

サーボプレスを用いた高張力鋼板の

温・熱間プレス成形

豊橋技術科学大学

森謙一郎



— 軽量部品の成形 —

100kg軽量:1km//燃費向上

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)
- 接合

軽量化部品の成形

- 中空部品
- 一体化成形
- テーラードブランク



1. 超高張力鋼板

2. 決押しによるスプリングバック低減

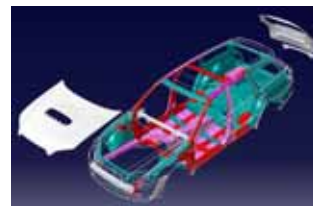
3. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形

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

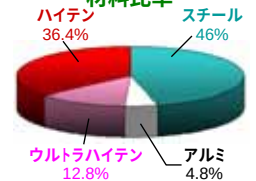
5. 管材の熱間歯形成形

6. 温・熱間せん断加工

自動車車体への高張力鋼板の適用

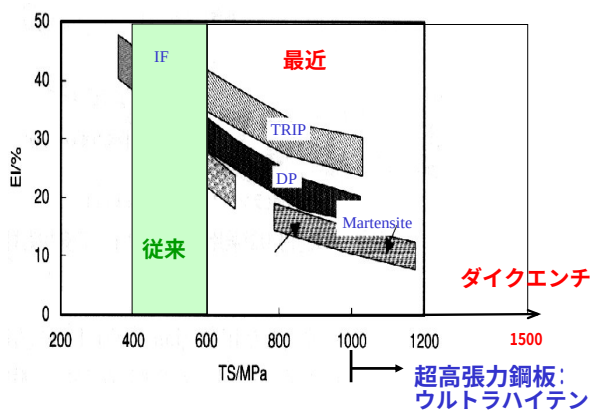


スバルレガシィ
材料比率



トヨタ クラウン、骨格部材の45%が高張力鋼板

高張力鋼板の強度



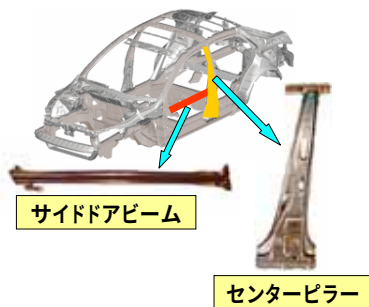
自動車用板材の比強度の比較

板材	引張強さ	比重	比強度
ウルトラハイテン	980~1470MPa	7.8	126~188MPa
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処理材)	310MPa	2.7	115MPa

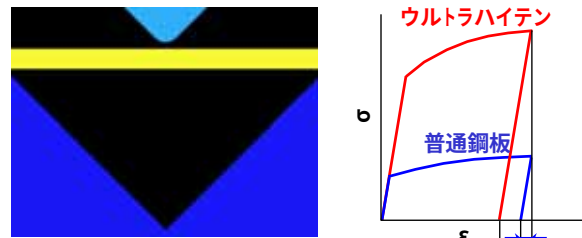
- 低価格
- 成形に関するノウハウの蓄積

ウルトラハイテンの自動車部材への適用

ウルトラハイテン: 1GPa以上



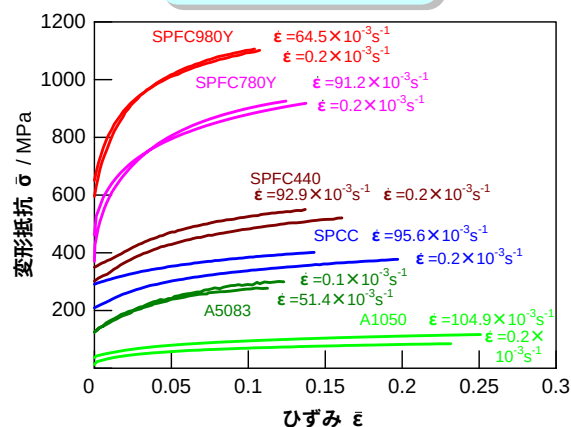
ウルトラハイテンのスプリングバック



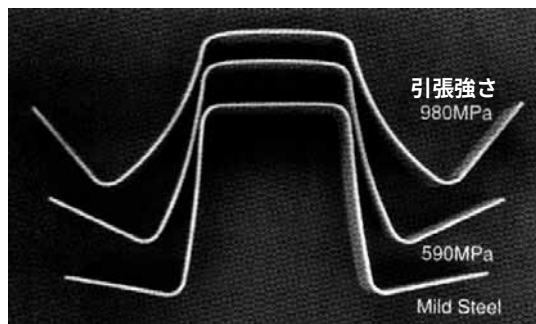
スプリングバック: 大形状凍結性: 低 → 適用が限定

1. 超高張力鋼板
2. 決押しによるスプリングバック低減
3. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
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. 管材の熱間歯形成形
6. 温・熱間せん断加工

板材の変形抵抗曲線



高張力鋼板のハット曲げにおけるスプリングバック

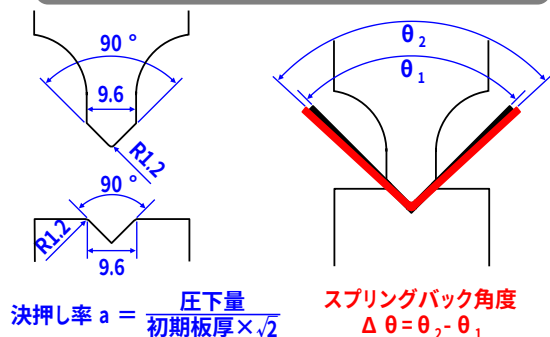


岩谷: プレス技術, 42-8(2004), 43

サーボプレス(80tonf)



V曲げ加工における金型形状、決押し率・角度の定義



V曲げの変形挙動

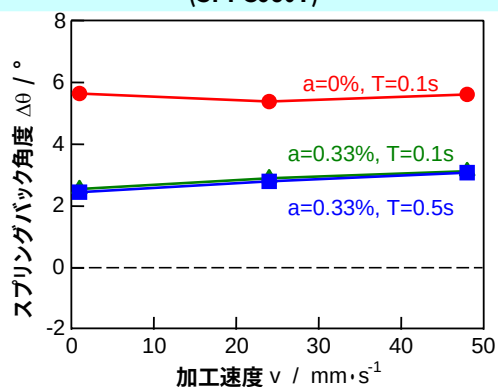


(a) SPCC

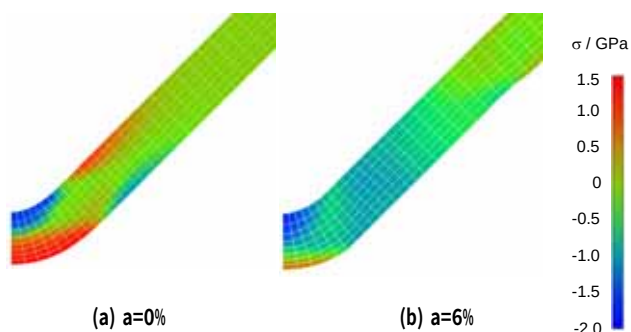
(b) SPFC980

設定加工速度: $25\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$

V曲げにおけるスプリングバック角度と加工速度の関係 (SPFC980Y)



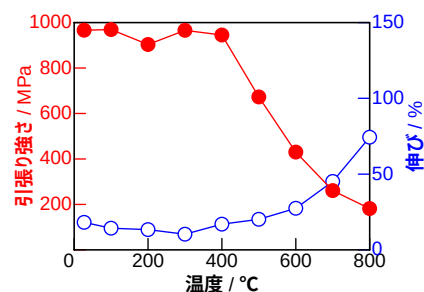
V曲げの決押しによる除荷前の板幅方向応力分布への影響 (SPFC980Y)



1. 超高張力鋼板
2. 決押しによるスプリングバック低減
3. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
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. 管材の熱間歯形成形
6. 温・熱間せん断加工

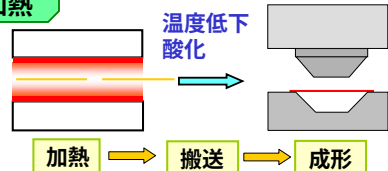
超高張力鋼板の高温引張り特性

SPFC980Y, 板厚 1.2mm



通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形

炉加熱



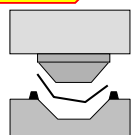
温度低下
酸化

加熱

搬送

成形

通電加熱

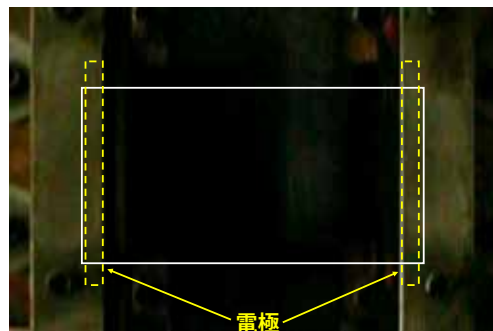


加熱, 成形

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

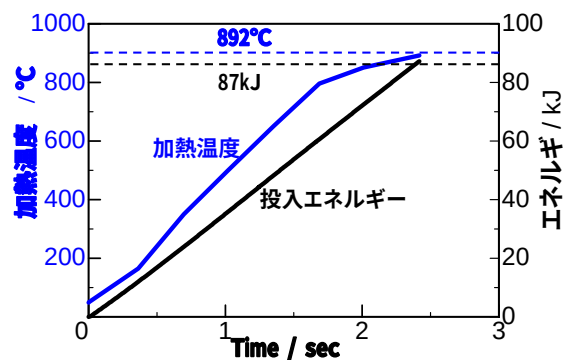
通電加熱の映像 (SPFC980)



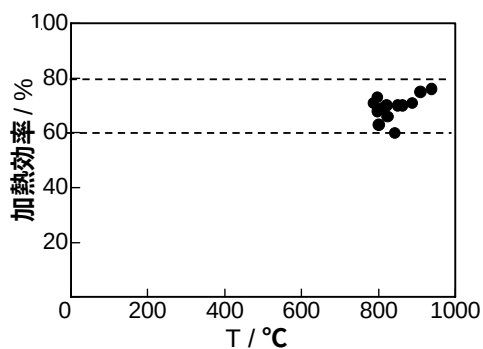
通電加熱中のサーモグラフィ映像 (SPFC980)



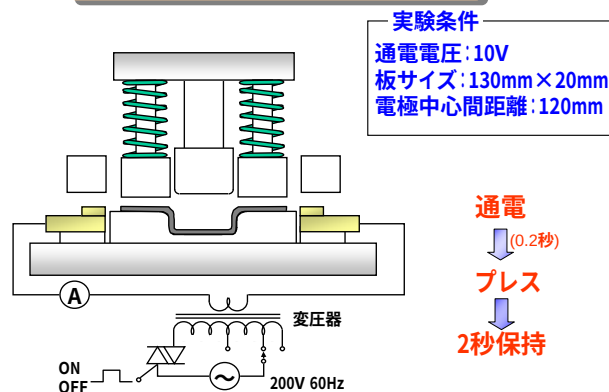
加熱温度と投入エネルギーの時間変化 (SPFC980)



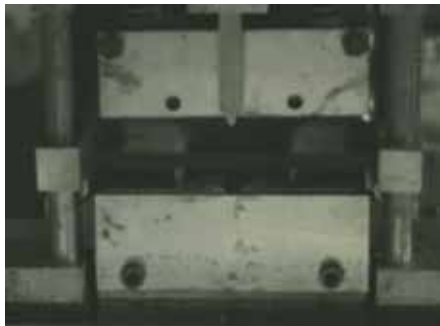
加熱効率



通電加熱ハット曲げ成形装置



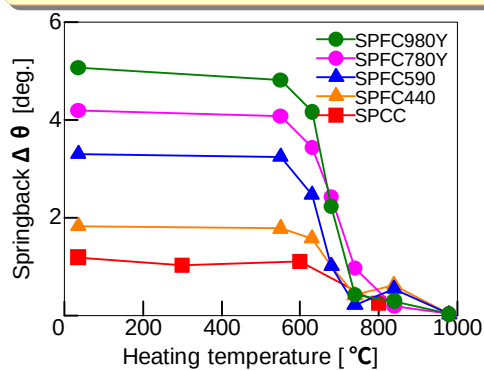
980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形



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



800°Cにおける絞り成形(SPFC980Y)



絞り成形体(SPFC980Y)



(a) 600°C

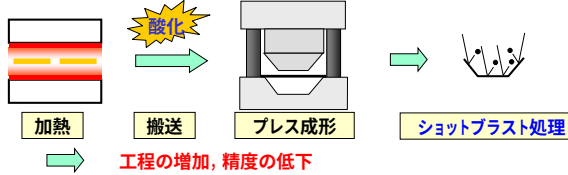


(b) 800°C

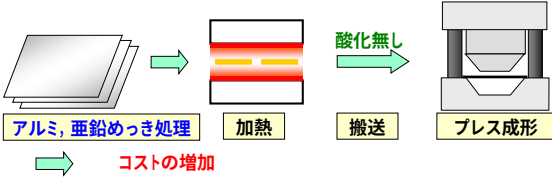
1. 超高張力鋼板
2. 決押しによるスプリングバック低減
3. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
4. 熱間プレス成形におけるプレコートスケール抑制剤による表面酸化の低減
5. 管材の熱間歯形成形
6. 温・熱間せん断加工

現行での酸化対策

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



加熱のみによる抑制剤評価試験

使用鋼板

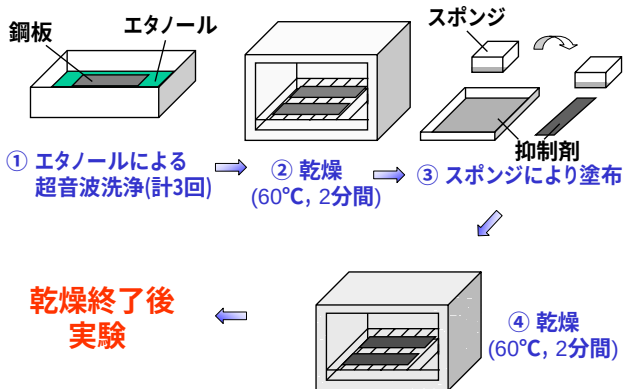
熱間プレス成形用鋼板(スミクエンチ)

C	Si	Mn	P	B
0.21	0.25	1.2	0.015	0.0014

評価した抑制剤

剤種	A	B
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

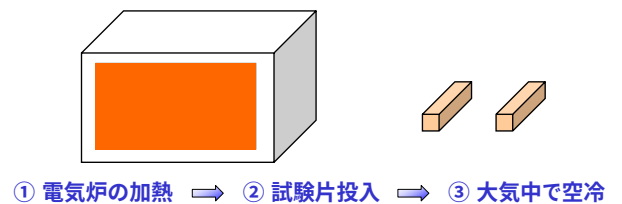
抑制剤塗布方法



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

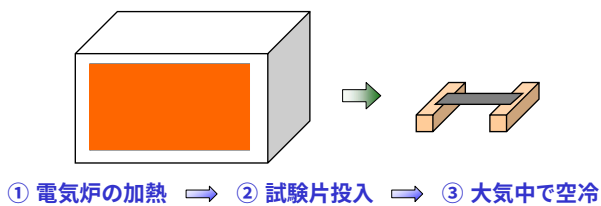
実験手順



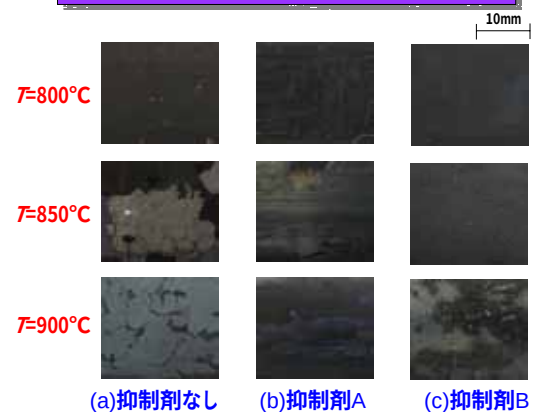
抑制剤評価試験条件

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

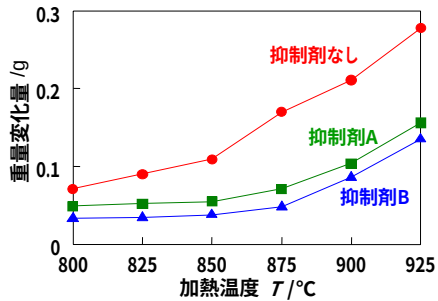
実験手順



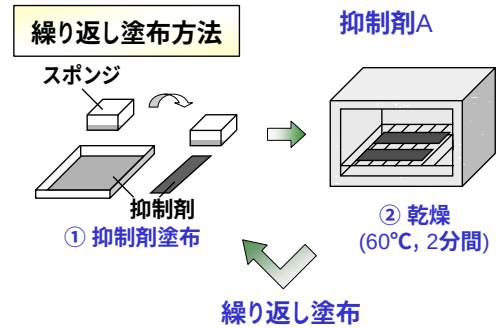
各温度におけるスケール発生状況



加熱後の試験片重量と加熱温度の関係

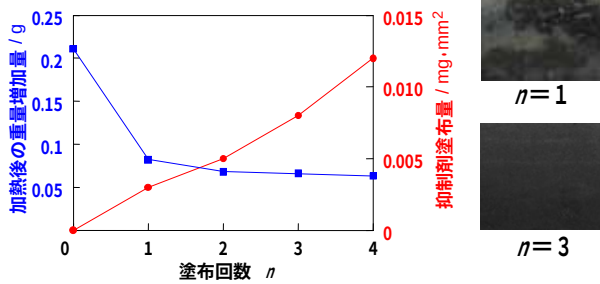


繰り返し塗布による抑制効果の向上



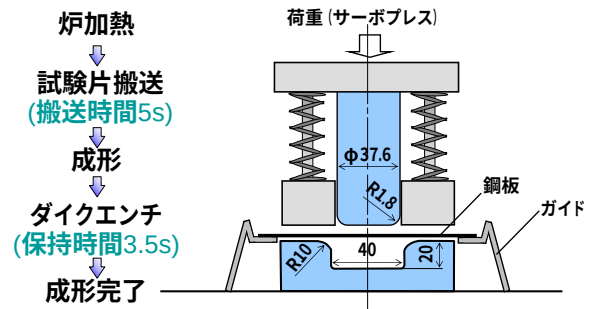
塗布量の増加による抑制効果の向上

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



プレコート抑制剤を用いたハット曲げ成形実験条件

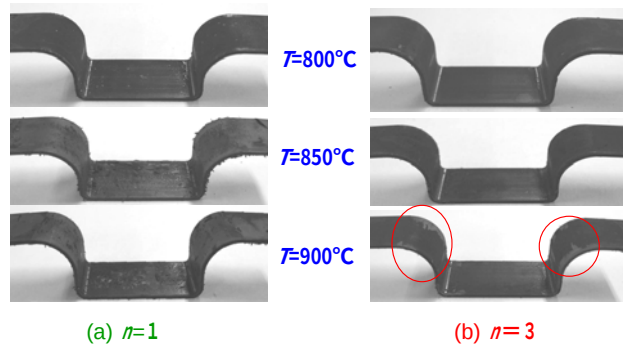
加熱温度: 600, 700, 800, 850, 950, 950°C
試験片: 長さ130mm, 幅20mm, 板厚1.2mm



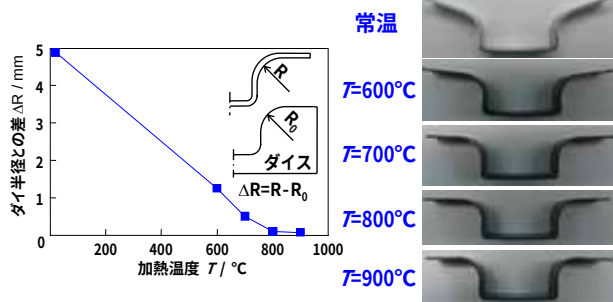
$T=950^\circ\text{C}$ におけるハット曲げ成形実験



ハット曲げ成形体外観

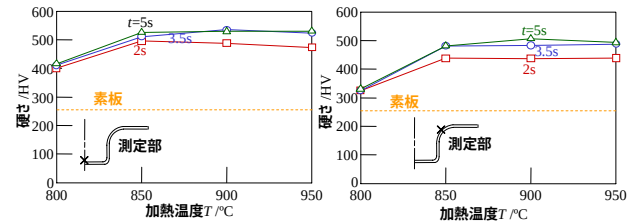


ハット曲げ成形体スプリングバック

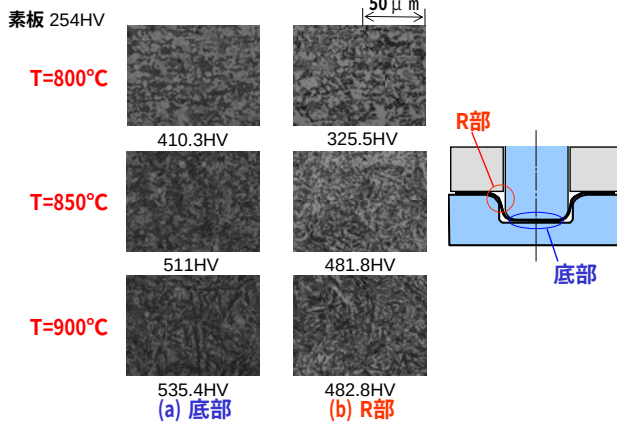


加熱温度 $T=700^\circ\text{C}$ 以上ではスプリングバックがほぼ無くなる

ハット曲げ成形体の硬さと加熱温度の関係



ハット曲げ成形体断面組織



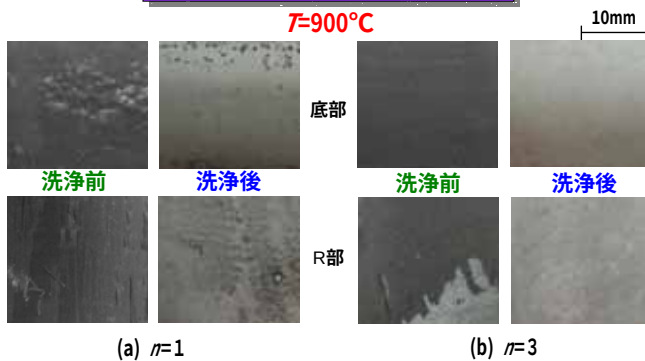
洗浄試験

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

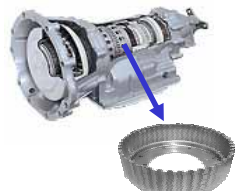


若干の酸化の場合抑制剤成分と一緒に表面膜も除去可能

1. 超高張力鋼板
2. 決押しによるスプリングバック低減
3. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
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. 管材の熱間歯形成形
6. 温・熱間せん断加工

通電急速加熱を用いた管材の熱間歯形成形

塑性加工研究室 有澤 直孝



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



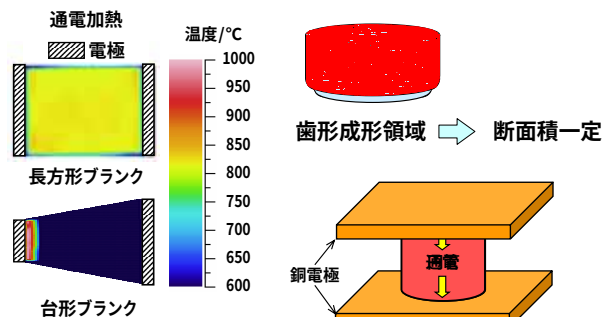
熱間加工
加工荷重低, 成形性向上
ダイクエンチによる強度向上



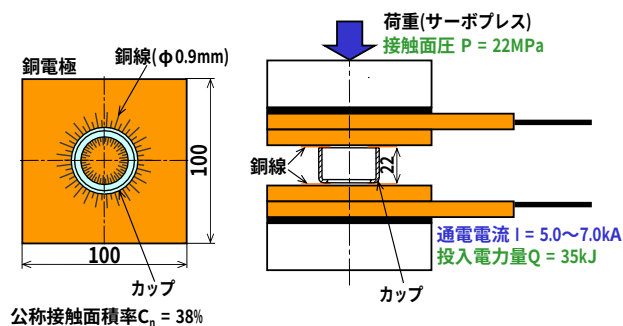
熱間歯形成形

通電加熱特性の調査および
熱間歯形成形への適用

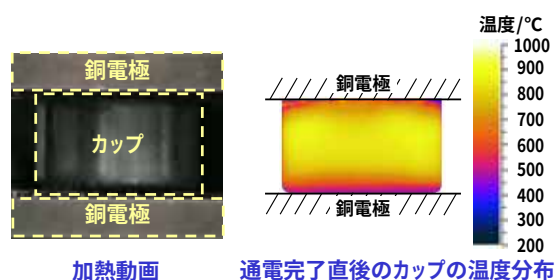
円管端部からの給電による通電加熱



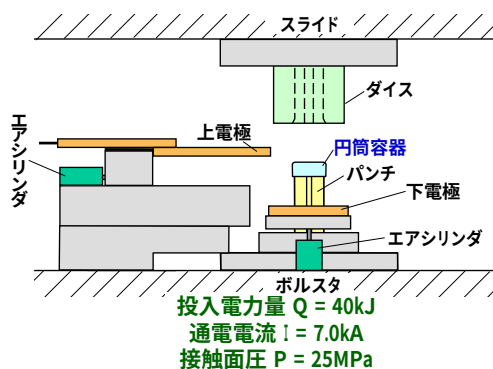
放射状線電極を用いたカップの通電加熱実験条件



放射状線電極を用いたカップの通電加熱状態 ($I=7.0\text{kA}$)



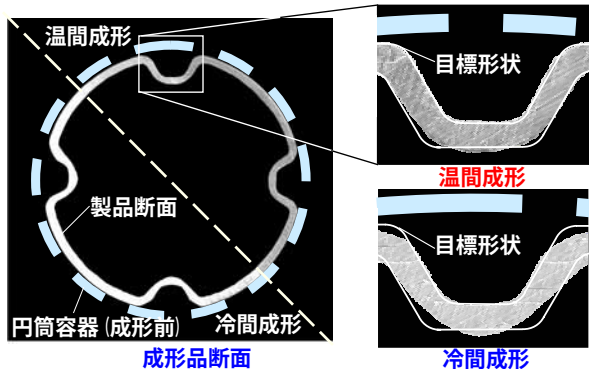
温・熱間スプライン成形装置



スプライン成形前後の円筒容器外観 ($Q=40\text{kJ}$, $I=7.0\text{kA}$, $P=25\text{MPa}$)

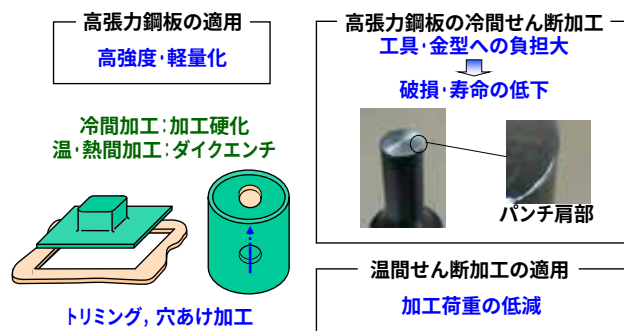


スプライン成形後の製品歯形成部の断面
($Q=40\text{kJ}$, $I=7.0\text{kA}$, $P=25\text{MPa}$)



1. 超高張力鋼板
2. 決押しによるスプリングバック低減
3. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
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. 管材の熱間歯形成形
6. 温・熱間せん断加工

高張力鋼板のせん断加工

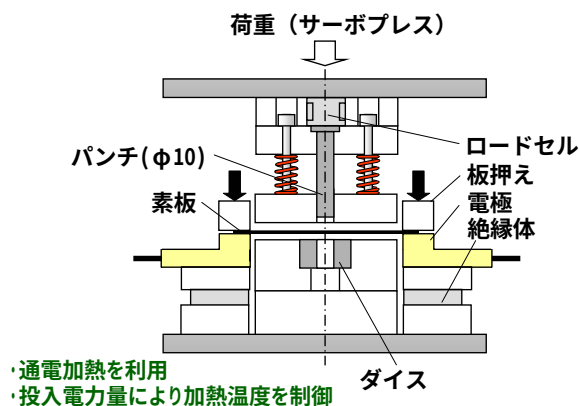


穴抜き実験条件

- ・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

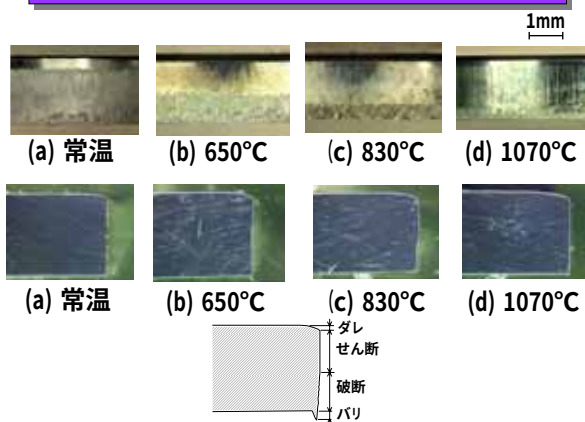


通電加熱穴抜き

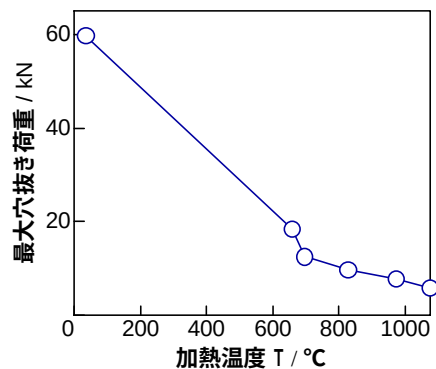
投入エネルギー: 81kJ $T=1070^\circ\text{C}$
 $C=5\%$, $V=150\text{mm/s}$



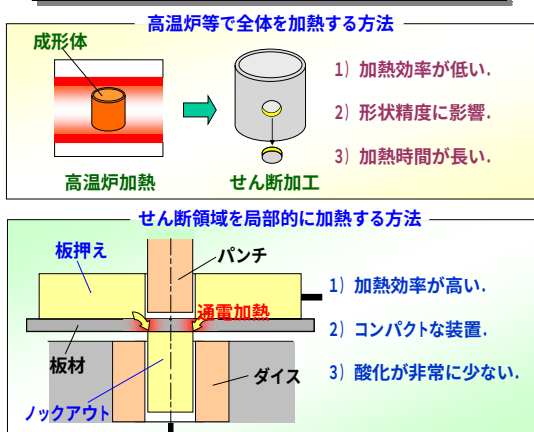
C=5%, V=150mm/sにおける各温度での切口面



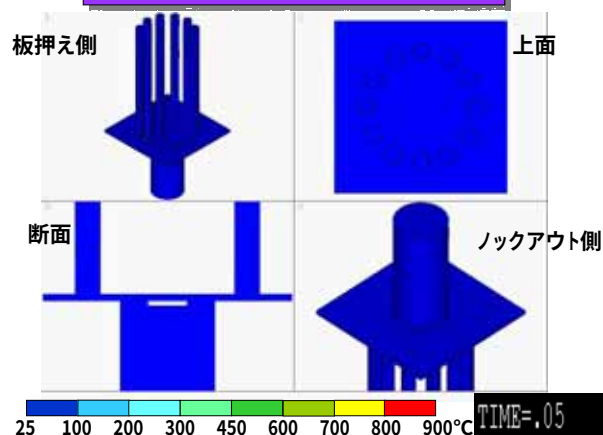
C=5%, V=150mm/sにおける最大穴抜き荷重の変化



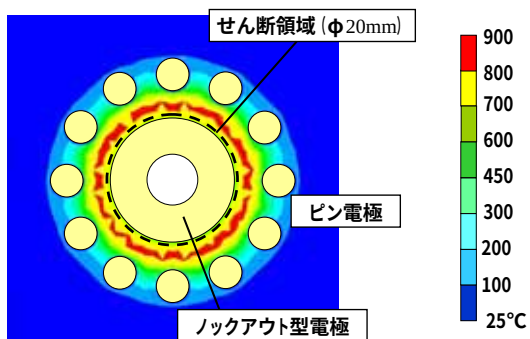
温・熱間穴抜き加工における問題点と局部加熱法



通電加熱の温度分布シミュレーション結果



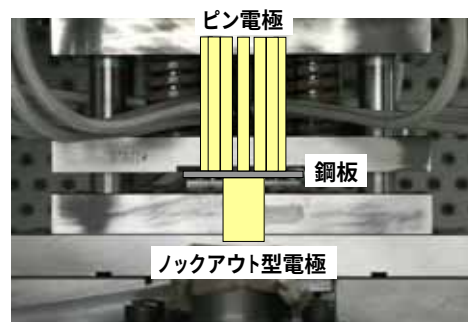
シミュレーション結果 (通電時間1.0sec, 上面図)



せん断面周辺が効率よく加熱される

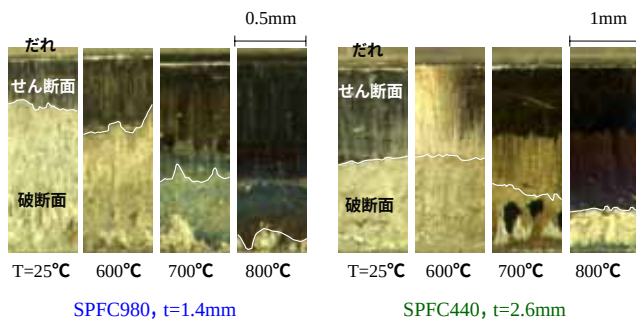
局部通電加熱せん断加工

加熱の為に鋼板加圧 → 加熱 → せん断加工



SPFC440, t=2.6mm, T=800°C
パンチ速度 150mm/s, クリアランスC=6%

せん断加工後切り口面(穴抜き材)



1. 超高張力鋼板
2. 決押しによるスプリングバック低減
3. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
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. 管材の熱間歯形成形
6. 温・熱間せん断加工