

ウルトラハイテン成形品のホットスタンピング技術

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。

ウルトラハイテン成形品の ホットスタンピング技術



豊橋技術科学大学 森謙一郎



軽量自動車部品の成形

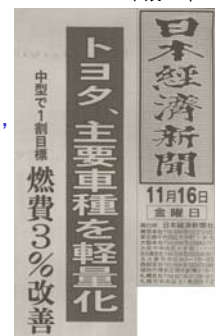


100kg軽量:1km/l燃費向上

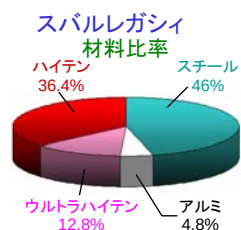
平成19年

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%

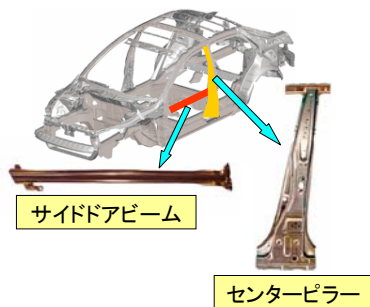
自動車用板材の比較



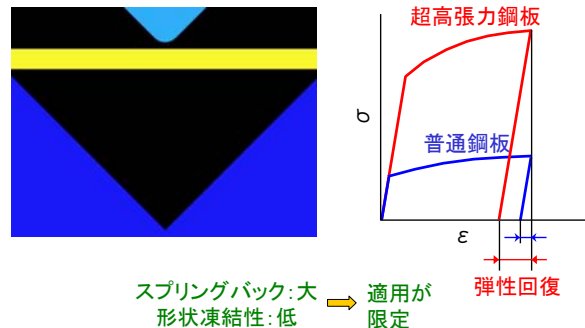
板材	引張強さ	比重	比強度	コスト(1kg当り)	生産量
ウルトラハイテン	980~1470MPa	7.8	126~188MPa	100円程度	鉄:12億ton
従来ハイテン	490~790MPa	7.8	63~101MPa		
軟鋼板 SPCC	340MPa	7.8	44MPa		
アルミ合金板 A6061(T6処理)	310MPa	2.7	115MPa	500円~600円	アルミ:3400万ton
マグネシウム合金板 AZ31	270MPa	1.8	137MPa	3000円程度	マグネ:60万ton

超高張力鋼板の自動車部材への適用

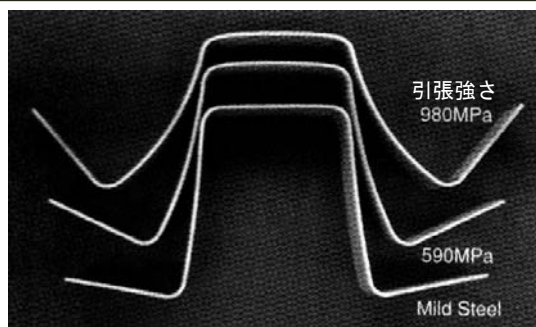
超高張力鋼板: 1GPa以上



超高張力鋼板のスプリングバック



高張力鋼板のハット曲げにおけるスプリングバック

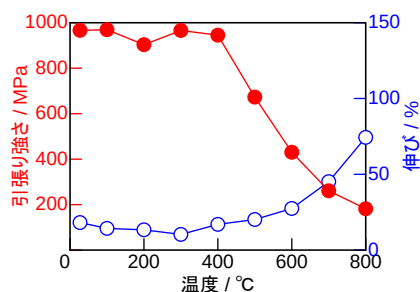


岩谷：プレス技術，42-8(2004)，43

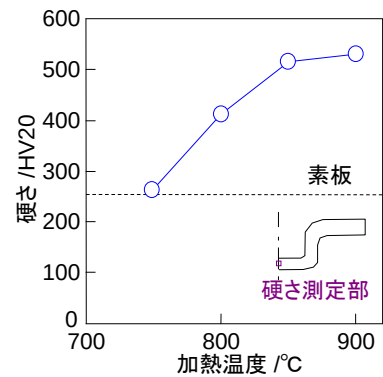
1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 強度分布を有する成形品の全面加熱
テーラードダイクエンチ
4. 強度分布を有する成形品の局部加熱
テーラードダイクエンチ
5. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
6. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
7. 温・熱間せん断加工

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

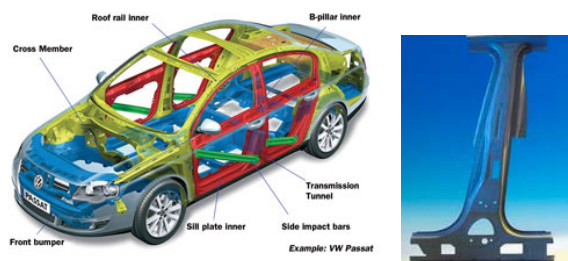


熱間プレス成形におけるダイクエンチによる硬さの上昇



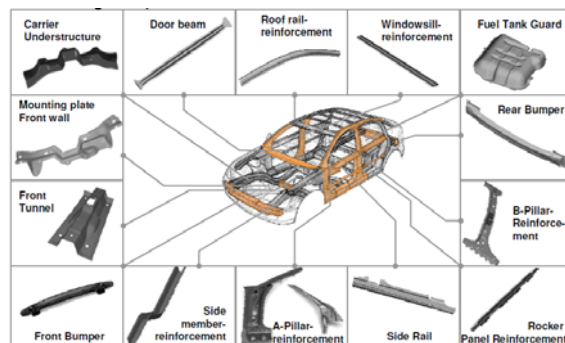
金型急冷による焼入れ，1.5GPa級

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

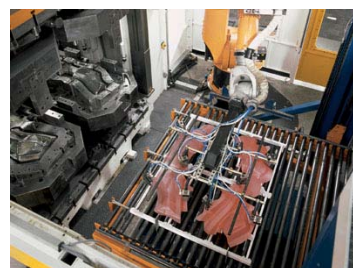
ドイツ ベンテラー社における 熱間プレス成形品



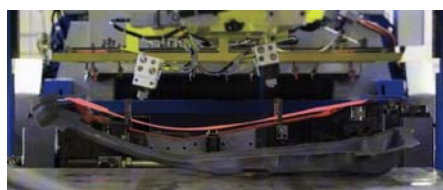
アイシン高丘における熱間プレス成形品



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

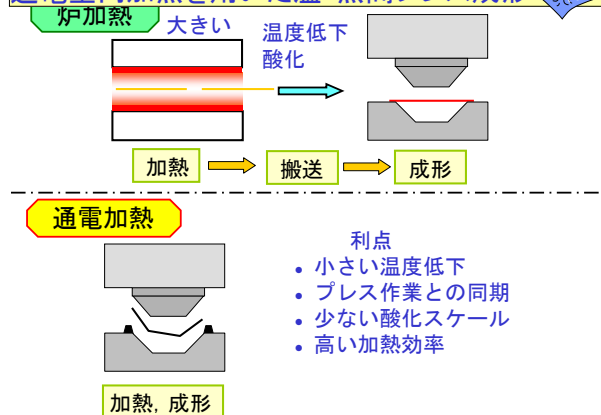
短所

- 表面酸化
- 大型設備：加熱炉
- 低い生産性

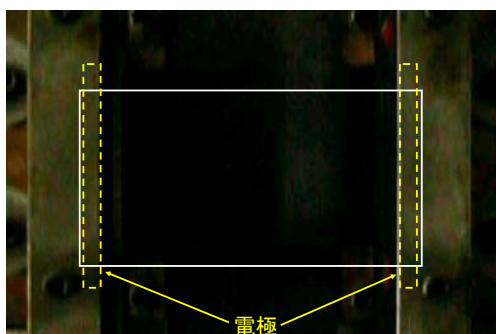
1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 強度分布を有する成形品の全面加熱
テーラードダイクエンチ
4. 強度分布を有する成形品の局部加熱
テーラードダイクエンチ
5. 熱間プレス成形におけるプレコートス
ケール抑制剤による表面酸化の低減
6. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間
スプライン成形
7. 温・熱間せん断加工



通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形



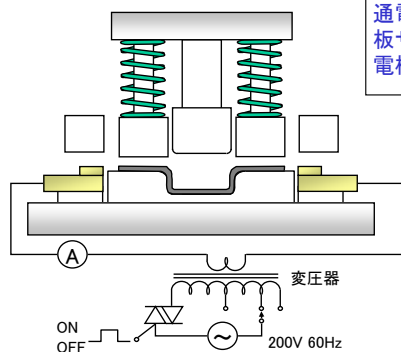
通電加熱の映像 (SPFC980)



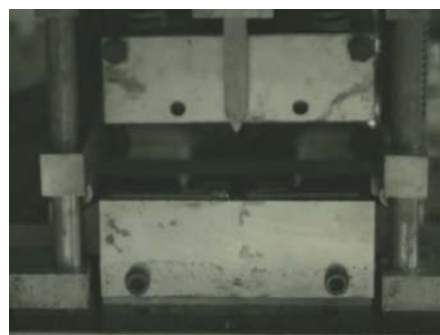
サーボプレス(80tonf)



通電加熱ハット曲げ成形装置



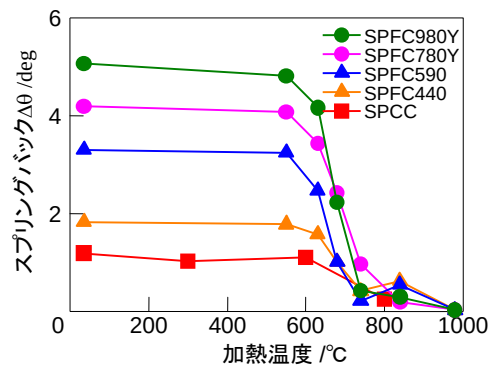
980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形



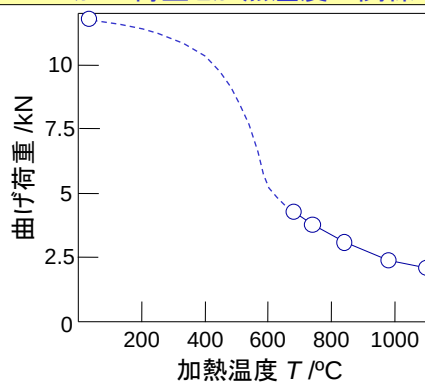
ハット曲げの成形体 (SPFC980Y)



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

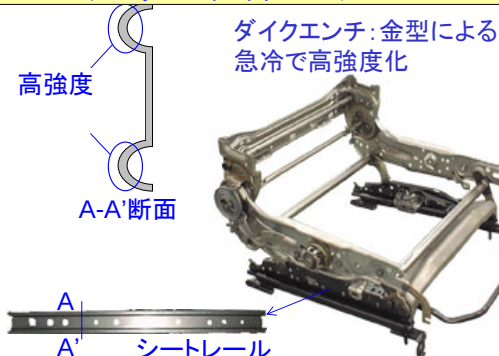


ハット曲げ加工における 加工荷重と加熱温度の関係

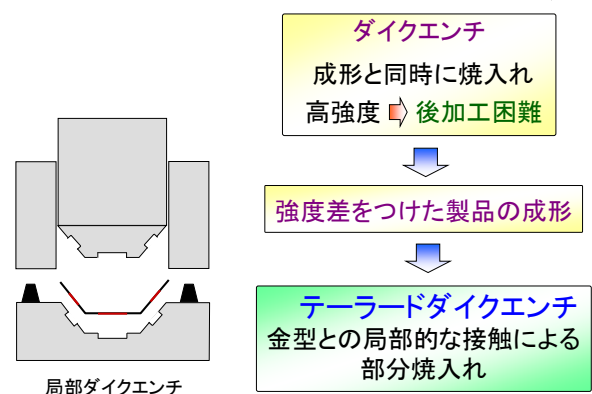


1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 強度分布を有する成形品の全面加熱
テーラードダイクエンチ
4. 強度分布を有する成形品の局部加熱
テーラードダイクエンチ
5. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
6. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
7. 温・熱間せん断加工

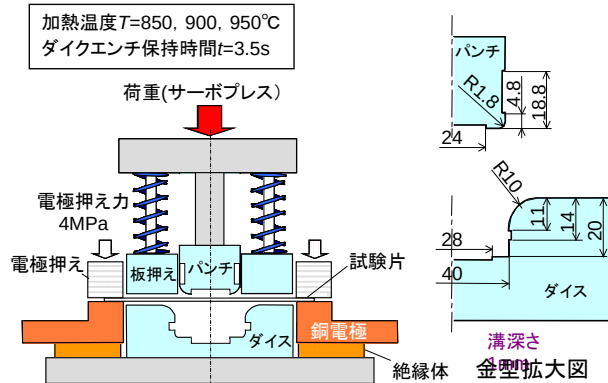
強度分布を有する成形品の テーラードダイクエンチ



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)

↓

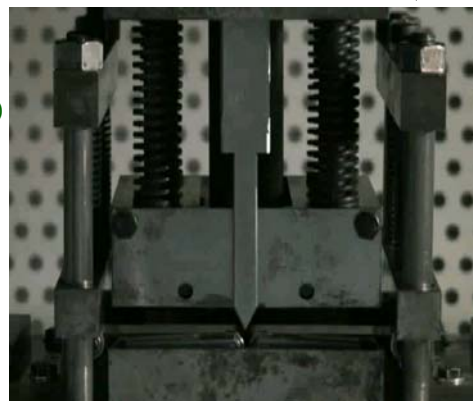
成形

↓

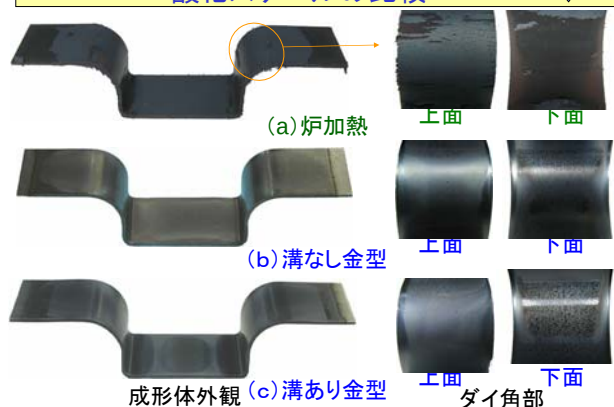
ダイクエンチ
(保持時間 3.5s)

↓

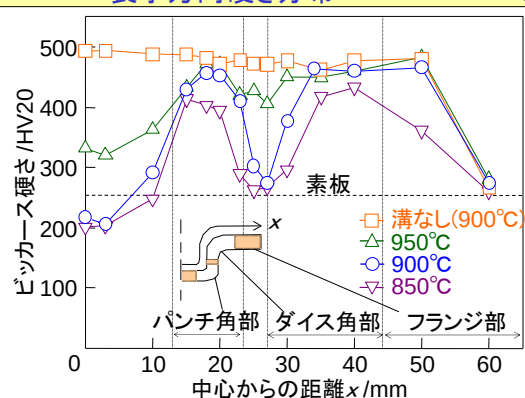
成形完了



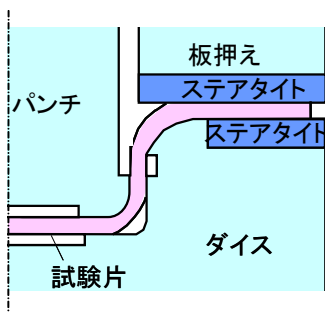
900°C におけるハット曲げ成形体 酸化スケールの比較



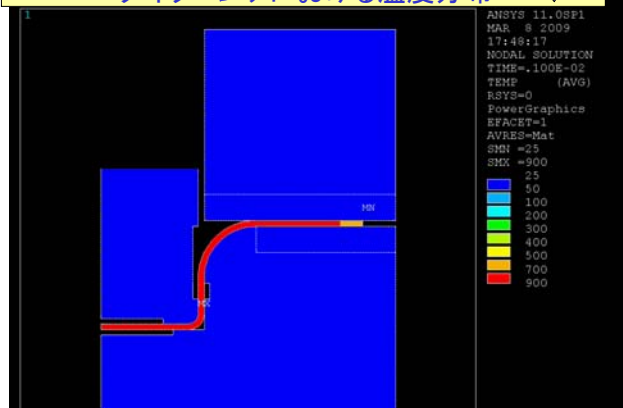
溝あり金型によるハット曲げ成形体の 長手方向硬さ分布



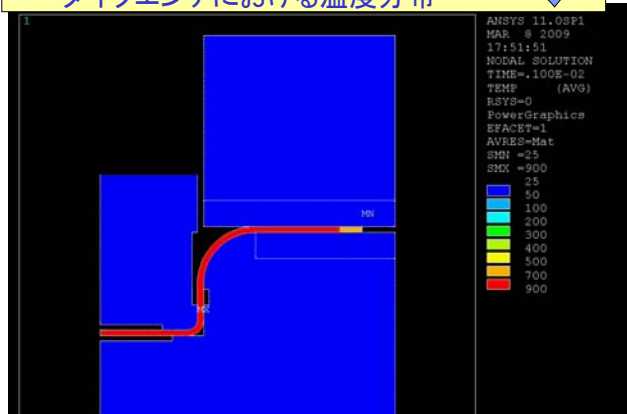
セラミックスフランジ部を用いた 金型によるハット曲げ成形



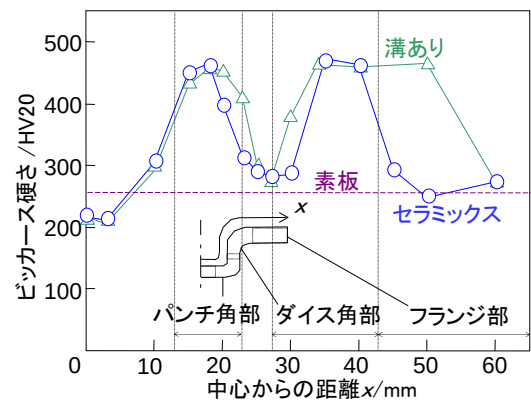
ステンレス鋼フランジ部を用いた ダイクエンチにおける温度分布



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

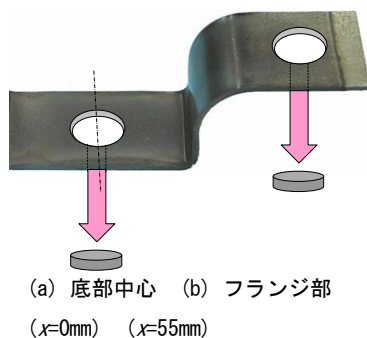


ハット曲げ成形体の長手方向硬さ分布

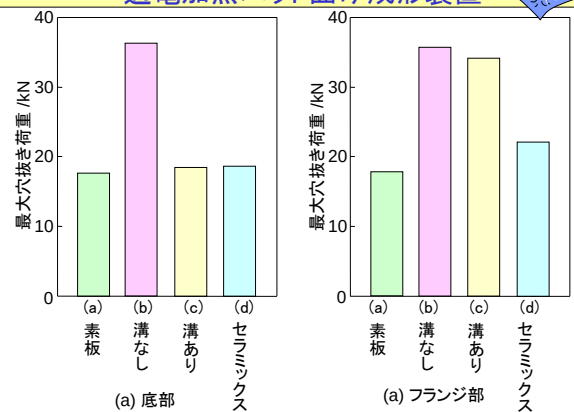


900°C のハット曲げ成形品における 底部中心の穴抜き加工

加工条件
パンチ直径 $\phi 10$
クリアランス 12%

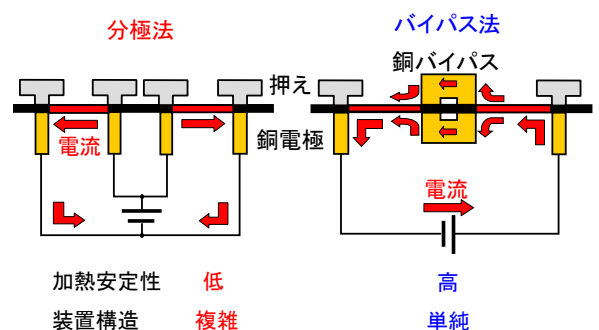


通電加熱ハット曲げ成形装置



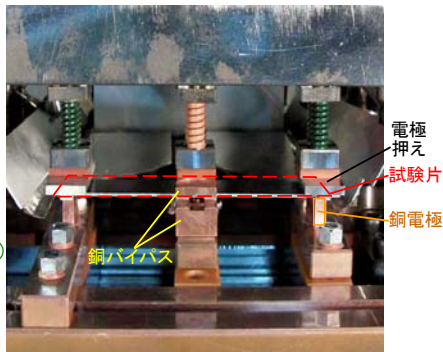
1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 強度分布を有する成形品の全面加熱
テーラードダイクエンチ
4. 強度分布を有する成形品の局部加熱
テーラードダイクエンチ
5. 熱間プレス成形におけるプレコートス
ケール抑制剤による表面酸化の低減
6. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間
スプライン成形
7. 温・熱間せん断加工

局部通電加熱法

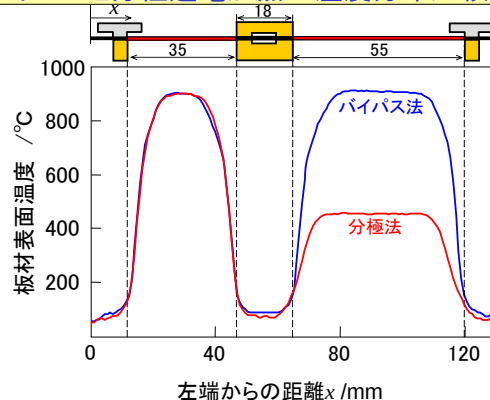


バイパス通電加熱

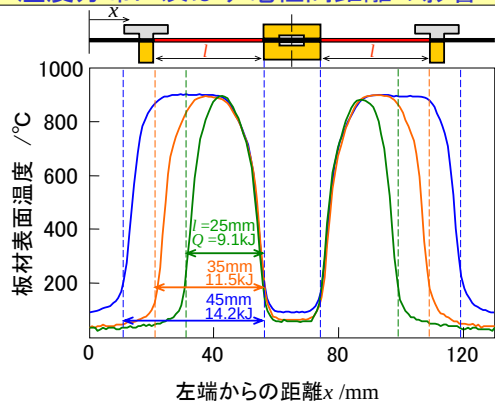
900℃まで
通電加熱
↓
押え解除+
温度分布測定
(加熱終了後0.3秒)



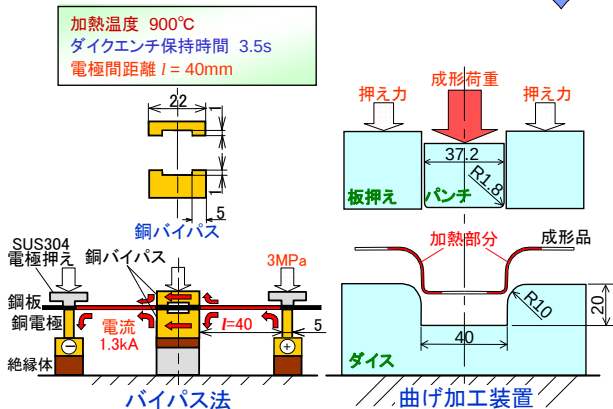
バイパスと分極通電加熱の温度分布比較



温度分布に及ぼす電極間距離の影響



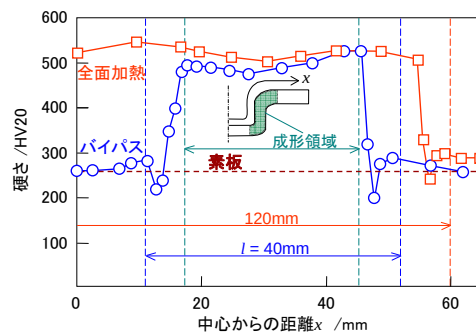
局部加熱ダイクエンチハット曲げ実験装置



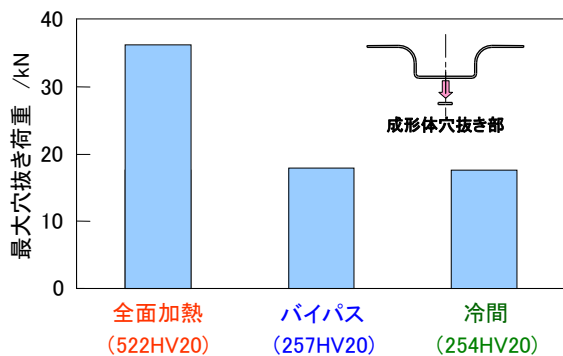
全面加熱と局部加熱ハット曲げ成形品



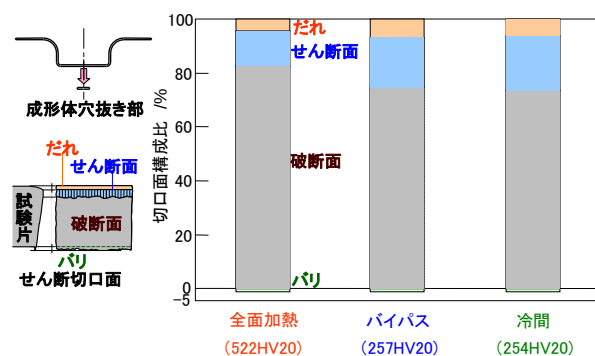
ハット曲げ成形品の長手方向硬さ分布



底部中心の最大穴抜き荷重



穴抜き部の切口面構成比



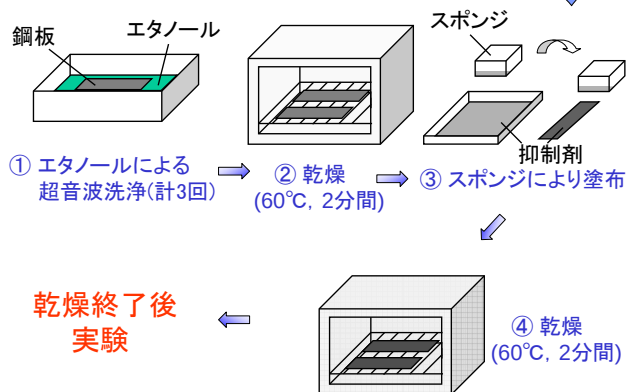
1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 強度分布を有する成形品の全面加熱
テーラードダイクエンチ
4. 強度分布を有する成形品の局部加熱
テーラードダイクエンチ
5. 熱間プレス成形におけるプレコートス
ケール抑制剤による表面酸化の低減
6. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間
スプライン成形
7. 温・熱間せん断加工

プレコートスケール抑制剤



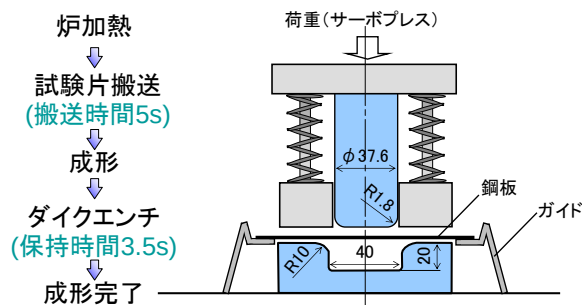
抑制剤	A	B
潤滑剤	ステンレス鋼板 温間プレス成形	チタン板 温間プレス成形
防錆元素	K,B,C,Na	K,B,C,Na,P,Ca
タイプ	液化皮膜	液化皮膜

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

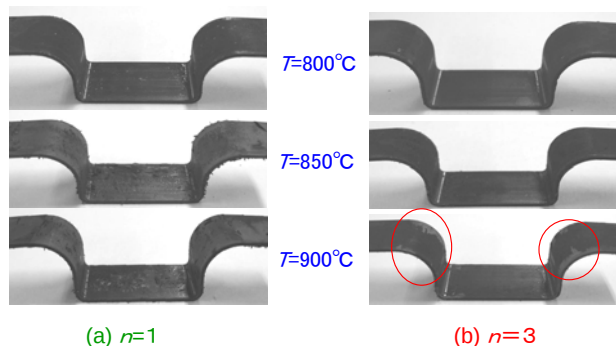
加熱温度: 600, 700, 800, 850, 950, 950°C
試験片: 長さ130mm, 幅20mm, 板厚1.2mm



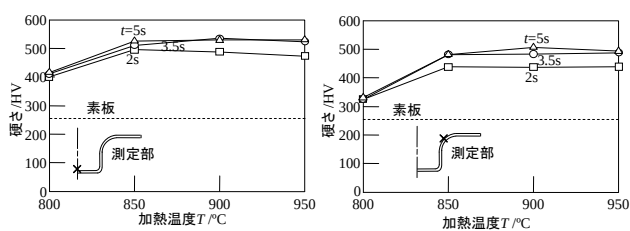
950℃におけるハット曲げ成形実験



ハット曲げ成形体



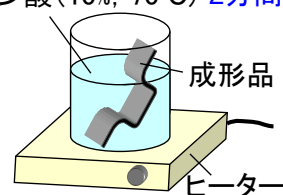
ハット曲げ成形体断面ビッカース硬さ



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

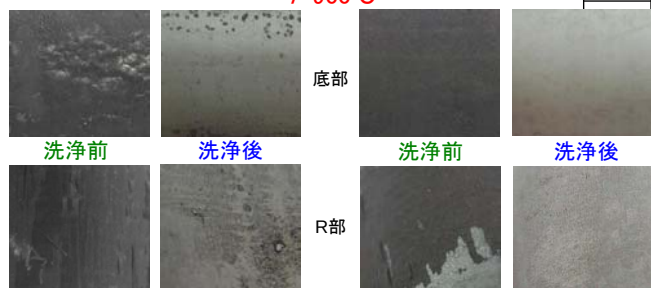
リン酸 (10%, 70°C) 2分間浸す



プレコートスケール抑制剤洗浄前後の底部表面

T=900°C

10mm



(a) n=1

(b) n=3

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. 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
4. 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
5. 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
6. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
7. 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



自動車用精密部品

高張力鋼板

冷間加工
加工荷重大, 成形性低



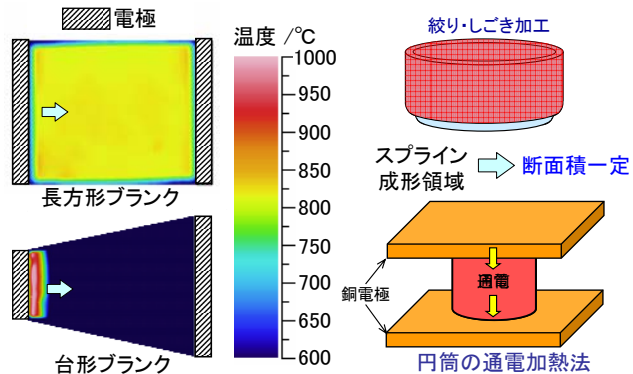
熱間加工
加工荷重低, 成形性向上
ダイクエンチによる強度向上



熱間歯形成形

通電加熱特性の調査および
熱間歯形成形への適用

円筒端部からの給電による通電加熱

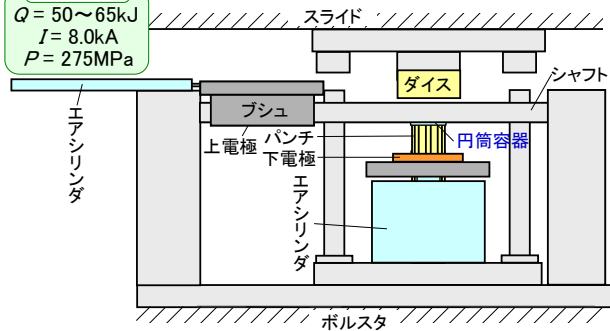


熱間スプライン成形実験

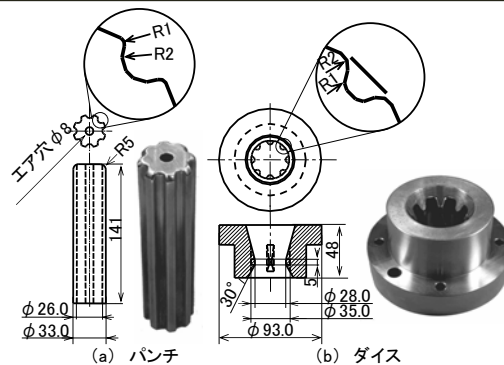


実験条件

$Q = 50 \sim 65 \text{ kJ}$
 $I = 8.0 \text{ kA}$
 $P = 275 \text{ MPa}$



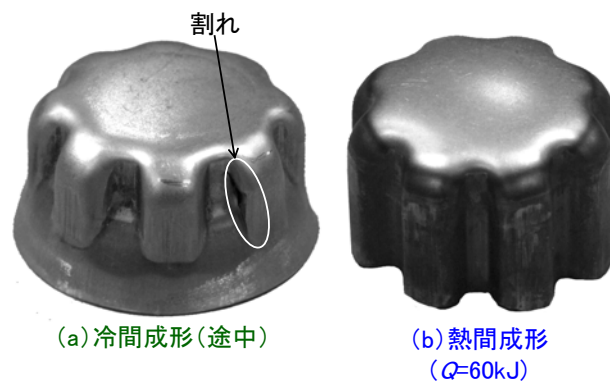
スプライン成形実験に用いた パンチ・ダイス形状



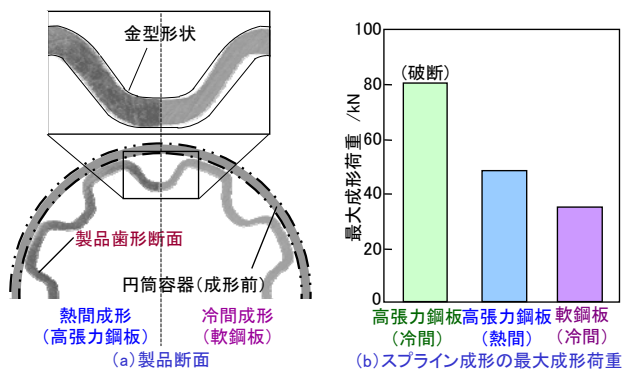
通電加熱を用いた熱間スプライン成形



スプライン成形後の高張力鋼容器

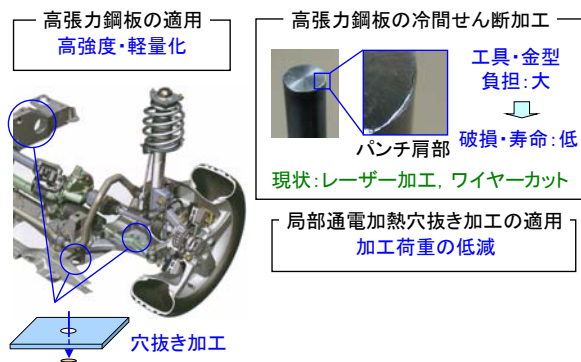


スプライン成形後の高張力鋼容器断面

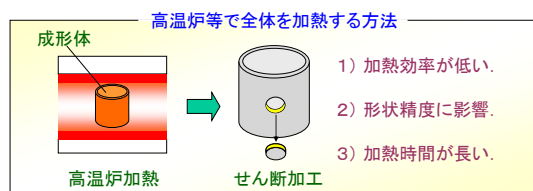


1. 熱間プレス成形
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 強度分布を有する成形品の全面加熱
テーラードダイクエンチ
4. 強度分布を有する成形品の局部加熱
テーラードダイクエンチ
5. 熱間プレス成形におけるプレコートス
ケール抑制剤による表面酸化の低減
6. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間
スプライン成形
7. 温・熱間せん断加工

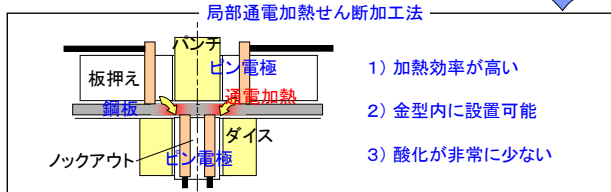
超高張力鋼板の温・熱間せん断加工



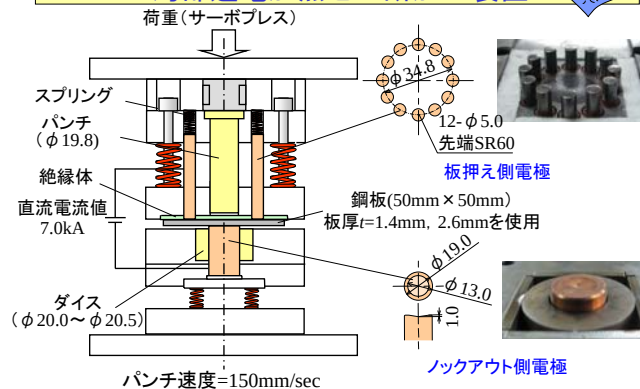
超高張力鋼板の温・熱間せん断加工



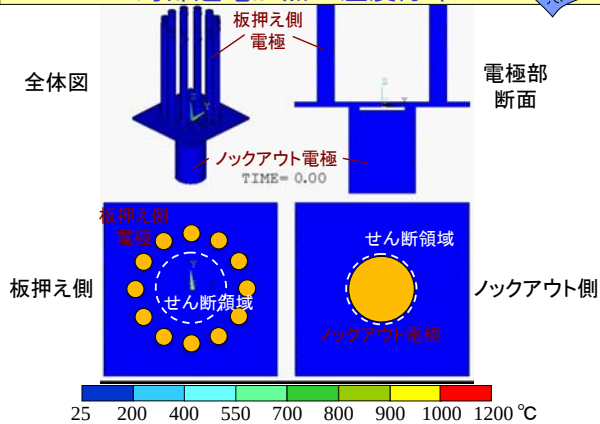
局部通電加熱せん断加工法



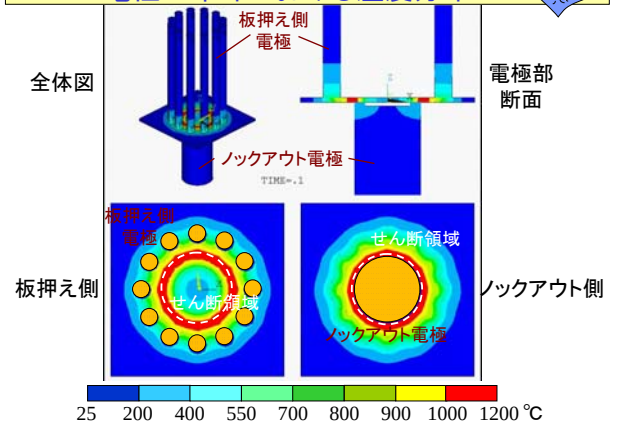
局部通電加熱せん断加工装置



局部通電加熱の温度分布

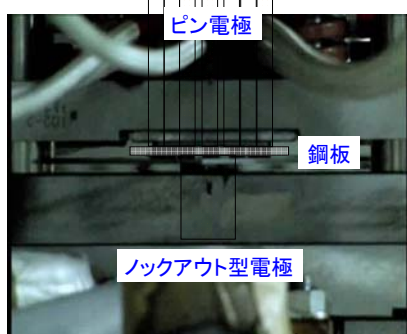


電極の冷却における温度分布



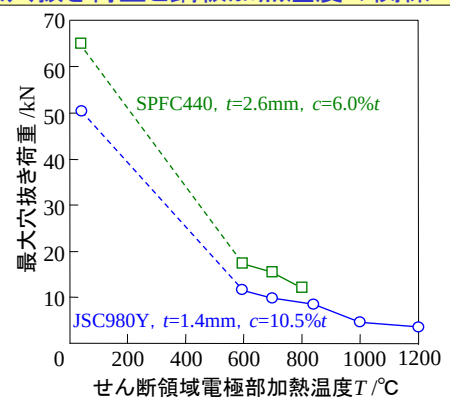
局部通電加熱せん断加工

鋼板加圧 → 加熱 → せん断加工

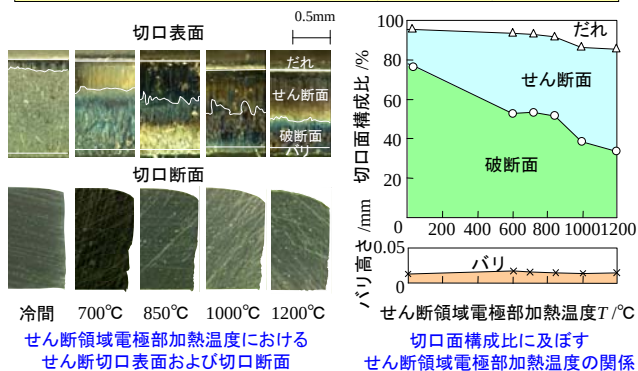


JSC980Y, $t=1.4\text{mm}$, $T=1200^\circ\text{C}$ (1.6sec)
パンチ速度 150mm/s, クリアランス $c=10.5\%$

最大穴抜き荷重と鋼板加熱温度の関係



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. 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
4. 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
5. 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
6. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間
スプライン成形
7. 温・熱間せん断加工