

高張力鋼板の温・熱間スプライン成形

豊橋技術科学大学 森 謙一郎

<http://plast.me.tut.ac.jp/>

トランスミッションなどの歯形ドラムは、板材を絞って円筒容器に成形した後、しごき加工によって側壁をスプライン成形して歯形部品が製造されている。歯形ドラムも高張力鋼板を適用して軽量化を図ることが望まれているが、スプライン成形ではきびしい変形を加えるため、高張力鋼板を適用することは困難である。そこで、高張力鋼容器を通电加熱して軟化させる温・熱間スプライン成形法を紹介する。

高張力鋼板の温・熱間スプライン成形



豊橋技術科学大学 森 謙一郎

自動車の軽量化: 100kg軽量: 1km/l燃費向上
衝突安全基準の強化

軽量材料

アルミニウム, マグネ, 炭素繊維
超高張力鋼板



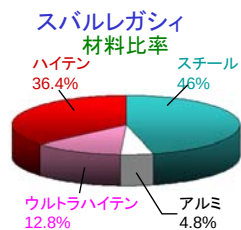
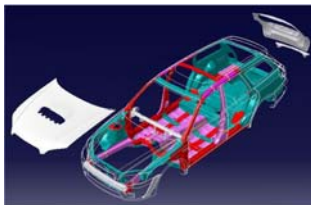
・ホットスタンピング

・通电加熱を用いた急速ホットスタンピング

ピング

- ・温・熱間スプライン成形方法
- ・銅箔を用いた温度分布の均一化
- ・容器底部接触電極を用いた温度分布の均一化

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%



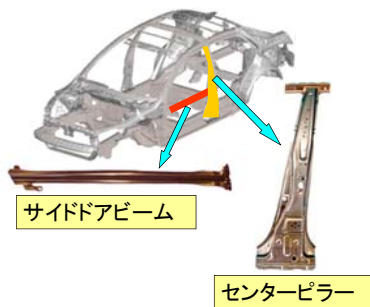
自動車用板材の比較



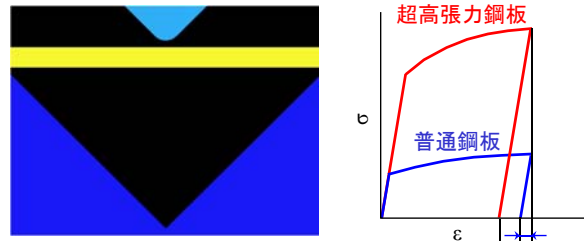
板材	引張強さ	比重	比強度	コスト(1kg当り)	生産量
ウルトラハイトテン	980~1470MPa	7.8	126~188MPa	100円程度	鉄: 12億ton
従来ハイトテン	490~790MPa	7.8	63~101MPa		
軟鋼板 SPCC	340MPa	7.8	44MPa		
アルミ合金板 A6061(T6処理)	310MPa	2.7	115MPa	500円~600円	アルミ: 3400万ton
マグネシウム合金板 AZ31	270MPa	1.8	137MPa	3000円程度	マグネ: 60万ton

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

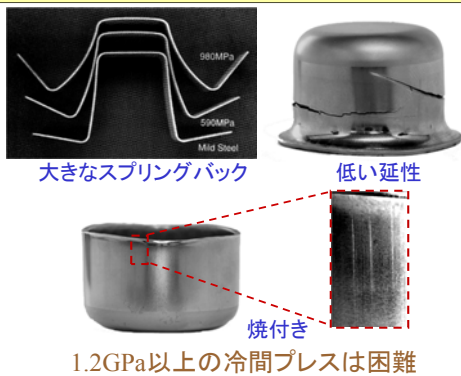


超高張力鋼板のスプリングバック



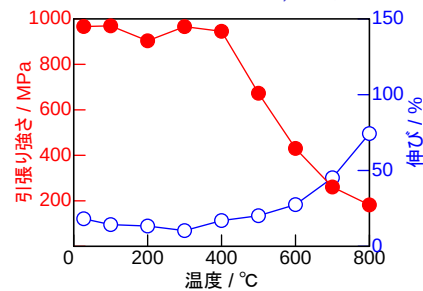
スプリングバック: 大
形状凍結性: 低 → 適用が
限定

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

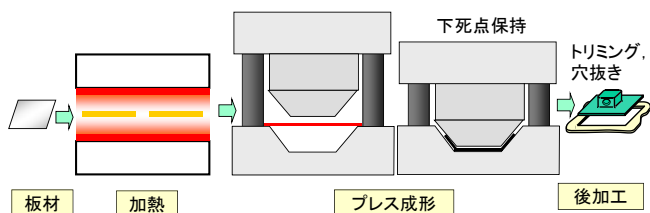


超高張力鋼板の高温引張り特性

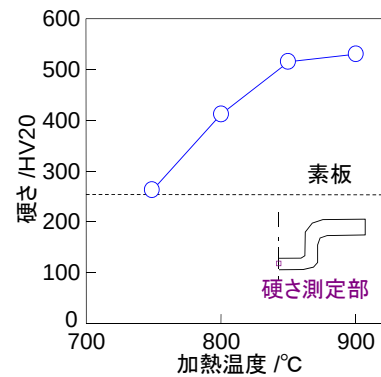
ホットスタンピング: 成形荷重低下,
スプリングバックなし, 成形性向上



ホットスタンピング

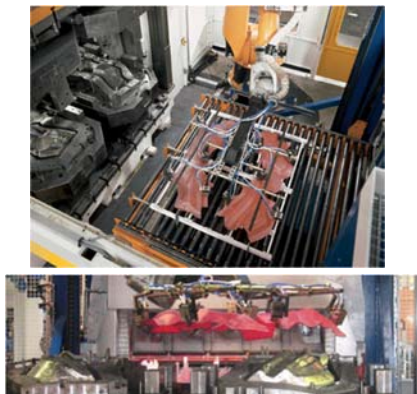


ホットスタンピングにおけるダイクエンチによる硬さの上昇

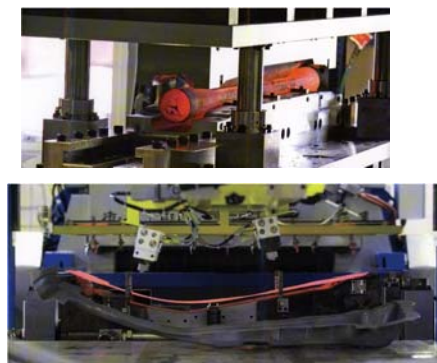


金型急冷
による焼
入れ,
1.5GPa級

ホットスタンピング



ホットスタンピング

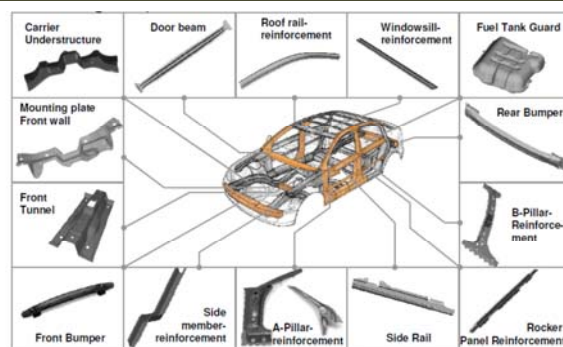


フォルクスワーゲン、パサート



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



MAGNA



アイシン高丘におけるホットスタンピング 成形品

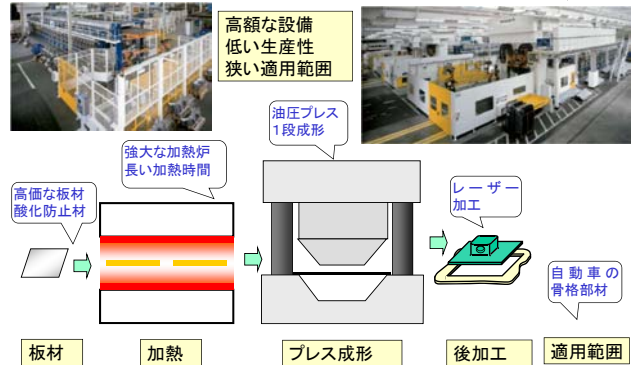


ホットスタンピングの長所



- 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

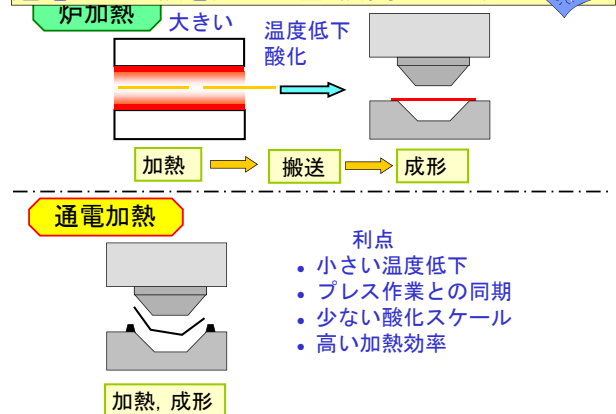
現行熱間プレス成形の問題点



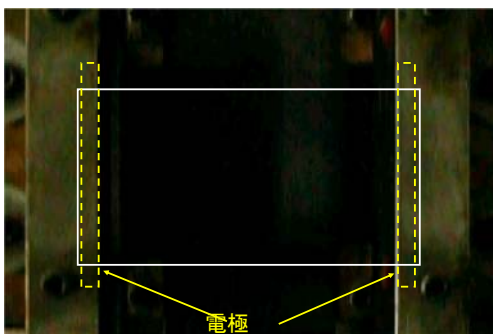
- ホットスタンピング
- 通電加熱を用いた急速ホットスタンピング
- 温・熱間スプライン成形方法
- 銅箔を用いた温度分布の均一化
- 容器底部接触電極を用いた温度分布の均一化



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)



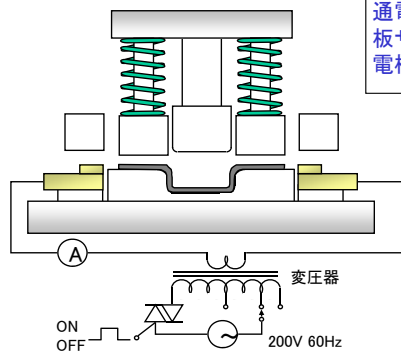
サーボプレス(80tonf)



通電加熱ハット曲げ成形装置

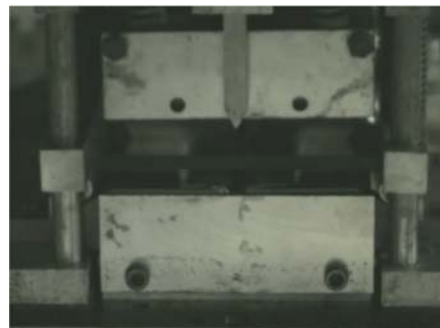
実験条件

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



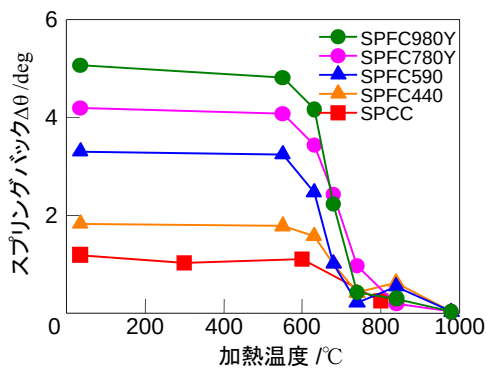
980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形



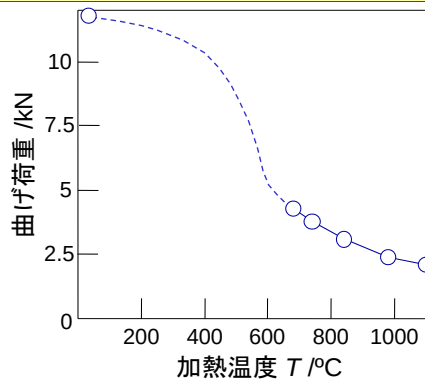
ハット曲げの成形体 (SPFC980Y)



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

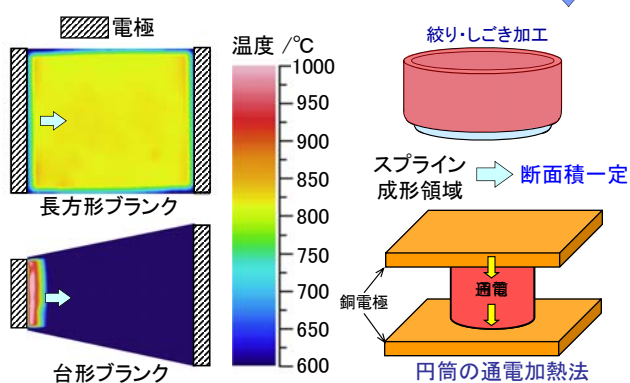


- ・ホットスタンピング
- ・通電加熱を用いた急速ホットスタンピング
- ・温・熱間スプライン成形方法
- ・銅箔を用いた温度分布の均一化
- ・容器底部接触電極を用いた温度分布の均一化

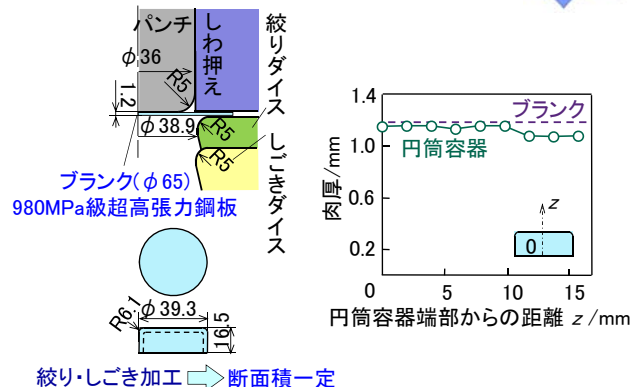
歯形ドラムのプレス成形



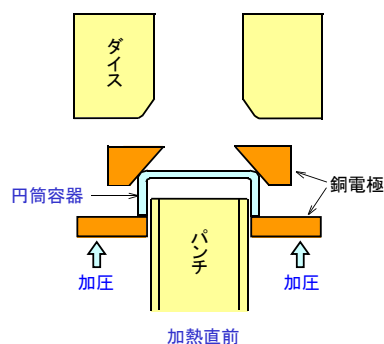
円筒端部からの給電による通電加熱



円筒容器の形状

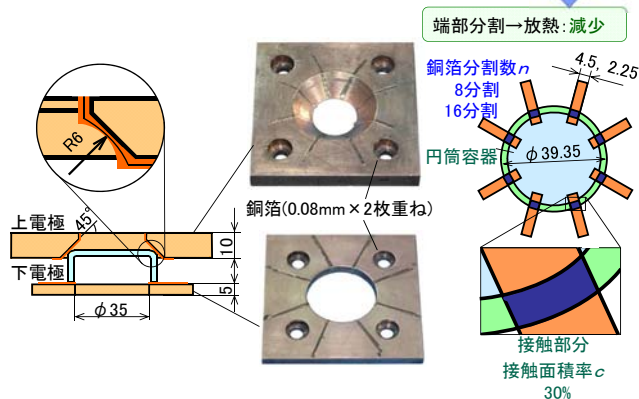


通電加熱を用いたスプライン成形プロセス



- ・ホットスタンピング
- ・通電加熱を用いた急速ホットスタンピング
- ・温・熱間スプライン成形方法
- ・銅箔を用いた温度分布の均一化
- ・容器底部接触電極を用いた温度分布の均一化

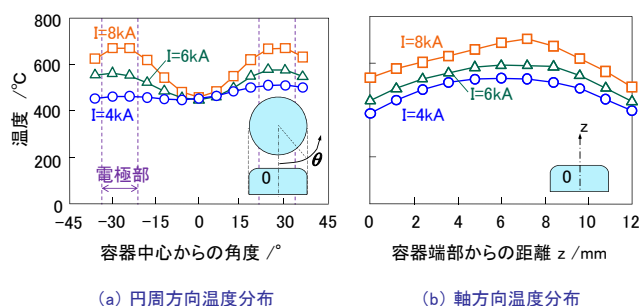
通電加熱に用いた電極形状



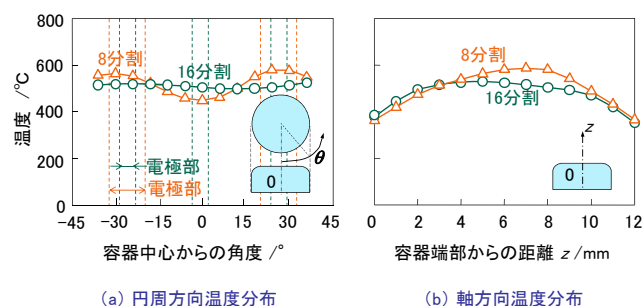
通電加熱実験の様子 ($I=6\text{kA}$, $n=16$ 分割)



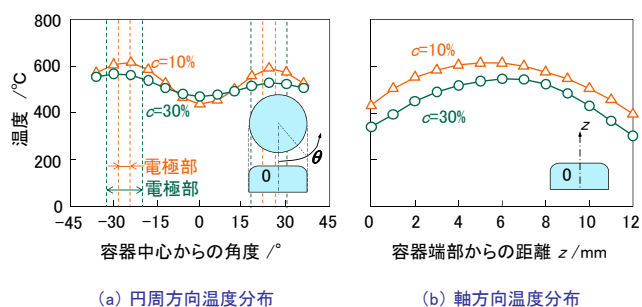
加熱温度に及ぼす電流値の影響 ($Q=20\text{kJ}$, $n=8$ 分割)



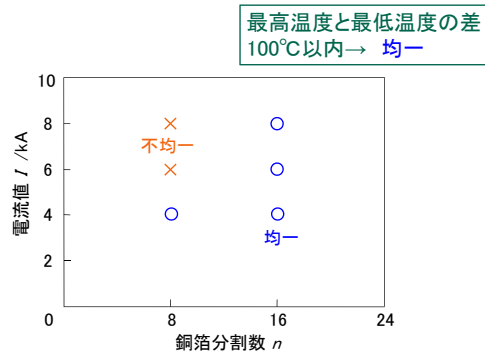
加熱温度に及ぼす銅箔分割数の影響 ($Q=20\text{kJ}$, $I=6\text{kA}$, $c=30\%$)



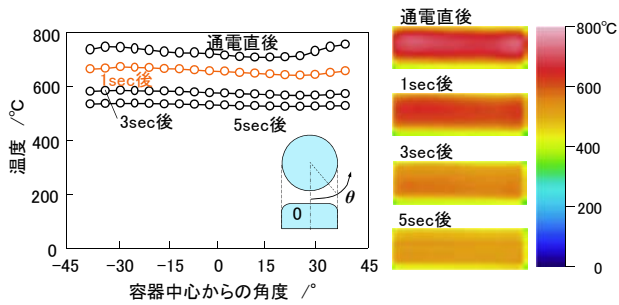
加熱温度に及ぼす接触面積率の影響 ($Q=20\text{kJ}$, $I=6\text{kA}$, $n=8$ 分割)



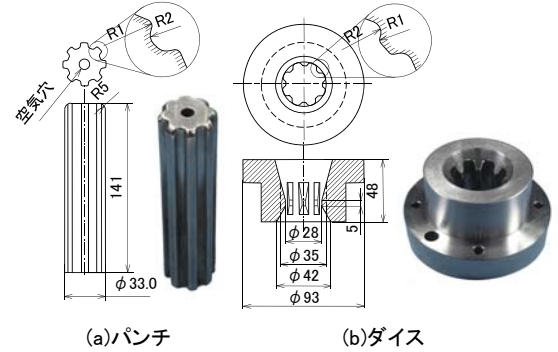
加熱状態に及ぼす銅箔分割数の影響 ($Q=20\text{kJ}$)



経過時間と円周方向温度分布の関係 ($Q=25\text{kJ}$, $I=6\text{kA}$, $n=16$ 分割)



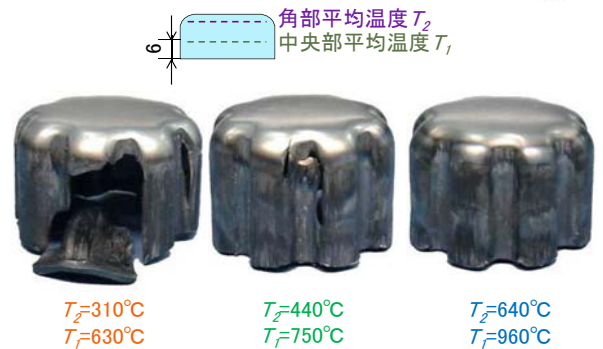
スプライン成形に用いた工具形状



通电加熱を用いたスプライン成形の様子

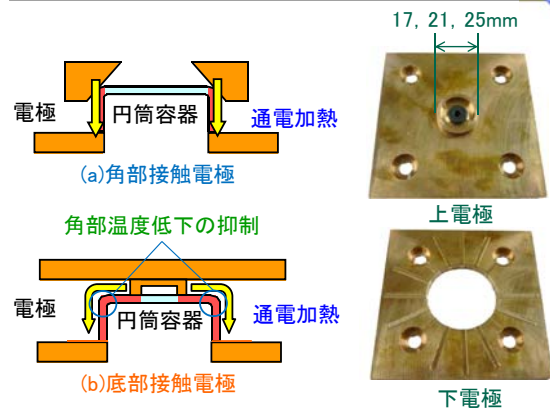


成形結果に及ぼす加熱温度の影響

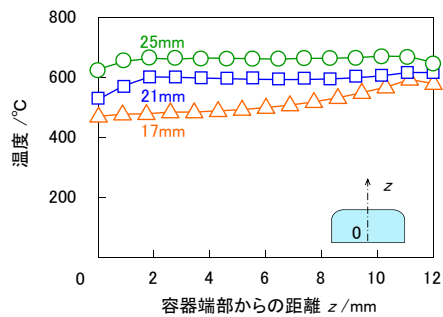


- ・ ホットスタンピング
- ・ 通电加熱を用いた急速ホットスタンピング
- ・ 温・熱間スプライン成形方法
- ・ 銅箔を用いた温度分布の均一化
- ・ 容器底部接触電極を用いた温度分布の均一化

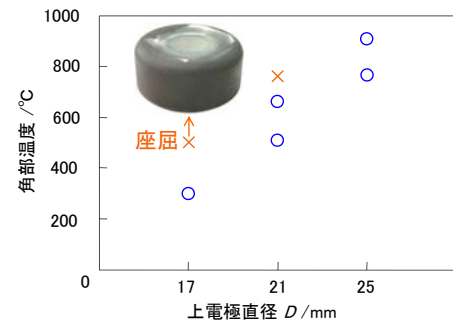
底部接触電極形状



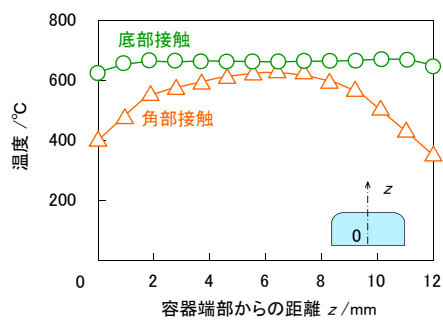
軸方向温度分布に及ぼす上電極直径の影響
($Q=20\text{kJ}$, $f=6\text{kA}$)



底部座屈に及ぼす角部温度と
上電極直径の影響



軸方向温度分布に及ぼす電極接触位置の影響
($Q=20\text{kJ}$, $f=6\text{kA}$)



底部接触電極を用いた通電加熱の様子
($Q=25\text{kJ}$)

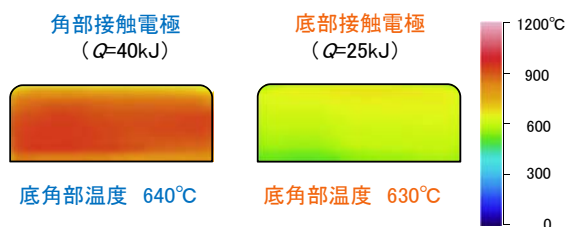


(a) 角部接触電極



(b) 底部接触電極

底角部加熱温度に及ぼす電極形状の影響



通電加熱を用いたスプライン成形の様子



底部接触電極を用いたスプライン成形結果



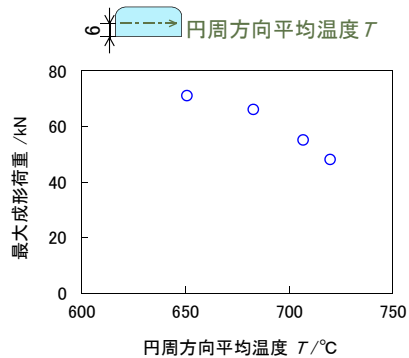
(a) 角部接触電極 $T_2=310^{\circ}\text{C}$, $T_1=630^{\circ}\text{C}$
(b) 底部接触電極 $T_2=630^{\circ}\text{C}$, $T_1=640^{\circ}\text{C}$

底部接触電極を用いたスプライン成形結果

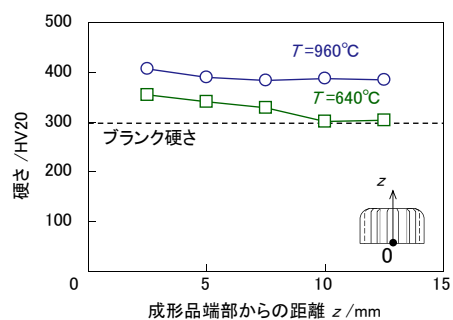


(a) 角部接触電極 $T_c=640^{\circ}\text{C}$, $T=960^{\circ}\text{C}$
(b) 底部接触電極 $T_c=630^{\circ}\text{C}$, $T=640^{\circ}\text{C}$

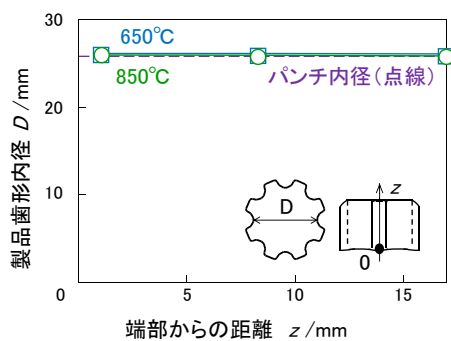
最大成形荷重と円周方向平均温度の関係



成形品硬さ分布に及ぼす加熱温度の影響



成形品歯形部の軸方向内径分布に及ぼす加熱温度の影響



まとめ

- 1) 底部側壁を上下の電極から通電することによって側壁を加熱できた。
- 2) 銅箔と底部接触電極を用いることによって、容器を均一に加熱できた。
- 3) 980MPa級超高張力歯形ドラムを成形することができた。