

コマツ最新塑性加工技術見学会 軽量自動車部品の成形技術 ー環境にやさしい成形技術を目指してー

豊橋技術科学大学
生産システム工学系 教授
森謙一郎

豊橋技術科学大学

工学部

機械システム工学系
生産システム工学系
電気・電子工学系
情報工学系
物質工学系
建設工学系
知識情報工学系
エコロジー工学系

大講座

加工学
材料学
生産計画学

研究室

塑性加工
精密加工
接合加工

1学年:学部410名・修士395名

本学の特徴

- 高専からの編入生が80%
(1年10名, 3年編入生40名)
- 学部から修士課程までの一貫教育
(生産システム:学部・修士50名)
- 2ヶ月間の産業界での実務訓練

塑性加工研究室

ー環境に優しい成形技術を目指してー

100kg軽量:1km/燃費向上

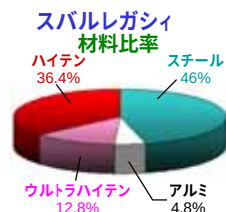
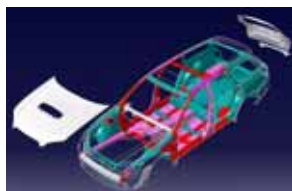
軽量材料の成形

- 超高張力鋼板
- アルミニウム, チタン, マグネ
- 材質改善, 接合

軽量化部品の成形

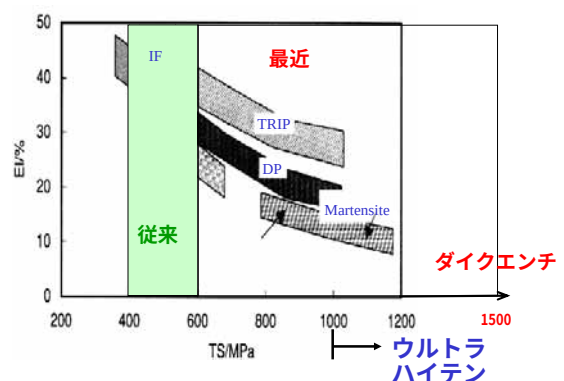
- 中空部品
- 一体化成形

自動車車体への高張力鋼板の適用



トヨタ クラウン, 骨格部
材の45%が高張力鋼板

高張力鋼板の強度



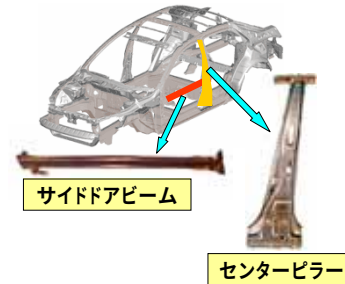
自動車用板材の比強度の比較

板材	引張強さ	密度	比強度
ウルトラハイテン	980～1470MPa	7.8g	126～188kNm/kg
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処理材)	310MPa	2.7	115MPa

- 低価格
- 成形に関するノウハウの蓄積

ウルトラハイテンの自動車部材への適用

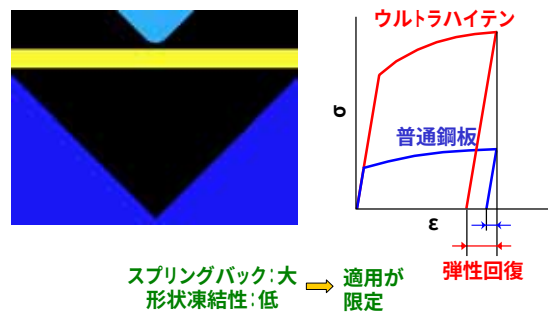
ウルトラハイテン: 1GPa以上



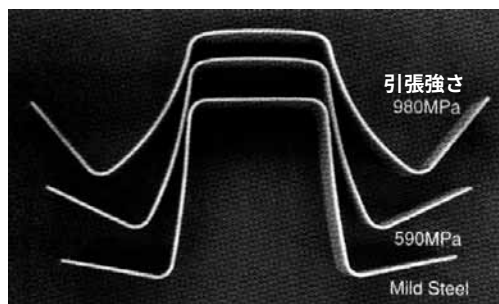
ウルトラハイテンの成形

- 1) 高精度プレスを用いた冷間曲げ成形におけるスプリングバック
- 2) 通電加熱を用いた温・熱間プレス成形

ウルトラハイテンのスプリングバック

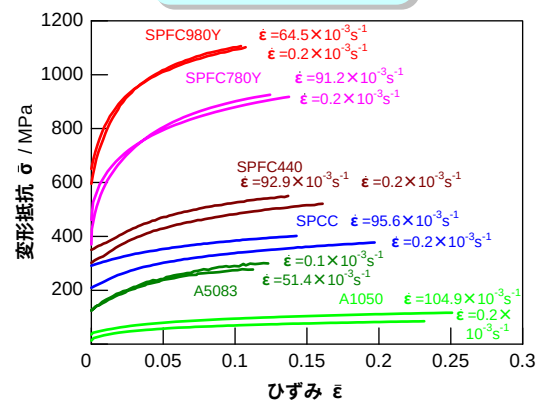


高張力鋼板のハット曲げにおけるスプリングバック



岩谷：プレス技術，42-8(2004)，43

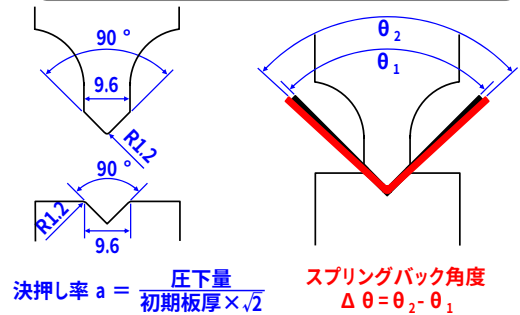
板材の変形抵抗曲線



サーボプレス(80tonf)



V曲げ加工における金型形状、決押し率・角度の定義



V曲げの変形挙動

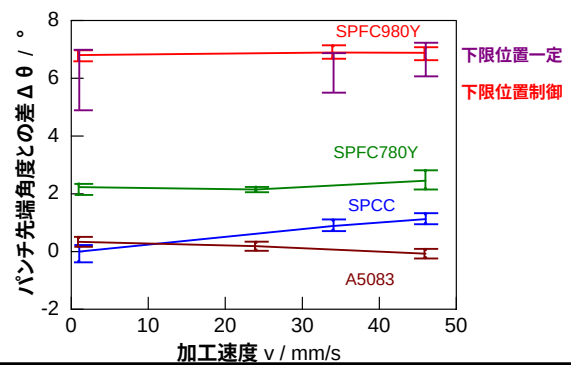


(a) SPCC

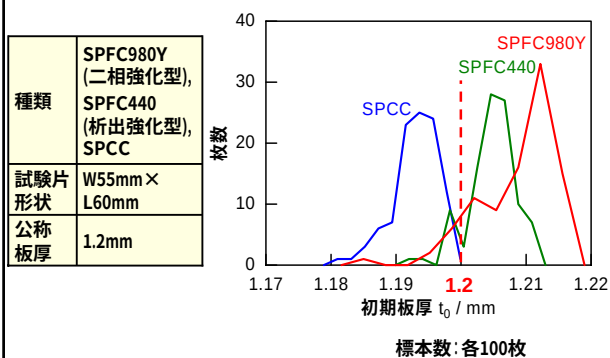
(b) SPFC980

設定加工速度: $25 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$

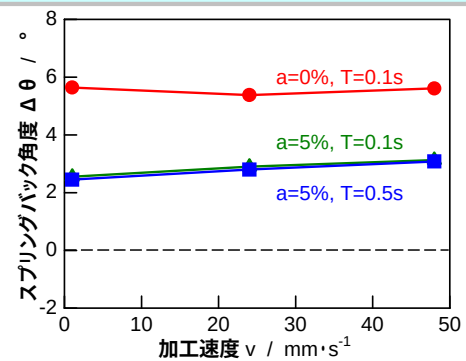
V曲げにおけるパンチ先端角度との差と加工速度の関係($a=0\%$)



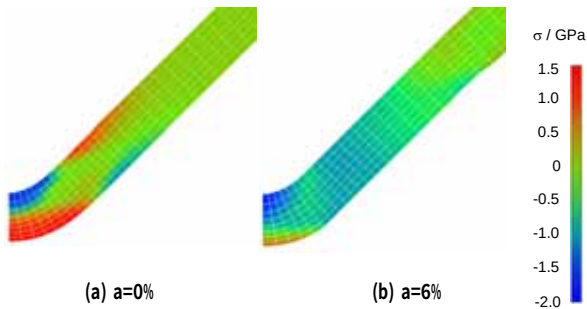
試験片の種類、初期板厚のばらつき



V曲げにおけるスプリングバック角度と加工速度の関係 (SPFC980Y)



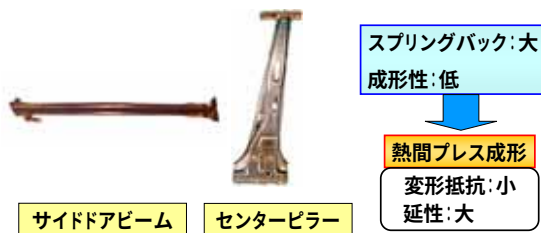
V曲げの決押しによる除荷前の板幅方向
応力分布への影響(SPFC980Y)



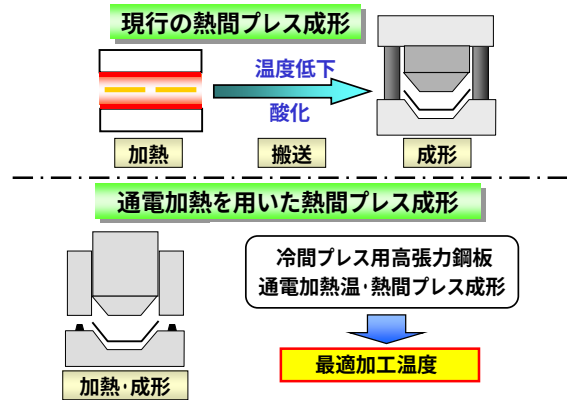
ウルトラハイテンの成形

- 1) 高精度プレスを用いた冷間曲げ成形におけるスプリングバック
- 2) 通電加熱を用いた温・熱間プレス成形

通電加熱を用いたウルトラハイテン
の温・熱間プレス成形



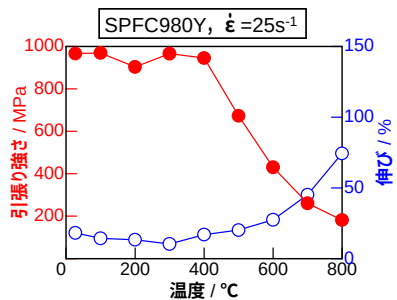
ウルトラハイテンの温・熱間プレス成形



高張力鋼板の加熱引張り特性

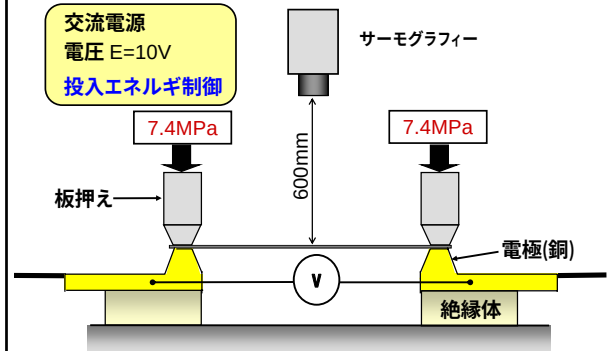
高張力鋼板:SPFC440, 590Y, 780Y, 980Y

板厚 t=1.2mm



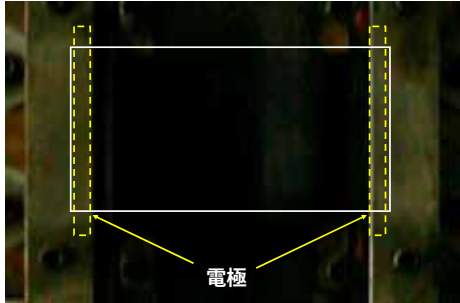
通電加熱実験装置概図

素板寸法: L130×W80×t1.2



通電加熱映像

SPFC980Y 投入電力:85kJ (10V)

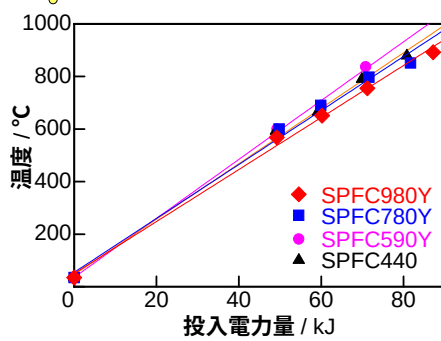


通電加熱中のサーモグラフィ映像

SPFC980Y 投入電力:85kJ (10V)



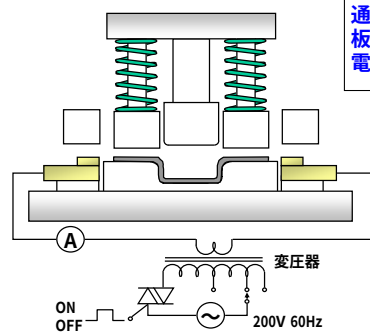
加熱温度と投入電力量の関係



通電加熱ハット曲げ成形装置

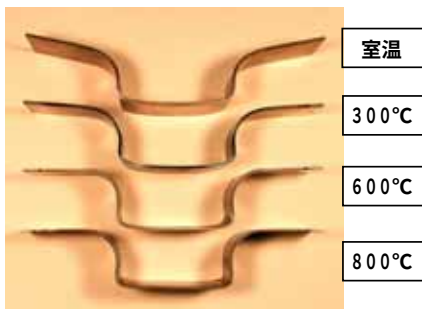
実験条件

通電電圧:10V
板サイズ:130mm×20mm
電極中心間距離:120mm

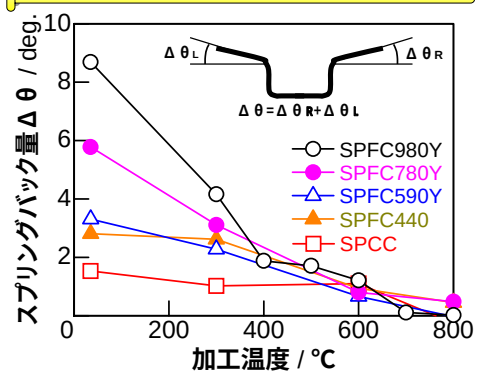


通電
↓
(0.2秒)
プレス
↓
2秒保持

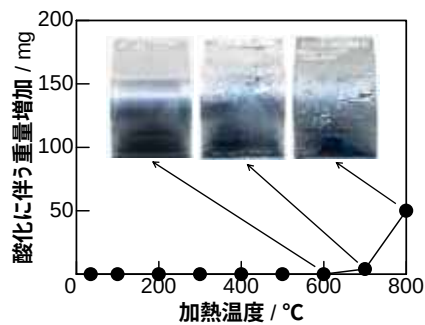
ハット曲げ成形体(SPFC980Y)



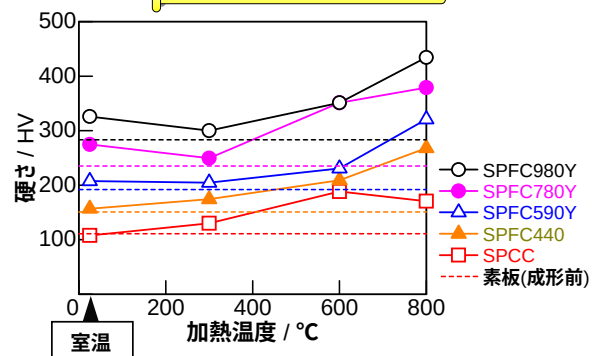
成形温度とスプリングバック量の関係



酸化スケールの発生状況 (SPFC980Y)



加工温度と硬さの関係

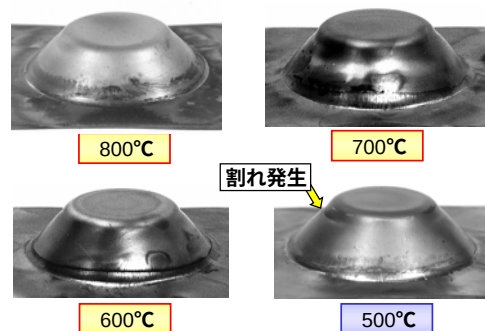


通電加熱熱間絞り成形実験映像

SPFC980Y 投入電力量73kJ (800°C)



絞り成形体



塑性加工研究室

一環境に優しい成形技術を目指してー

軽量材料の成形

- ・ 超高張力鋼板
- ・ アルミニウム, チタン, マグネ
- ・ 材質改善, 接合

軽量化部品の成形

- ・ 中空部品
- ・ 一体化成形

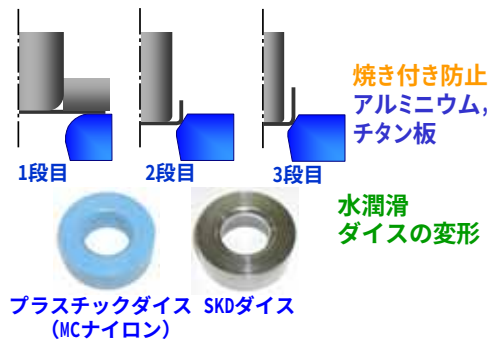
プラスチックダイスを用いた 深絞り加工における焼付きの防止



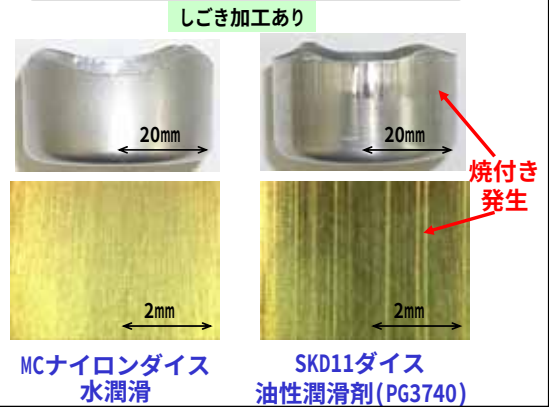
プラスチックダイスの適用

環境にやさしい焼付き防止技術の開発

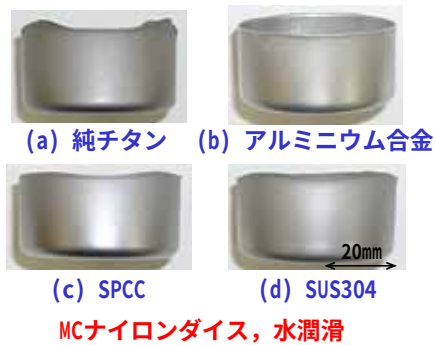
プラスチックダイスを用いた多段深絞り加工



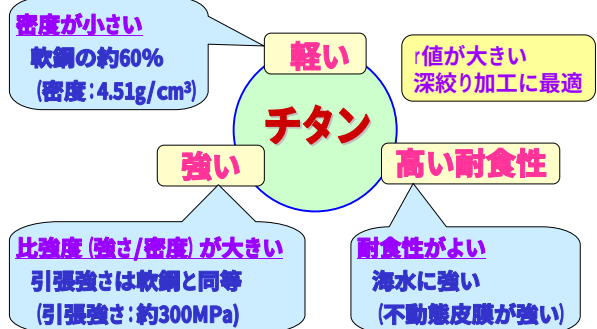
純アルミニウム板の深絞り加工



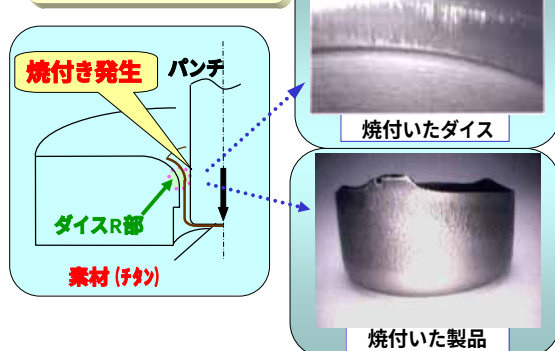
多金属板への応用



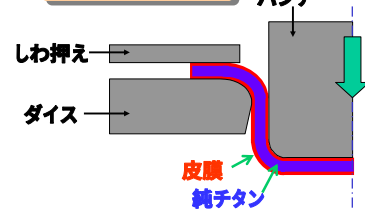
チタン板の多段深絞り加工



純チタン板の多段深絞り加工



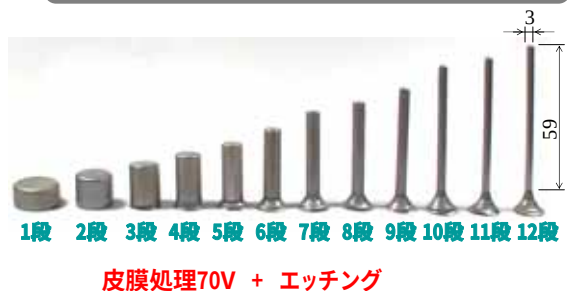
被膜処理



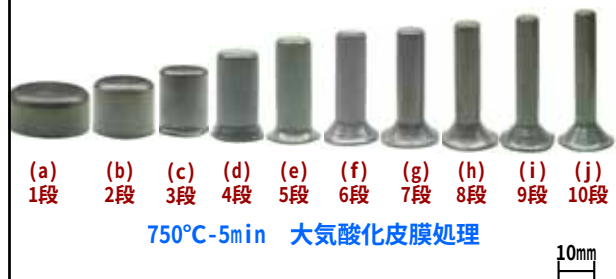
皮膜の種類

- (1) 陽極酸化皮膜処理
- (2) 大気酸化皮膜処理
- (3) 市販材 (カラーチタン, 窒化チタン)

陽極酸化皮膜処理と銅合金ダイスによる 純チタン容器の成形



深絞り加工されたβ型チタン合金容器



マグネシウム合金板の冷間深絞り加工

	マグネシウム合金	アルミニウム合金	鋼
比強度 MPa	139	107	70



マグネシウム合金の
温間プレス成形品

ダイカスト, チクソフォーミング (90%以上)

↓ 生産性向上

プレス成形

温間 200~300°C 装置複雑

冷間 常温 成形性低

↓
冷間での成形性向上

マグネシウム合金板の冷間深絞り加工 における割れ



(a) 焼なましなし
($r=1.32$)



(b) 焼なましあり
($r=1.32$)

冷間深絞り加工されたマグネシウム合金容器



(a) 割れ無
($R_p=2\text{mm}$, $r=1.70$)



(b) 割れ有
($R_p=2\text{mm}$, $r=1.75$)



(c) 割れ無
($R_p=5\text{mm}$, $r=1.70$)



(d) 割れ有
($R_p=5\text{mm}$, $r=1.75$)

塑性加工研究室

一環境に優しい成形技術を目指して一

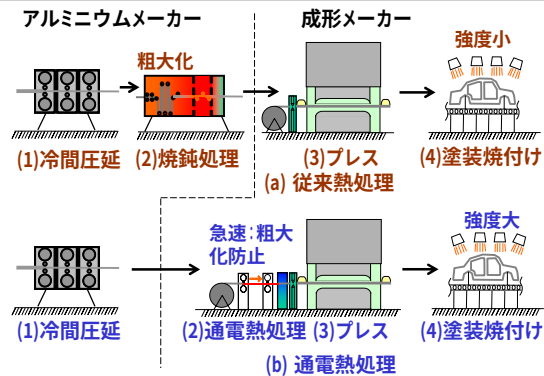
軽量材料の成形

- 超高張力鋼板
- アルミニウム, チタン, マグネ
- 材質改善, 接合

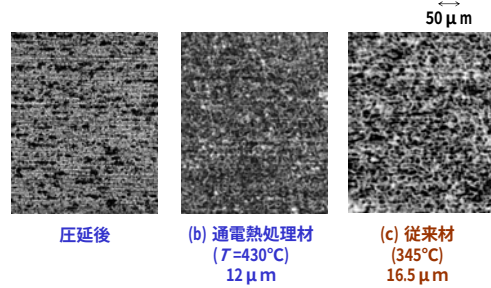
軽量化部品の成形

- 中空部品
- 一体化成形

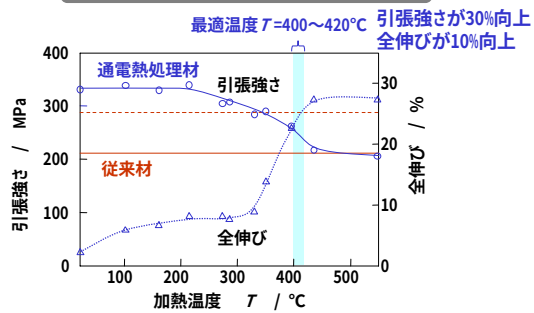
急速熱処理による高性能アルミニウム合金板の製造



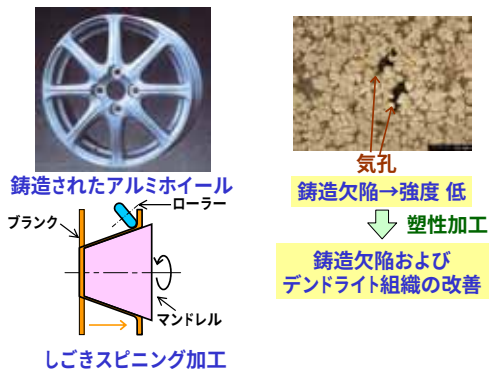
A5052材の結晶粒径の変化



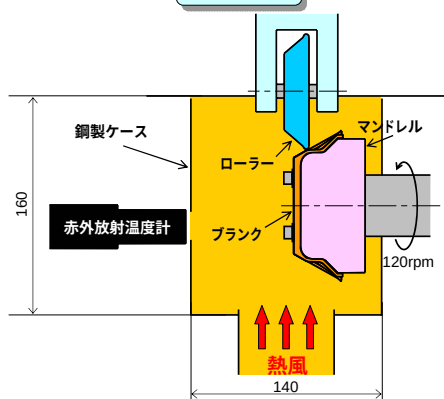
A5052材の引張強さと全伸び



アルミニウム合金鋳物の熱間しごきスピニング加工



実験方法

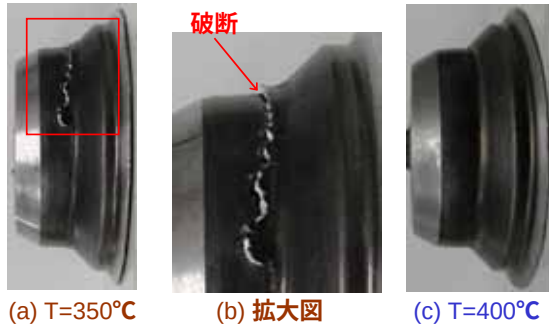


熱間しごきスピニング加工の映像

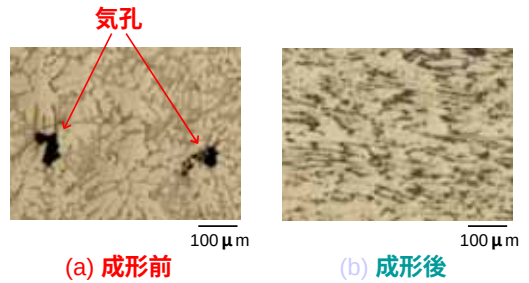
$p_R=2\text{mm}$, $T=400^\circ\text{C}$, $R=40\%$



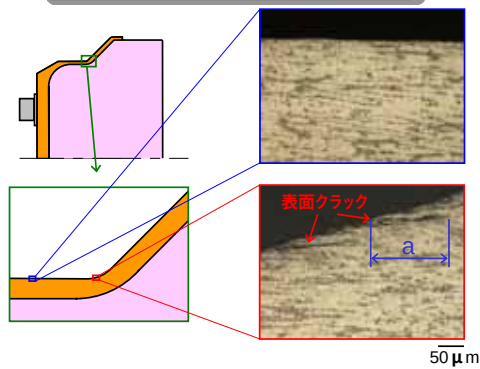
加工温度上昇による加工性向上 $\rho_R=2\text{mm}$, $R=40\%$



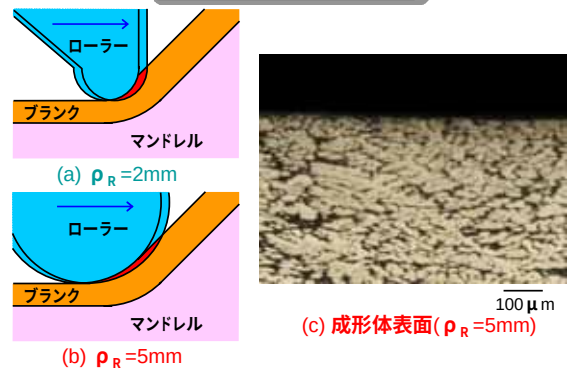
しごきによる鋳造欠陥の改善 $\rho_R=2\text{mm}$, $T=400^\circ\text{C}$, $R=40\%$



しごきによる表面クラックの発生 $\rho_R=2\text{mm}$, $T=400^\circ\text{C}$, $R=55\%$



クラック発生防止法 $\rho_R=5\text{mm}$, $T=400^\circ\text{C}$, $R=30\%$



アルミニウム板の接合

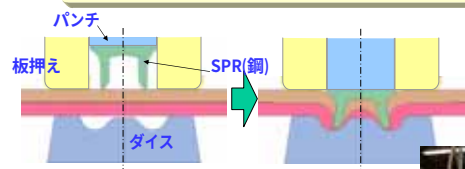


アルミニウム: 溶接性が低い

Audi_A2



セルフピアッシングリベット



<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

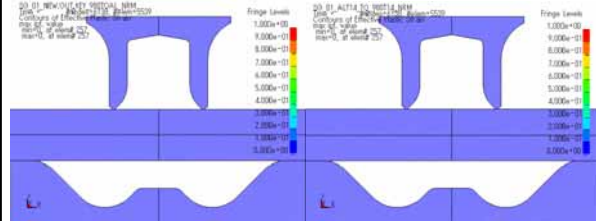
リベット硬度に近い

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

シミュレーションによる打ち込み

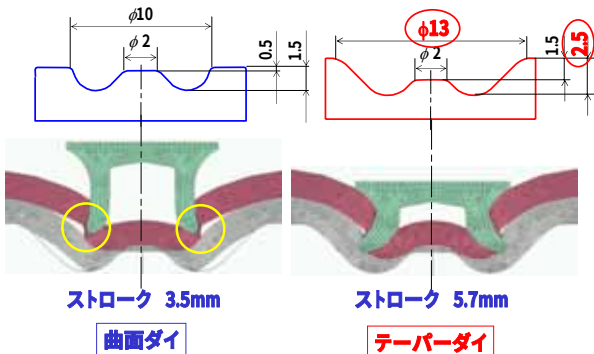


(a) 上板 **SPFC980** t1.4,
下板 **A5052** t1.5

(b) 上板 **A5052** t1.5,
下板 **SPFC980** t1.4

テーパダイによる変形挙動の予測

(上板: **SPFC980**, t1.4, 下板: **A5052**, t1.5)



ストローク 3.5mm

曲面ダイ

ストローク 5.7mm

テーパダイ

テーパダイを使用した実験断面

(上板: **SPFC980**, t1.4, 下板: **A5052**, t1.5)

曲面ダイ

テーパダイ形状



塑性加工研究室

一環境に優しい成形技術を目指してー

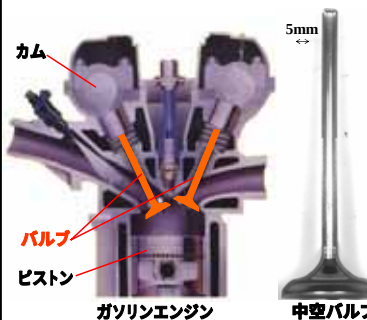
軽量材料の成形

- ・超高張力鋼板
- ・アルミニウム, チタン, マグネ
- ・材質改善, 接合

軽量化部品の成形

- ・中空部品
- ・一体化成形

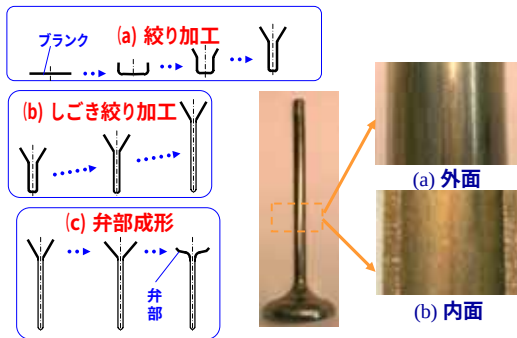
自動車用中空エンジン弁のプレス成形



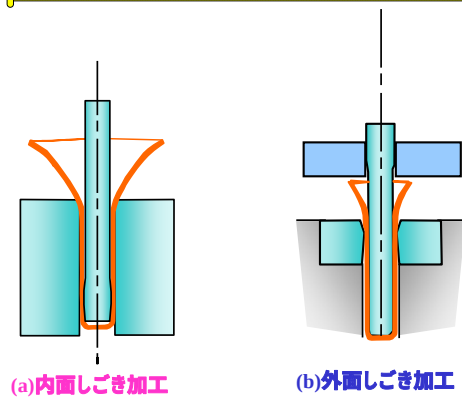
中空バルブ
↓
軽量化: エンジンの高出力化, 低燃費化

多段深絞り加工
↓
内面性状の悪化

プレス成形法と内面粗さ



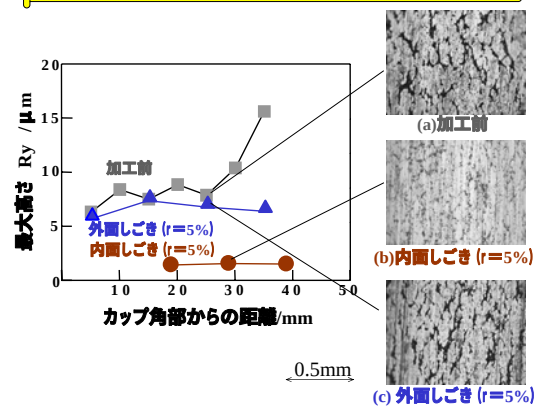
しごき加工の概略図



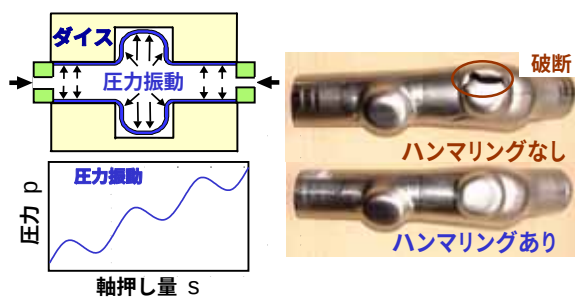
しごき率=5%における内面と外面しごき加工後断面写真



加工後の内面粗さと内面顕微鏡写真



管材のハンマリングハイドロフォーミング



一定圧力におけるハイドロフォーミング



ハンマリングハイドロフォーミング



ハンマリングより得られた台形の張出し

台形張出し

円形張出し

しわ



(a) ハンマリング
 $p_0=17.6\text{MPa}$
 $\Delta p=3\text{MPa}$
 $\omega=0.66\text{ c/mm}$

(b) 一定圧力
 $p_0=20.5\text{MPa}$

(c) 一定圧力
 $p_0=17.5\text{MPa}$

塑性加工研究室

一環境に優しい成形技術を目指してー

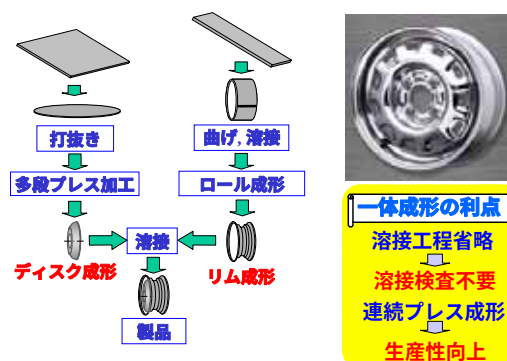
軽量材料の成形

- ・ 超高張力鋼板
- ・ アルミニウム, チタン, マグネ
- ・ 材質改善, 接合

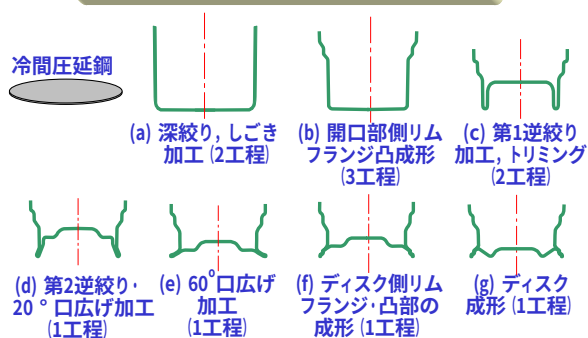
軽量化部品の成形

- ・ 中空部品
- ・ 一体化成形

乗用車用ホイールの一体成形



乗用車用ホイールの一体成形



各工程後の断面写真



一体プレス成形製品



塑性加工研究室

<http://plast.pse.tut.ac.jp/>
—環境に優しい成形技術を目指して—

- サーボプレスを用いた超高張力鋼板の高精度成形
- 超高張力鋼板の温・熱間プレス成形
- プラスチックダイスを用いた深絞り加工
- 純チタン・チタン合金板の冷間多段深絞り加工
- マグネシウム合金板の冷間深絞り加工
- 急速熱処理による高性能アルミニウム合金板の製造
- アルミニウム合金鋳物の熱間しごきスピニング加工
- セルフピアシングリベットによる板材の塑性接合
- 自動車用軽量中空エンジン弁のプレス成形
- 軽量中空部品のハンマリングハイドロフォーミング
- 自動車用スチールホイールの一体プレス成形

産学連携による技術開発 サイエンスとテクノロジーのシナジー効果

