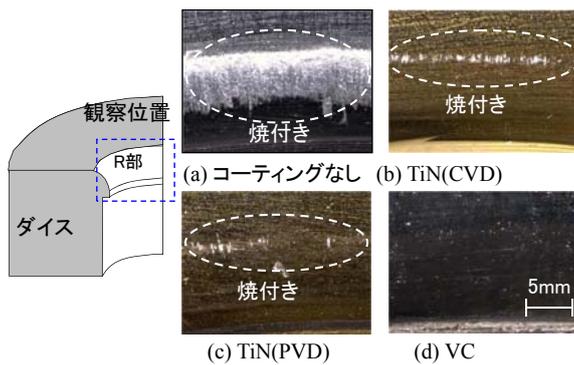


1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. ホットスタンピング
8. 塑性接合
9. チタン・マグネシウムのプレス成形

各種コーティングにおける摩擦係数

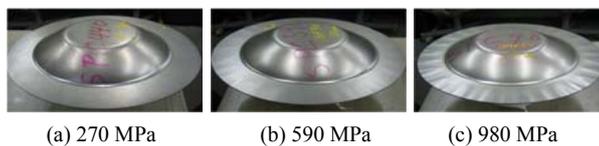


しごき絞り加工後のダイスR部表面性状 (SPFC1180YN, v=8.3mm/s, r=15%)

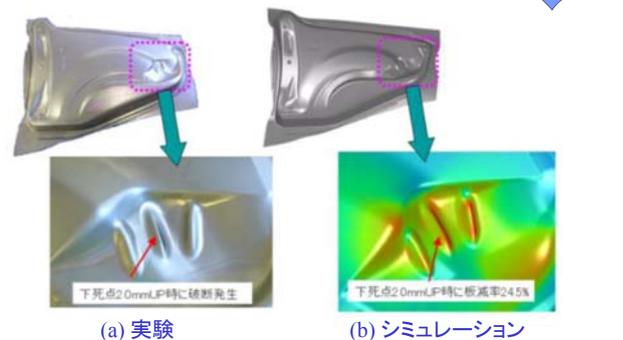


1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. ホットスタンピング
8. 塑性接合
9. チタン・マグネシウムのプレス成形

各種鋼板のプレス成形におけるしわ



プレス成形におけるしわの予測



プレス成形におけるしわの予測

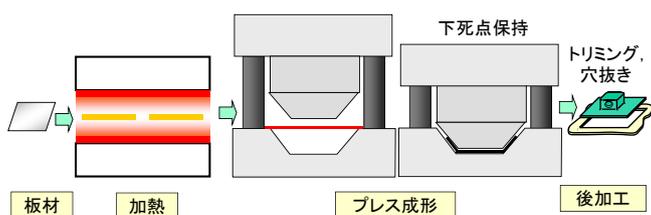


(a) 実験

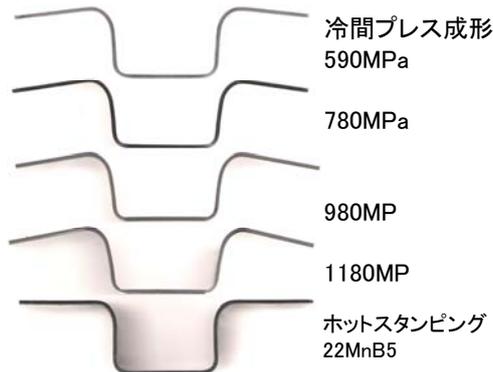
(b) シミュレーション

1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. ホットスタンピング
8. 塑性接合
9. チタン・マグネシウムのプレス成形

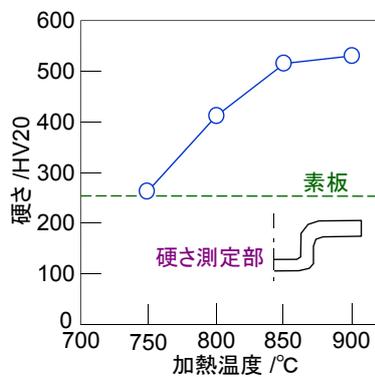
ホットスタンピング



板厚1.2mmにおけるフォーム成形のスプリングバック

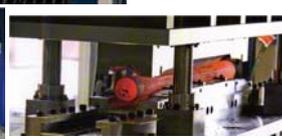


ホットスタンピングにおけるダイクエンチによる硬さの上昇



金型急冷による焼入れ, 1.5GPa級

AP&T社のホットスタンピング

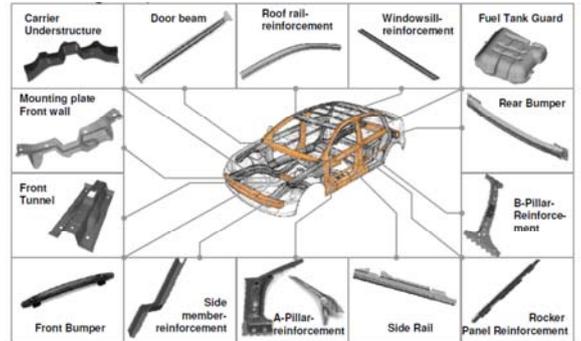


フォルクスワーゲン, パサート



フォルクスワーゲン パサート, 骨格部材の16%が熱間プレス成形

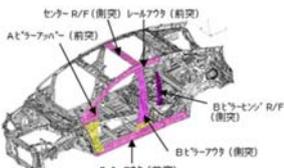
ドイツ ベンテラー社におけるホットスタンピング成形品



トヨタにおけるホットスタンピングの適用



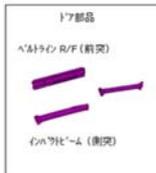
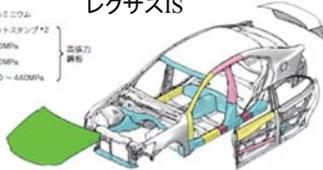
プリウス (2009年)



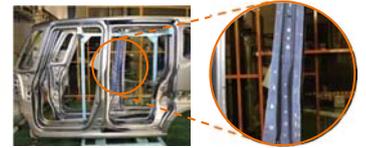
- Hot Stamp材
- 980MPa材
- 590MPa材

- アルミニウム
- ホットスタンピング材
- 500MPa
- 590MPa
- 340 ~ 640MPa

レクサスIS



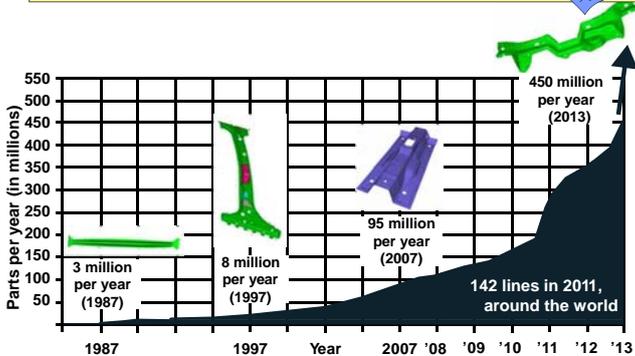
ホンダ N BOXのセンターピラー



超高強度スティフナー



ホットスタンピング成形品の生産量



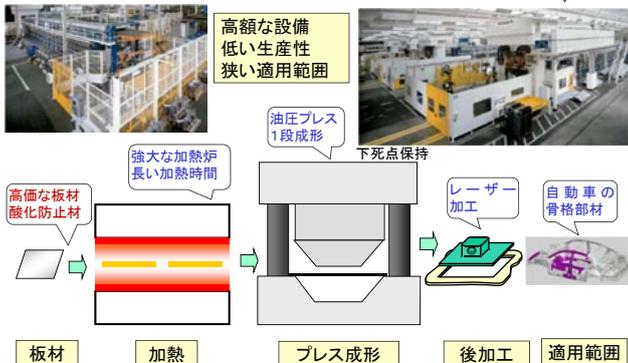
Ref: Hund 2011, Belanger 2011.

ホットスタンピングの長所

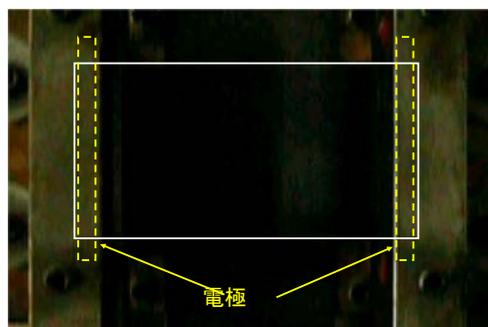


- 成形荷重低下
- スプリングバックなし
- 成形性増加
- 1.5GPa級成形品

現行熱間プレス成形の問題点



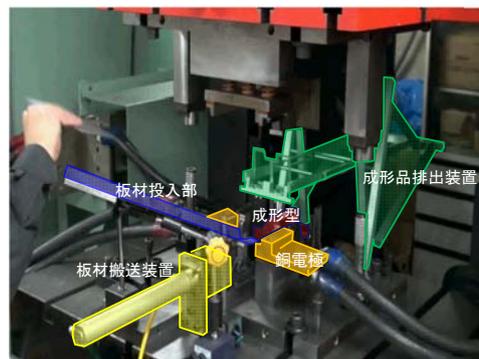
980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形



通電加熱ホットスタンピング成形品

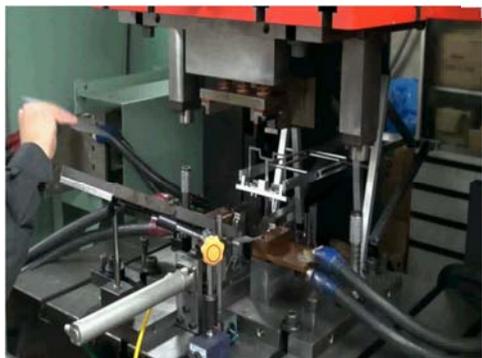


連続通電加熱ホットスタンピング



板材搬送 → 通電加熱, 成形+ダイクエンチ → 材料取出し

連続通電加熱ホットスタンピング



板材搬送 → 通電加熱, 成形+ダイクエンチ → 材料取出し

ホットスタンピング装置の実用化



プレス機械メーカーとの共同開発:(株)アミノ

通電加熱の適用



2013年11月7日日刊自動車新聞、アステア:第25回中小企業優秀
 トヨタ通電加熱 新技術・新製品賞優秀賞、「直接
 通電加熱による新ホットプレス技

トヨタ系車体部品メーカー
熱間プレス品供給拡大へ
 新工法の確立も視野に

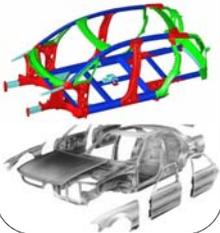


トヨタ自動車は、車体部品メーカーと連携し、熱間プレス品供給を拡大する。新工法の確立も視野に、

1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. ホットスタンピング
8. 塑性接合
9. チタン・マグネシウムのプレス成形

セルフピアシングリベットによる 高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合

板組の決定



接合条件の決定

- ・リベット
- ・ダイ
- ・板組

ラインでの接合作業



アルミニウム板の接合



Audi_A2: アルミ自動車

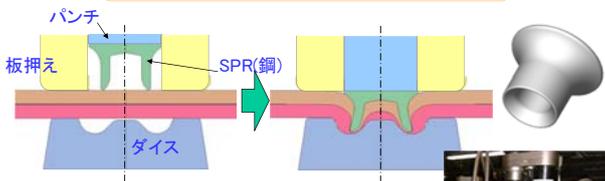
アルミニウム: 溶接性が低い

セルフピアシングリベット

表
裏



セルフピアスリベッティング

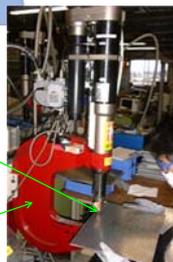


<工法のメリット>

板にSPRを打込み、機械的に結合
 穴あけ不要
 溶接の難しい材料の締結
 異種材料の締結

接合部

Cフレーム



アルミニウム板と高張力鋼板の接合

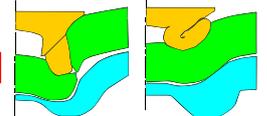
高張力鋼板

- ・高強度、高硬度
- ・延性小

リベット硬度に近い

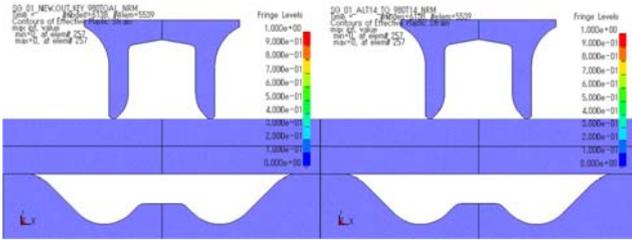
多種の不良が想定

・ダイ形状の最適化
 (ダイ径、深さ)



リベット割れ リベット折れ

有限要素シミュレーション



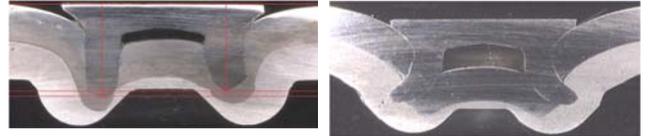
(a) 上板 SPFC980 t1.4,
下板 A5052 t1.5

(b) 上板 A5052 t1.5,
下板 SPFC980 t1.4

ダイ形状の最適化

曲面ダイ

テーパダイ形状



上板: SPFC980, 1.4mm, 下板: A5052, 1.5mm

1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. ホットスタンピング
8. 塑性接合
9. チタン・マグネシウムのプレス成形

純チタン, チタン合金容器の冷間プレス成形

《チタン》

《純チタン》
・冷間成形性



表面処理, ダイス
材質, 潤滑剤

《チタン合金》

- ・高強度
- ・耐熱性
- ・高温加工
- α型合金
- α-β型合金
- ・β型合金: 冷間成形性
- 曲げ, 浅絞り

- ・耐食性
- ・軽量

チタン材料

チタン	材種	結晶構造	加工	特徴・用途
純チタン	JIS1種, 2種	稠密六方	冷間	・耐食性, 成形性 ・熱交換プレート, 建材
α合金	Ti-5Al- 2.5Sn	稠密六方	熱間	・耐熱性 ・オートバイマフラー
α-β合金	Ti-6Al- 4V	稠密六方 体心立方	熱間	・強度, 靱性 ・航空機部品
β合金	Ti-15V- 3Cr- 3Sn-3Al	体心立方	冷間	・高強度 ・ゴルフクラブヘッド

高い親和性の純チタン板の深絞り加工における焼付き

焼付き発生

パンチ

ダイスR部



焼付いたダイス



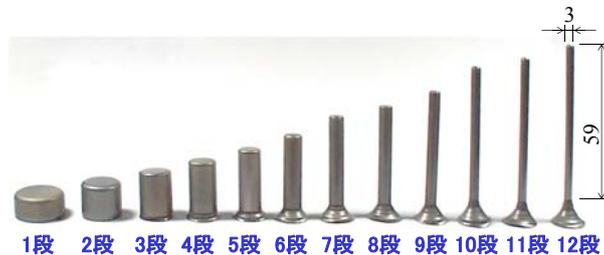
焼付いた容器

アルミ青銅ダイスによる焼付き防止

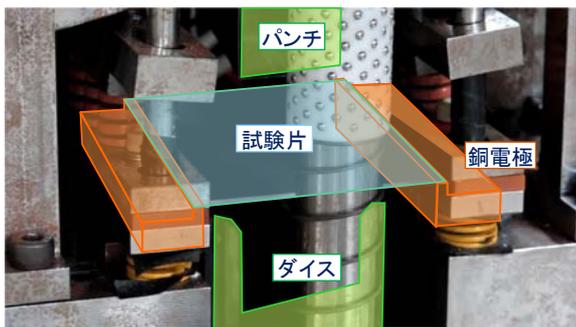
- ・ 焼付き防止効果が高い



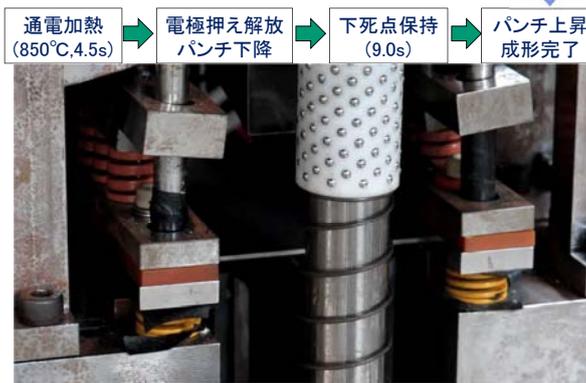
陽極酸化皮膜とアルミ青銅ダイスを用いた多段深絞り加工



α-β合金板の通電加熱U曲げ成形



α-β合金板の通電加熱U曲げ成形



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

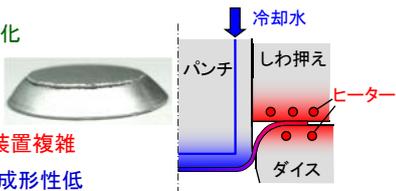
薄肉化, 高強度化

生産性向上

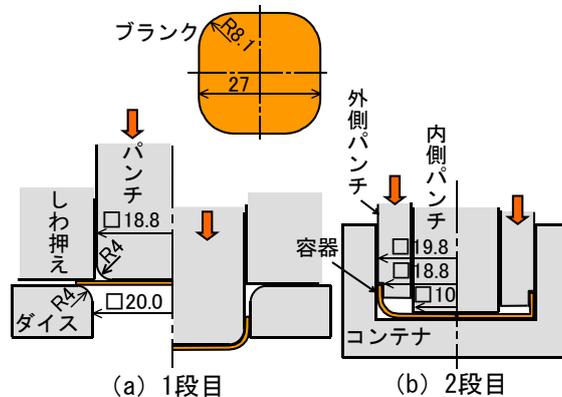
○プレス成形

温間 (200~300°C): 装置複雑

冷間: 成形性低



角筒容器の冷間2段成形



角筒容器の限界絞り比

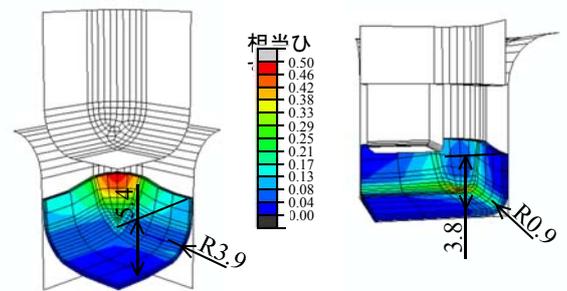


(a) $\beta=1.44$



(b) $\beta=1.49$

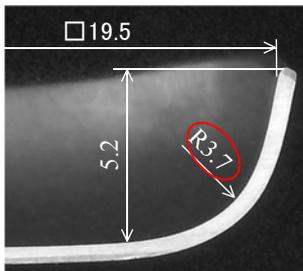
平頭パンチを用いた冷間2段角筒成形の有限要素シミュレーション結果



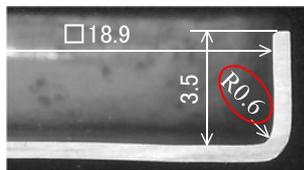
(a) 1段目

(b) 2段目

2段成形された角筒容器の平行方向断面実験結果



(a) 1段目



(b) 2段目 (s=2.8mm)

1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. ホットスタンピング
8. 塑性接合
9. チタン・マグネシウムのプレス成形