

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

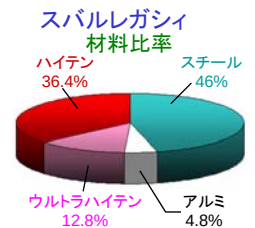
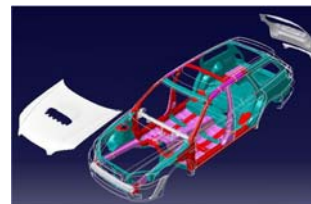
豊橋技術科学大学 森謙一郎

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)

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

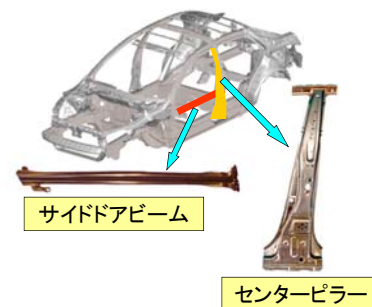
骨格部材:36%

自動車用板材の比較

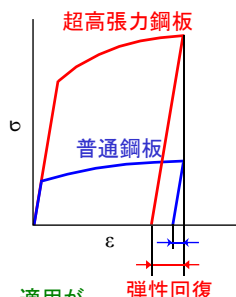
板材	引張強さ	比重	比強度	コスト(1kg当り)	生産量
ウルトラハイテン	980~1470MPa	7.8	126~188MPa	100円程度	鉄:12億ton
従来ハイテン	490~790MPa	7.8	63~101MPa		
軟鋼板 SPCC	340MPa	7.8	44MPa		
アルミ合金板 A6061(T6処理)	310MPa	2.7	115MPa	500円~600円	アルミ:3400万ton
マグネシウム合金板 AZ31	270MPa	1.8	137MPa	3000円程度	マグネ:60万ton

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

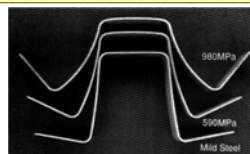


超高張力鋼板のスプリングバック



スプリングバック: 大
形状凍結性: 低 → 適用が
限定

高張力鋼板の冷間成形におけるスプリングバック及び低い成形性



大きなスプリングバック



低い延性



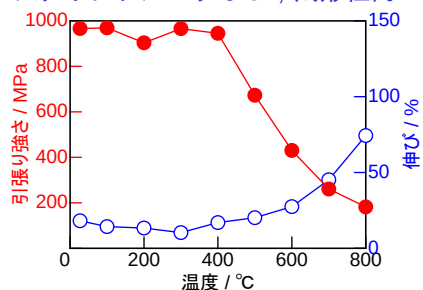
焼付き

1.2GPa以上の冷間プレスは困難

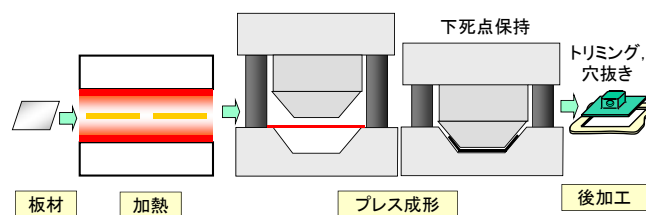
超高張力鋼板の高温引張り特性



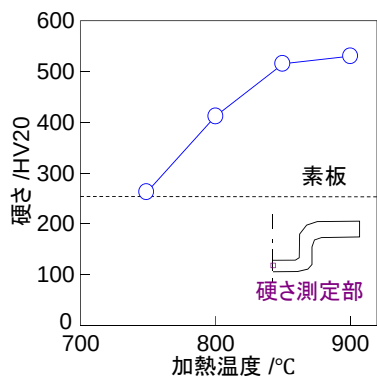
ホットスタンピング: 成形荷重低下,
スプリングバックなし, 成形性向上



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

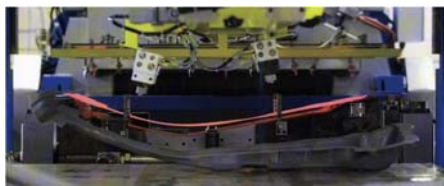


金型急冷
による焼
入れ,
1.5GPa級

ホットスタンピング



ホットスタンピング

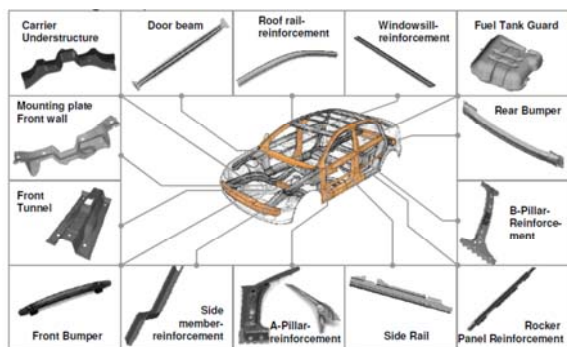


フォルクスワーゲン、パサート

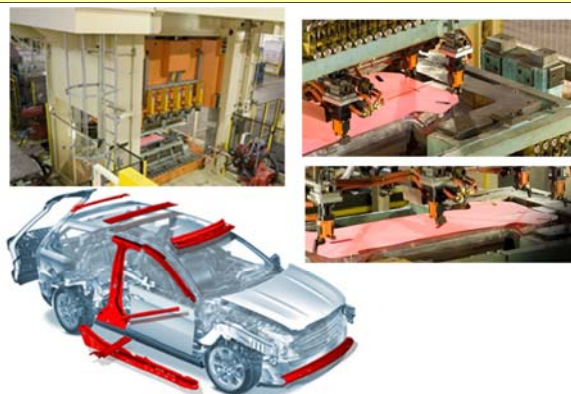


フォルクスワーゲン パサート、骨格
部材の16%が熱間プレス成形

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



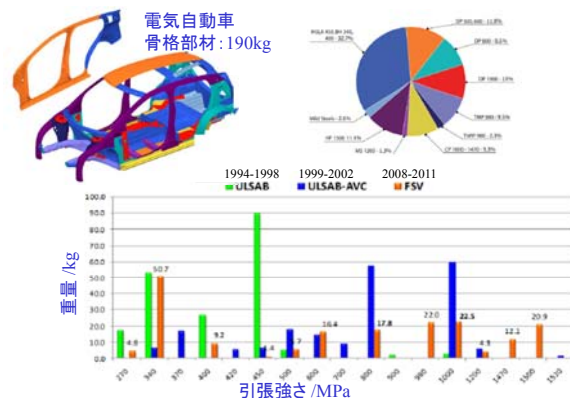
カナダ マグナ社における ホットスタンピング成形品



アイシン高丘における ホットスタンピング成形品



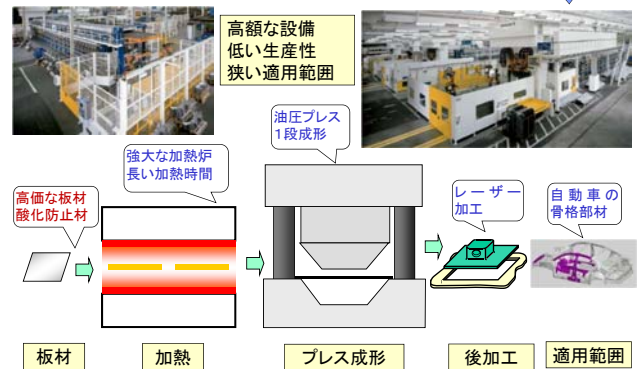
世界鉄鋼協会/自動車分科会 FSV (Future Steel Vehicle)次世代鋼製環境対応車



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

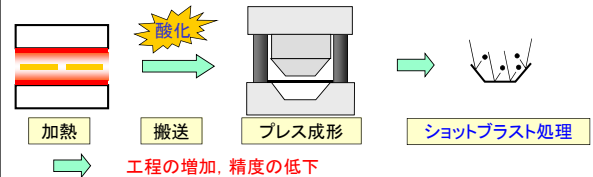
大きな酸化

900°C, 10s

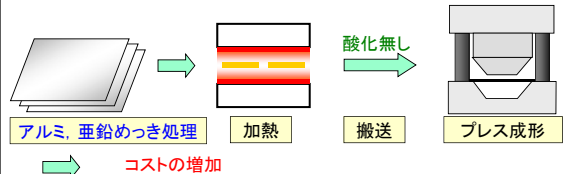
酸化防止: アルミ, 亜鉛めっき

酸化対策法

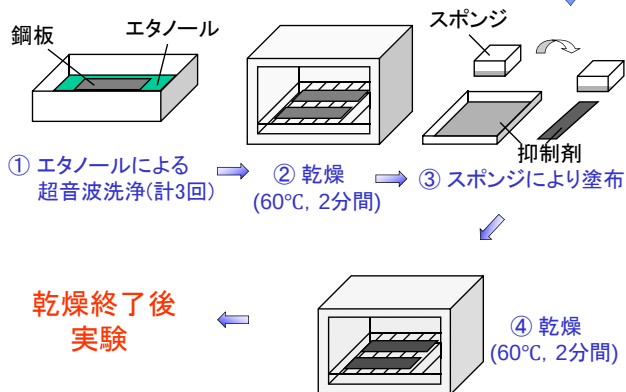
対策① ショットブラストによるスケール除去



対策② アルミ, 亜鉛めっき処理によるスケール防止



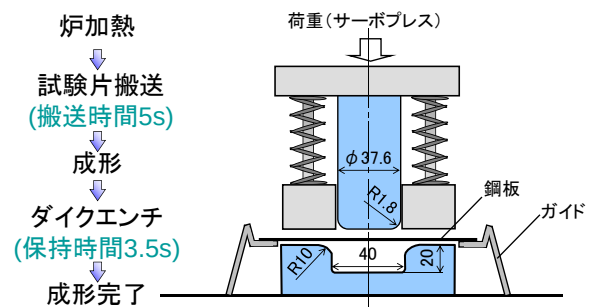
プレコートスケール抑制剤塗布方法



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

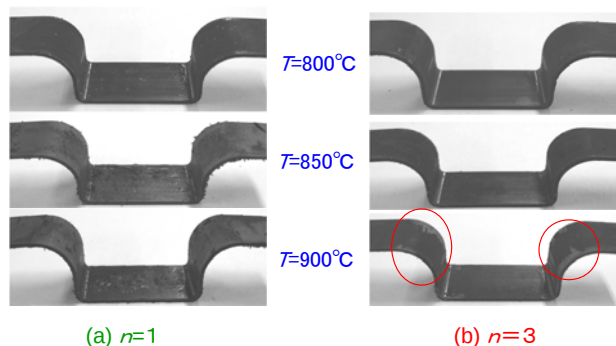
試験片: 長さ130mm, 幅20mm, 板厚1.2mm



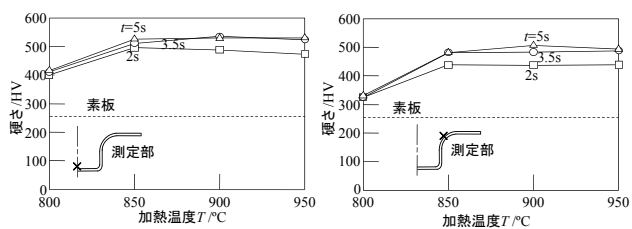
950℃におけるハット曲げ成形実験



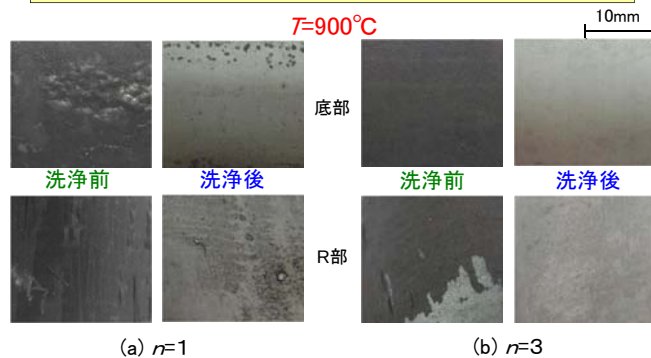
ハット曲げ成形体



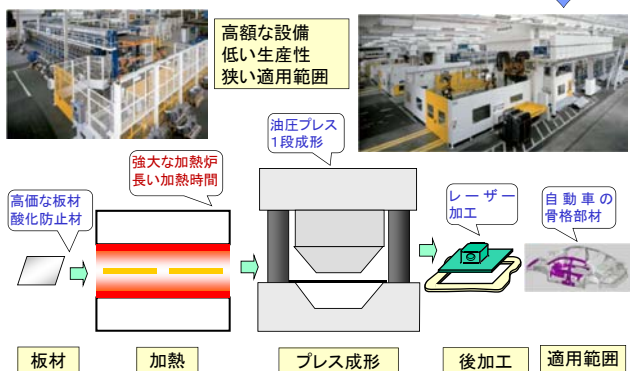
ハット曲げ成形体断面ビッカース硬さ



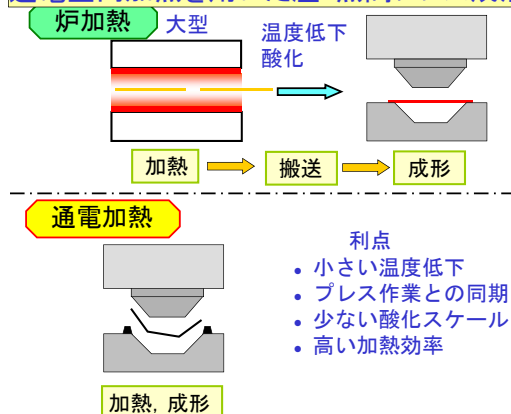
プレコートスケール抑制剤洗浄前後の底部表面



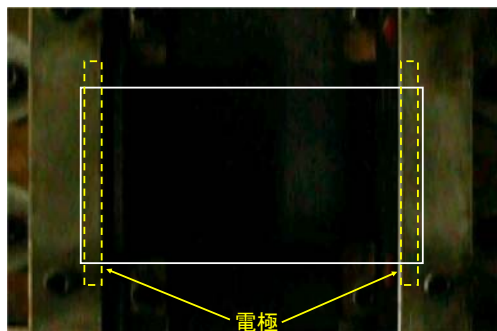
現行熱間プレス成形の問題点



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

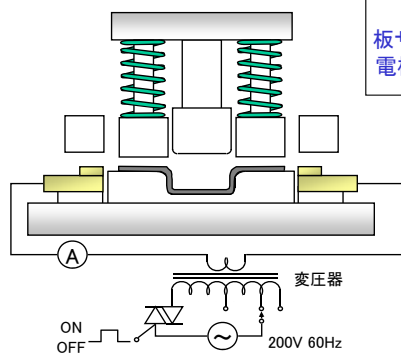
高速加熱・高速成形：
酸化防止
成形性の増加



通電加熱ハット曲げ成形装置

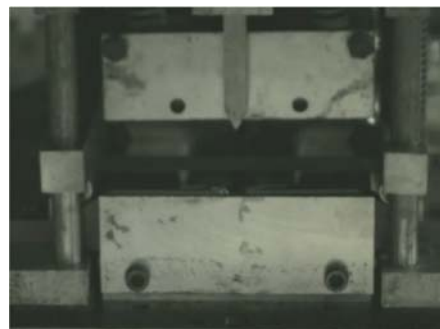
実験条件

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

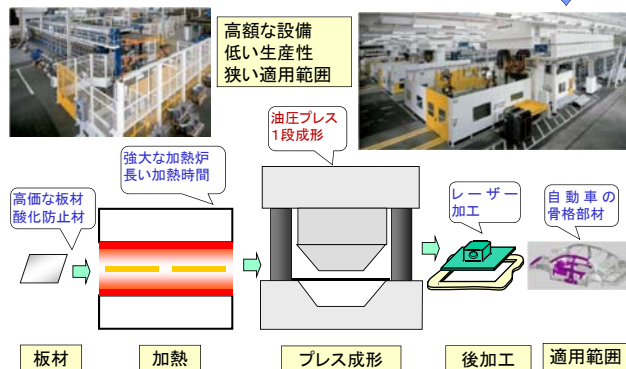
980℃における通電加熱ハット曲げ成形



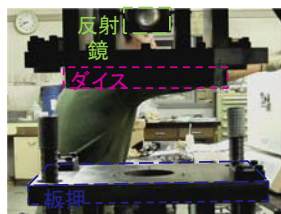
980℃における通電加熱ハット曲げ成形



現行熱間プレス成形の問題点



熱間絞り成形

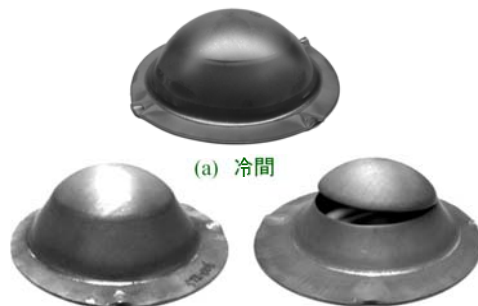


(a) 低速モーション
(26 mm/s)



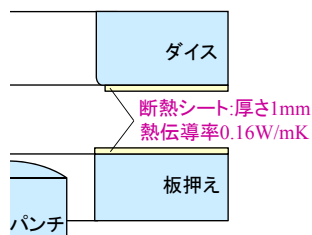
(b) 高速モーション
(149 mm/s)

ホットスタンピングにおける成形速度の影響

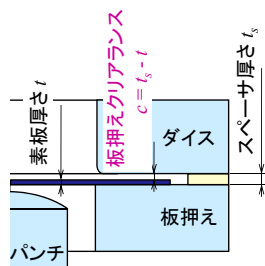


(a) 冷間
(b) 熱間, $v = 149 \text{ mm/s}$
(c) 熱間, 26 mm/s
サーボプレスによる高速成形

フランジ部の温度低下抑制方法

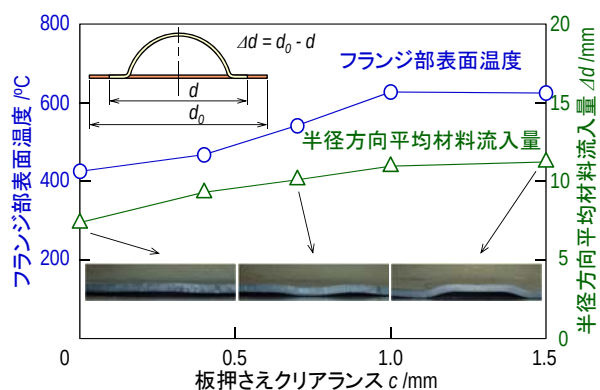


(a) 断熱シート貼付

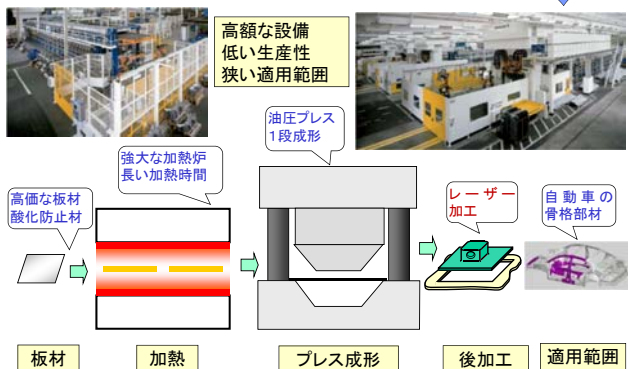


(b) 板押えクリアランスによる
金型接触面積の低減

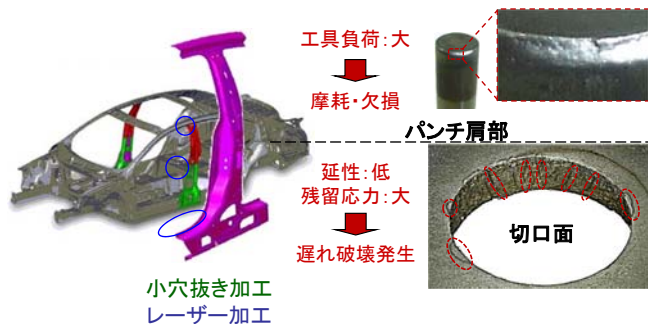
成形完了1.9s後におけるフランジ部表面温度及び
半径方向平均材料流入量に及ぼす板押えクリアランスの影響



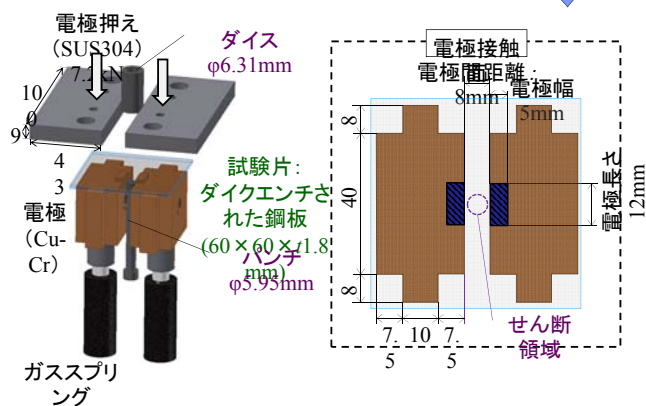
現行熱間プレス成形の問題点



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

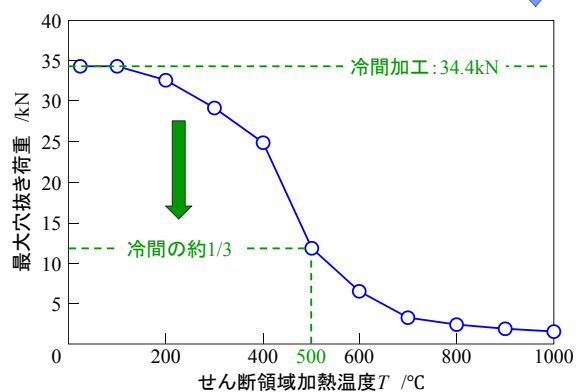


部分通電加熱小穴抜き加工

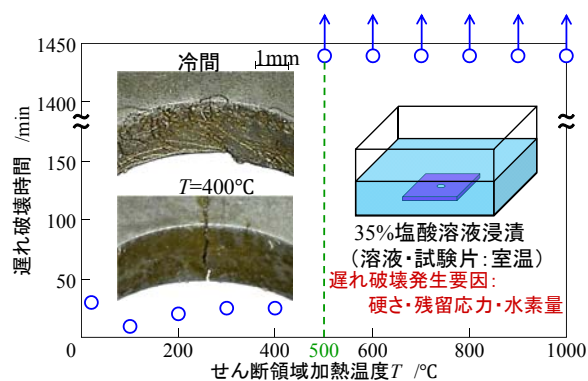
電極を試験片へ加圧 → 加工領域付近加熱 → 小穴抜き加工



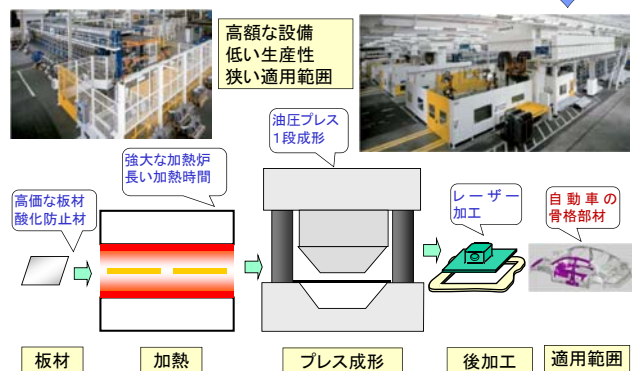
部分通電加熱小穴抜き加工荷重



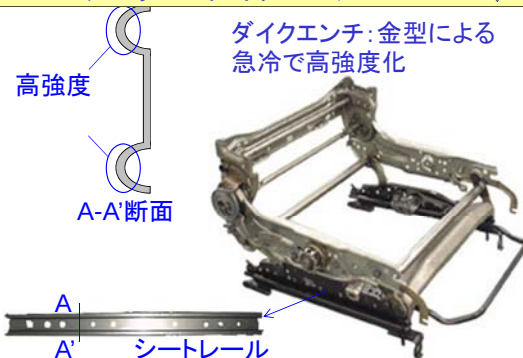
遅れ破壊加速実験



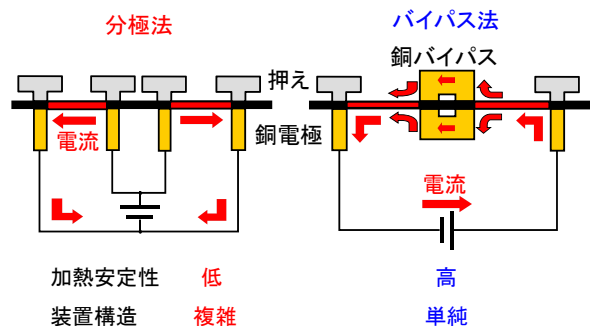
現行熱間プレス成形の問題点



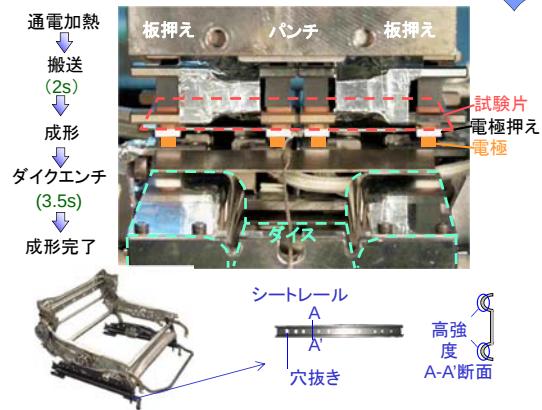
強度分布を有する成形品のテーラードダイクエンチ



局部通電加熱法



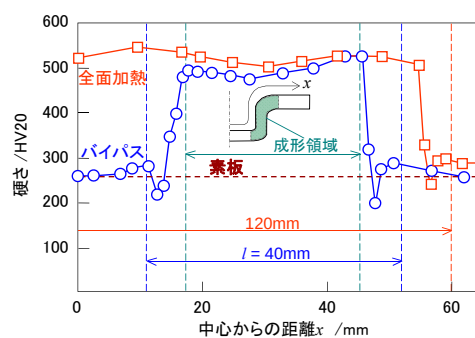
強度分布を持つ成形品



全面加熱と局部加熱ハット曲げ成形品



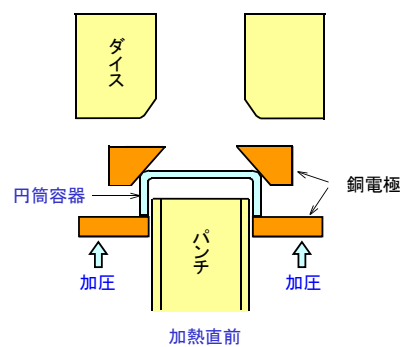
ハット曲げ成形品の長手方向硬さ分布



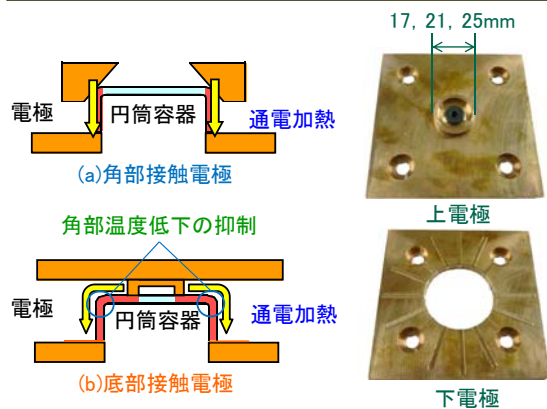
歯形ドラムの温・熱間スプライン成形



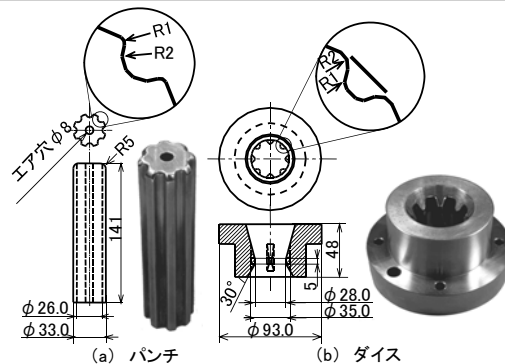
通電加熱を用いた成形プロセス



底部接触電極形状



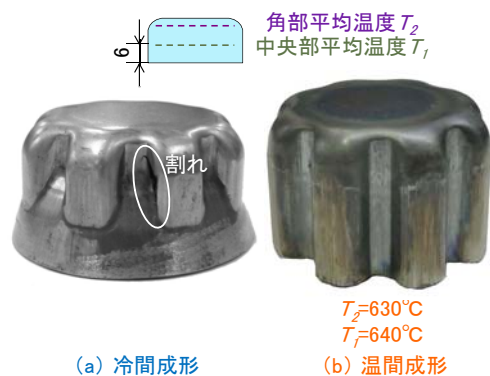
スプライン成形実験に用いたパンチ・ダイス形状



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



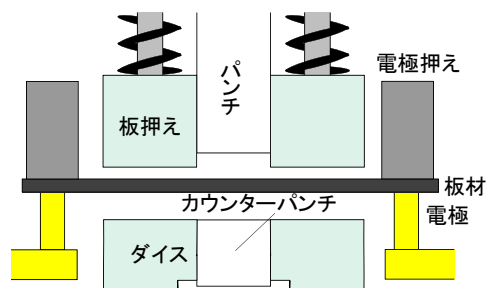
小型部品のホットスタンピング

小型部品：打抜き，成形，焼入れ

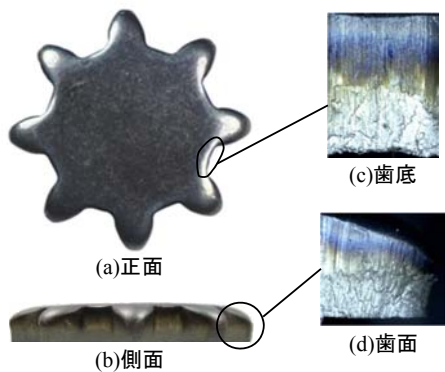
短時間成形：通電加熱＋サーボプレス

1ショット成形

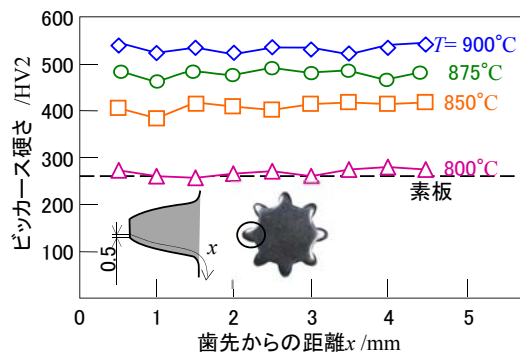
1ショットホットスタンピング



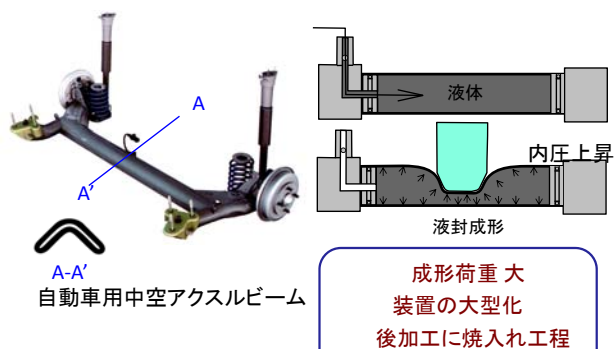
1ショットホットスタンピングされた歯車部品



ダイクエンチ後のビッカース硬さ分布

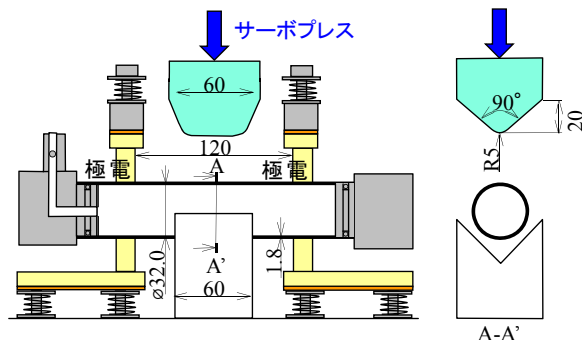


熱間チューブプレス成形

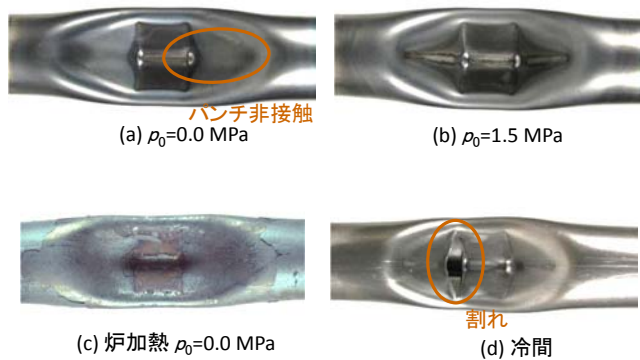


熱間チューブプレス成形

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%)



成形された管材



スマートホットスタンピングの開発

