

# ウルトラハイテンのホットプレス成形と今後の展望

豊橋技術科学大学 森謙一郎

<http://plast.pse.tut.ac.jp/>

自動車の燃費向上を目的として自動車の軽量化が望まれており，高張力鋼板の自動車部品への利用が急増している．引張強さが1GPaを超えるウルトラハイテンも開発されるようになってきており，軽量化には非常に有効であるが，非常に高強度であるため，それを製品に成形する技術には問題も多い．一方，ホットプレス成形では，加熱することによって板材を軟化させ，成形荷重を低下させるとともに成形性も向上させる．さらに，金型急冷によって焼入れ強化も行うダイクエンチ法も開発されており，引張強さが1.5GPaに達する超高張力鋼成形品も得られている．ホットプレス成形は，成形中素材は軟らかく，成形後の製品は硬いという非常に有効な加工法である．本講演では，通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形，熱間プレス成形における局部ダイクエンチ，熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減，通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形，温・熱間せん断加工を説明する．

## ウルトラハイテンのホットプレス成形と今後の展望

豊橋技術科学大学 森謙一郎



## — 軽量自動車部品の成形 —

100kg軽量: 1km/l燃費向上

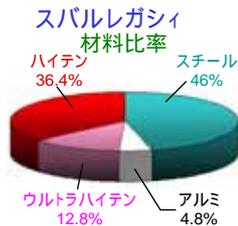
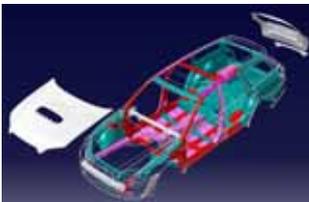
平成19年

### 軽量材料の成形

- 超高張力鋼板
- アルミニウム，マグネチタン



## 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

骨格部材: 36%

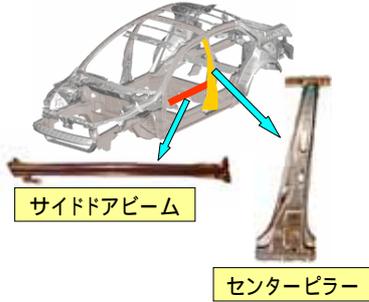


## 自動車用板材の比較

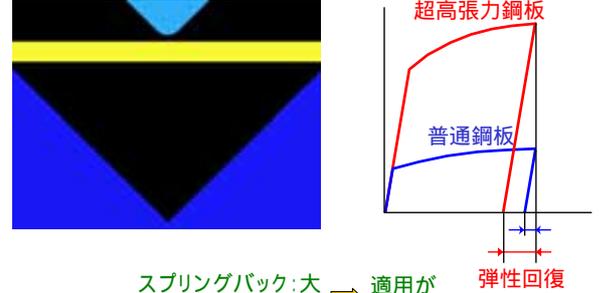
| 板材                 | 引張強さ          | 比重  | 比強度          | コスト(1kg当り)  | 生産量            |
|--------------------|---------------|-----|--------------|-------------|----------------|
| ウルトラハイテン           | 980 ~ 1470MPa | 7.8 | 126 ~ 188MPa | 100円程度      | 鉄: 12億 ton     |
| 従来ハイテン             | 490 ~ 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   |

### 超高張力鋼板の自動車部材への適用

超高張力鋼板: 1GPa以上

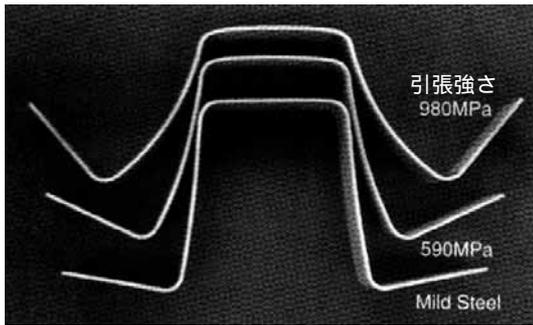


### 超高張力鋼板のスプリングバック



スプリングバック: 大  
形状凍結性: 低 → 適用が  
限定

### 高張力鋼板のハット曲げにおけるスプリングバック

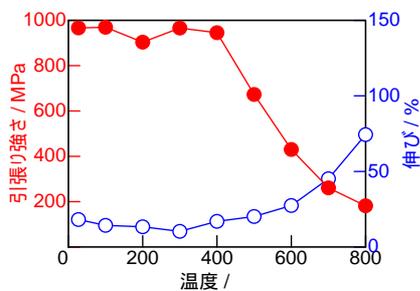


岩谷: プレス技術, 42-8(2004), 43

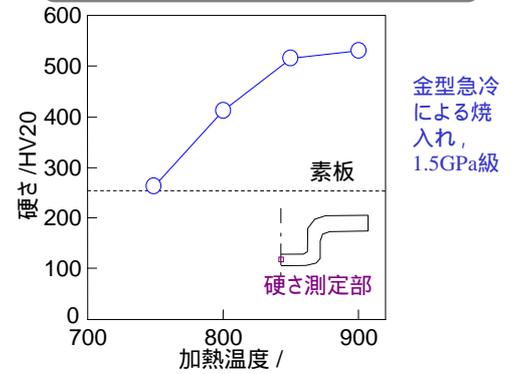
1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
4. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
6. 温・熱間せん断加工

### 超高張力鋼板の高温引張り特性

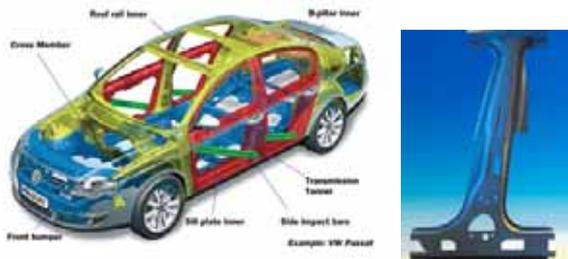
成形荷重低下, スプリングバックなし



### 熱間プレ成形におけるダイクエンチによる硬さの上昇

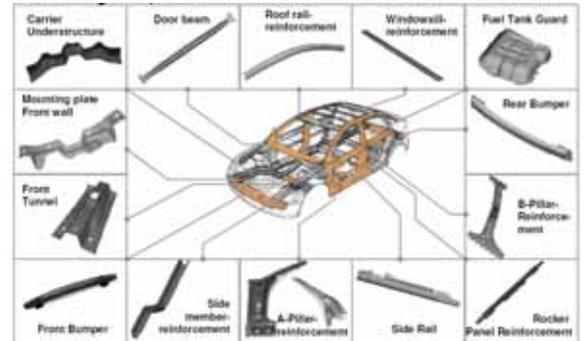


### フォルクスワーゲン, パサート



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熱間プレス成形品



### アイシン高丘における熱間プレス成形品



ドアビーム

ルーフリーンフォースメント

バンパーリーンフォースメント

ダッシュロアクロスメンバー

Aピラーリーンフォースメント

### 熱間プレス成形, ホットスタンピング



### 熱間プレス成形, ホットスタンピング



### 熱間プレス成形の特徴

#### 長所

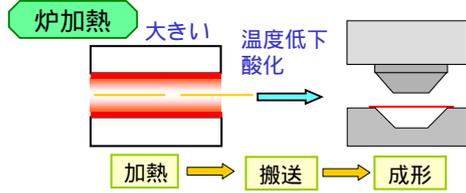
- 成形荷重低下
- スプリングバックなし
- 延性増加
- 1.5GPa級成形品

#### 短所

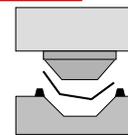
- 表面酸化
- 大型設備: 加熱炉
- 低い生産性

1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形における局部ダイクエッチ
4. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
6. 温・熱間せん断加工

### 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形



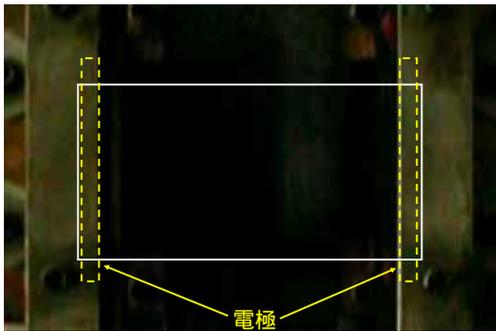
### 通電加熱



#### 利点

- 小さい温度低下
- プレス作業との同期
- 少ない酸化スケール
- 高い加熱効率

### 通電加熱の映像 (S P F C 980)



### サーボプレス(80tonf)



**高精度加工と金型寿命の向上**

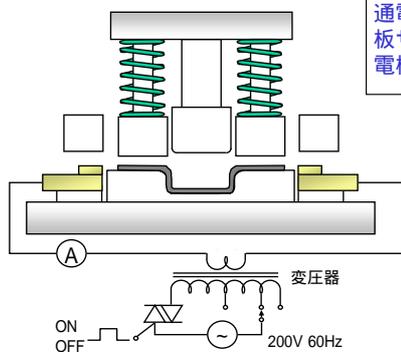
フルフローストフォームバック制御による成形力に余裕を持ってプレス成形できる。また、材料がばらばらしても精度は一定です。

**HCP**

一般的機械プレスロータリー

左右ポイント独立制御  
スクライム付付録(\*)は、成形品精度に余裕を持たせることができます(図は標準仕様)。加工精度が向上します。(特別仕様)

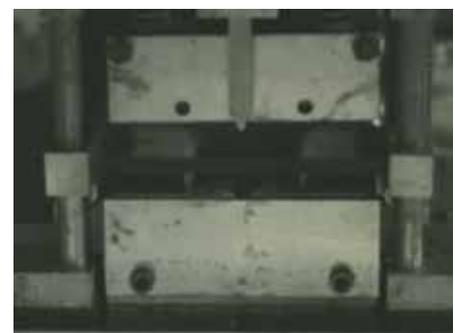
### 通電加熱ハット曲げ成形装置



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  
 ↓  
 3.5秒保持

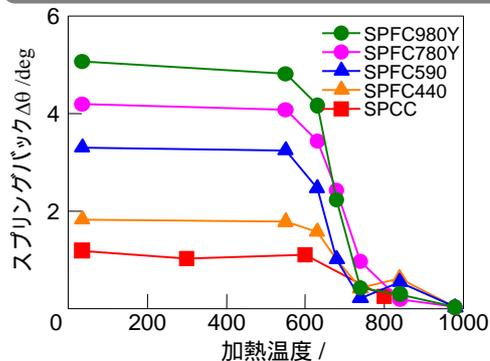
### 980℃における通電加熱ハット曲げ成形



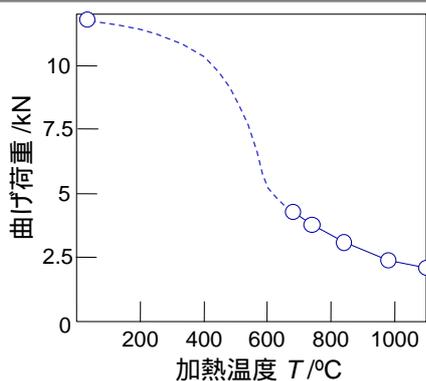
### ハット曲げの成形体 (SPFC980Y)



### ハット曲げ加工における スプリングバックと加熱温度の関係

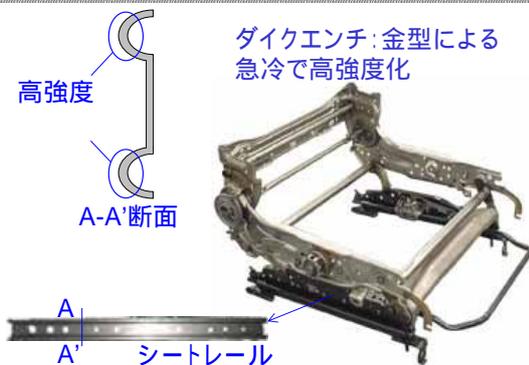


### ハット曲げ加工における加工荷重と加熱温度の関係

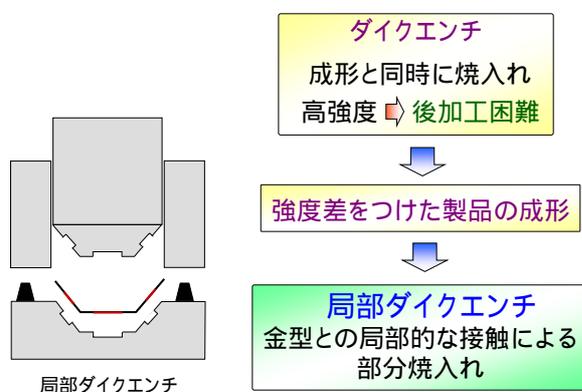


1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
4. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
6. 温・熱間せん断加工

### 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ

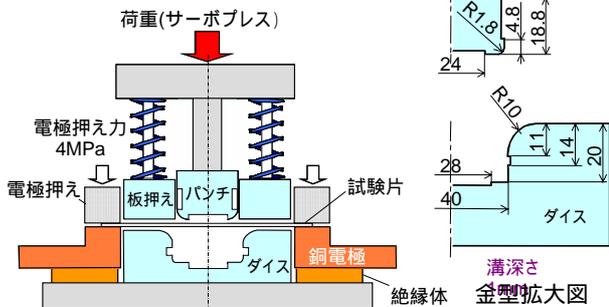


### 局部ダイクエンチ



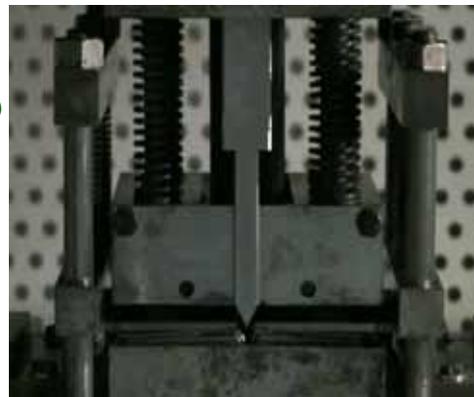
### 局部ダイクエンチハット曲げ成形装置

加熱温度  $T=850, 900, 950$   
 ダイクエンチ保持時間  $t=3.5s$

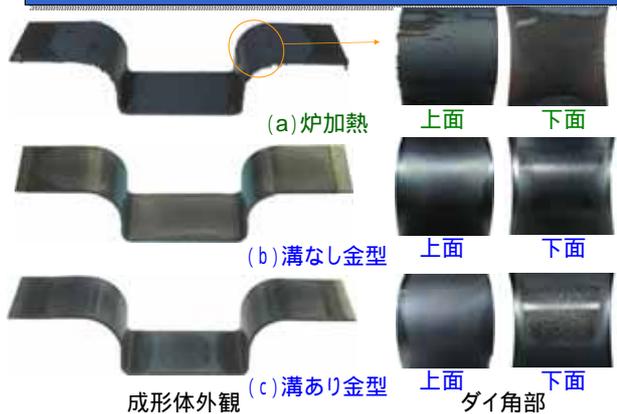


### 加熱温度900 におけるハット曲げ成形

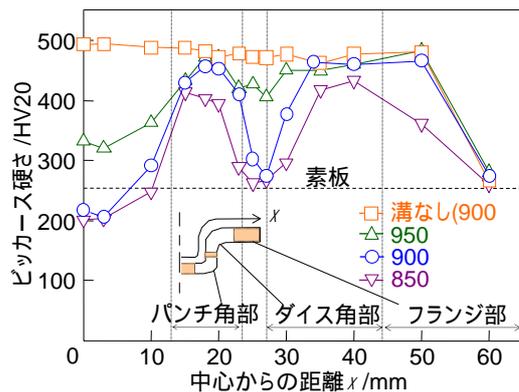
通電加熱  
 (加熱時間2.3s)  
 ↓  
 成形  
 ↓  
 ダイクエンチ  
 (保持時間3.5s)  
 ↓  
 成形完了



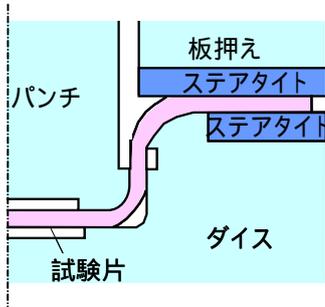
### 900 におけるハット曲げ成形体酸化スケールの比較



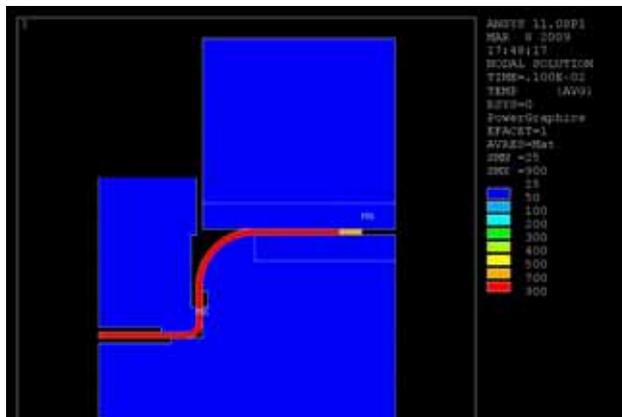
### 溝あり金型によるハット曲げ成形体の長手方向硬さ分布



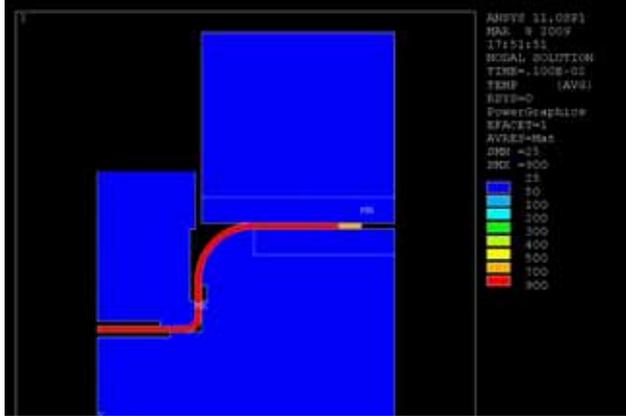
### セラミックスフランジ部を用いた金型ハット曲げ成形



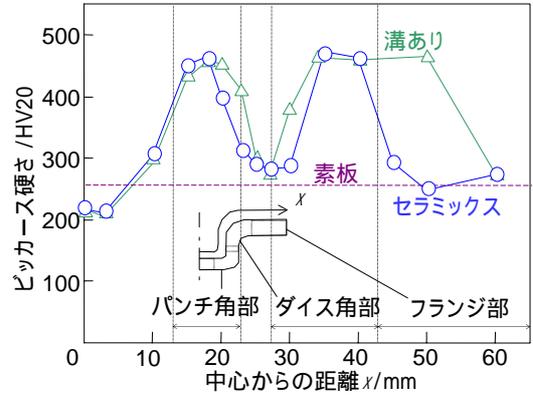
### ステンレス鋼フランジ部を用いたダイクエンチにおける温度分布



セラミックフランジ部を用いたダイクエンチにおける温度分布

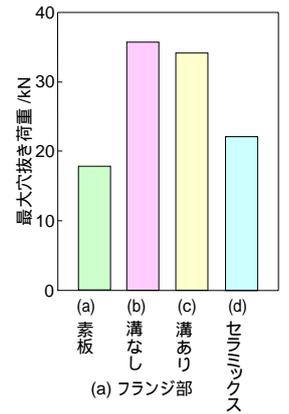
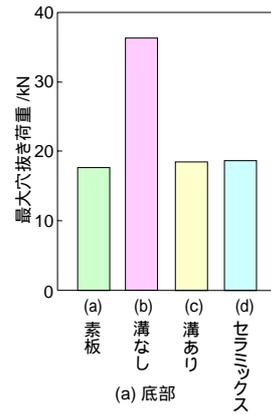
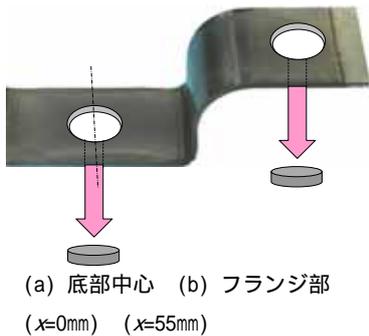


ハット曲げ成形体の長手方向硬さ分布



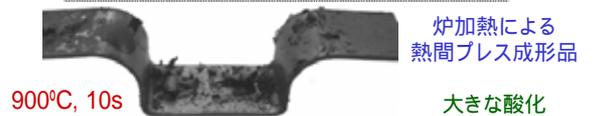
900 のハット曲げ成形品の底部中心の穴抜き加工

加工条件  
パンチ直径 10  
クリアランス 12%



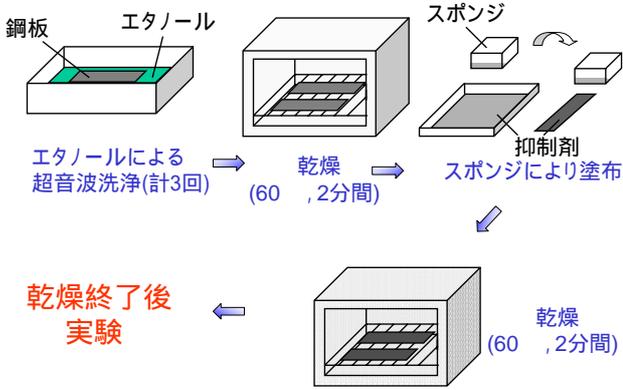
1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
4. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スライン成形
6. 温・熱間せん断加工

プレコートスケール抑制剤



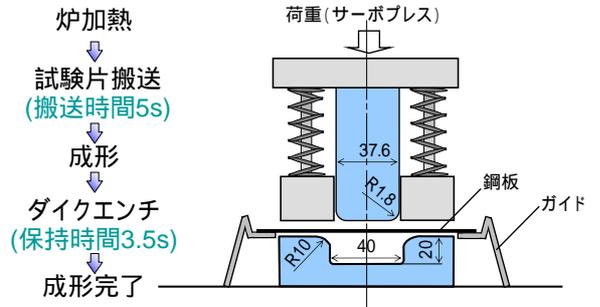
| 抑制剤  | A                  | B               |
|------|--------------------|-----------------|
| 潤滑剤  | ステンレス鋼板<br>温間プレス成形 | チタン板<br>温間プレス成形 |
| 防錆元素 | K,B,C,Na           | K,B,C,Na,P,Ca   |
| タイプ  | 液化皮膜               | 液化皮膜            |

### 抑制剤塗布方法



### プレコート抑制剤を用いたハット曲げ成形実験条件

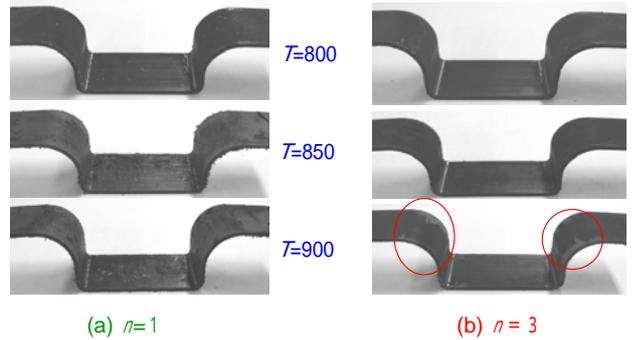
加熱温度: 600, 700, 800, 850, 950, 950  
試験片: 長さ130mm, 幅20mm, 板厚1.2mm



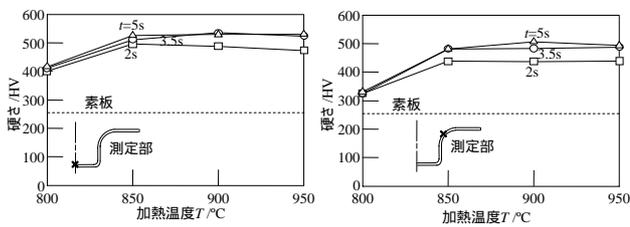
### T=950 におけるハット曲げ成形実験



### ハット曲げ成形体外観



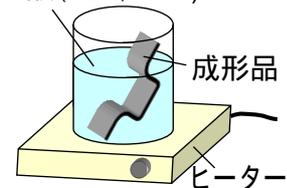
### ハット曲げ成形体断面組織



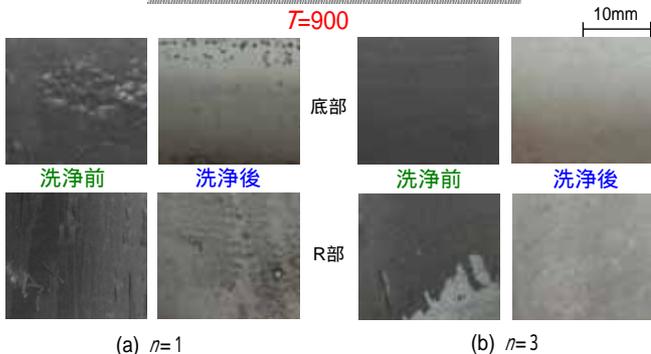
### 洗浄試験

成形後、鋼板表面に塗布された抑制剤を洗浄する

リン酸 (10%, 70℃) 2分間浸す



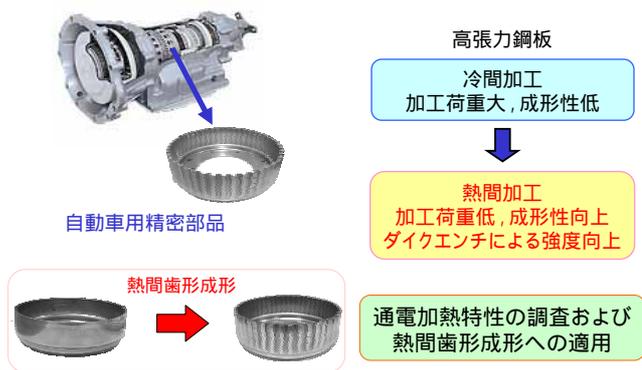
### 洗浄前後の底部表面写真



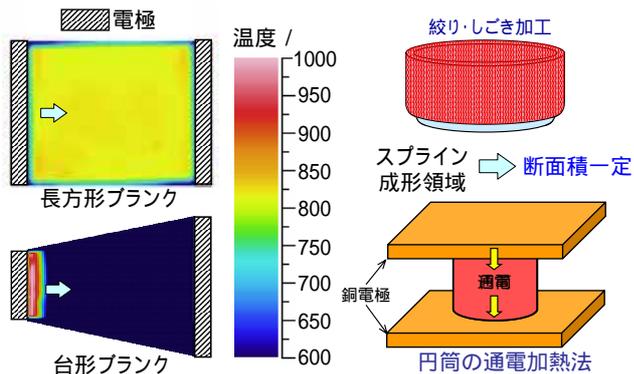
若干の酸化の場合抑制剤成分と一緒に表面膜も除去可能

1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
4. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
6. 温・熱間せん断加工

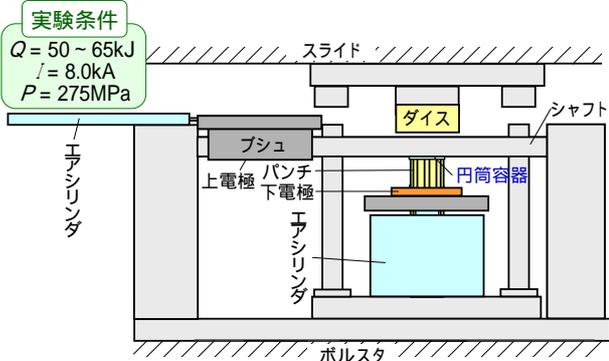
### 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形



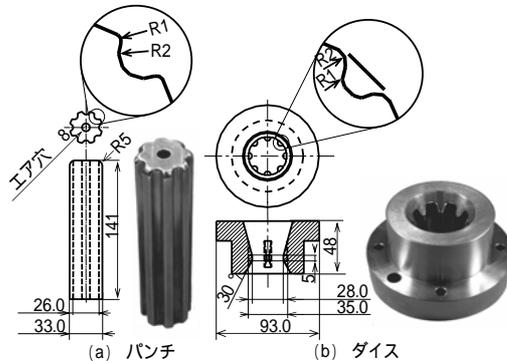
### 円筒端部からの給電による通電加熱



### 熱間スプライン成形装置



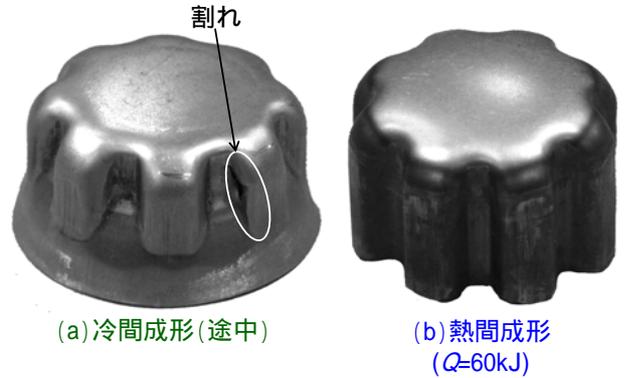
### スプライン成形実験に用いたパンチ・ダイス形状



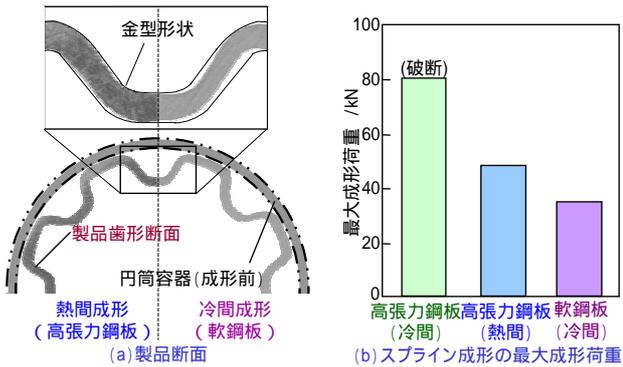
通電加熱を用いた熱間スプライン成形の様子 (Q=60kJ)



スプライン成形後の高張力鋼容器外観

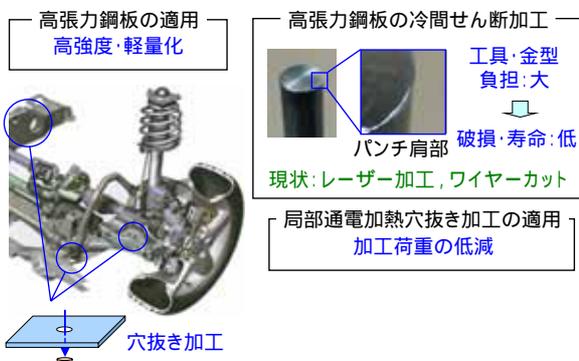


スプライン成形後の高張力鋼容器断面 (Q=60kJ)

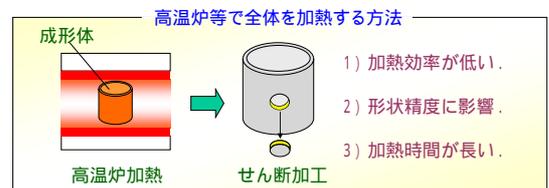


1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形における局部ダイクエッチ
4. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
6. 温・熱間せん断加工

超高張力鋼板の温・熱間せん断加工



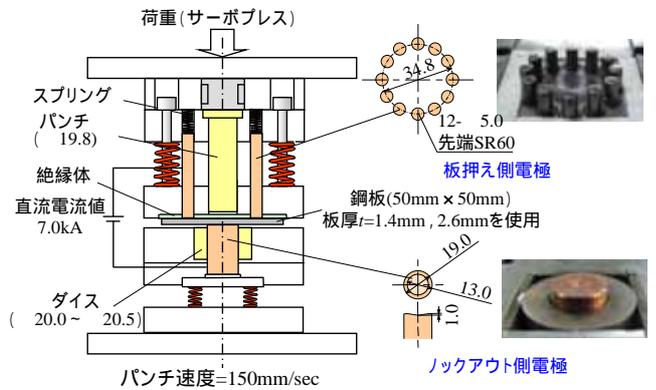
温・熱間穴抜き加工における問題点と局部加熱法



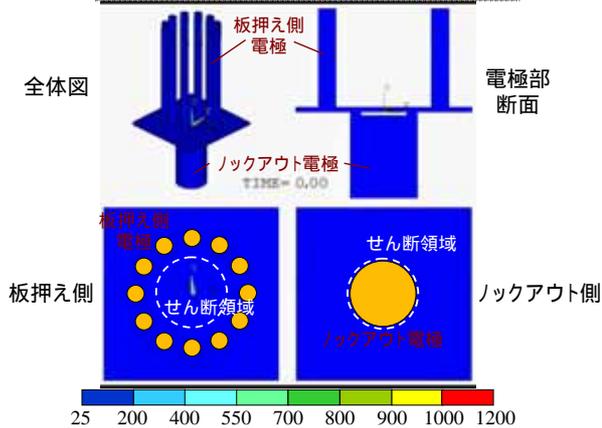
### 局部通電加熱せん断加工法



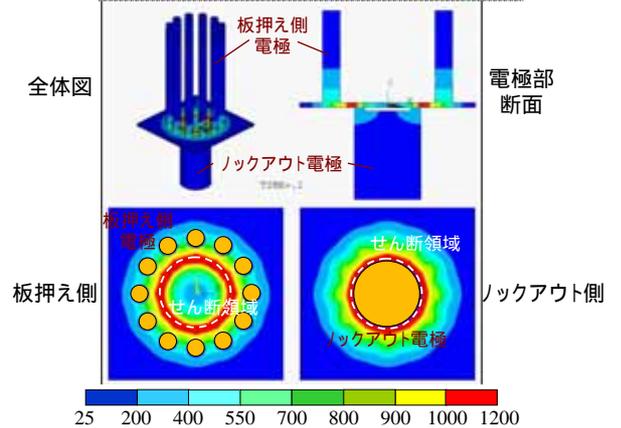
### 局部通電加熱せん断加工装置



### 局部通電加熱の温度分布



### 電極の冷却における温度分布



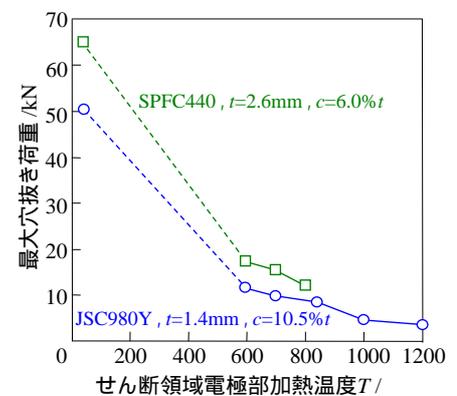
### 局部通電加熱せん断加工

加熱の為に鋼板加圧 → 加熱 → せん断加工

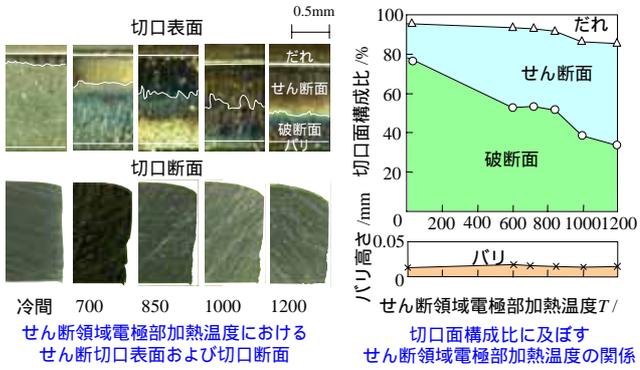


JSC980Y,  $t=1.4\text{mm}$ ,  $T=1200$  (1.6sec)  
パンチ速度 150mm/s, クリアランス $c=10.5\%t$

### 最大穴抜き荷重に及ぼす鋼板加熱温度の関係



板厚1.4mmのJSC980Y鋼板の穴抜き加工後切口面(c=10.5%)



1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
4. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
6. 温・熱間せん断加工