

ウルトラハイテンのホットスタンピング

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

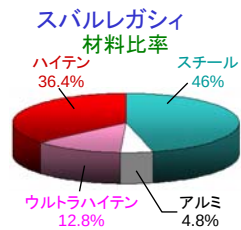
平成19年

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



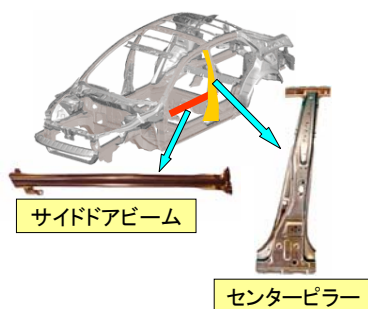
トヨタ クラウン, 骨格部材の45%が高張力鋼板
骨格部材:36%

自動車用板材の比較

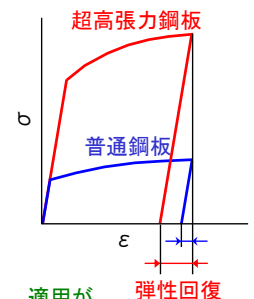
板材	引張強さ	比重	比強度	コスト(1kg当り)	生産量
ウルトラハイテン	980~1470MPa	7.8	126~188MPa	100円程度	鉄:12億ton
従来ハイテン	490~790MPa	7.8	63~101MPa		
軟鋼板 SPCC	340MPa	7.8	44MPa		
アルミ合金板 A6061(T6処理)	310MPa	2.7	115MPa	500円~600円	アルミ:3400万ton
マグネシウム合金板 AZ31	270MPa	1.8	137MPa	3000円程度	マグネ:60万ton

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

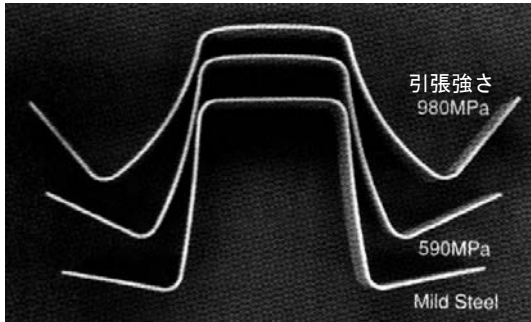


スプリングバック:大
形状凍結性:低

適用が
限定

弾性回復

高張力鋼板のハット曲げにおける スプリングバック

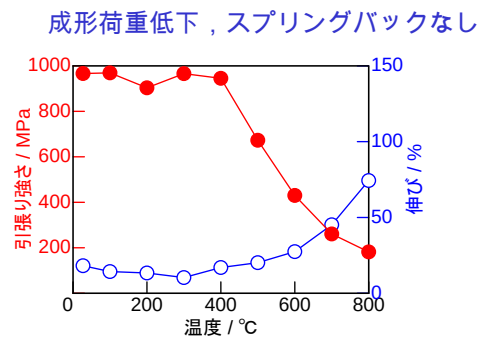


岩谷：プレス技術，42-8(2004)，43

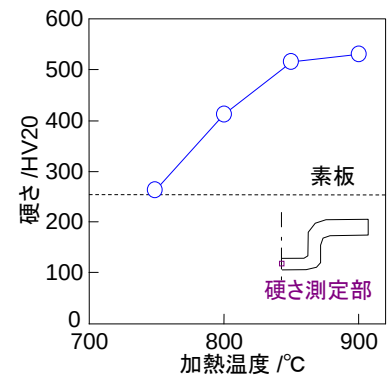
1. ホットスタンピング
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
4. 熱間プレス成形における成形性に及ぼす温度分布の影響
5. 強度分布を有する成形品の全面加熱テーラードダイクエンチ
6. 強度分布を有する成形品の局部加熱テーラードダイクエンチ
7. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
8. 温・熱間せん断加工



超高張力鋼板の高温引張り特性

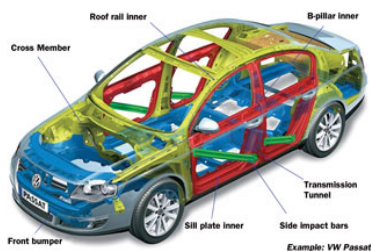


ホットスタンピングにおける ダイクエンチによる硬さの上昇



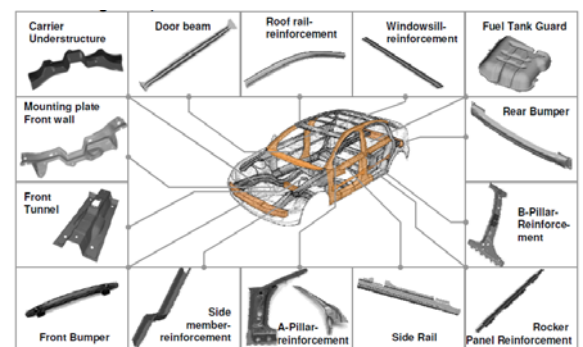
金型急冷
による焼
入れ，
1.5GPa級

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



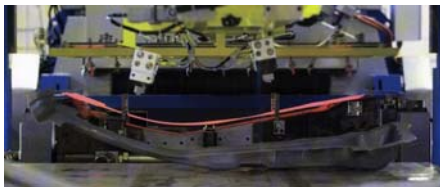
アイシン高丘におけるホットスタンピング成形品



ホットスタンピング



ホットスタンピング



ホットスタンピングの特徴



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

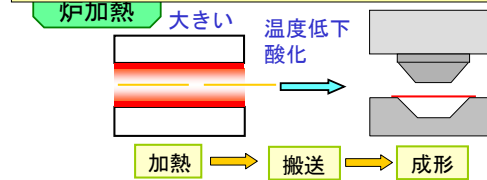
短所

- 表面酸化
- 大型設備：加熱炉
- 低い生産性

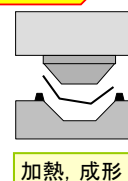
1. ホットスタンピング
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
4. 熱間プレス成形における成形性に及ぼす温度分布の影響
5. 強度分布を有する成形品の全面加熱テーラードイクエンチ
6. 強度分布を有する成形品の局部加熱テーラードイクエンチ
7. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
8. 温・熱間せん断加工



通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形



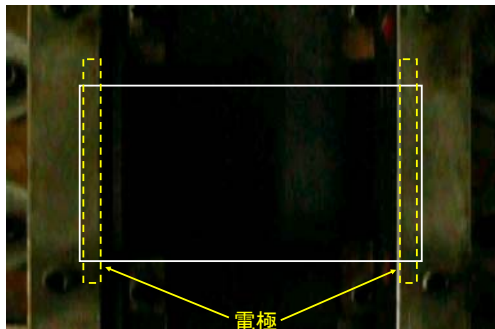
通電加熱



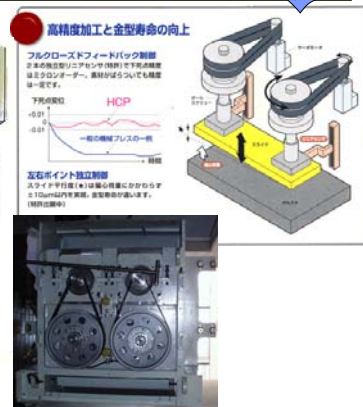
利点

- 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 (SPFC980)



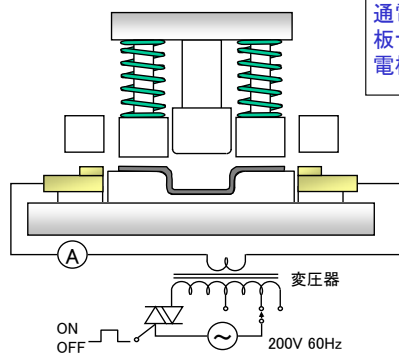
サーボプレス(80tonf)



通電加熱ハット曲げ成形装置

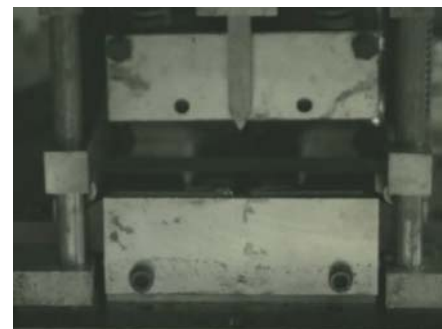
実験条件

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

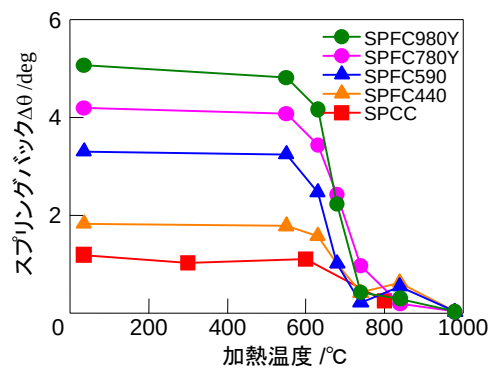
980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形



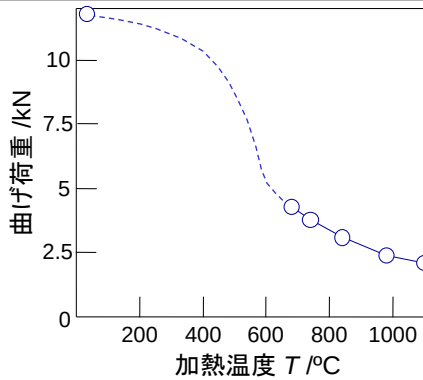
ハット曲げの成形体 (SPFC980Y)



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. ホットスタンピング
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プレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
4. 熱間プレス成形における成形性に及ぼす温度分布の影響
5. 強度分布を有する成形品の全面加熱テーラードダイクエンチ
6. 強度分布を有する成形品の局部加熱テーラードダイクエンチ
7. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
8. 温・熱間せん断加工



プレコートスケール抑制剤



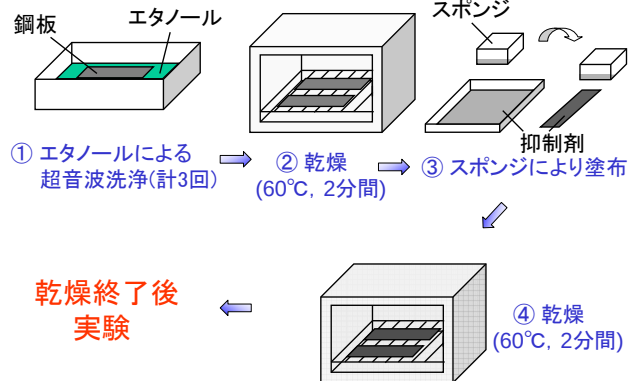
炉加熱による
熱間プレス成形品

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

抑制剤塗布方法

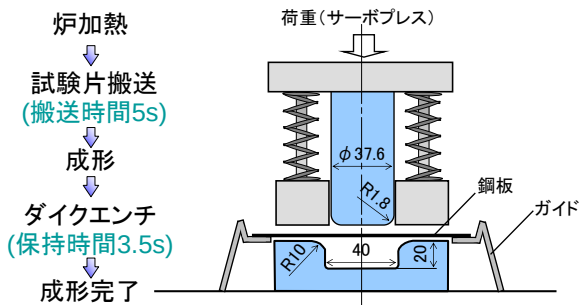


プレコート抑制剤を用いた ハット曲げ成形実験条件



加熱温度: 600, 700, 800, 850, 950, 950°C

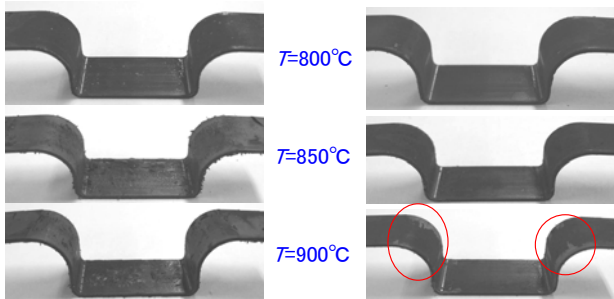
試験片: 長さ130mm, 幅20mm, 板厚1.2mm



950°Cにおけるハット曲げ成形実験



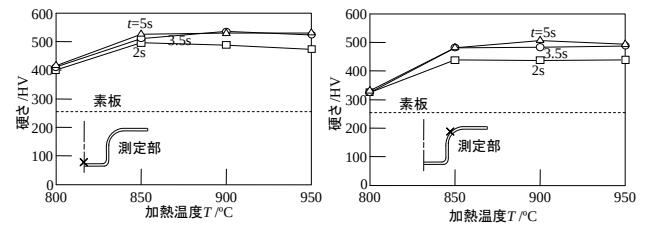
ハット曲げ成形体



(a) $n=1$

(b) $n=3$

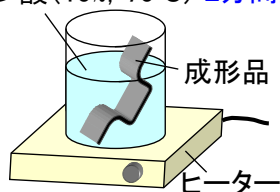
ハット曲げ成形体断面ビッカース硬さ



洗浄試験

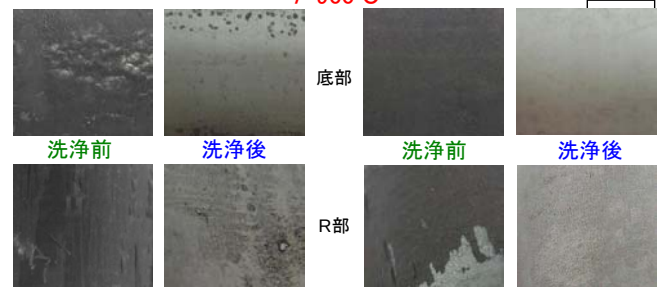
成形後、鋼板表面に塗布された抑制剤を洗浄する

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

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

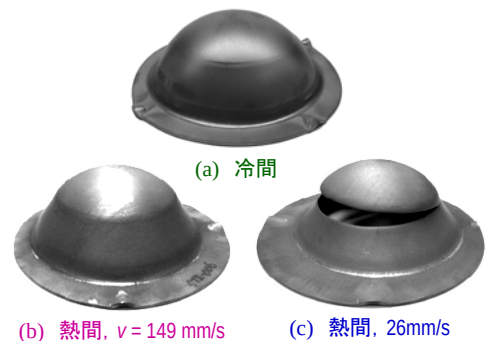


(a) $n=1$

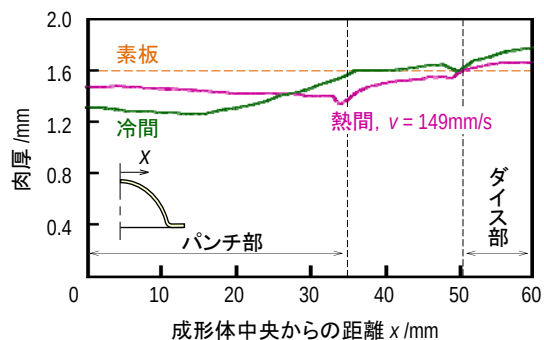
(b) $n=3$

1. ホットスタンピング
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プレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
4. 熱間プレス成形における成形性に及ぼす温度分布の影響
5. 強度分布を有する成形品の全面加熱テーラードイクエンチ
6. 強度分布を有する成形品の局部加熱テーラードイクエンチ
7. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
8. 温・熱間せん断加工

$s = 40\text{mm}$ における成形体の外観



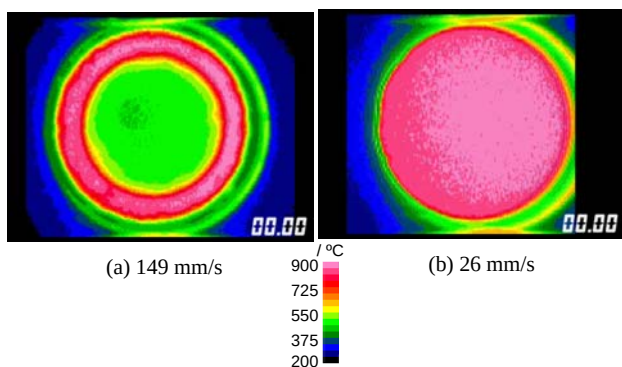
$s = 40\text{mm}$ における熱間と冷間成形の肉厚分布の比較



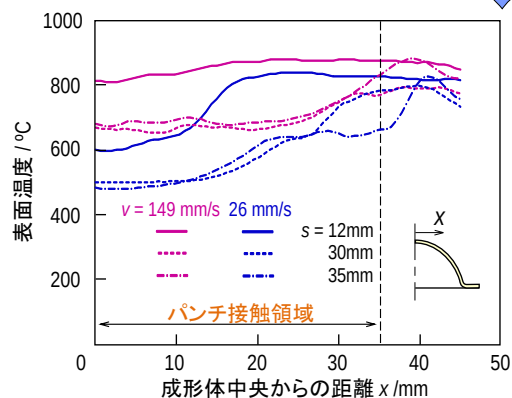
熱間成形における高速と低速の温度分布の比較



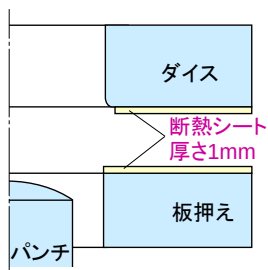
熱間成形における高速と低速のサーモグラフィーで測定された温度分布の比較



下死点位置における半径方向温度分布



フランジ部における温度低下抑制方法

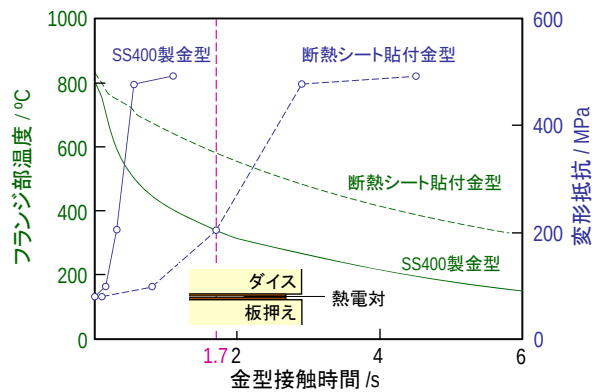


材質	熱伝導率 /Wm ⁻¹ K ⁻¹
SS400	51.6
断熱シート	0.16

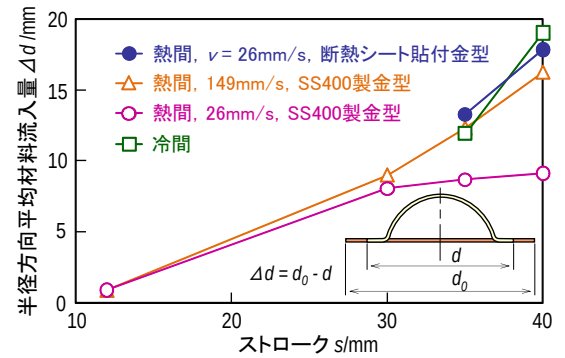
$s = 40\text{mm}$ ($v = 26\text{mm/s}$) における成形体の外観



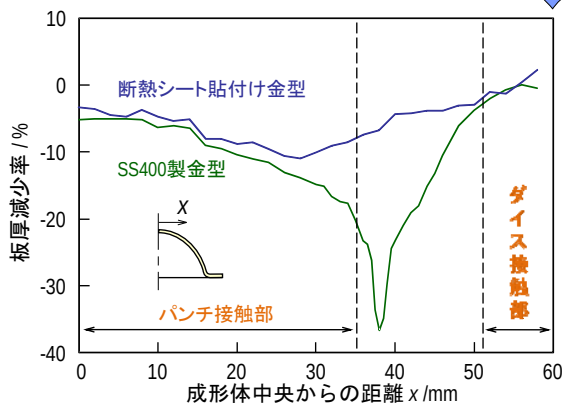
フランジ部温度及び変形抵抗と 金型接触時間の関係



変形の進行にともなう 半径方向平均材料流入量の変化

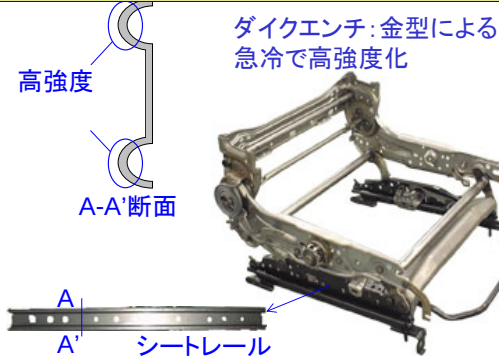


$s = 35\text{mm}$ における板厚減少率分布の比較

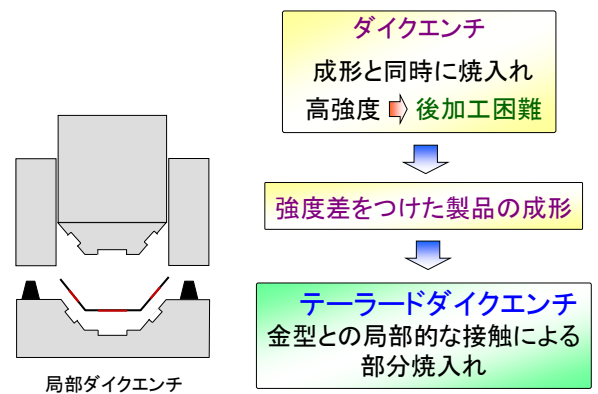


1. ホットスタンピング
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
4. 熱間プレス成形における成形性に及ぼす温度分布の影響
5. 強度分布を有する成形品の全面加熱テーラードダイクエンチ
6. 強度分布を有する成形品の局部加熱テーラードダイクエンチ
7. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
8. 温・熱間せん断加工

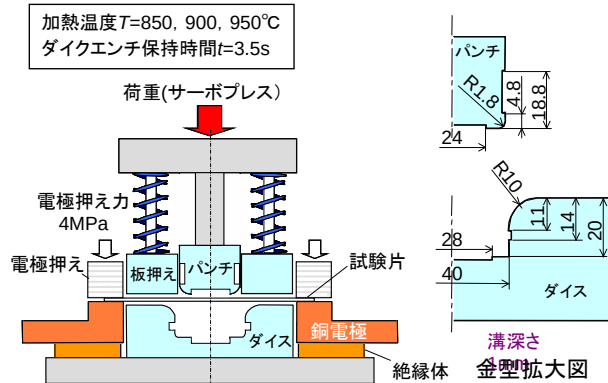
強度分布を有する成形品の テーラードダイクエンチ



テーラードダイクエンチ



テラードダイクエンチハット曲げ成形装置



加熱温度 900°C におけるハット曲げ成形

通電加熱
(加熱時間 2.3s)

↓

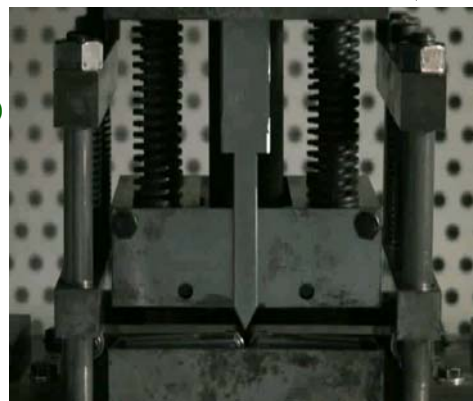
成形

↓

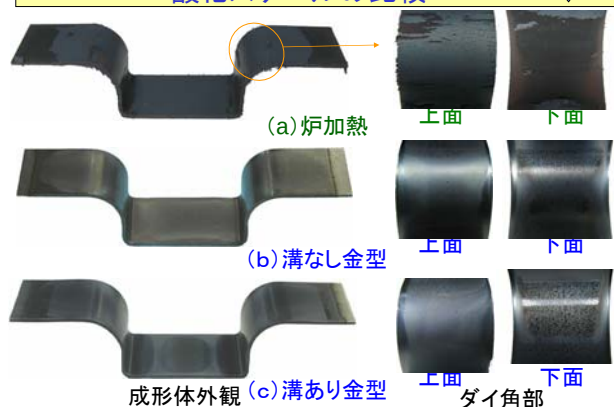
ダイクエンチ
(保持時間 3.5s)

↓

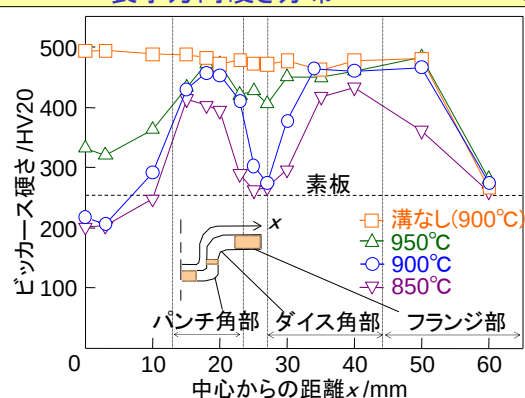
成形完了



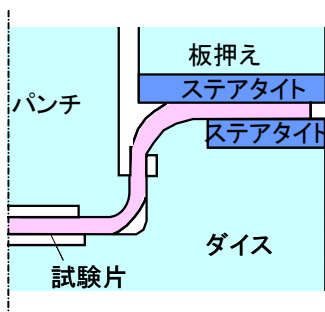
900°C におけるハット曲げ成形体 酸化スケールの比較



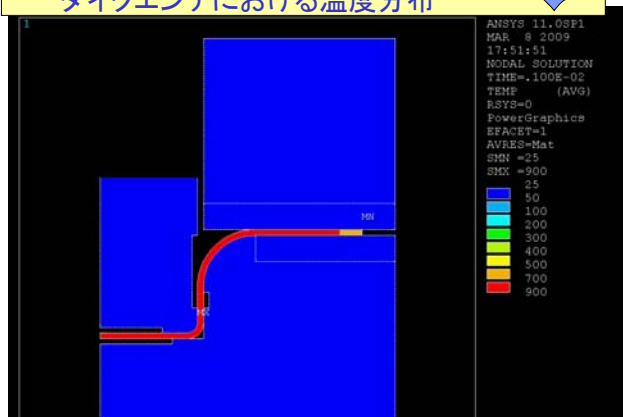
溝あり金型によるハット曲げ成形体の 長手方向硬さ分布



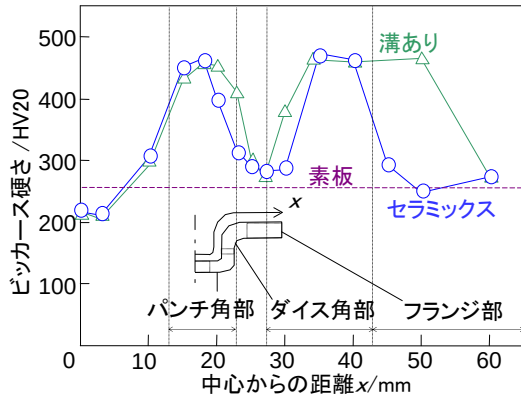
セラミックスフランジ部を用いた 金型によるハット曲げ成形



セラミックスフランジ部を用いた ダイクエンチにおける温度分布

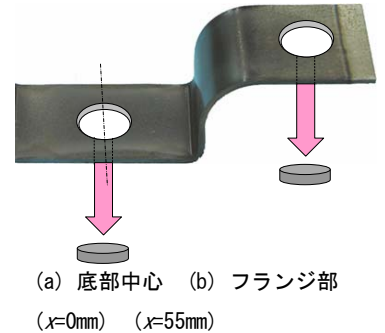


ハット曲げ成形体の長手方向硬さ分布

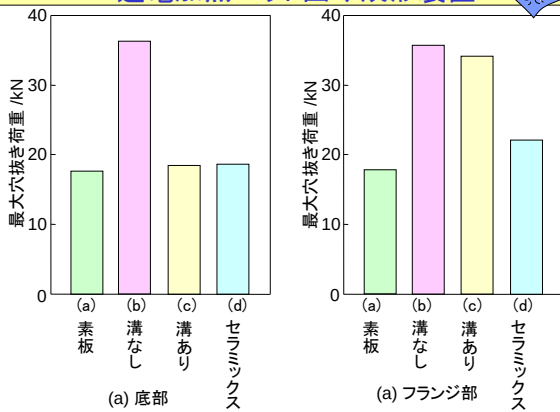


900℃ のハット曲げ成形品における 底部中心の穴抜き加工

加工条件
パンチ直径 $\phi 10$
クリアランス 12%

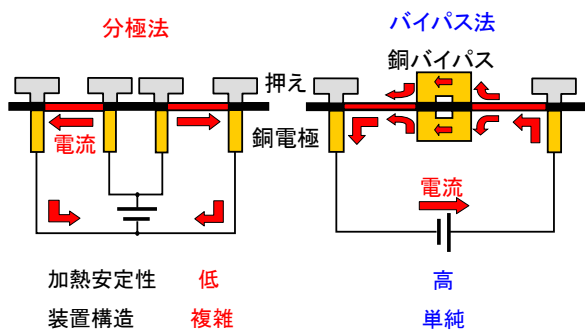


通電加熱ハット曲げ成形装置



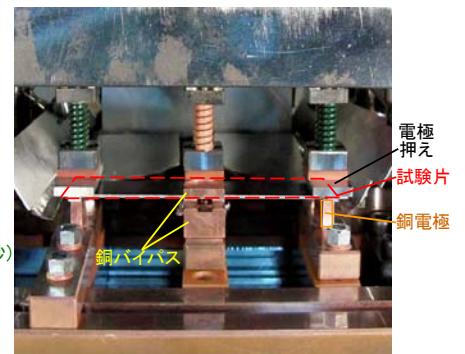
1. ホットスタンピング
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
4. 熱間プレス成形における成形性に及ぼす温度分布の影響
5. 強度分布を有する成形品の全面加熱テーラードイクエンチ
6. 強度分布を有する成形品の局部加熱テーラードイクエンチ
7. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
8. 温・熱間せん断加工

局部通電加熱法

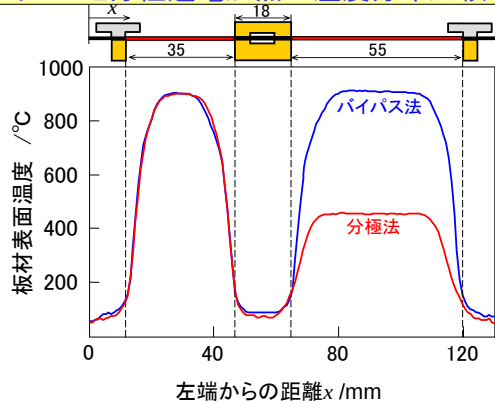


バイパス通電加熱

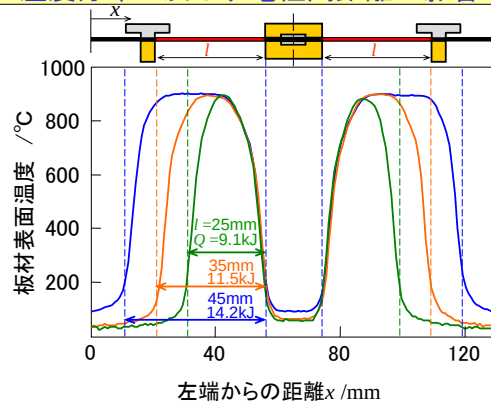
900℃まで
通電加熱
↓
押え解除+
温度分布測定
(加熱終了後0.3秒)



バイパスと分極通電加熱の温度分布比較

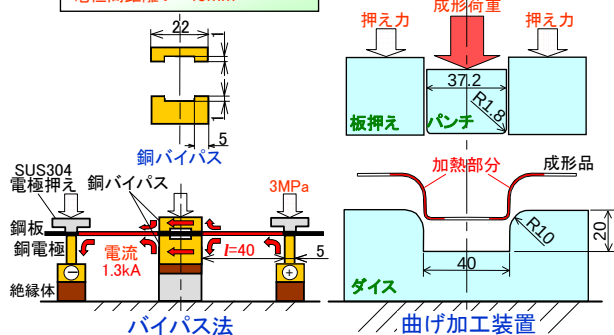


温度分布に及ぼす電極間距離の影響



局部加熱ダイクエンチハット曲げ実験装置

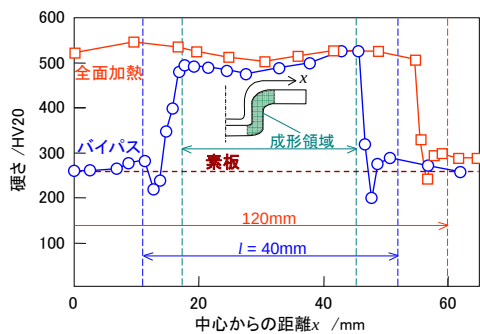
加熱温度 900°C
ダイクエンチ保持時間 3.5s
電極間距離 $l = 40\text{mm}$



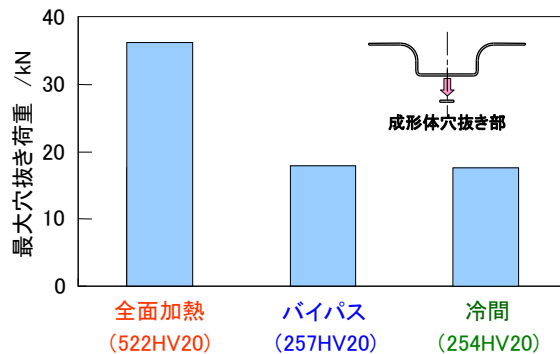
全面加熱と局部加熱ハット曲げ成形品



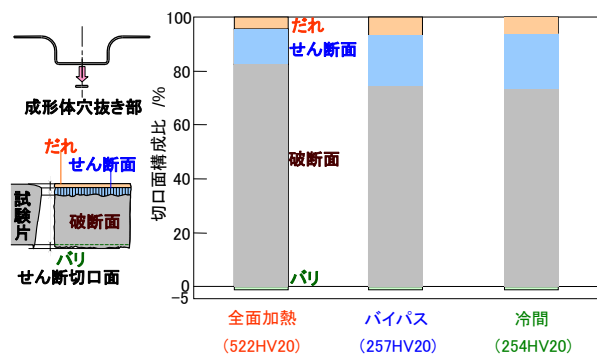
ハット曲げ成形品の長手方向硬さ分布



底部中心の最大穴抜き荷重

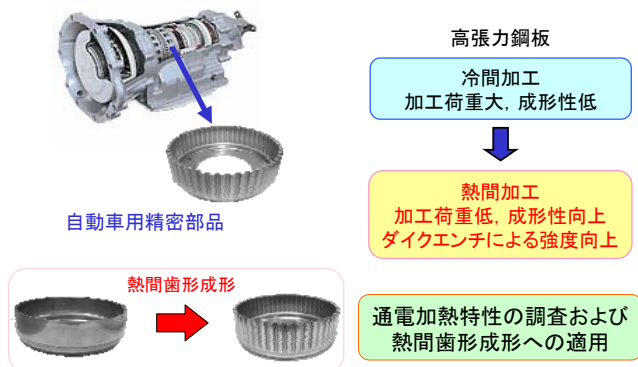


穴抜き部の切口面構成比

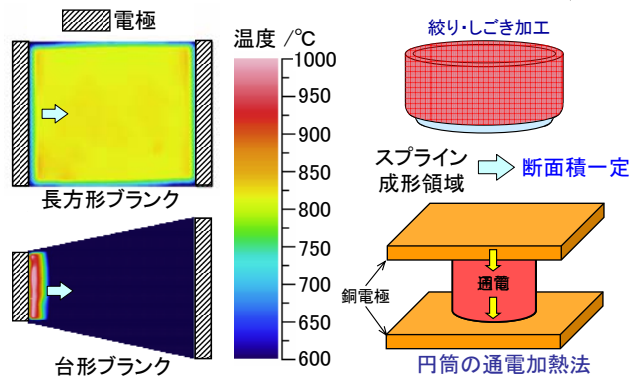


1. ホットスタンピング
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
4. 熱間プレス成形における成形性に及ぼす温度分布の影響
5. 強度分布を有する成形品の全面加熱テーラードイクエンチ
6. 強度分布を有する成形品の局部加熱テーラードイクエンチ
7. 通電加熱を用いた歯形容容器の温・熱間スプライン成形
8. 温・熱間せん断加工

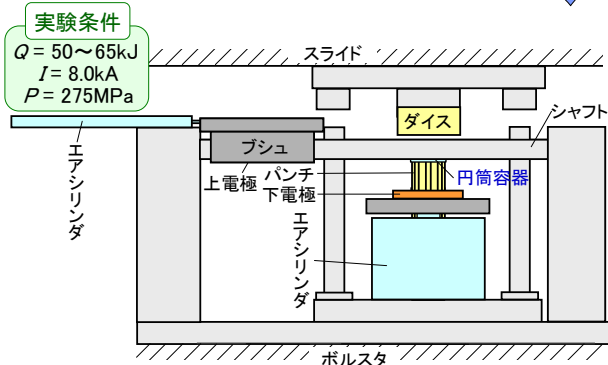
通電加熱を用いた歯形容容器の温・熱間スプライン成形



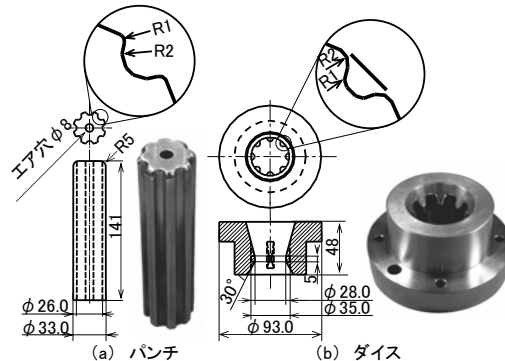
円筒端部からの給電による通電加熱



熱間スプライン成形実験



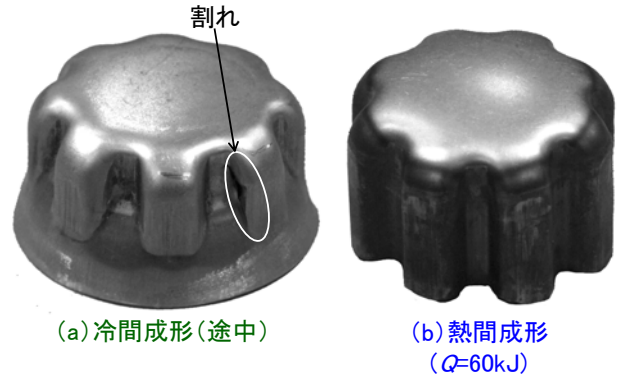
スプライン成形実験に用いたパンチ・ダイス形状



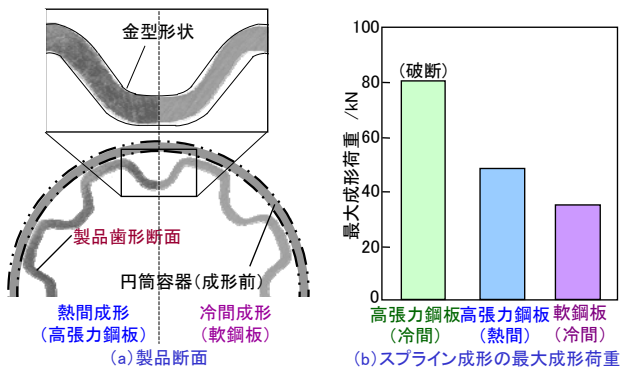
通電加熱を用いた熱間スプライン成形



スプライン成形後の高張力鋼容器

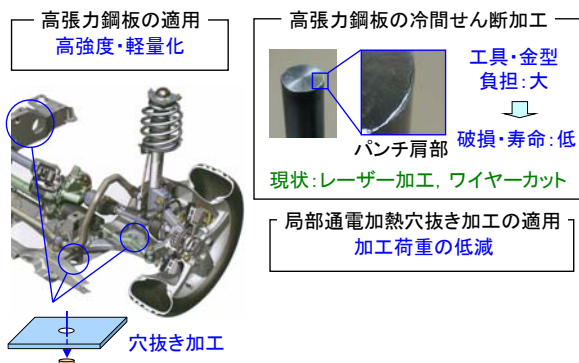


スプライン成形後の高張力鋼容器断面

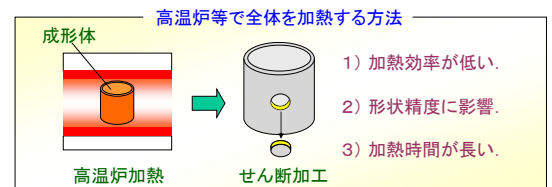


1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
4. 熱間プレス成形における成形性に及ぼす温度分布の影響
5. 強度分布を有する成形品の全面加熱テーラードイクエンチ
6. 強度分布を有する成形品の局部加熱テーラードイクエンチ
7. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
8. 温・熱間せん断加工

超高張力鋼板の温・熱間せん断加工

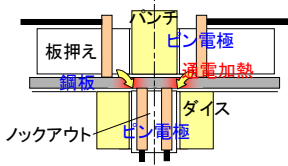


超高張力鋼板の温・熱間せん断加工



局部通電加熱せん断加工法

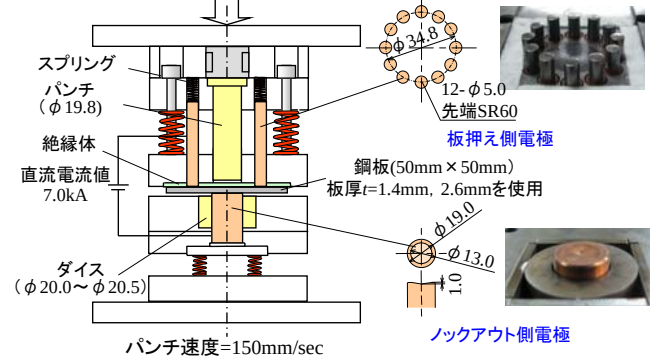
局部通電加熱せん断加工法



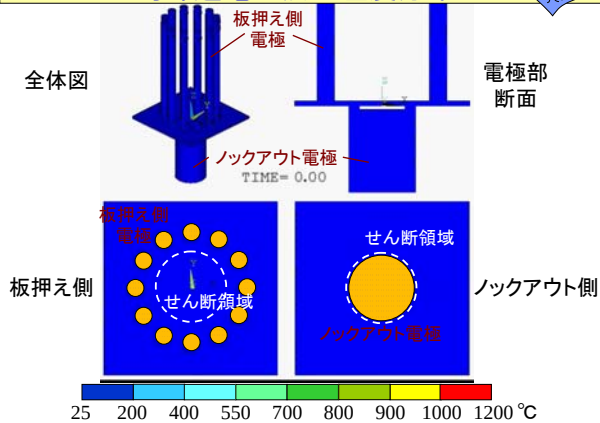
- 1) 加熱効率が高い
- 2) 金型内に設置可能
- 3) 酸化が非常に少ない

局部通電加熱せん断加工装置

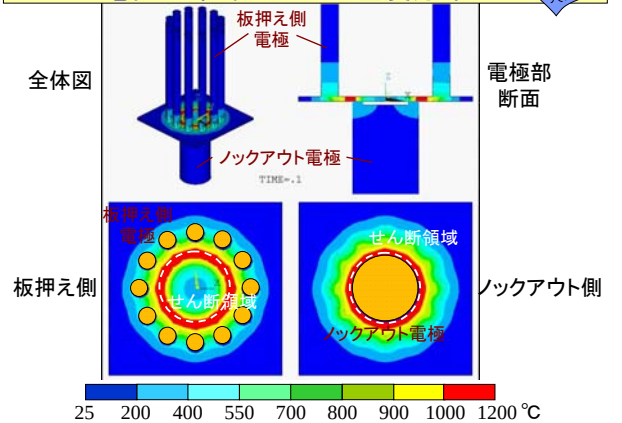
荷重(サーボプレス)



局部通電加熱の温度分布



電極の冷却における温度分布



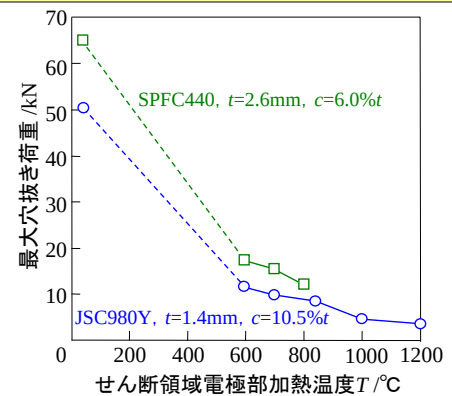
局部通電加熱せん断加工

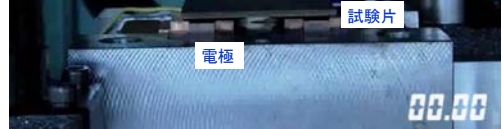
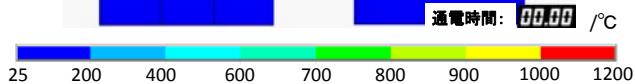
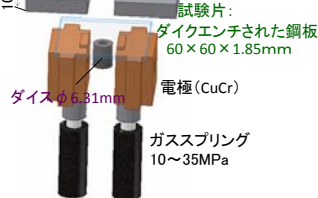
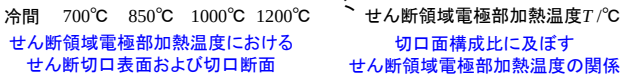
鋼板加圧 → 加熱 → せん断加工



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

最大穴抜き荷重と鋼板加熱温度の関係





- 

- 愛知県が次世代モノづくり技術の重点研究プロジェクト（10から3プロジェクトを採択、6年間、20億円）
- 低環境負荷型次世代ナノ・マイクロ加工技術の開発
- 塑性加工、機械加工、接合加工：9サブテーマ
- 軽量・高強度自動車・航空機用部材の材料加工技術の開発
- ダイクエンチを適用した熱間プレス成形による超高張力鋼板の高精度成形技術の開発
- 連携企業募集