

超高張力鋼成形品の熱間プレス成形

豊橋技術科学大学 森 謙一郎

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

熱間プレス成形（ホットスタンピング）では，鋼板を加熱することによって，成形荷重を大幅に減少させてスプリングバックをほとんどなくし，成形性を向上させるだけでなく，金型で急冷して焼入れを行うダイクエンチ効果によって1.5GPa程度の引張強さを有する超高張力鋼成形品が得られる．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，急速通電加熱を用いた温・熱間プレス成形，熱間プレス成形における速度効果，温・熱間せん断加工，部分ダイクエンチ，歯形容器の温・熱間スプライン成形，スマートホットスタンピング，熱間チューブプレス成形などを紹介する．

超高張力鋼成形品の熱間プレス成形

豊橋技術科学大学 森謙一郎

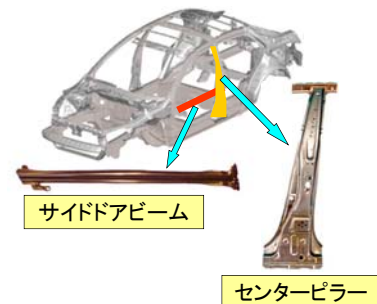
100kg軽量:1km//燃費向上
電気自動車では非常に重要

軽量材料の成形

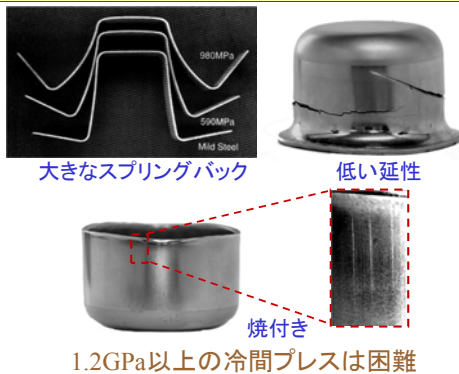
- 超高張力鋼板 (7.8)
- アルミニウム (2.7)，マグネ (1.8)，チタン (4.5)

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

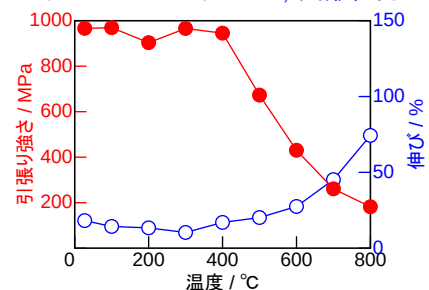


高張力鋼板の冷間成形におけるスプリングバック及び低い成形性

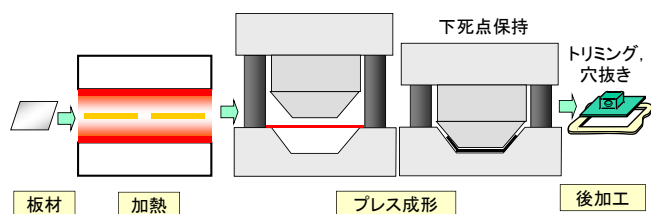


超高張力鋼板の高温引張り特性

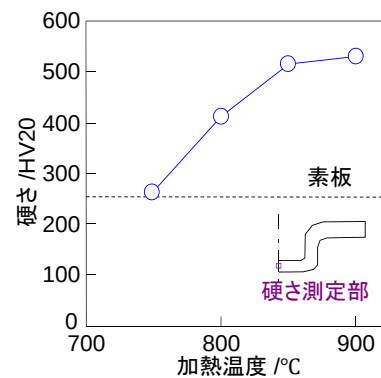
ホットスタンピング：成形荷重低下，スプリングバックなし，成形性向上



ホットスタンピング

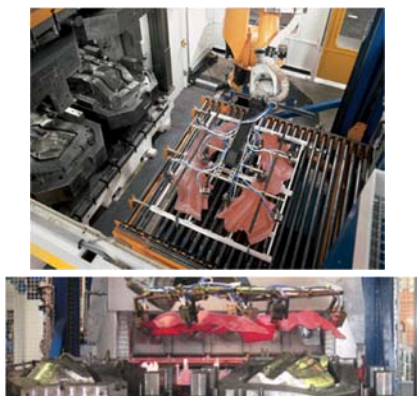


ホットスタンピングにおけるダイクエンチによる硬さの上昇

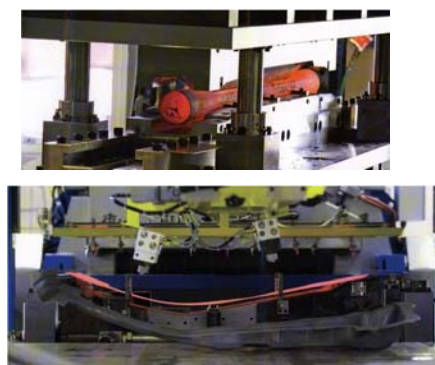


金型急冷による焼入れ, 1.5GPa級

ホットスタンピング



ホットスタンピング

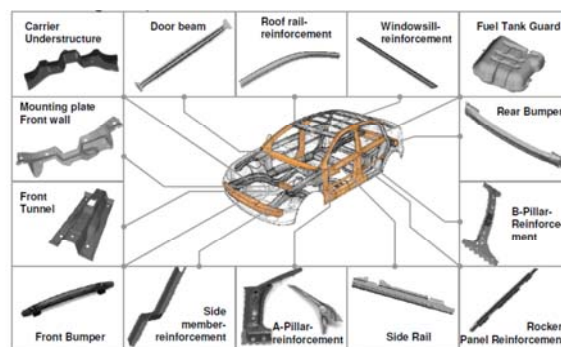


フォルクスワーゲン, パサート

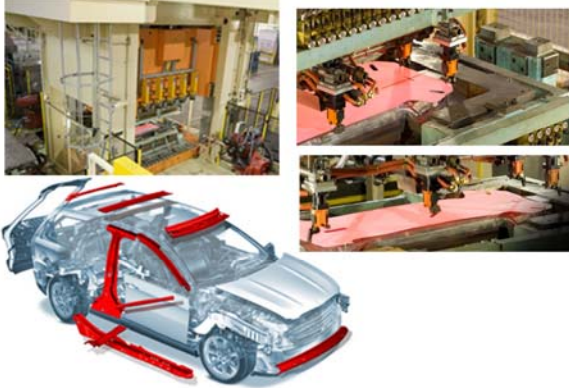


フォルクスワーゲン パサート, 骨格部材の16%が熱間プレス成形

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



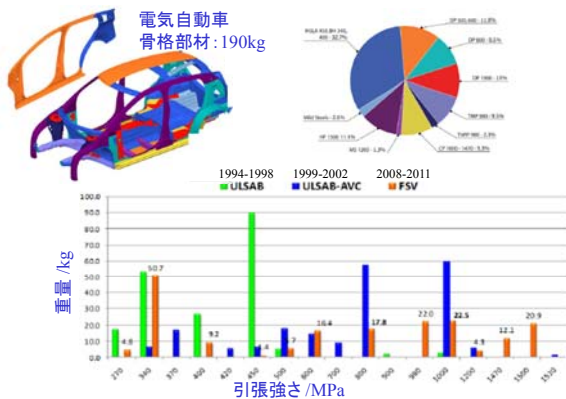
カナダ マグナ社における ホットスタンピング成形品



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

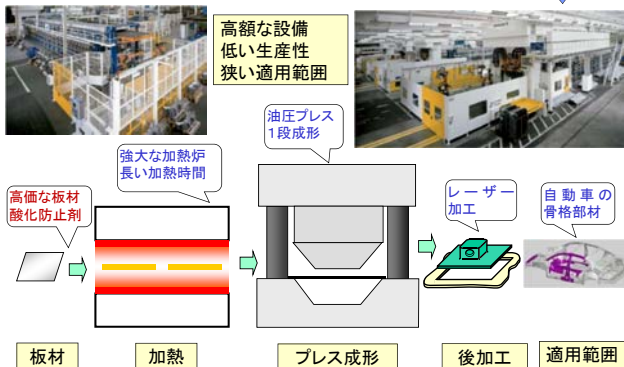


ホットスタンピングの長所



- 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



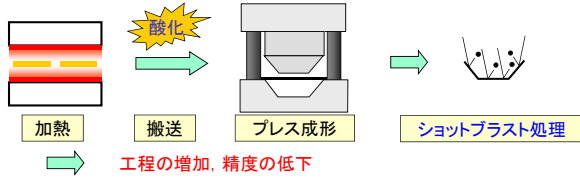
炉加熱による
熱間プレス成形品

900°C, 10s

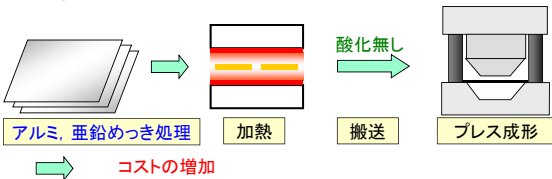
大きな酸化

酸化対策法

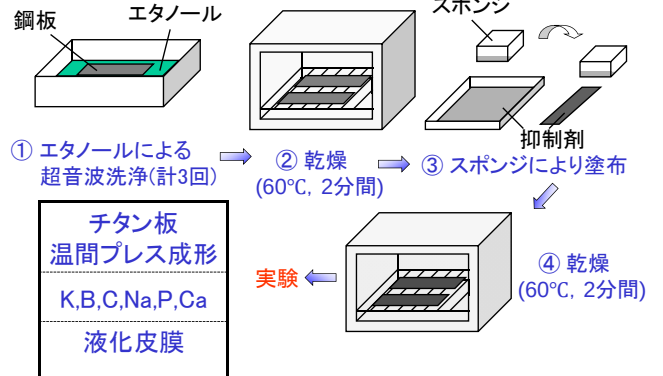
対策① ショットプラストによるスケール除去



対策② アルミ, 亜鉛めっき処理によるスケール防止

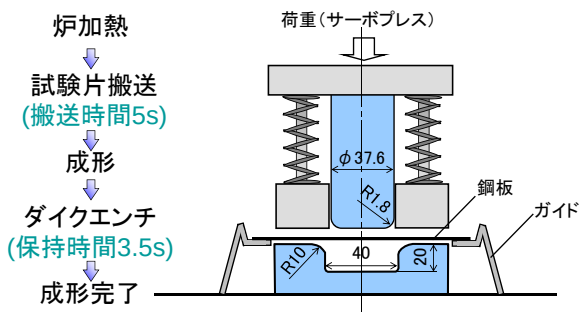


スケール抑制剤塗布方法



プレコート抑制剤を用いたハット曲げ成形実験条件

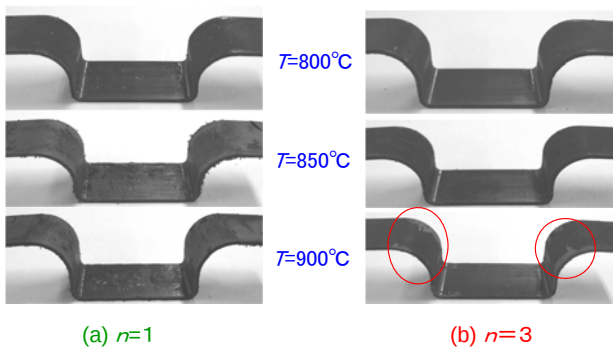
加熱温度: 600, 700, 800, 850, 950, 950°C
試験片: 長さ130mm, 幅20mm, 板厚1.2mm



950°Cにおけるハット曲げ成形実験



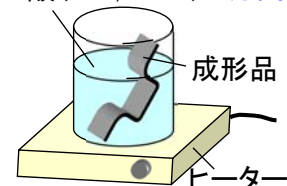
ハット曲げ成形体



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

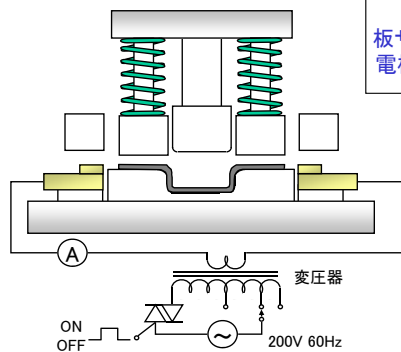
リン酸 (10%, 70°C) 2分間浸す



通電加熱ハット曲げ成形装置

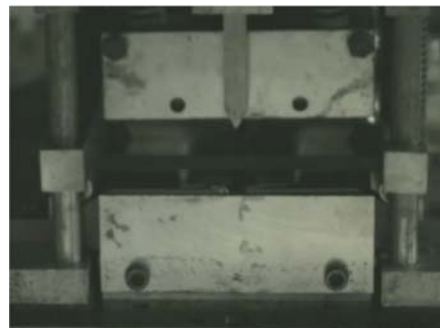
実験条件

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



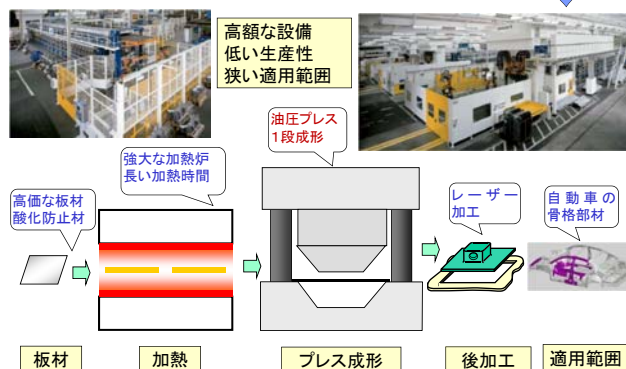
980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形



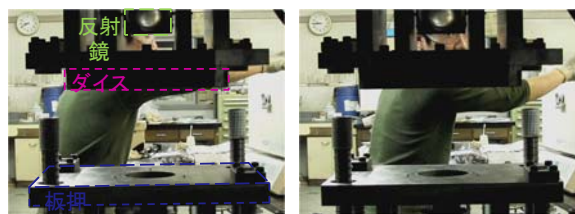
(a) 高温炉加熱

(b) 通電加熱

現行熱間プレス成形の問題点



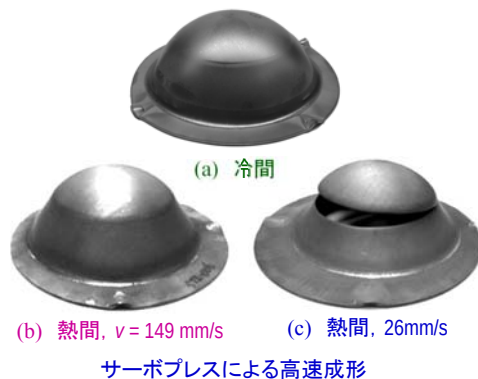
熱間絞り成形



(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



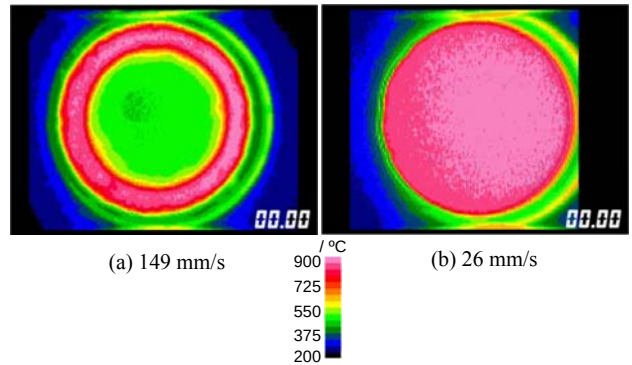
熱間成形における高速と低速の温度分布の比較



(a) 149 mm/s

(b) 26 mm/s

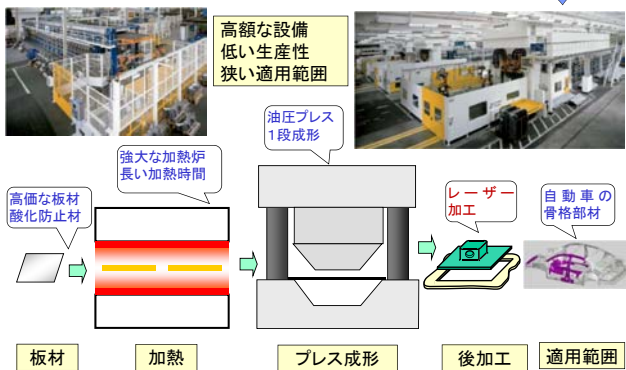
熱間成形における高速と低速のサーモグラフィーで測定された温度分布の比較



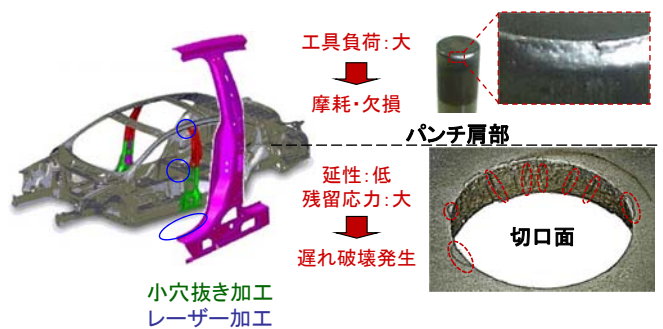
(a) 149 mm/s

(b) 26 mm/s

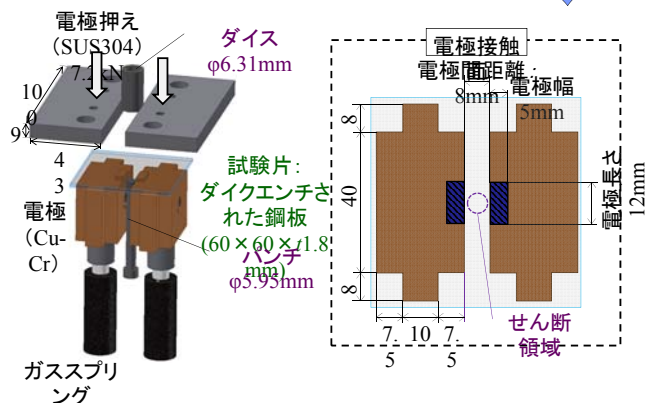
現行熱間プレス成形の問題点



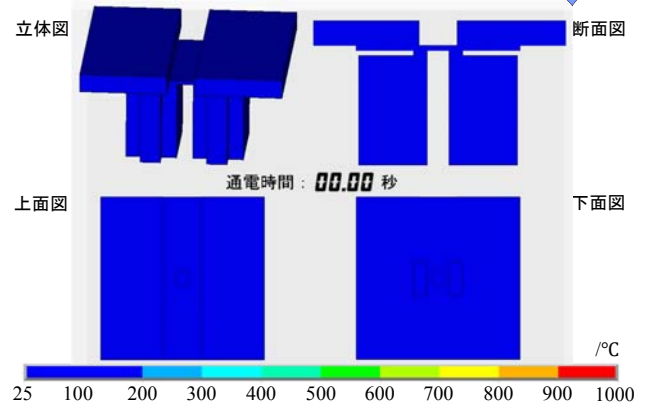
ホットスタンピング部材の穴抜き加工



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ット

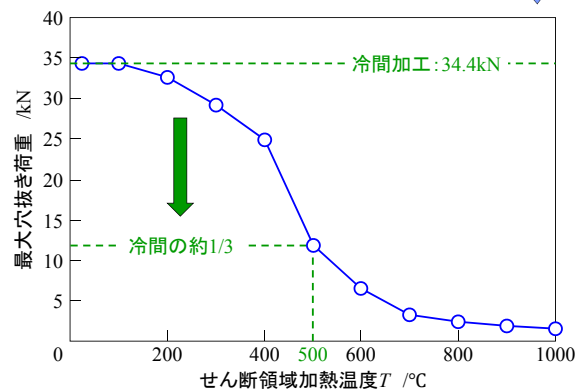


部分通電加熱小穴抜き加工

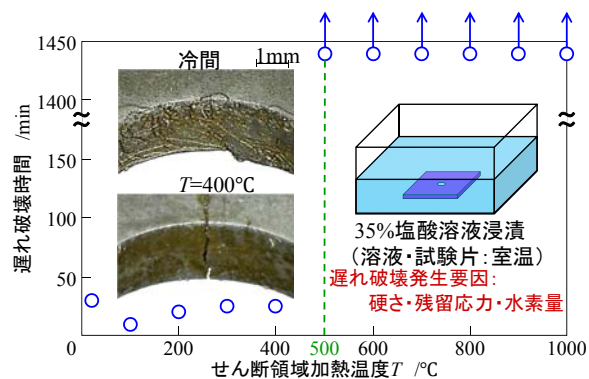
電極を試験片へ加圧 → 加工領域付近加熱 → 小穴抜き加工



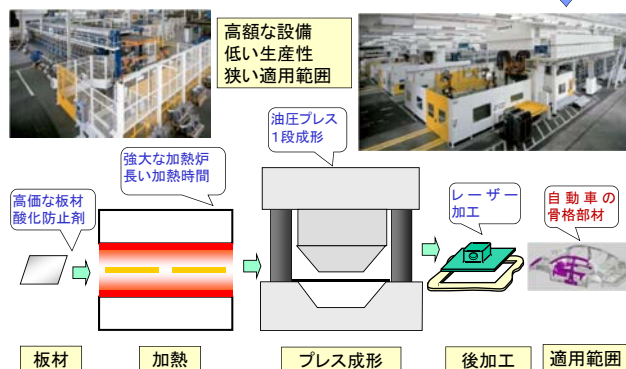
部分通電加熱小穴抜き加工荷重



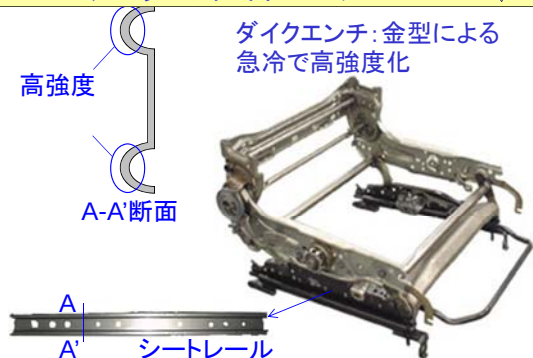
遅れ破壊加速実験



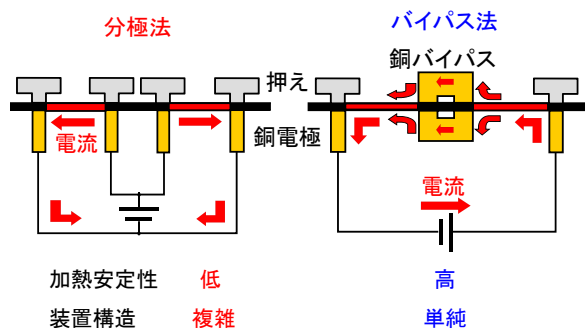
現行熱間プレス成形の問題点



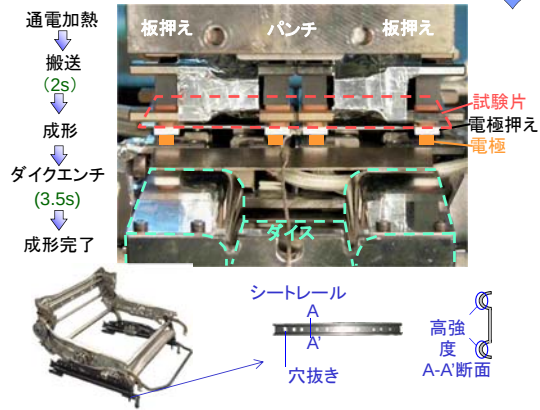
強度分布を有する成形品のテーラードダイクエンチ



局部通電加熱法



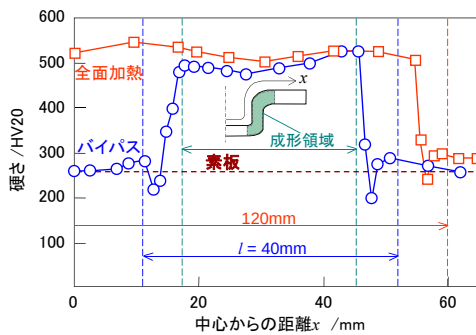
強度分布を持つ成形品



全面加熱と局部加熱ハット曲げ成形品



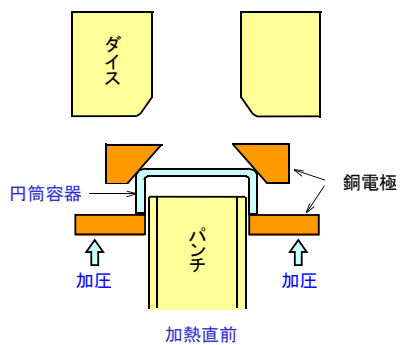
ハット曲げ成形品の長手方向硬さ分布



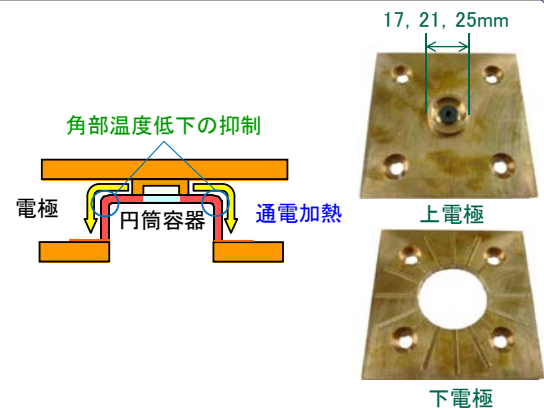
歯形ドラムの温・熱間スプライン成形



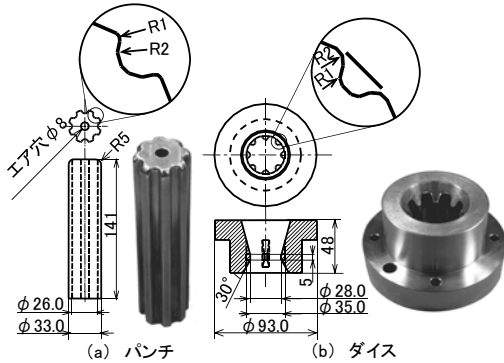
通電加熱を用いた成形プロセス



底部接触電極形状



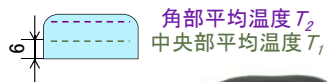
スプライン成形実験に用いた パンチ・ダイス形状



通電加熱を用いた熱間スプライン成形



成形された歯形ドラム



(a) 冷間成形

(b) 温間成形

$T_2=630^{\circ}\text{C}$
 $T_1=640^{\circ}\text{C}$

小型部品のホットスタンピング

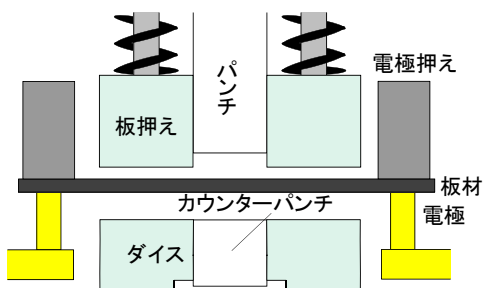


小型部品：打抜き，成形，焼入れ

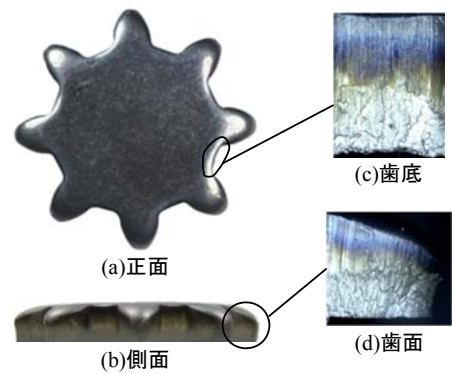
短時間成形：通電加熱＋サーボプレス

1ショット成形

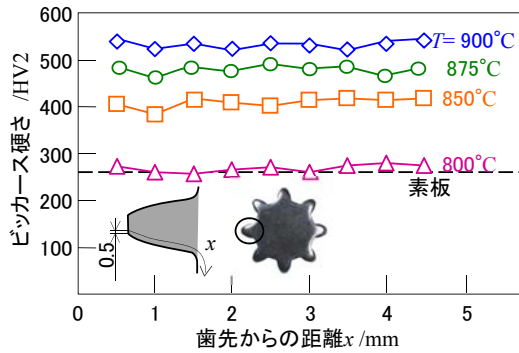
1ショットホットスタンピング



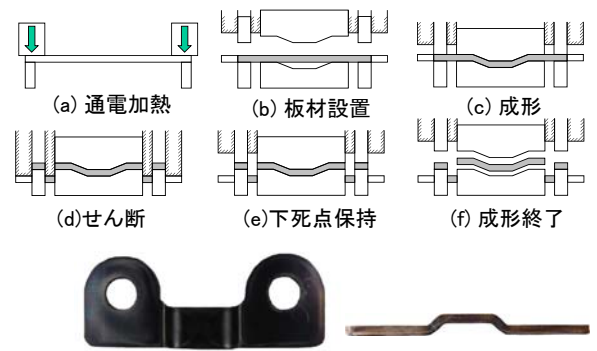
1ショットホットスタンピングされた歯車部品



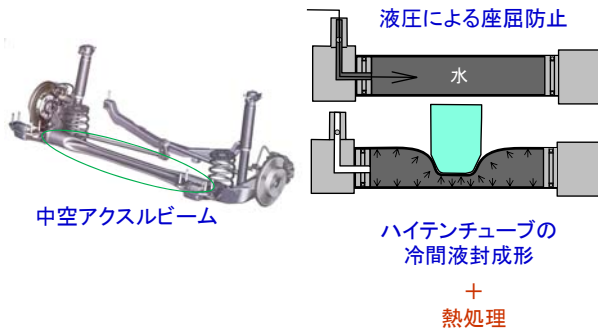
ダイクエンチ後のビッカース硬さ分布



成形を含んだ1ショットホットスタンピング

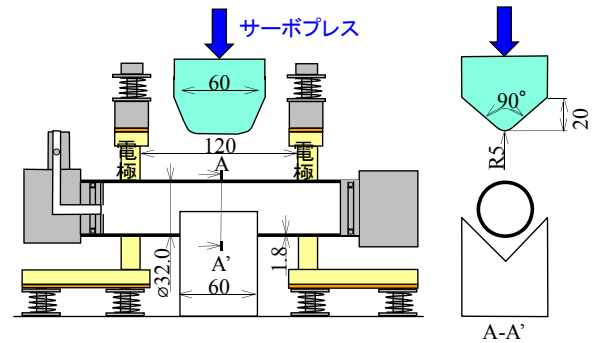


熱間チューブプレス成形

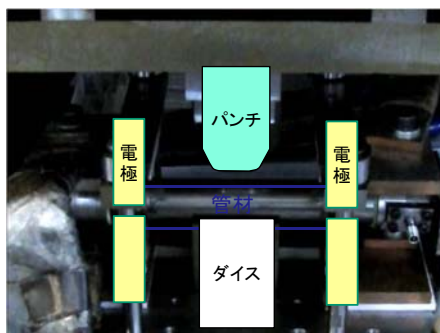


熱間チューブプレス成形

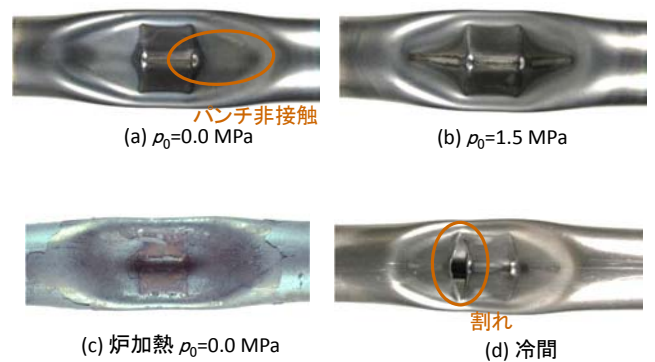
焼入れ用鋼管 直径32mm 肉厚1.8mm
(C:0.19%, Si:0.18%, Mn:1.28%, Cr:0.24%, B:0.0037%)



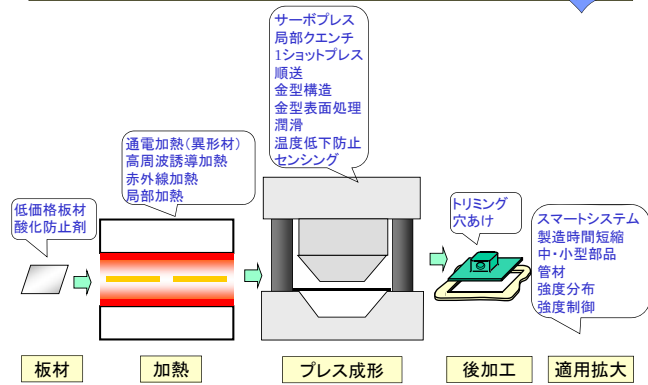
熱間チューブプレス成形



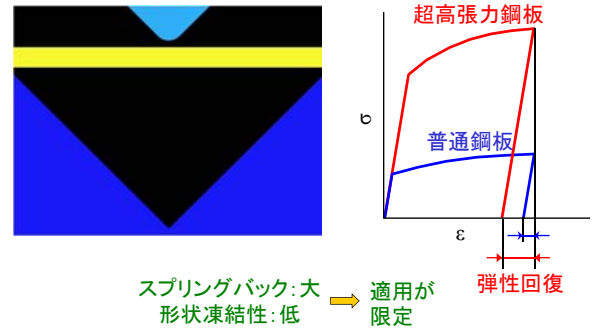
成形された管材



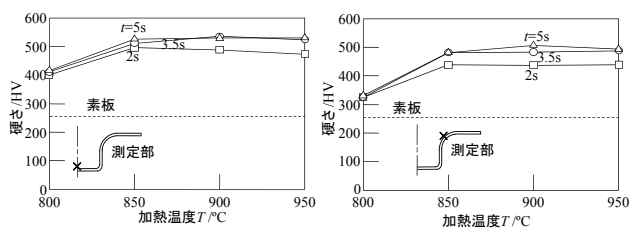
スマートホットスタンピングの開発



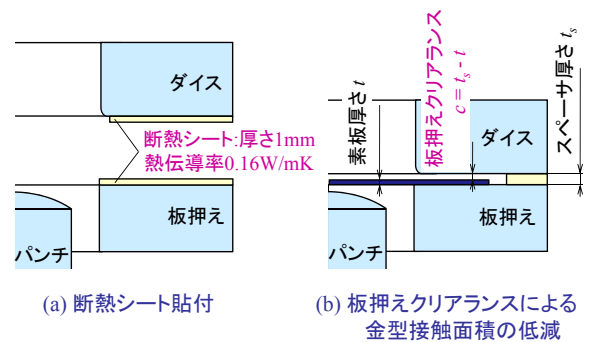
超高張力鋼板のスプリングバック



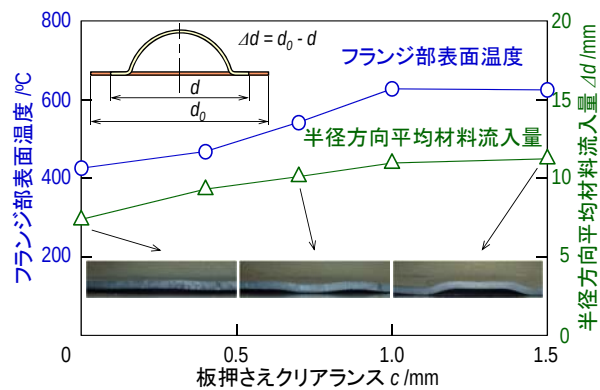
ハット曲げ成形体断面ビッカース硬さ



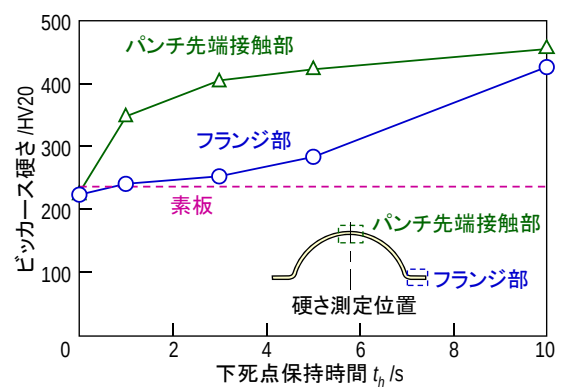
フランジ部の温度低下抑制方法



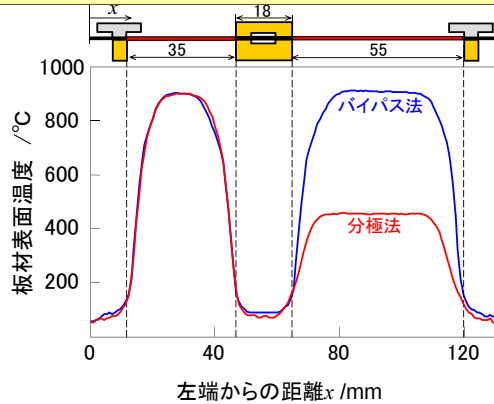
成形完了1.9s後におけるフランジ部表面温度及び半径方向平均材料流入量に及ぼす板押えクリアランスの影響



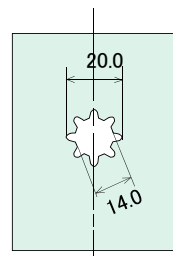
$c=1.0\text{mm}$ における成形体硬さに及ぼす下死点保持時間の影響



バイパスと分極通電加熱の温度分布比較



1ショットホットスタンピング装置



(a)ダイス

クリアランス比 c
1, 10

(b)パンチ

通電加熱の温度分布

