

超高張力鋼部材のホットスタンピング

豊橋技術科学大学 森謙一郎

<http://plast.me.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、熱間プレス成形では、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に達するウルトラハイテン成形品も得られている。熱間プレス成形は、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、強度分布を有する成形品のテーラードダイクエンチ、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。

超高張力鋼部材のホットスタンピング

豊橋技術科学大学 森謙一郎

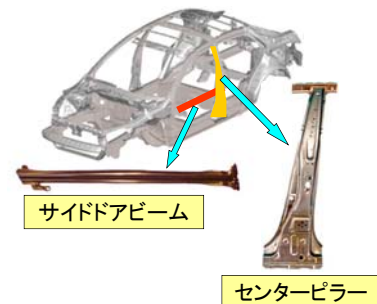
100kg軽量:1km/l燃費向上
電気自動車では非常に重要

軽量材料の成形

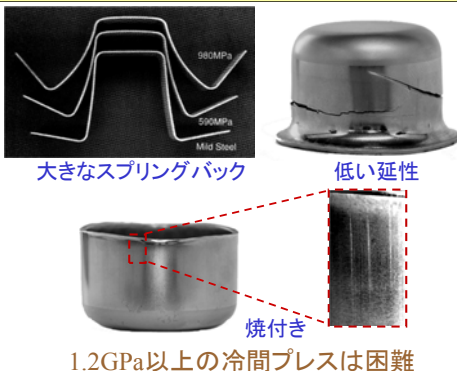
- 超高張力鋼板 (7.8)
- アルミニウム (2.7), マグネ (1.8), チタン (4.5)

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

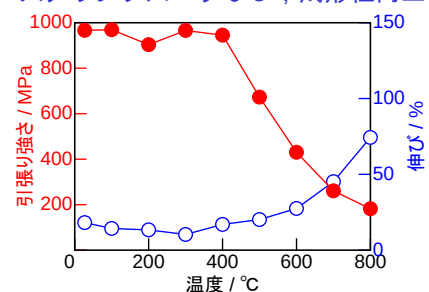


高張力鋼板の冷間成形におけるスプリングバック及び低い成形性

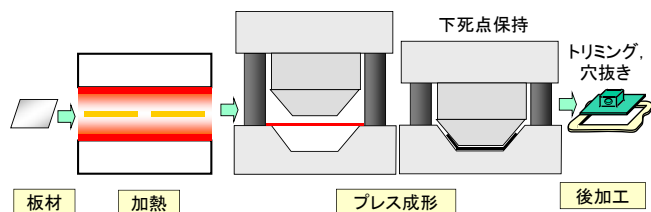


超高張力鋼板の高温引張り特性

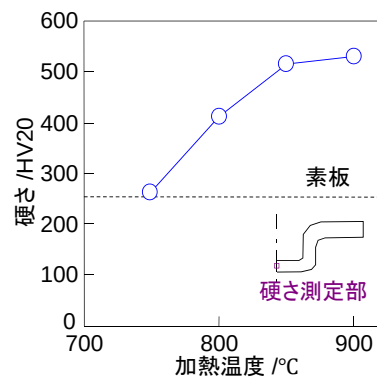
ホットスタンピング: 成形荷重低下, スプリングバックなし, 成形性向上



ホットスタンピング

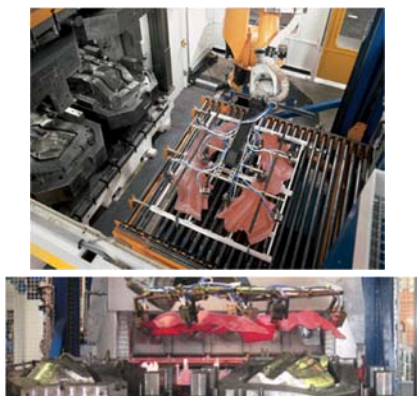


ホットスタンピングにおけるダイクエンチによる硬さの上昇



金型急冷による焼入れ、1.5GPa級

ホットスタンピング



ホットスタンピング

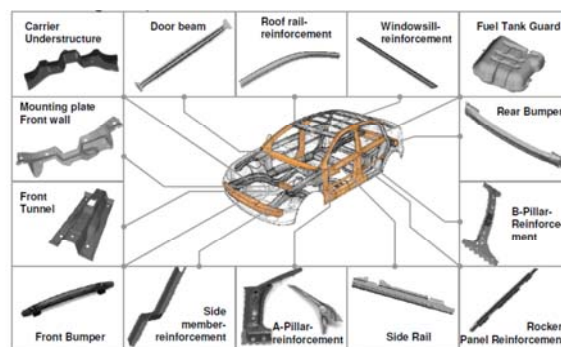


フォルクスワーゲン、パサート

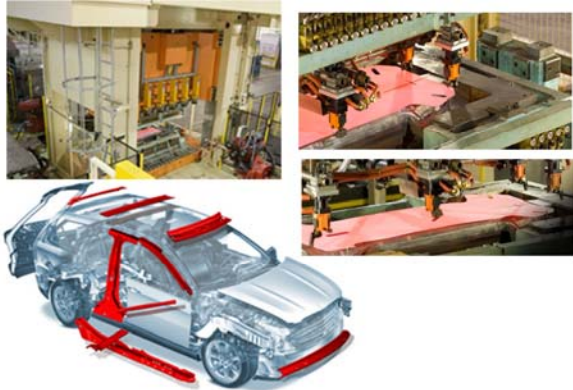


フォルクスワーゲン パサート、骨格部材の16%が熱間プレス成形

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



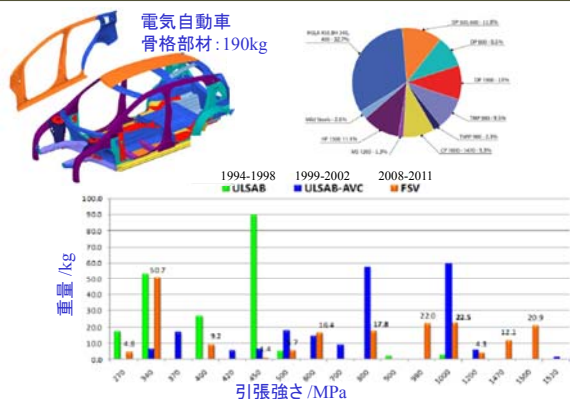
カナダ マグナ社における ホットスタンピング成形品



アイシン高丘における ホットスタンピング成形品



世界鉄鋼協会/自動車分科会 FSV (Future Steel Vehicle)次世代鋼製環境対応車

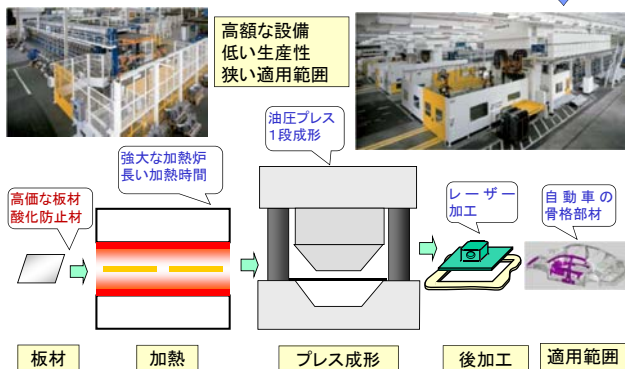


ホットスタンピングの長所



- 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



ホットスタンピングに使用される板材



マンガンボロン鋼 22MnB5

C	Si	Mn	P	B
0.21	0.25	1.2	0.015	0.0014

硬さ: 254 HV

900 °C, 急冷: マルテンサイト変態, 500HV

900 °C, 空冷: 焼なまし, 165HV

酸化防止: アルミ, 亜鉛めっき

プレコートスケール抑制剤



炉加熱による
熱間プレス成形品

900°C, 10s

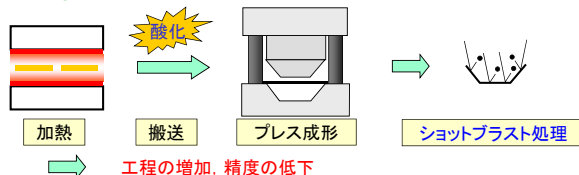
大きな酸化

抑制剤	A	B
潤滑剤	ステンレス鋼板 温間プレス成形	チタン板 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

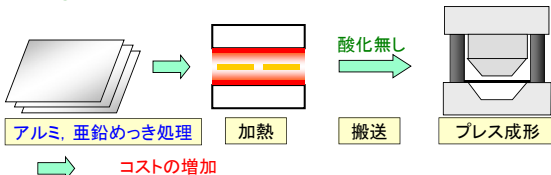
酸化対策法



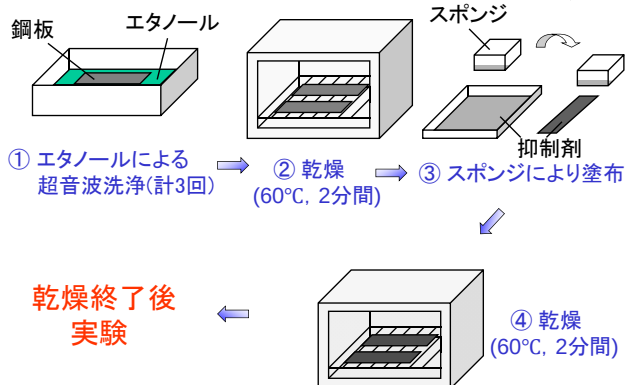
対策① ショットブラストによるスケール除去



対策② アルミ, 亜鉛めっき処理によるスケール防止



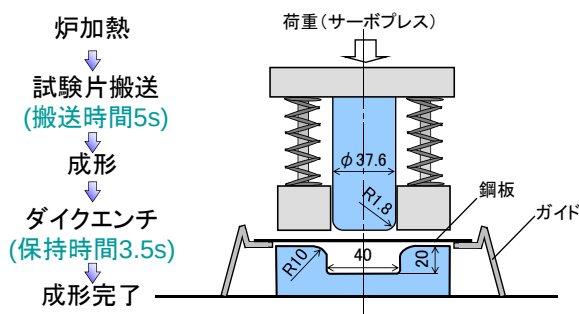
スケール抑制剤塗布方法



プレコート抑制剤を用いたハット曲げ成形実験条件



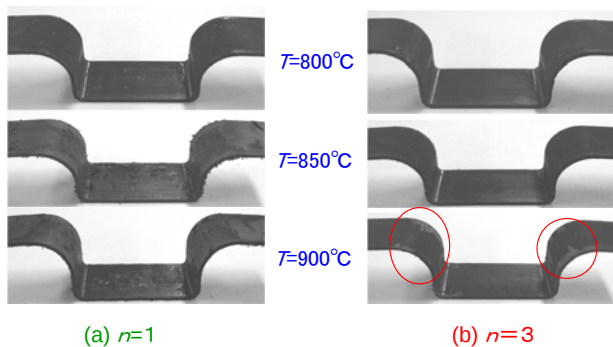
加熱温度: 600, 700, 800, 850, 950, 950°C
試験片: 長さ130mm, 幅20mm, 板厚1.2mm



950°Cにおけるハット曲げ成形実験



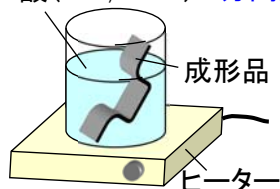
ハット曲げ成形体



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

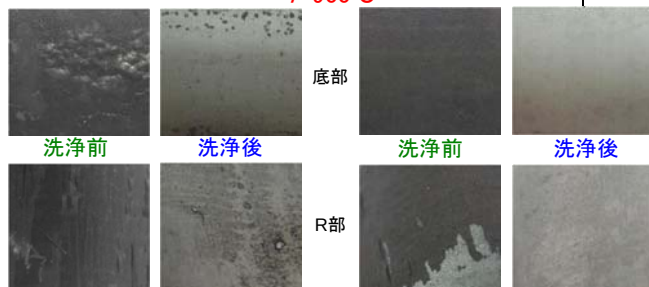
リン酸 (10%, 70°C) 2分間浸す



プレコートスケール抑制剤洗浄前後の底部表面

$T=900^{\circ}\text{C}$

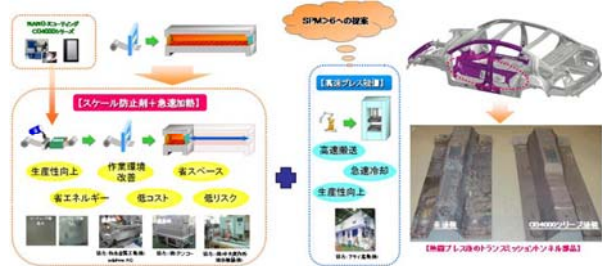
10mm



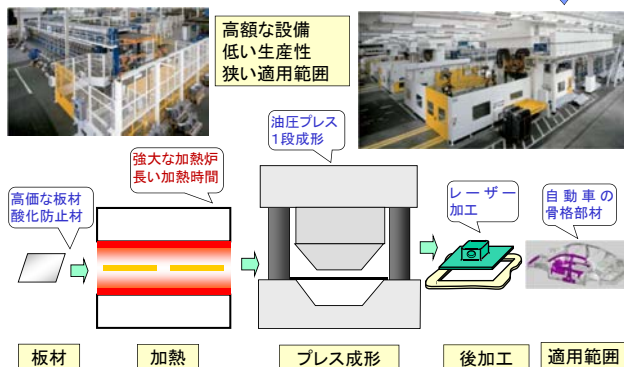
(a) $n=1$

(b) $n=3$

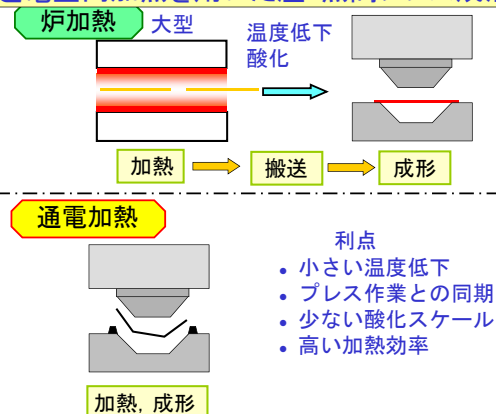
ドイツNANO-X社のスケール抑制剤



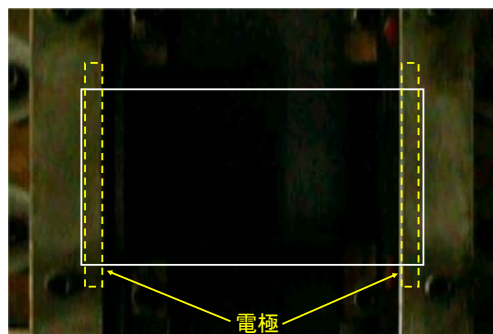
現行熱間プレス成形の問題点



通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形



通電加熱の映像 (SPFC980)



通電加熱とサーボプレスとの連動

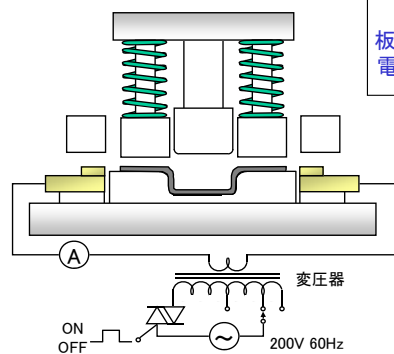
高速加熱・高速成形：
酸化防止
成形性の増加



通電加熱ハット曲げ成形装置

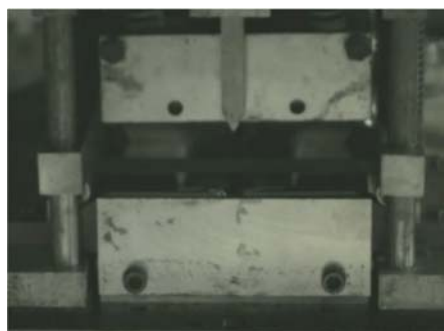
実験条件

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

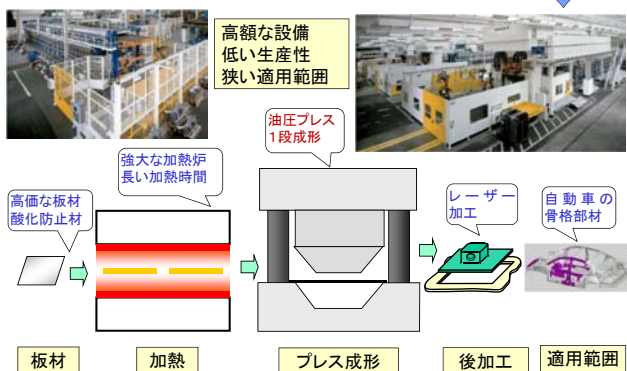
980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形



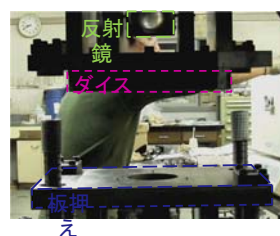
980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形



現行熱間プレス成形の問題点



熱間絞り成形

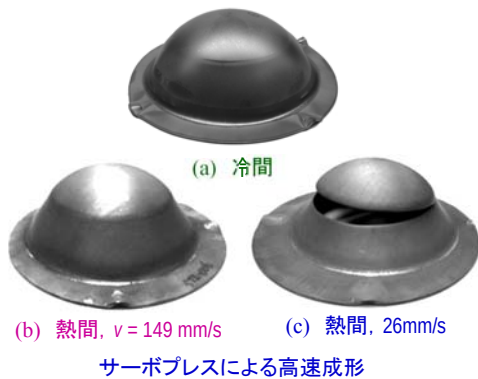


(a) 低速モーション
(26 mm/s)

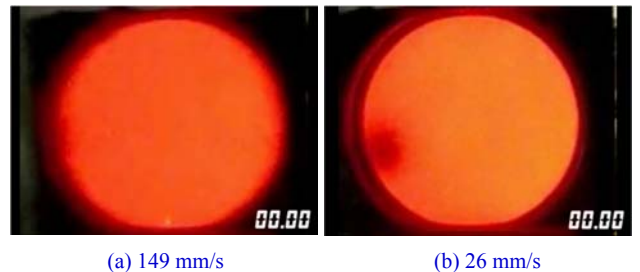


(b) 高速モーション
(149 mm/s)

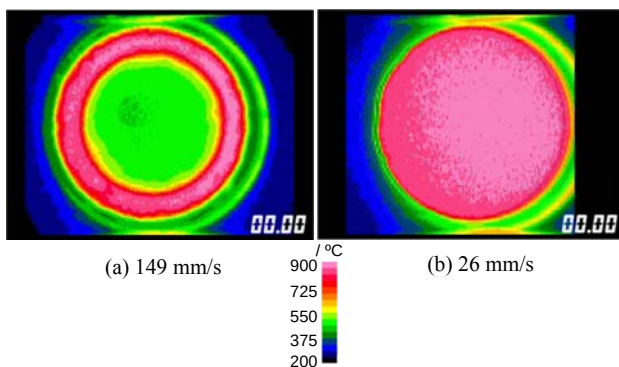
ホットスタンピングにおける成形速度の影響



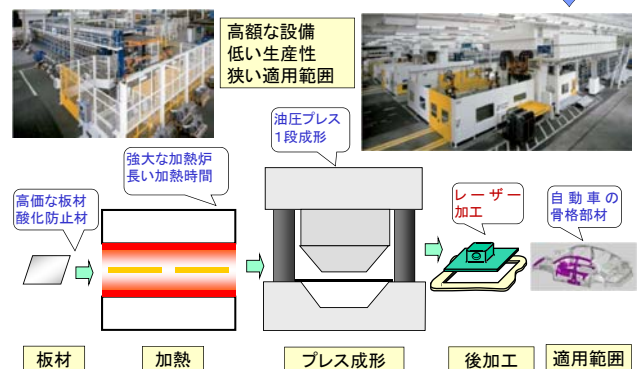
熱間成形における高速と低速の温度分布の比較



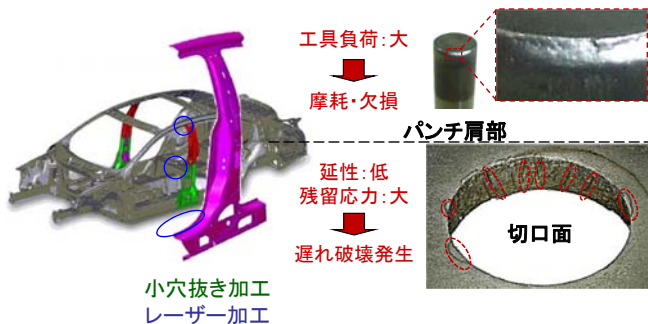
熱間成形における高速と低速のサーモグラフィーで測定された温度分布の比較



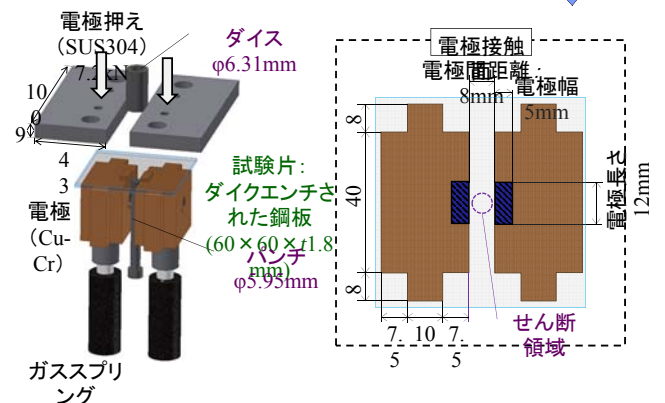
現行熱間プレス成形の問題点



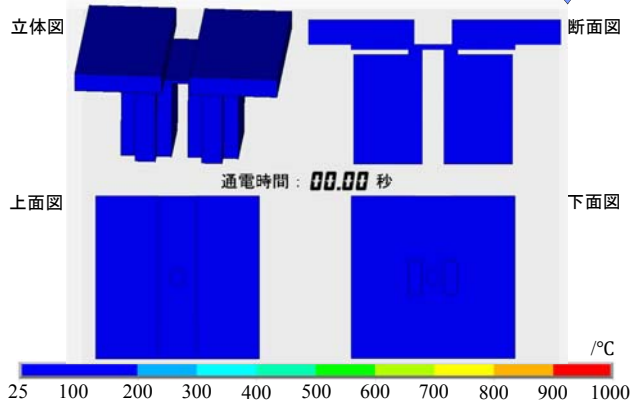
ホットスタンピング部材の穴抜き加工



穴抜き加工用工具



部分通電加熱温度分布シミュレーション

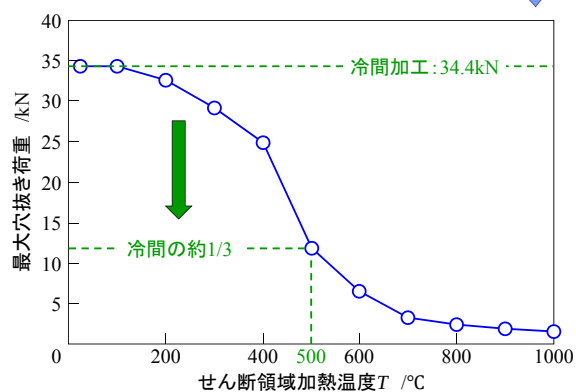


部分通電加熱小穴抜き加工

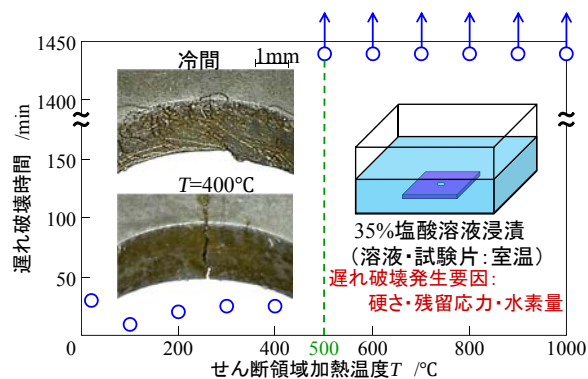
電極を試験片へ加圧 → 加工領域付近加熱 → 小穴抜き加工



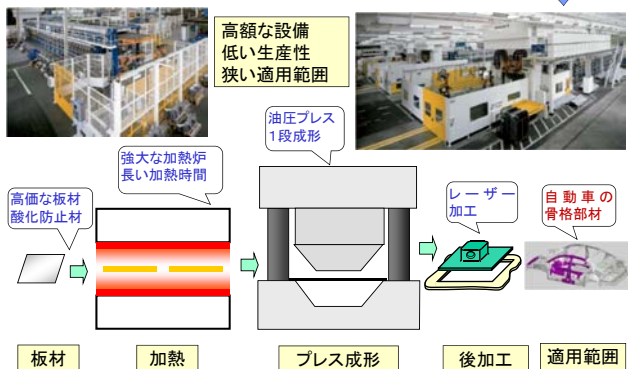
部分通電加熱小穴抜き加工荷重



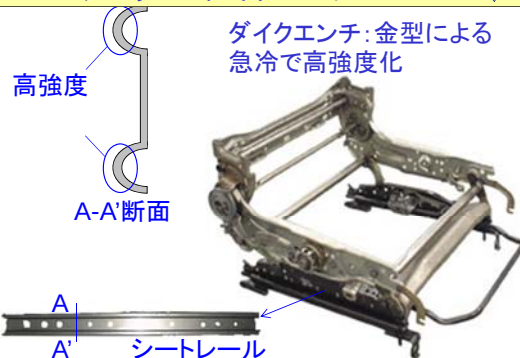
遅れ破壊加速実験



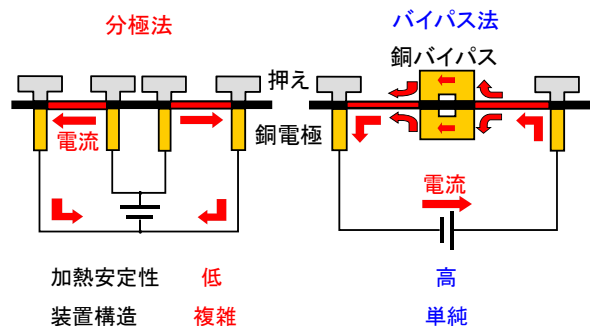
現行熱間プレス成形の問題点



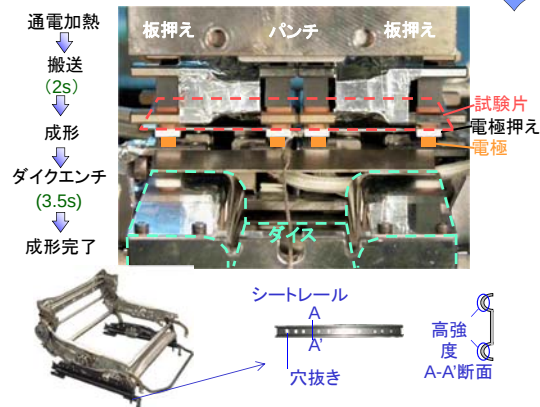
強度分布を有する成形品のテーラードダイクエンチ



局部通電加熱法



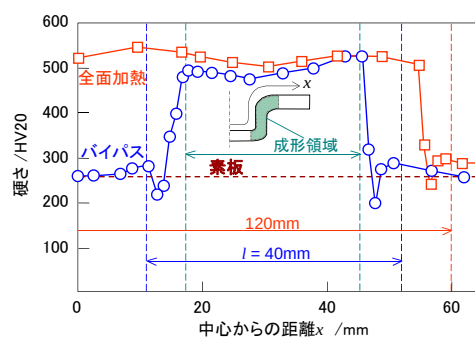
強度分布を持つ成形品



全面加熱と局部加熱ハット曲げ成形品



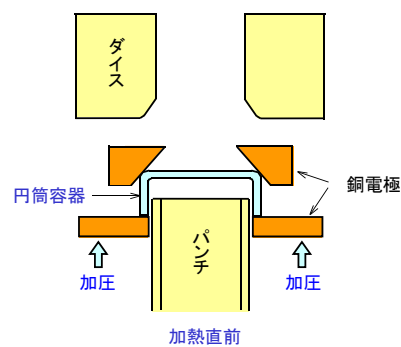
ハット曲げ成形品の長手方向硬さ分布



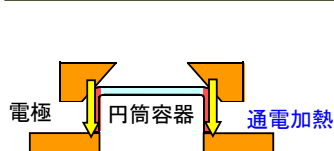
歯形ドラムの温・熱間スプライン成形



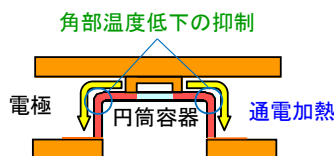
通電加熱を用いた成形プロセス



底部接触電極形状

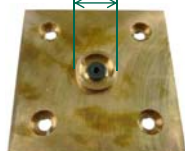


(a)角部接触電極



(b)底部接触電極

17, 21, 25mm

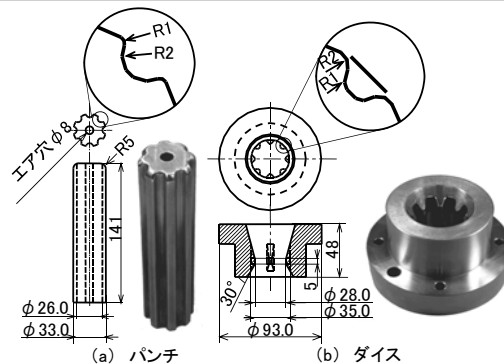


上電極



下電極

スプライン成形実験に用いた パンチ・ダイス形状



(a) パンチ

(b) ダイス

通電加熱を用いた熱間スプライン成形



成形された歯形ドラム



(a) 冷間成形



(b) 温間成形

小型部品のホットスタンピング

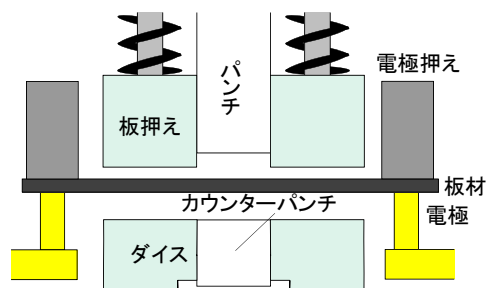


小型部品：打抜き，成形，焼入れ

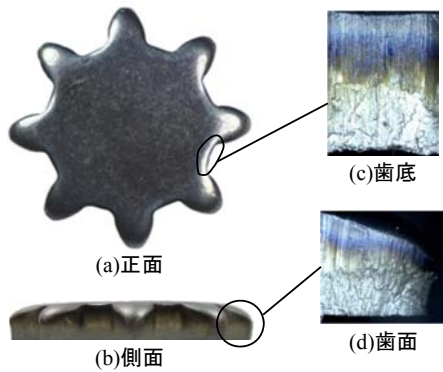
短時間成形：通電加熱＋サーボプレス

1ショット成形

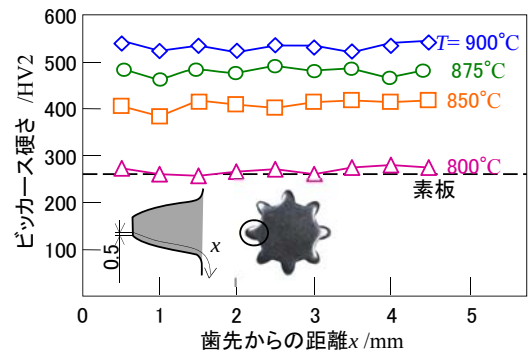
1ショットホットスタンピング



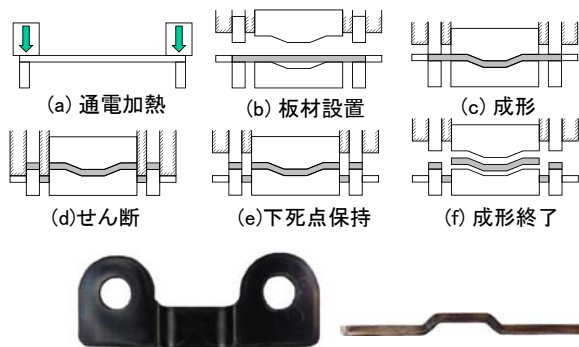
1ショットホットスタンピングされた歯車部品



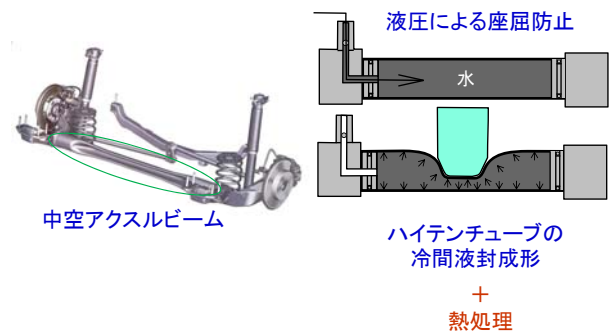
ダイクエンチ後のビッカース硬さ分布



成形を含んだ1ショットホットスタンピング

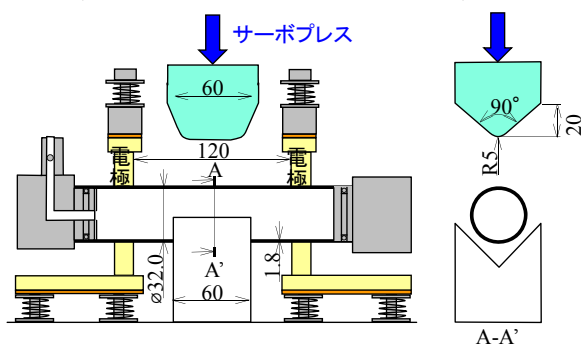


熱間チューブプレス成形

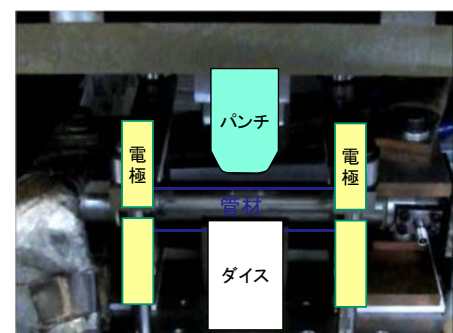


熱間チューブプレス成形

焼入れ用鋼管 直径32mm 肉厚1.8mm
 (C:0.19%, Si:0.18%, Mn:1.28%, Cr:0.24%, B:0.0037%)



熱間チューブプレス成形



成形された管材



パンチ非接触
(a) $p_0=0.0$ MPa



(b) $p_0=1.5$ MPa



(c) 炉加熱 $p_0=0.0$ MPa



割れ
(d) 冷間

スマートホットスタンピングの開発

