

高張力鋼板の温・熱間プレス成形技術

豊橋技術科学大学 森謙一郎

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を超える超高張力鋼板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、温・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、熱間プレス成形では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に達する超高張力鋼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、熱間プレス成形における局部ダイクエンチ、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、通電加熱を用いた用た歯形容器の温・熱間スプライン成形、温・熱間せん断加工を説明する。

1. 超高張力鋼板
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局部ダイクエンチ
4. 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
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
6. 温・熱間せん断加工

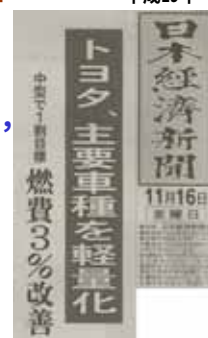
— 軽量自動車部品の成形 —

100kg軽量:1km/燃費向上

平成19年

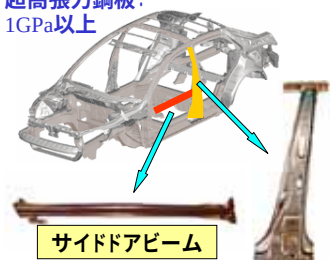
軽量材料の成形

- 超高張力鋼板
- アルミニウム、マグネチタン



超高張力鋼板のプレス成形

超高張力鋼板:
1GPa以上



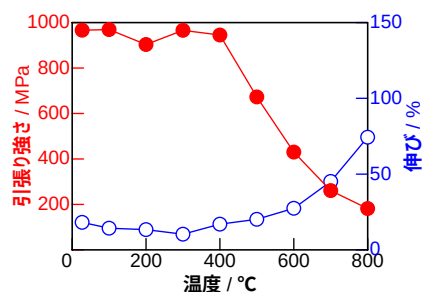
スプリングバック:大
成形性:低

サイドドアビーム

センターピラー

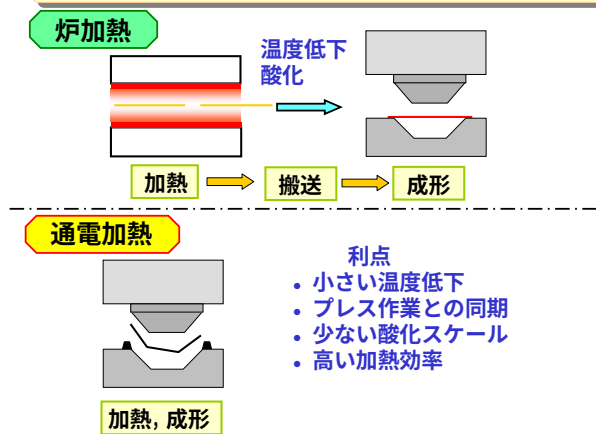
超高張力鋼板の高温引張り特性

SPFC980Y, 板厚 1.2mm

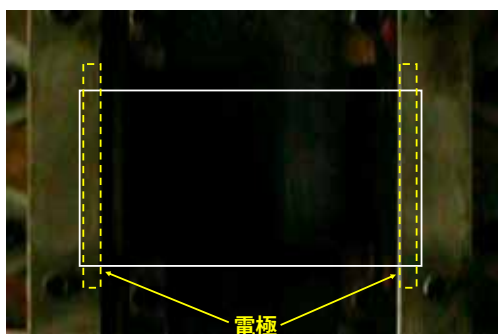


1. 超高張力鋼板
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
4. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
6. 温・熱間せん断加工

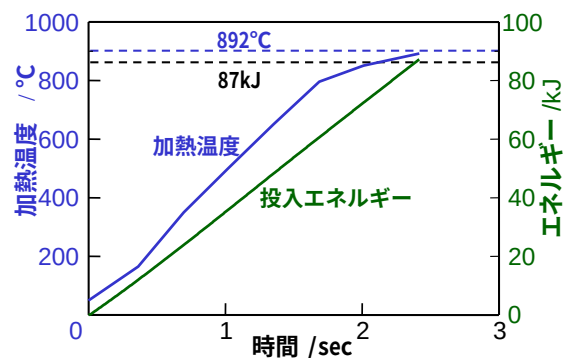
通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形



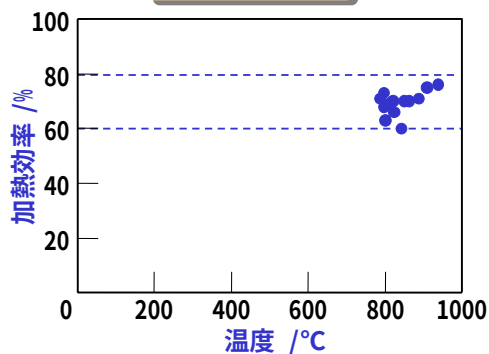
通電加熱の映像 (SPFC980)



加熱温度と投入エネルギーの時間変化(SPFC980)



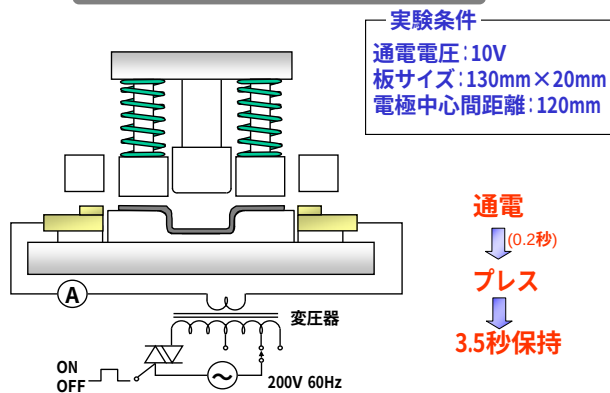
加熱効率



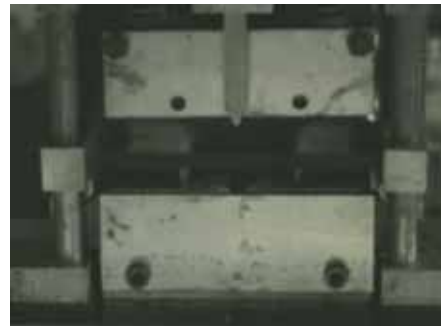
サーボプレス(80tonf)



通電加熱ハット曲げ成形装置



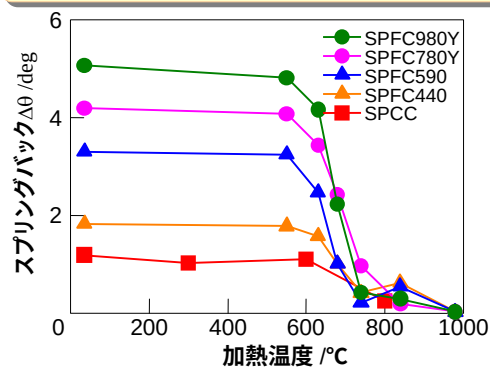
980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形



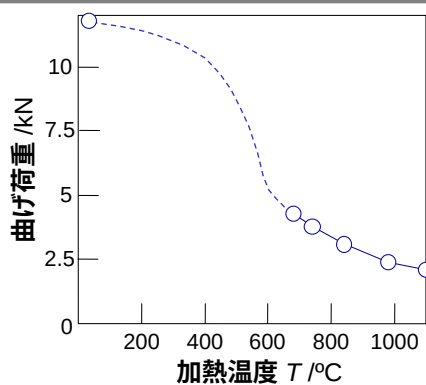
ハット曲げの成形体 (SPFC980Y)



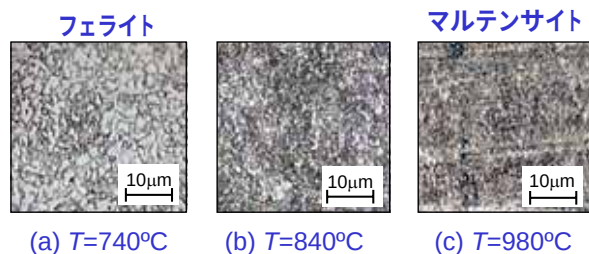
ハット曲げ加工における スプリングバックと加熱温度の関係



ハット曲げ加工における加工荷重と加熱温度の関係



曲げ加工させた板材の微視的組織



800°Cにおける絞り成形(SPFC980Y)



絞り成形体(SPFC980Y)



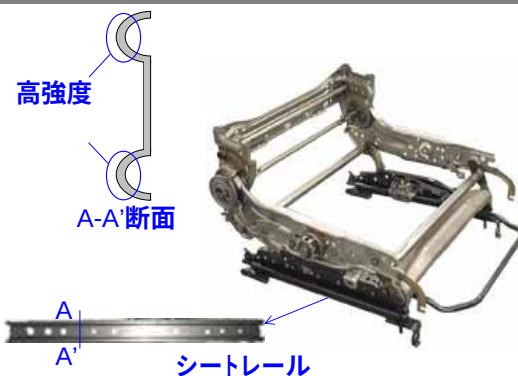
(a) 600°C



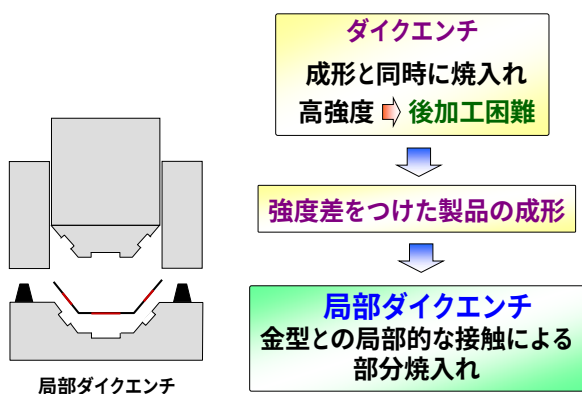
(b) 800°C

1. 超高張力鋼板
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局部ダイクエンチ
4. 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
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
6. 温・熱間せん断加工

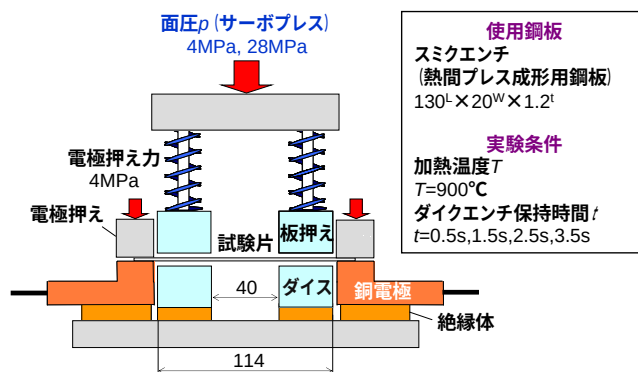
熱間プレス成形における局部ダイクエンチ



局部ダイクエンチ

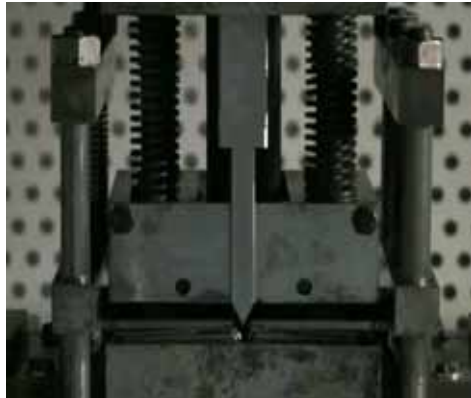


局部はさみ込みクエンチ実験装置

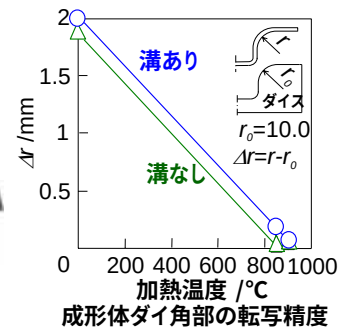


ハット曲げ成形

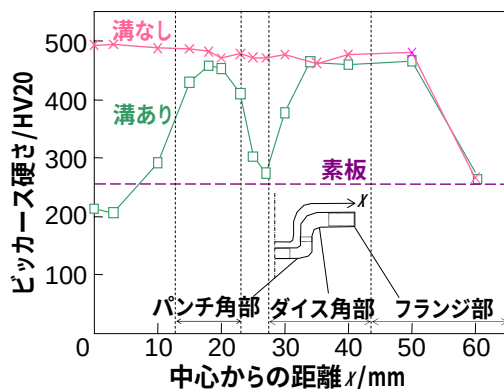
通電加熱
(加熱時間2.3s)
↓
成形
↓
ダイクエン
(保持時間3.5s)
↓
成形完了



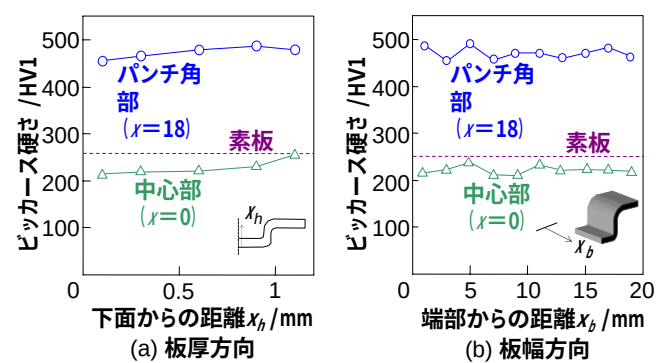
局部ダイクエンチハット曲げ成形結果



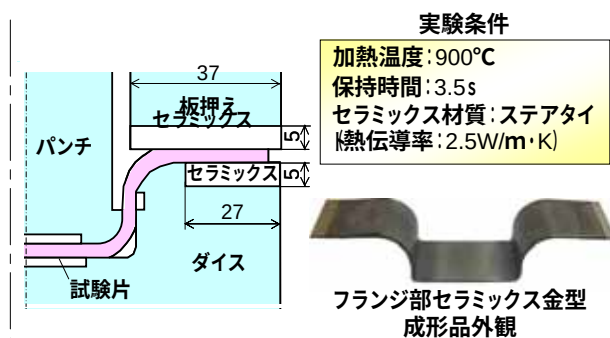
ハット曲げ成形体の長手方向硬さ分布



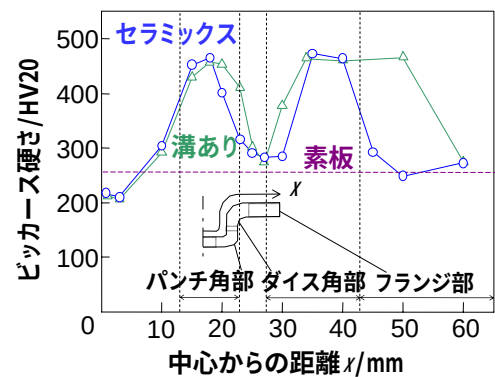
溝あり金型によるハット曲げ成形体の硬さ分布



フランジ部セラミックス金型ハット曲げ成形

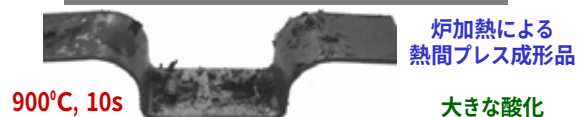


ハット曲げ成形体の長手方向硬さ分布



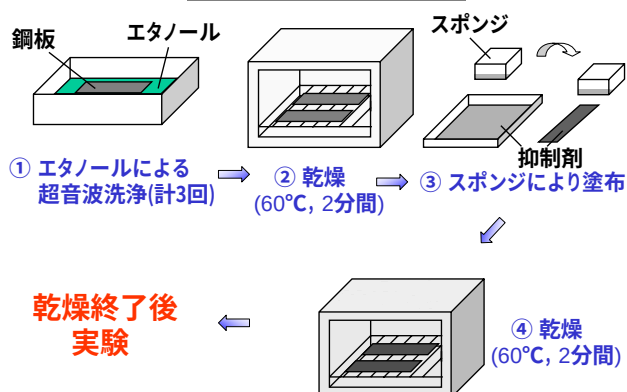
1. 超高張力鋼板
2. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
3. 熱間プレス成形における局部ダイクエッチ
4. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
6. 温・熱間せん断加工

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

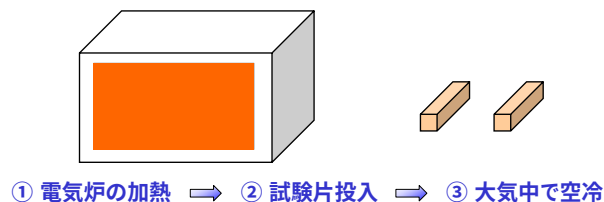
抑制剤塗布方法



抑制剤評価試験条件

加熱温度: 800, 825, 850, 875, 900, 925°C
試験片: 長さ130mm, 幅20mm, 板厚1.2mm

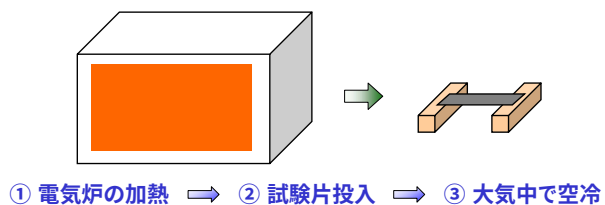
実験手順



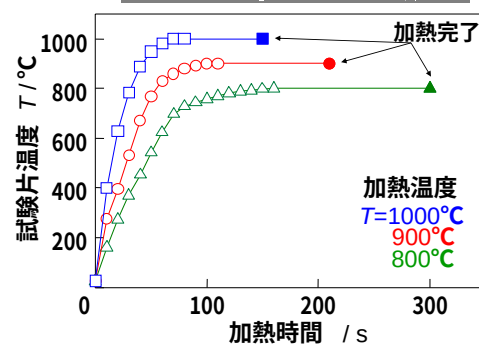
加熱のみによる抑制剤評価試験条件

加熱温度: $T=800, 825, 850, 875, 900, 925^{\circ}\text{C}$
試験片: 長さ130mm, 幅20mm, 板厚1.2mm

実験手順

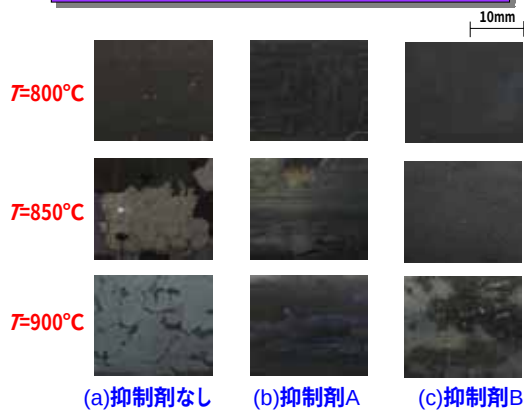


試験片の加熱時間

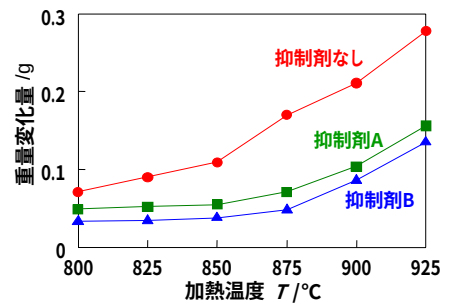


電気炉の温度に到達した時間の2倍保持

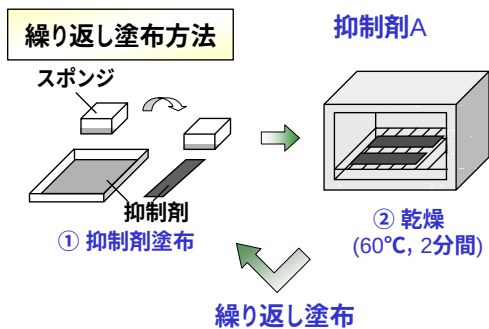
各温度におけるスケール発生状況



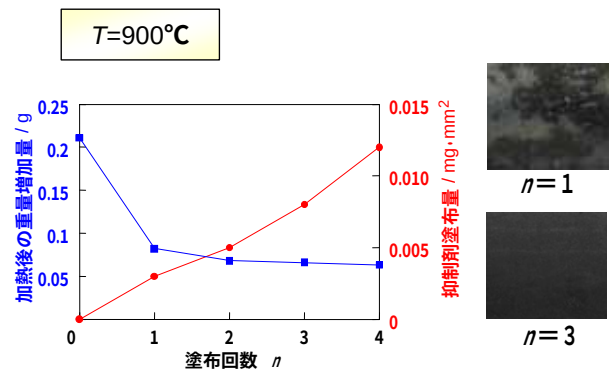
加熱後の試験片重量と加熱温度の関係



繰り返し塗布による抑制効果の向上

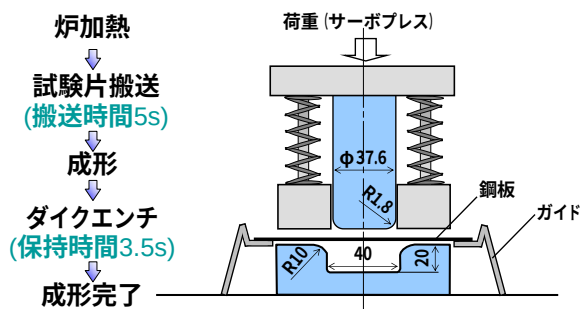


塗布量の増加による抑制効果の向上



プレコート抑制剤を用いたハット曲げ成形実験条件

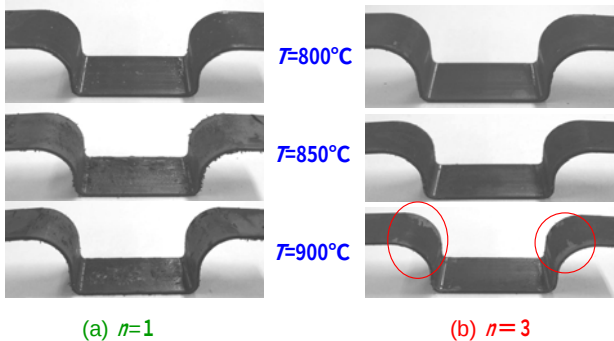
加熱温度: 600, 700, 800, 850, 950, 950°C
 試験片: 長さ130mm, 幅20mm, 板厚1.2mm



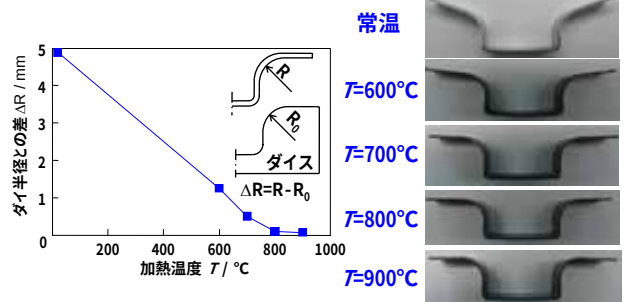
$T=950^{\circ}\text{C}$ におけるハット曲げ成形実験



ハット曲げ成形体外観

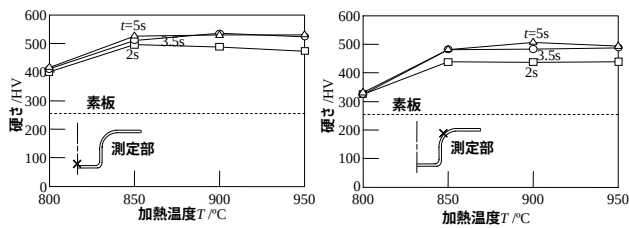


ハット曲げ成形体スプリングバック



加熱温度 $T=700^\circ\text{C}$ 以上ではスプリングバックがほぼ無くなる

ハット曲げ成形体断面組織



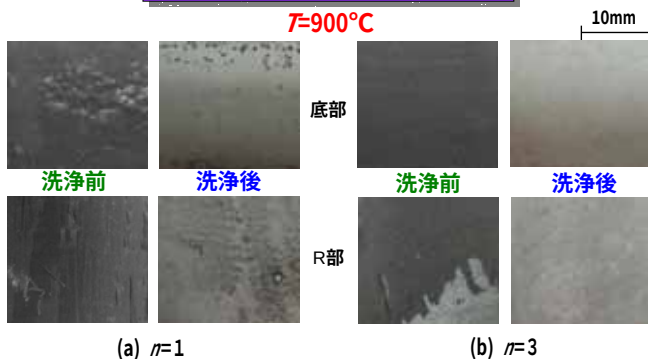
洗浄試験

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



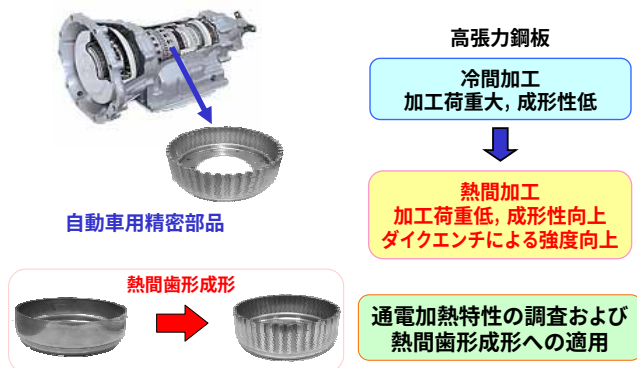
洗浄前後の底部表面写真



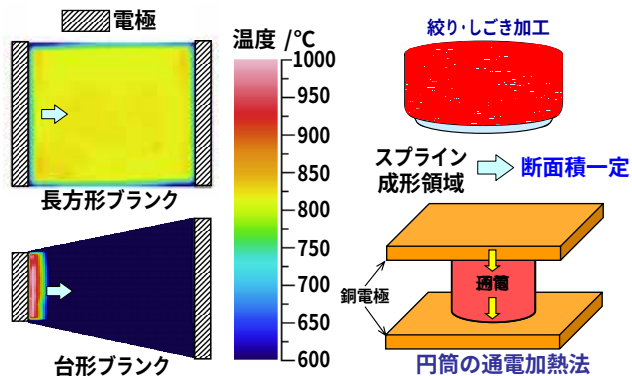
若干の酸化の場合抑制剤成分と一緒に表面膜も除去可能

1. 超高張力鋼板
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局部ダイクエンチ
4. 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
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
6. 温・熱間せん断加工

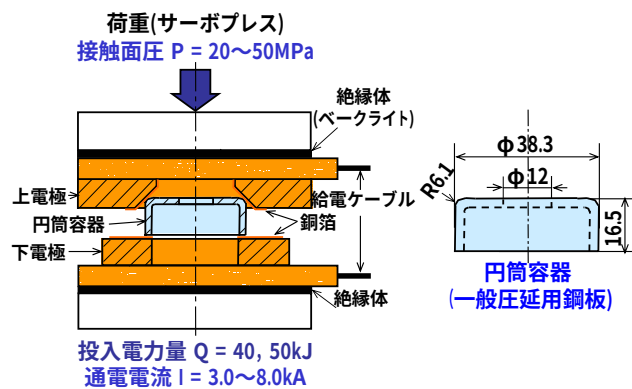
通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形



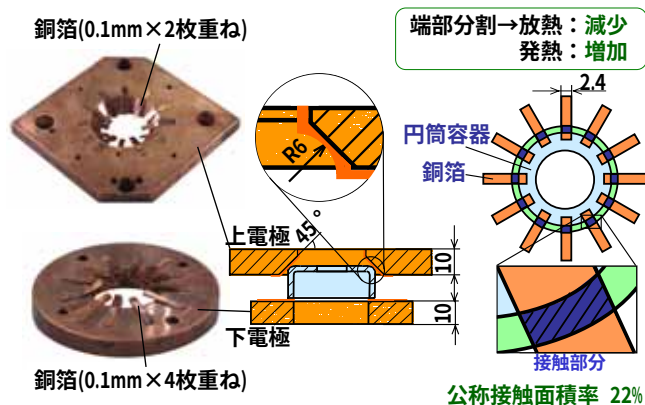
円筒端部からの給電による通電加熱



通電加熱実験装置



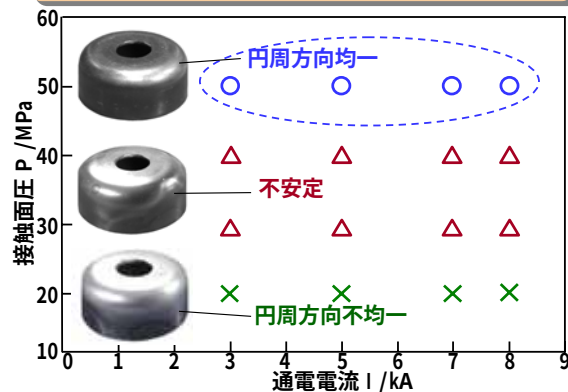
通電加熱実験に用いた電極形状



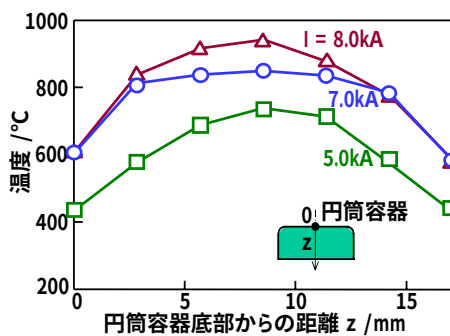
円筒容器端部からの給電による通電加熱状態 ($Q=40 \text{ kJ}$, $I=7.0 \text{ kA}$, $P=50 \text{ MPa}$)



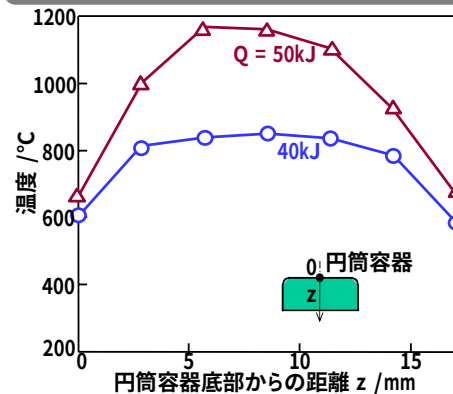
加熱状態へ及ぼす接触面圧と通電電流の影響 ($Q=40 \text{ kJ}$)



軸方向温度分布に及ぼす通電電流の影響
($Q=40\text{kJ}$, $P=50\text{MPa}$)

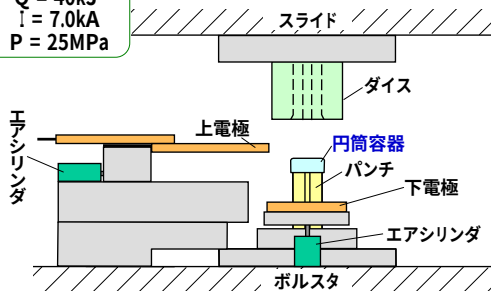


軸方向温度分布に及ぼす投入電力量の影響
($I=7.0\text{kA}$, $P=50\text{MPa}$)

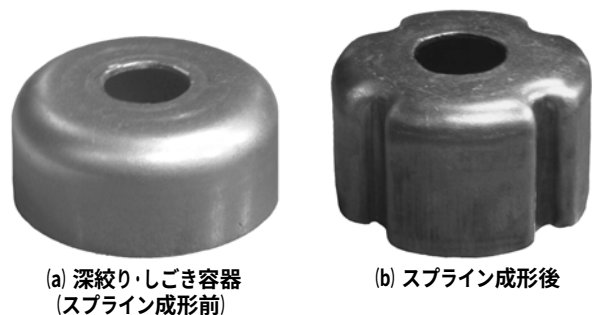


温・熱間スプライン成形装置

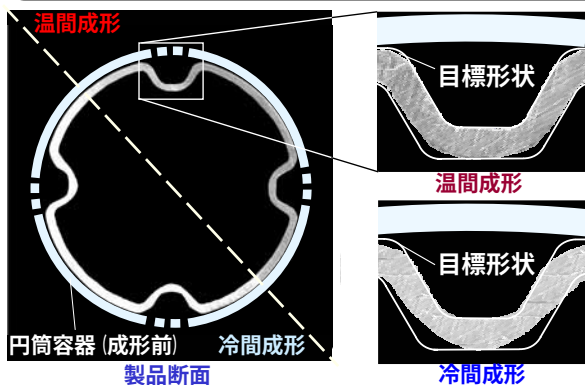
実験条件
 $Q = 40\text{kJ}$
 $I = 7.0\text{kA}$
 $P = 25\text{MPa}$



スプライン成形前後の円筒容器外観
($Q=40\text{kJ}$, $I=7.0\text{kA}$, $P=25\text{MPa}$, 側壁均一部温度 800°C)

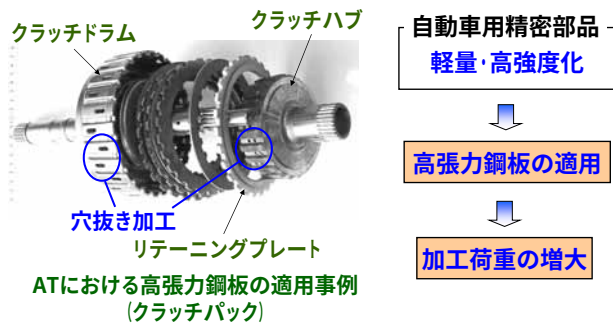


スプライン成形後の製品歯形成形部の断面
($Q=40\text{kJ}$, $I=7.0\text{kA}$, $P=25\text{MPa}$, 側壁均一部温度 800°C)



1. 超高張力鋼板
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局部ダイクエンチ
4. 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
5. 通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形
6. 温・熱間せん断加工

超高張力鋼板の温・熱間せん断加工



穴抜き実験条件

試験片

長さ130mm, 幅50mm, 板厚2.0mm

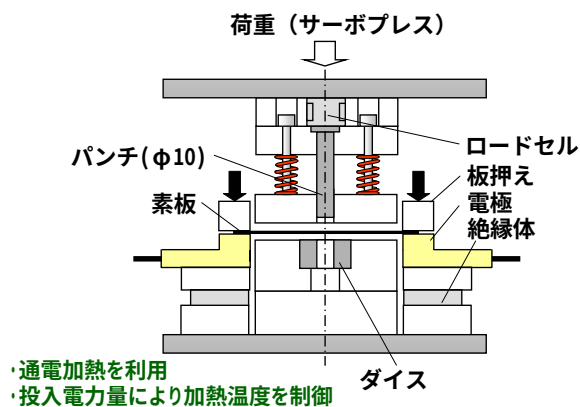
穴抜きパンチ

直径: $\phi 10\text{mm}$

材質: SKH51 (TiCNコーティング)

加熱温度 $T / ^\circ\text{C}$	650, 700, 830, 970, 1070
クリアランス $C / \%$	5, 10, 15
穴抜き速度 $V / \text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$	100, 150

熱間穴抜き実験装置



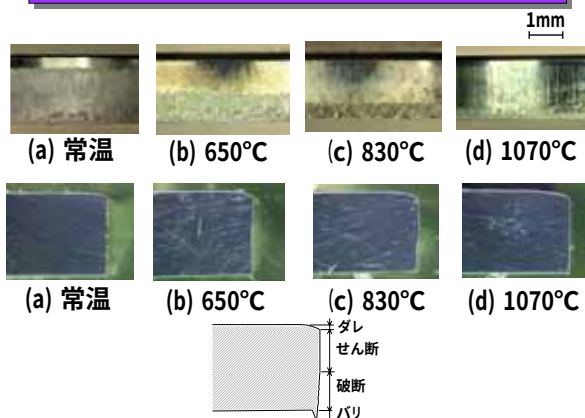
通電加熱穴抜き

投入エネルギー: 81kJ $T=1070^\circ\text{C}$

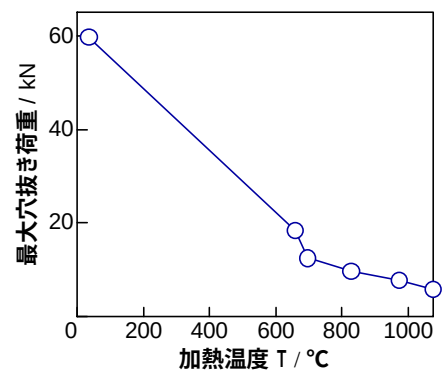
$C=5\%$, $V=150\text{mm/s}$



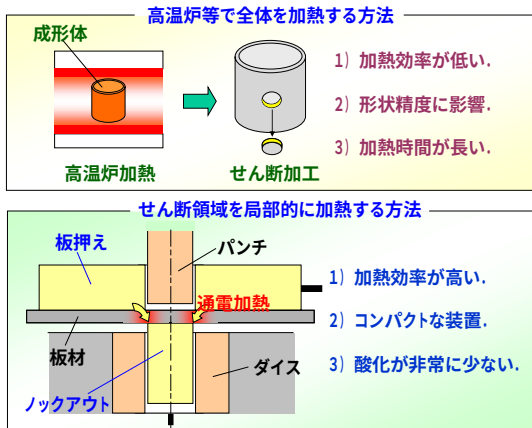
$C=5\%$, $V=150\text{mm/s}$ における各温度での切口面



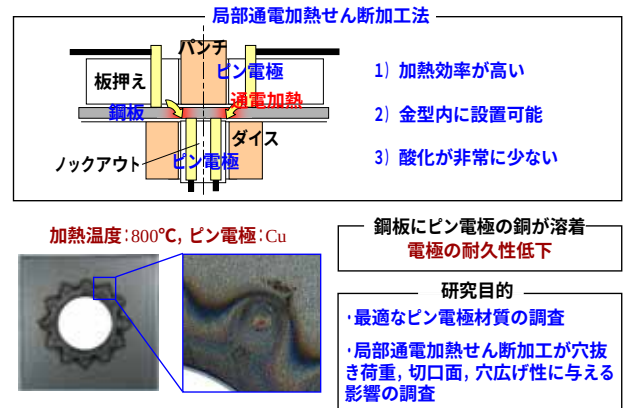
$C=5\%$, $V=150\text{mm/s}$ における最大穴抜き荷重の変化



温・熱間穴抜き加工における問題点と局部加熱法



局部通電加熱せん断加工法と問題点



ピン電極材質評価条件

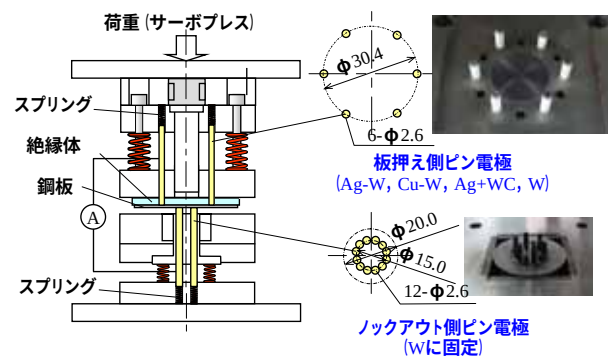
・板押え側ピン電極材質

材質	電気抵抗率/ $\Omega\cdot\text{m}$	熱伝導/ $\text{W}(\text{m}\cdot\text{K})^{-1}$	硬さ/HV	密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Ag-W	3.25×10^{-9}	233	210	14.8
Cu-W	3.59×10^{-9}	258	225	14.2
Ag+WC	4.66×10^{-9}	120	250	12.8
W	5.56×10^{-9}	200	450	19.3

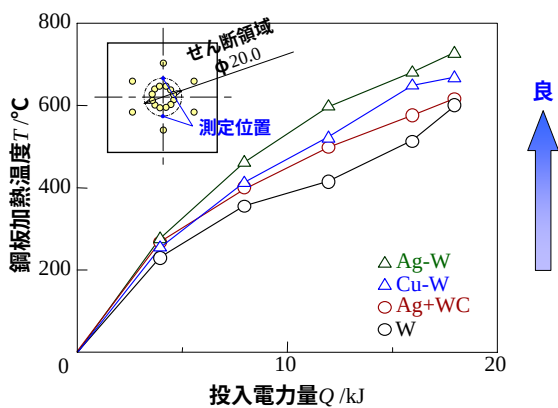
・ノックアウト側ピン電極材質 Wに固定

・使用銅板 50mm×50mm
SPFC980, 板厚 $t=1.4\text{mm}$

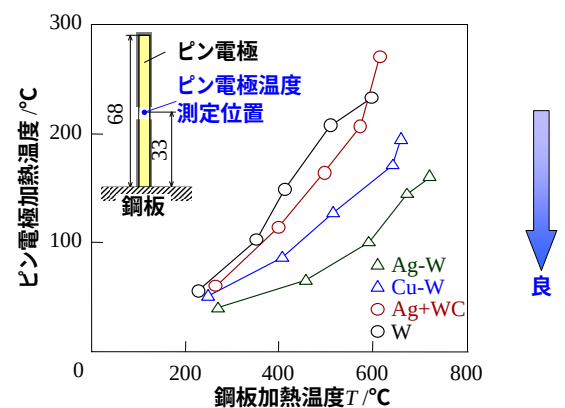
ピン電極材質評価実験装置



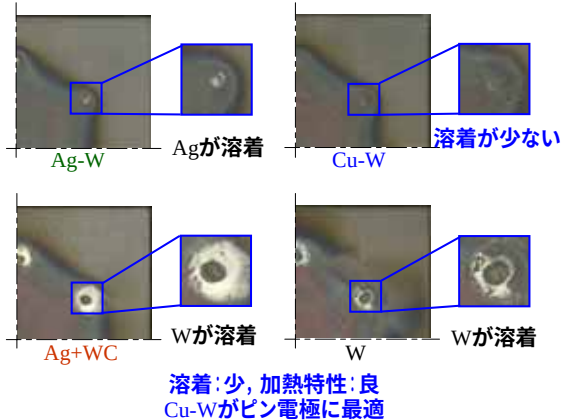
電極ピン材質の違いによる加熱特性



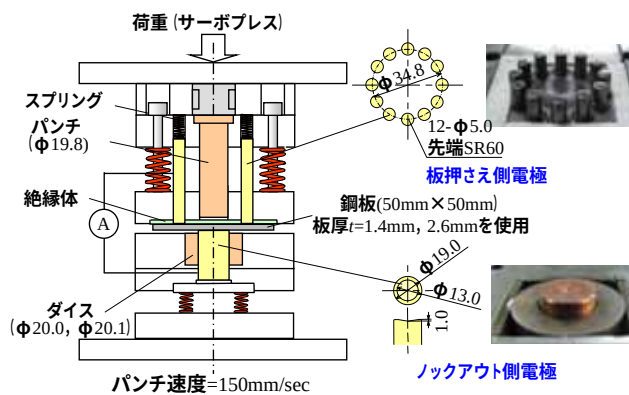
ピン電極加熱温度に及ぼす鋼板加熱温度



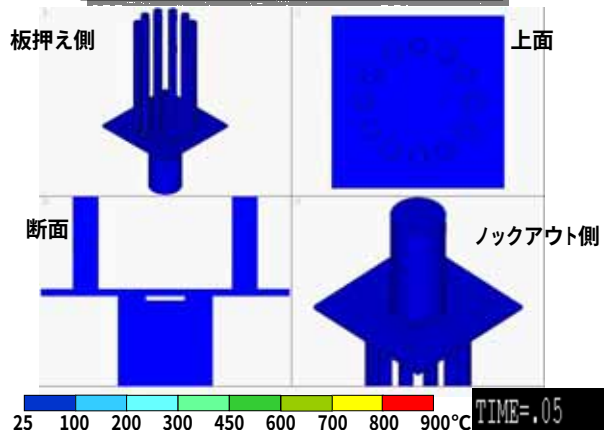
ピン電極材質の違いによる加熱後銅板 ($T=800^{\circ}\text{C}$, 4分の1サイズ)



局部通電加熱せん断加工装置

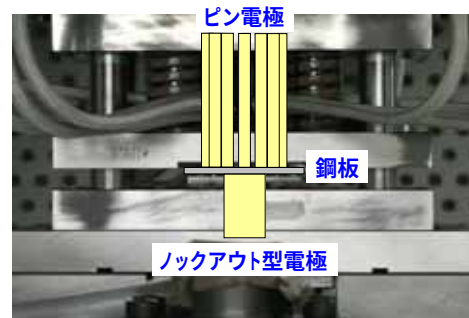


通電加熱の温度分布計算結果

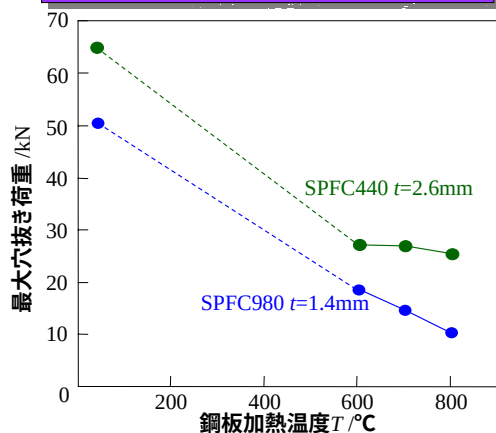


局部通電加熱せん断加工

加熱の為に銅板加圧 → 加熱 → せん断加工



最大穴抜き荷重に及ぼす銅板加熱温度の関係



SPFC980, $t=1.4\text{mm}$ 鋼板での穴抜き加工後切口面

