

サーボプレスを利用した 高張力鋼板のプレス成形

豊橋技術科学大学 森謙一郎



1. 高張力鋼板とプレス成形
2. 決押しによるスプリングバックの低減
3. 伸びフランジ性における最適せん断クリアランス
4. 伸びフランジ性を向上させる破断面平滑加工
5. 伸びフランジ性を向上させる逐次接触パンチ
6. 熱間プレス成形
7. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
8. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
9. 歯形容器の熱間スライン成形
10. 温・熱間せん断加工

— 軽量自動車部品の成形 —

100kg軽量: 1km/l燃費向上

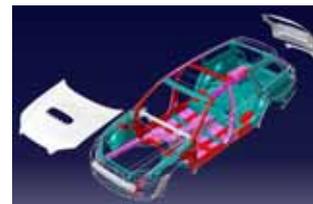
平成19年

軽量材料の成形

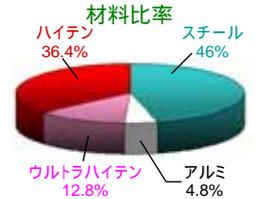
- 超高張力鋼板
- アルミニウム, マグネチタン



自動車車体への高張力鋼板の適用



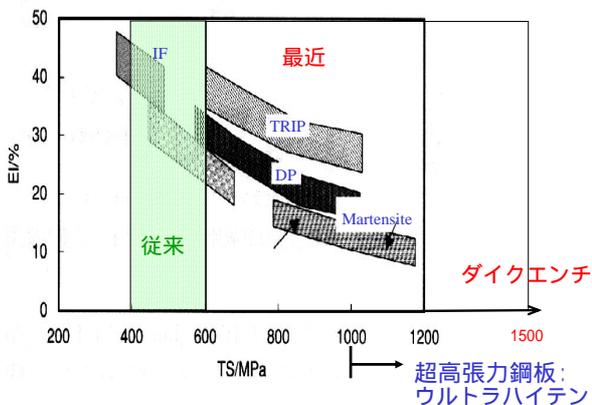
スバルレガシイ



トヨタ クラウン, 骨格部材の45%が高張力鋼板

骨格部材: 36%

高張力鋼板の強度

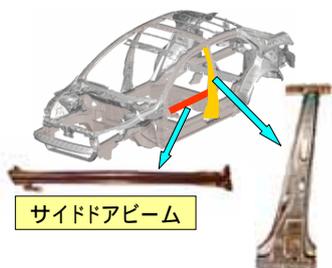


自動車用板材の比較

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

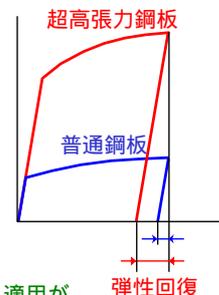


サイドアビーム

センタービラー

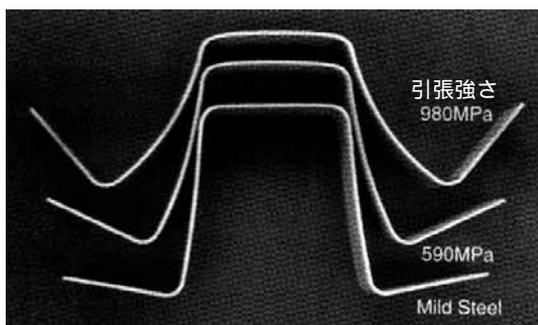
- 高強度
プレス能力
金型摩耗・破損
スプリングバック
- 低延性
割れ

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

高張力鋼板のハット曲げにおけるスプリングバック



引張強さ
980MPa

590MPa

Mild Steel

岩谷：プレス技術，42-8(2004)，43

直動式サーボプレス(80tonf)



高精度加工と金型寿命の向上

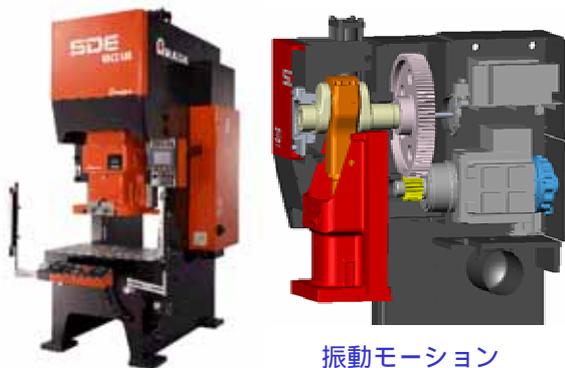
フルロードストロークバック制御
従来の後戻りコントロールで下死点位置
は必ずしも正確で、変動が大きい場合
は一定です。

下死点位置 HCP
一般の機械プレス機
高精度

五右衛門独立制御
各アキポイントには独立制御が
100mm以内を実現、加工精度が向上します。
(特許取得済)



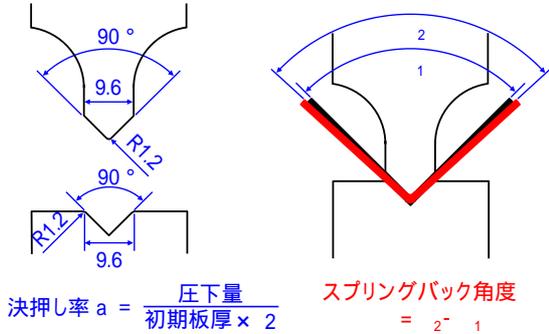
クランク式サーボプレス(150tonf)



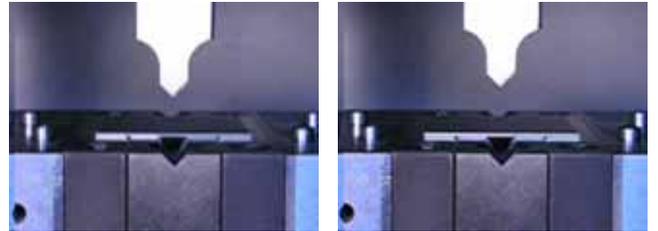
振動モーション

1. 高張力鋼板とプレス成形
2. 決押しによるスプリングバックの低減
3. 伸びフランジ性における最適せん断クリアランス
4. 伸びフランジ性を向上させる破断面平滑加工
5. 伸びフランジ性を向上させる逐次接触パンチ
6. 熱間プレス成形
7. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
8. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
9. 歯形容器の熱間スライン成形
10. 温・熱間せん断加工

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

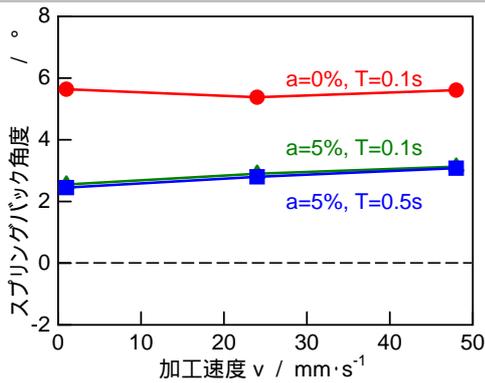


(a) SPCC

(b) SPFC980Y

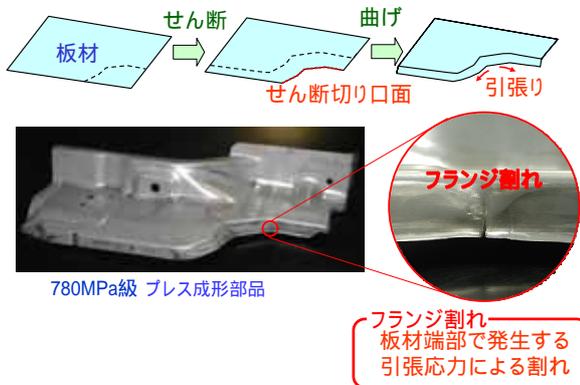
$v=24\text{mm/s}, f=0\%, T=0.5\text{s}$

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)



1. 高張力鋼板とプレス成形
2. 決押しによるスプリングバックの低減
3. 伸びフランジ性における最適せん断クリアランス
4. 伸びフランジ性を向上させる破断面平滑加工
5. 伸びフランジ性を向上させる逐次接触パンチ
6. 熱間プレス成形
7. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
8. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
9. 歯形容器の熱間スライン成形
10. 温・熱間せん断加工

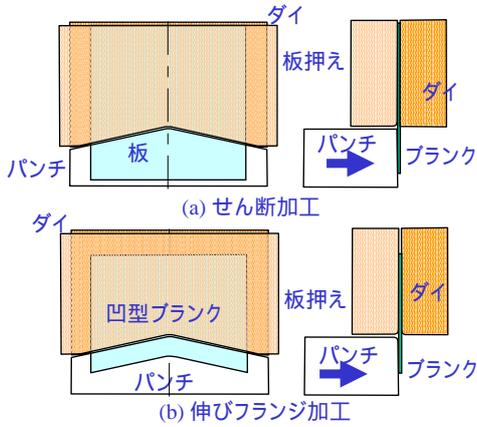
プレス成形におけるフランジ割れ



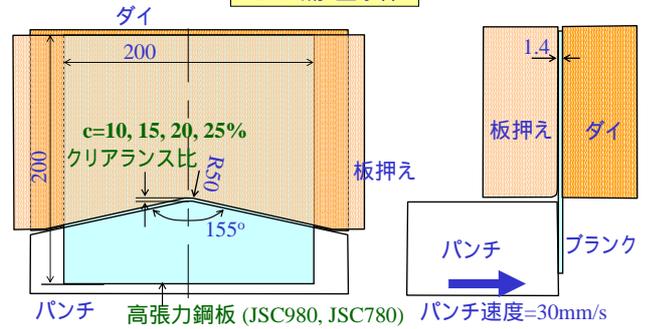
穴抜き・穴広げ加工される鋼板

材料名	板厚 mm	降伏応力 mm	引張強さ MPa	伸び %	n値
JSC270C	1.39	223	333	41.2	0.19
JSC390W	1.39	283	389	35.8	0.18
JSC440W	1.41	320	455	33.8	0.19
JSC590R	1.40	438	603	25.9	0.15
JSC780Y	1.47	558	823	19.0	0.12
JSC980Y	1.41	620	1027	18.7	0.12

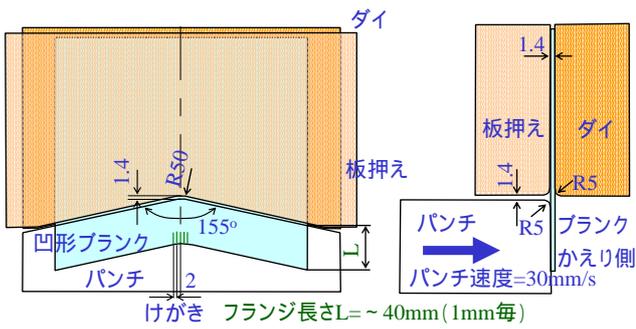
せん断と伸びフランジ成形



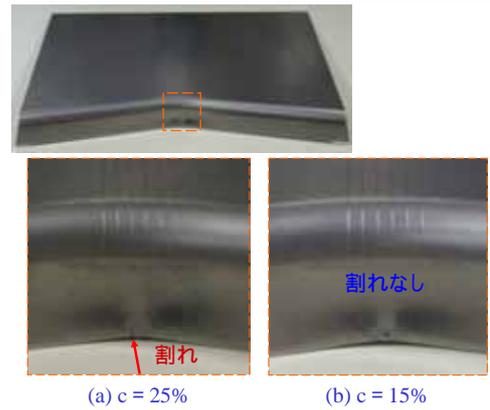
せん断加工条件



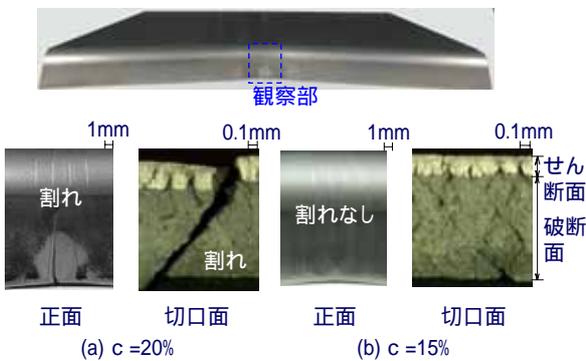
伸びフランジ成形条件



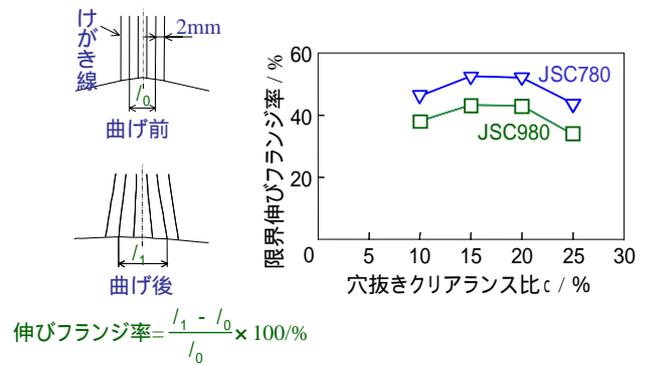
フランジ割れによぼせん断クリアランス比の影響 (JSC780Y, L=17mm)



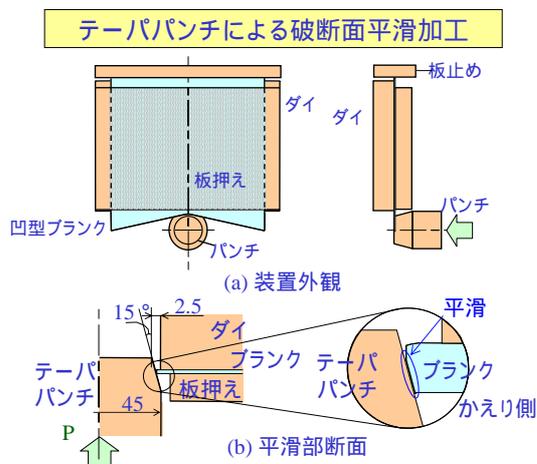
実験による限界伸びフランジ率におよぼせん断クリアランス比の影響 (JSC980Y, L=15mm, 平坦パンチ)



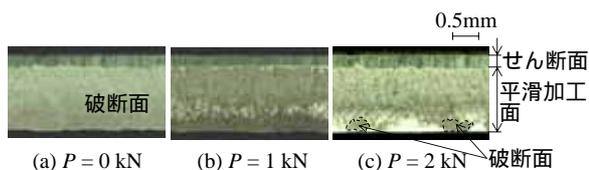
限界伸びフランジ率とクリアランス比の関係



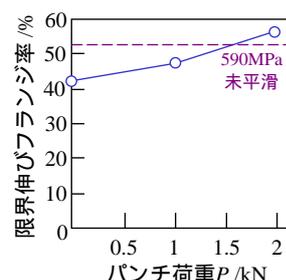
1. 高張力鋼板とプレス成形
2. 決押しによるスプリングバックの低減
3. 伸びフランジ性における最適せん断クリアランス
4. 伸びフランジ性を向上させる破断面平滑加工
5. 伸びフランジ性を向上させる逐次接触パンチ
6. 熱間プレス成形
7. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
8. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
9. 歯形容器の熱間スライン成形
10. 温・熱間せん断加工



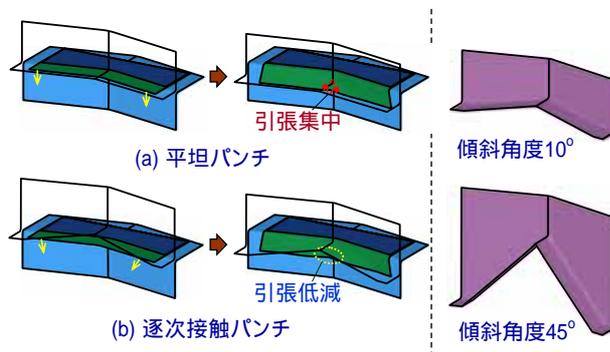
破断面平滑加工前後の切口面 (JSC980Y, $c=15\%$)



破断面平滑化による伸びフランジ成形性の向上 (JSC980Y, $c=15\%$)

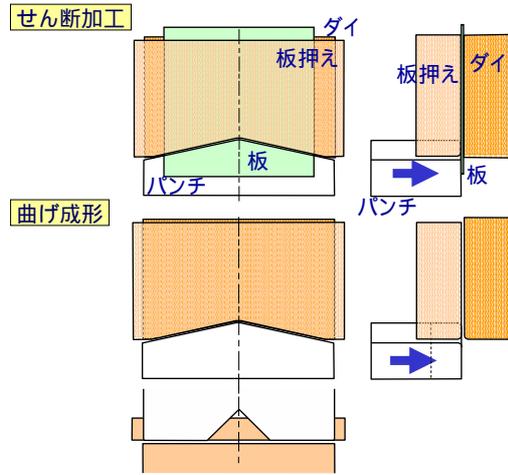
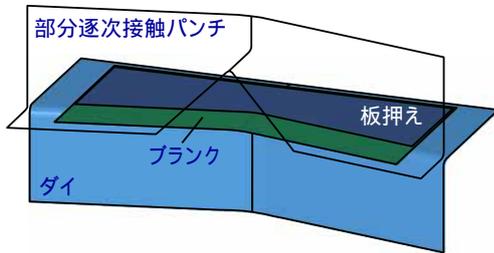


1. 高張力鋼板とプレス成形
2. 決押しによるスプリングバックの低減
3. 伸びフランジ性における最適せん断クリアランス
4. 伸びフランジ性を向上させる破断面平滑加工
5. 伸びフランジ性を向上させる逐次接触パンチ
6. 熱間プレス成形
7. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
8. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
9. 歯形容器の熱間スライン成形
10. 温・熱間せん断加工



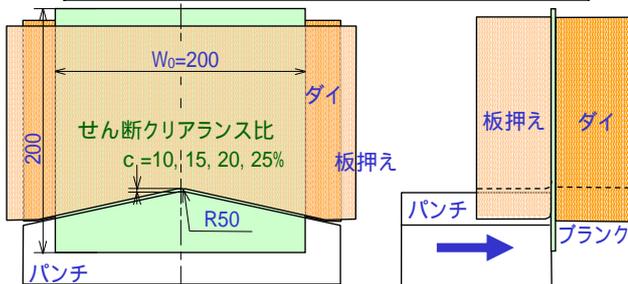
目的
超高張力鋼板における伸びフランジ割れを防止する逐次接触パンチ形状の最適化

部分逐次接触パンチによる伸びフランジ曲げ成形

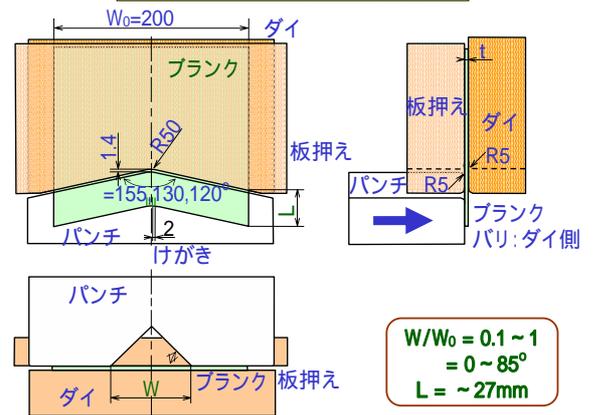


超高張力鋼板とせん断加工条件

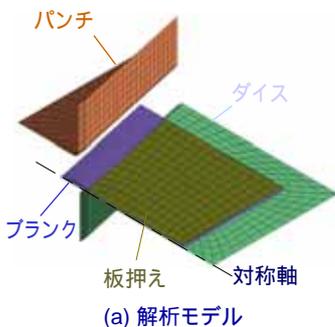
板厚	公称板厚 /mm	降伏応力 /MPa	引張強さ /MPa	伸び /%	絞り /%	n値
JSC780Y	1.4	395	847	18.8	66	0.15
JSC980Y	1.4	660	1014	16.4	45	0.15
JSC1180Y	1.2	864	1209	10.8	46	0.14



伸びフランジ曲げ成形条件



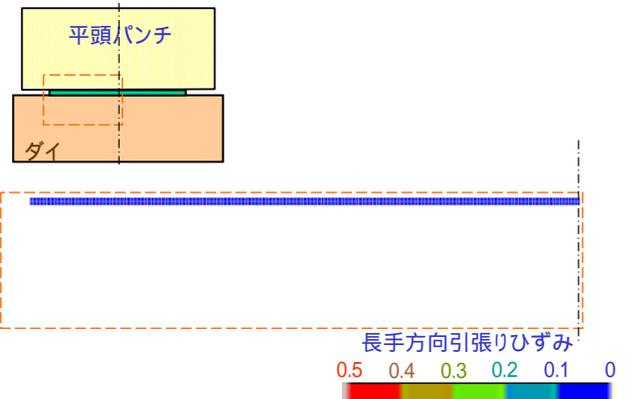
伸びフランジ曲げ成形の解析条件



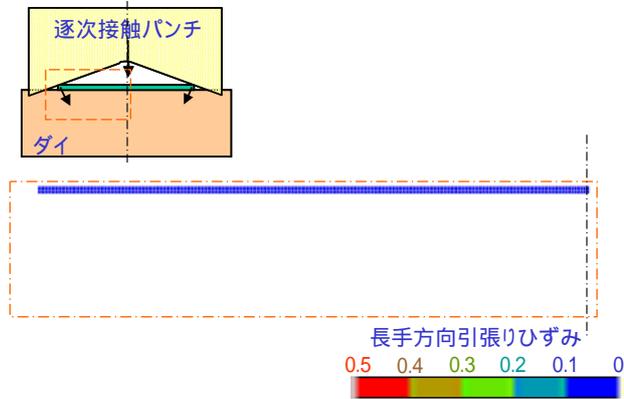
(b) 解析条件

計算ソフト	LS-DYNA
計算モデル	1/2対称
板材	弾塑性体シェル要素
金型の要素	剛体シェル要素
摩擦係数	0.15
パンチ下降速度	100mm/s

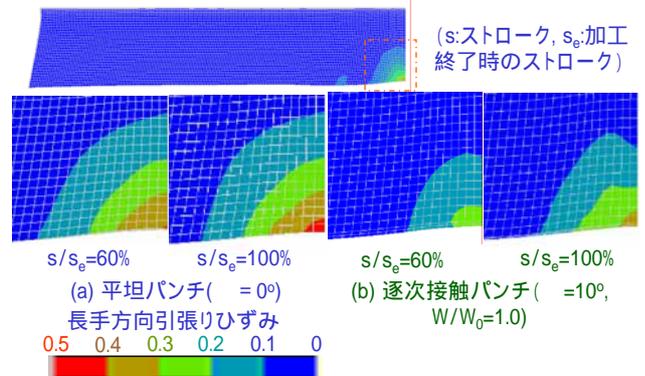
平坦パンチによる長手方向の引張りひずみ分布 (JSC780, $\alpha=0^\circ$, L=18mm)



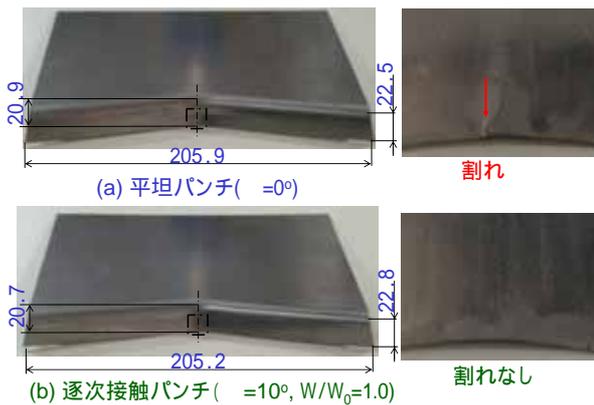
逐次接触パンチによる長手方向の引張りひずみ分布 (JSC780, $\alpha=10^\circ$, $W/W_0=1.0$, $L=18\text{mm}$)



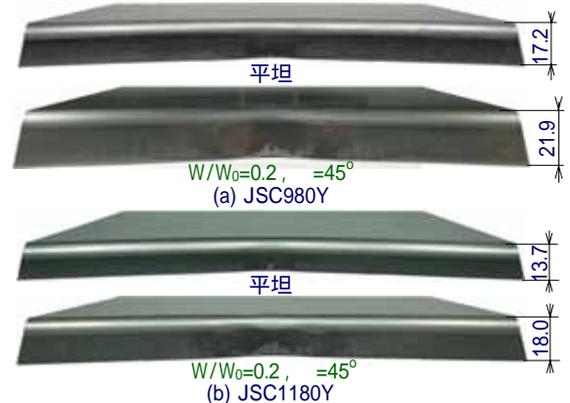
計算による長手方向引張りひずみの変化 (JSC780, $L=17\text{mm}$)



逐次接触パンチによる割れの防止 (JSC780, $L=18\text{mm}$)



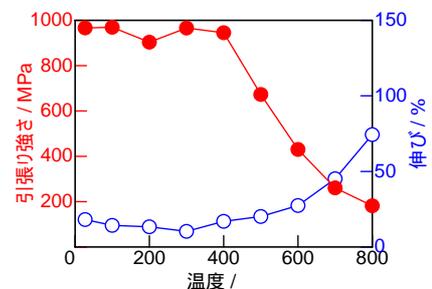
実験における部分逐次接触パンチによる最大製品高さの向上



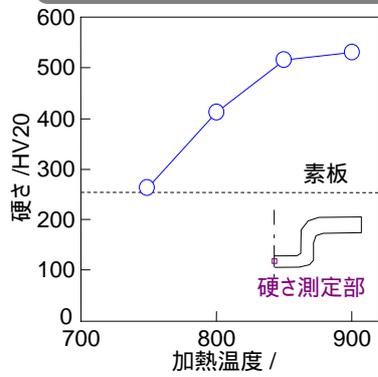
1. 高張力鋼板とプレス成形
2. 決押しによるスプリングバックの低減
3. 伸びフランジ性における最適せん断クリアランス
4. 伸びフランジ性を向上させる破断面平滑加工
5. 伸びフランジ性を向上させる逐次接触パンチ
6. 熱間プレス成形
7. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
8. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
9. 歯形容器の熱間スライン成形
10. 温・熱間せん断加工

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

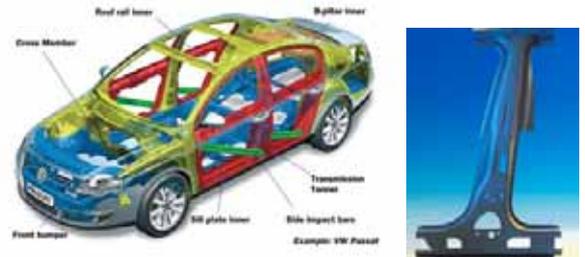


ボロン鋼: 焼入れ性大

金型急冷による焼入れ, 1.5GPa級

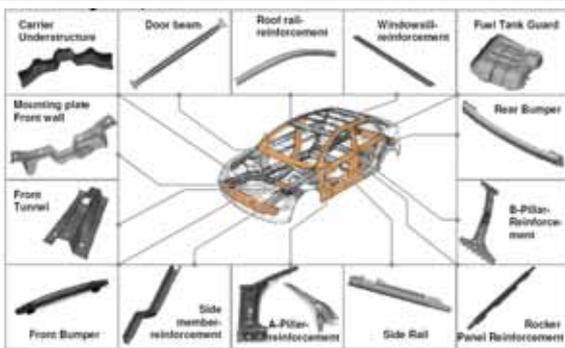
下死点保持
サーボプレス

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

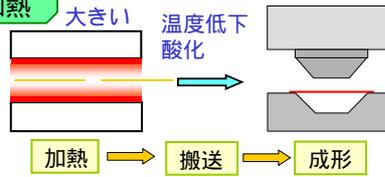
短所

- 表面酸化: ショットブラス, 表面処理鋼板
- 大型設備: 加熱炉
- 低い生産性

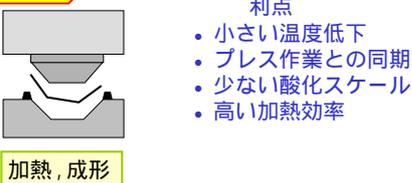
1. 高張力鋼板とプレス成形
2. 決押しによるスプリングバックの低減
3. 伸びフランジ性における最適せん断クリアランス
4. 伸びフランジ性を向上させる破断面平滑加工
5. 伸びフランジ性を向上させる逐次接触パンチ
6. 熱間プレス成形
7. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
8. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
9. 歯形容器の熱間スプライン成形
10. 温・熱間せん断加工

通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形

炉加熱



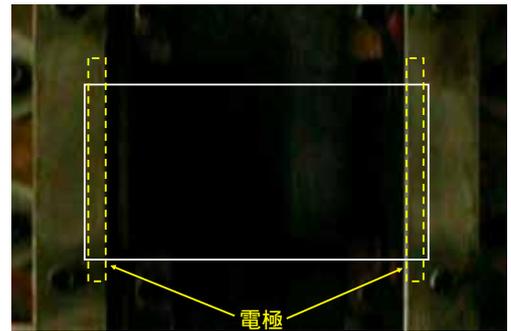
通電加熱



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

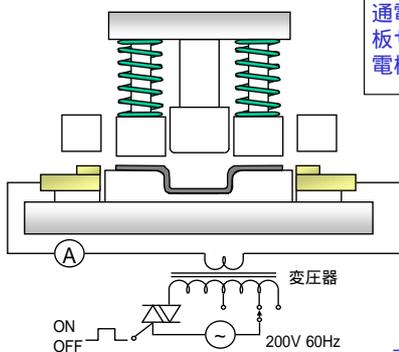
通電加熱の映像 (S P F C 980)



通電加熱ハット曲げ成形装置

実験条件

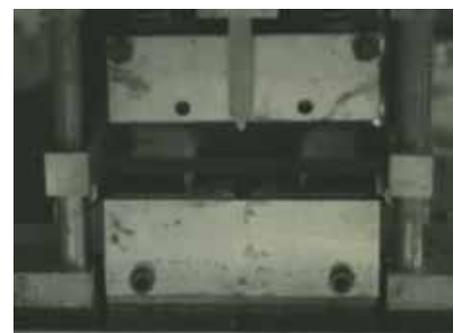
通電電圧: 10V
板サイズ: 130mm × 20mm
電極中心間距離: 120mm



通電
↓ (0.2秒)
プレス
↓
3.5秒保持

電源とプレスが同期

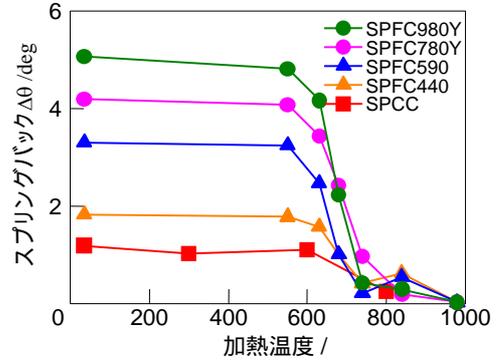
980℃における通電加熱ハット曲げ成形



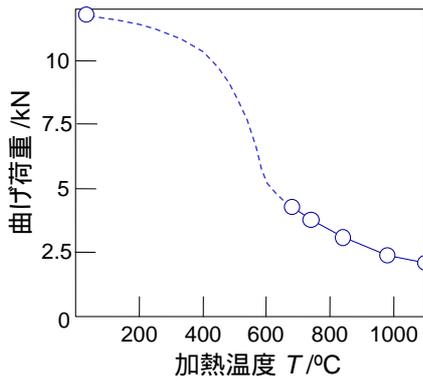
ハット曲げの成形体 (SPFC980Y)



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

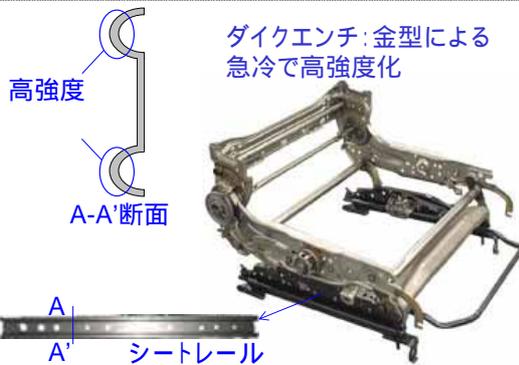


ハット曲げ加工における加工荷重と加熱温度の関係

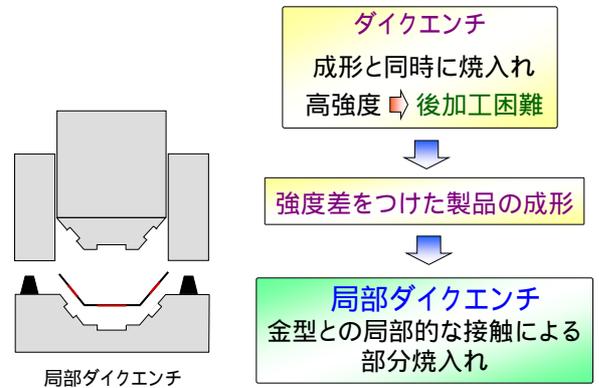


1. 高張力鋼板とプレス成形
2. 決押しによるスプリングバックの低減
3. 伸びフランジ性における最適せん断クリアランス
4. 伸びフランジ性を向上させる破断面平滑加工
5. 伸びフランジ性を向上させる逐次接触パンチ
6. 熱間プレス成形
7. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
8. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
9. 歯形容器の熱間スライン成形
10. 温・熱間せん断加工

熱間プレス成形における局部ダイクエンチ



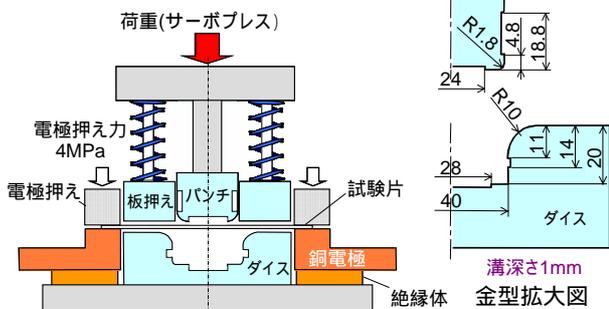
局部ダイクエンチ



局部ダイクエンチハット曲げ成形装置

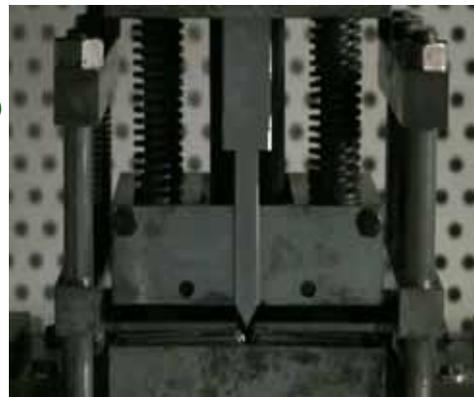
加熱温度 $T=850, 900, 950$
 ダイクエンチ保持時間 $t=3.5s$

電源とプレスが同期

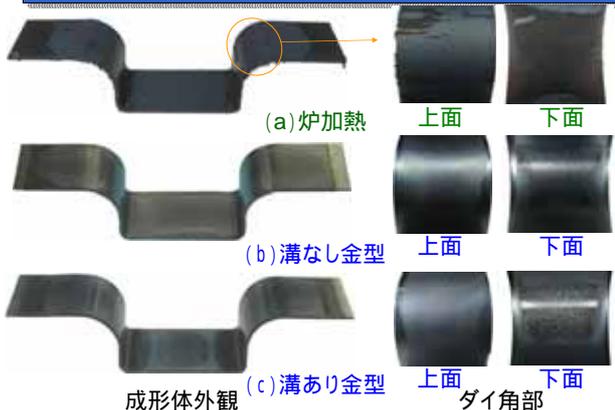


加熱温度900 におけるハット曲げ成形

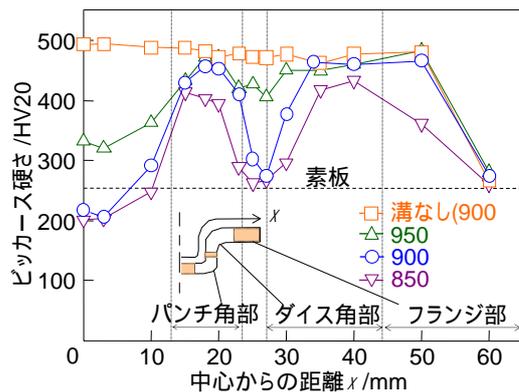
通电加熱 (加熱時間2.3s)
 ↓
 成形
 ↓
 ダイクエンチ (保持時間3.5s)
 ↓
 成形完了



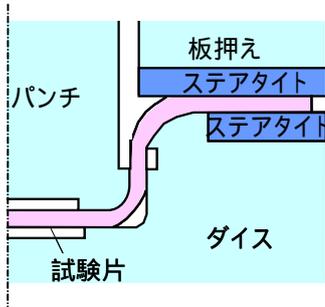
900 におけるハット曲げ成形体酸化スケールの比較



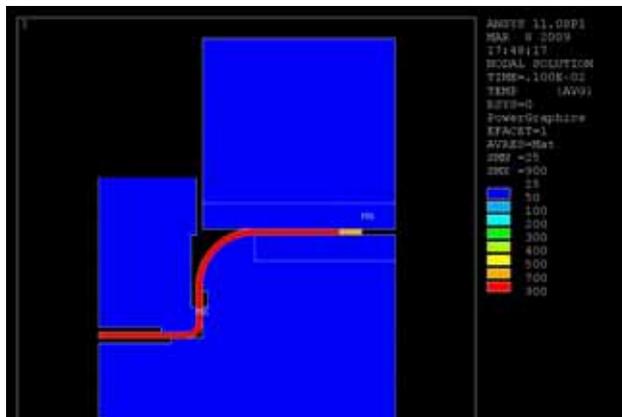
溝あり金型によるハット曲げ成形体の長手方向硬さ分布



セラミックスフランジ部を用いた金型ハット曲げ成形



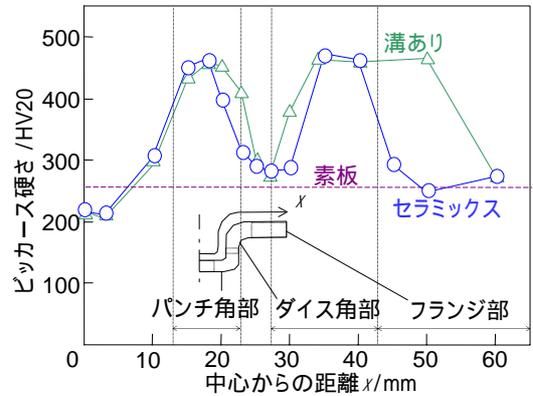
ステンレス鋼フランジ部を用いたダイクエンチにおける温度分布



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

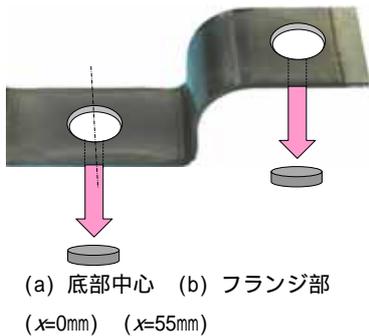


ハット曲げ成形体の長手方向硬さ分布

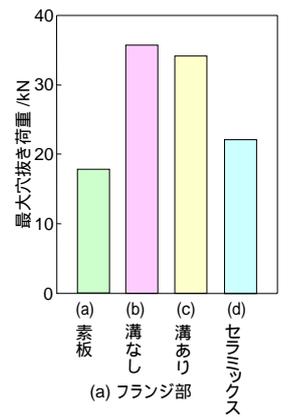
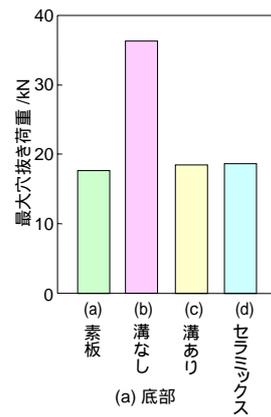


900 のハット曲げ成形品の底部中心の穴抜き加工

加工条件
パンチ直径 10
クリアランス 12%

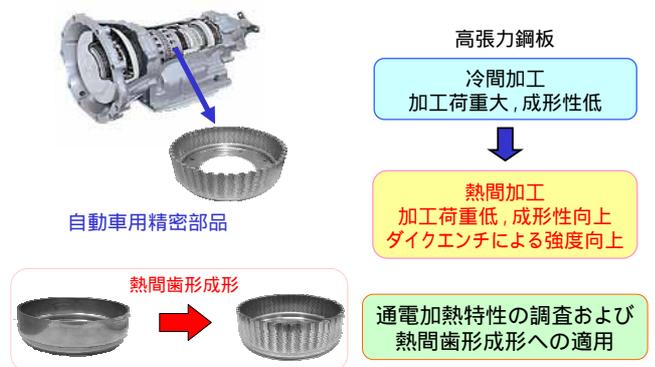


(a) 底部中心 (b) フランジ部
(x=0mm) (x=55mm)

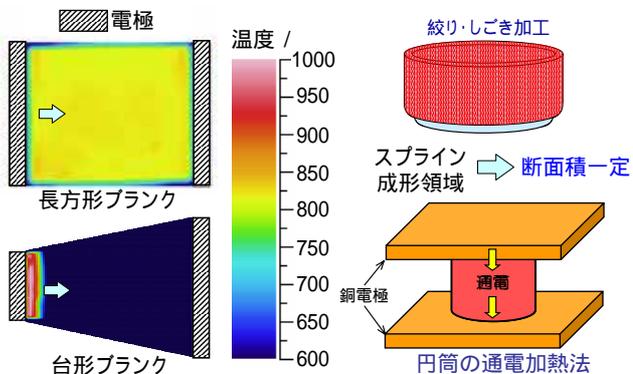


1. 高張力鋼板とプレス成形
2. 決押しによるスプリングバックの低減
3. 伸びフランジ性における最適せん断クリアランス
4. 伸びフランジ性を向上させる破断面平滑加工
5. 伸びフランジ性を向上させる逐次接触パンチ
6. 熱間プレス成形
7. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
8. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
9. 歯形容器の熱間スプライン成形
10. 温・熱間せん断加工

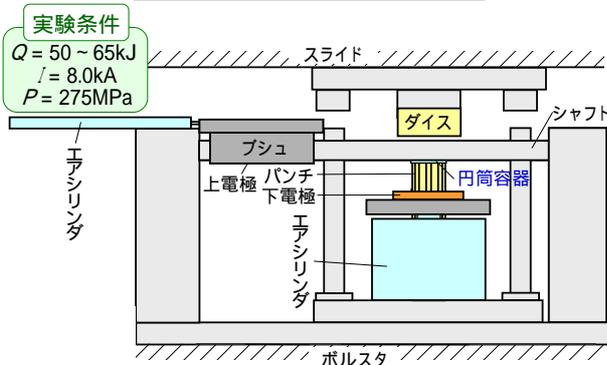
通電加熱を用いた歯形容器の温・熱間スプライン成形



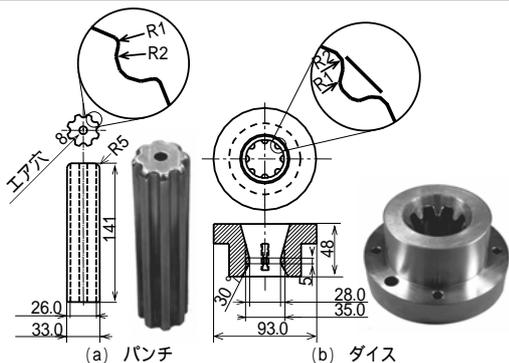
円筒端部からの給電による通電加熱



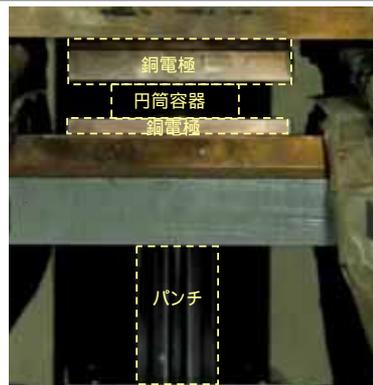
熱間スプライン成形装置



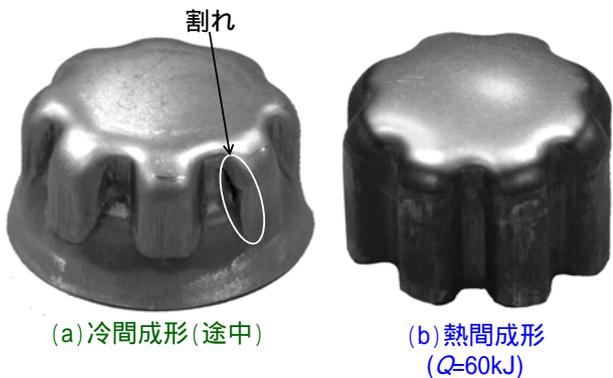
スプライン成形実験に用いたパンチ・ダイス形状



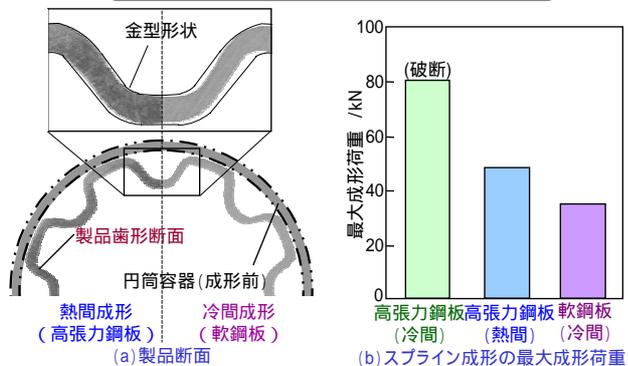
通電加熱を用いた熱間スプライン成形の様子 (Q=60kJ)



スプライン成形後の高張力鋼容器外観



スプライン成形後の高張力鋼容器断面 (Q=60kJ)



1. 高張力鋼板とプレス成形
2. 決押しによるスプリングバックの低減
3. 伸びフランジ性における最適せん断クリアランス
4. 伸びフランジ性を向上させる破断面平滑加工
5. 伸びフランジ性を向上させる逐次接触パンチ
6. 熱間プレス成形
7. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
8. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
9. 歯形容器の熱間スライン成形
10. 温・熱間せん断加工

超高張力鋼板の温・熱間せん断加工

高張力鋼板の適用
高強度・軽量化

穴抜き加工

高張力鋼板の冷間せん断加工

工具・金型
負担:大
破損・寿命:低

現状:レーザー加工,ワイヤーカット

局部通電加熱穴抜き加工の適用
加工荷重の低減

温・熱間穴抜き加工における問題点と局部加熱法

高温炉等で全体を加熱する方法

- 1) 加熱効率が低い.
- 2) 形状精度に影響.
- 3) 加熱時間が長い.

高温炉加熱 → 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)

スプリング
パンチ (19.8)

絶縁体

直流電流値
7.0kA

鋼板(50mm×50mm)
板厚 $t=1.4\text{mm}$, 2.6mmを使用

ダイス (20.0~20.5)

パンチ速度=150mm/sec

先端SR60

板押し側電極

12- 5.0

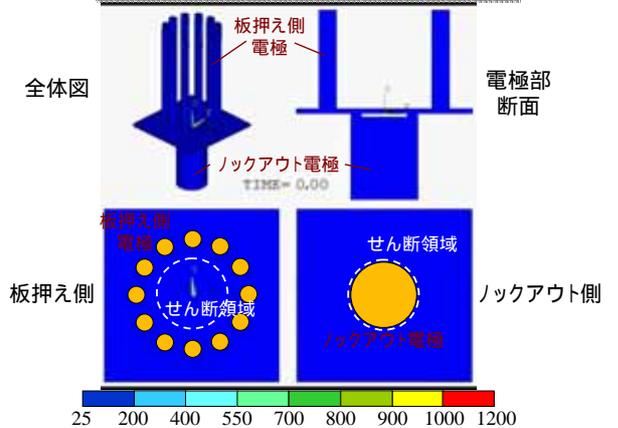
34.8

19.0

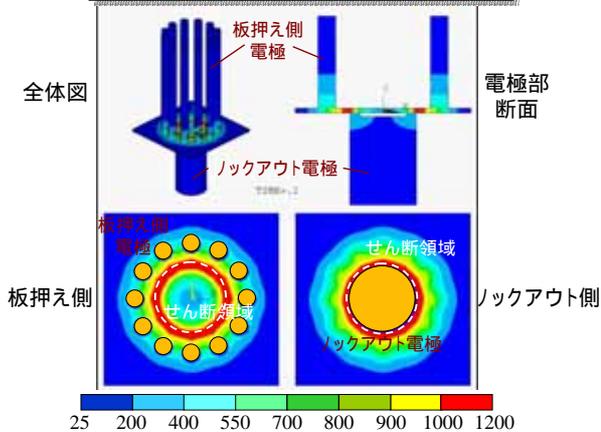
13.0

ロックアウト側電極

局部通電加熱の温度分布



電極の冷却における温度分布



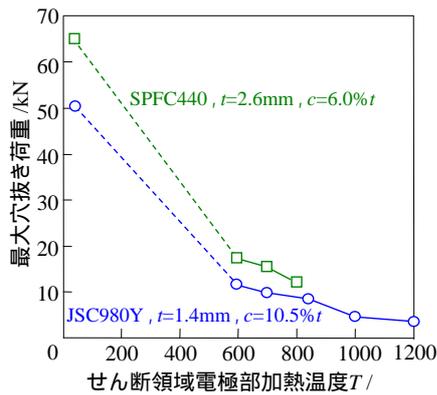
局部通電加熱せん断加工

加熱の為に鋼板加圧 → 加熱 → せん断加工

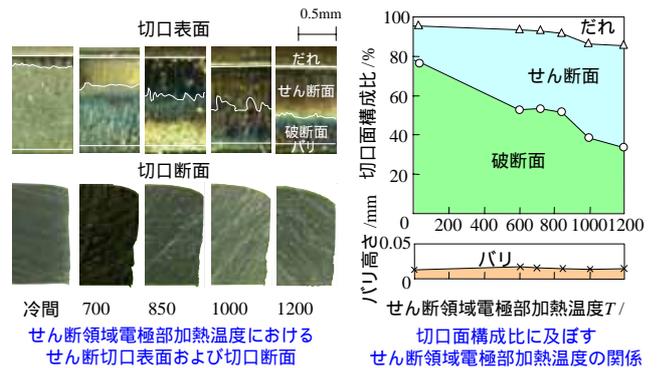


JSC980Y, $t=1.4\text{mm}$, $T=1200$ (1.6sec)
パンチ速度 150mm/s, クリアランス $c=10.5\%t$

最大穴抜き荷重に及ばず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 ($c=10.5\%t$)



1. 高張力鋼板とプレス成形
2. 決押しによるスプリングバックの低減
3. 伸びフランジ性における最適せん断クリアランス
4. 伸びフランジ性を向上させる破断面平滑加工
5. 伸びフランジ性を向上させる逐次接触パンチ
6. 熱間プレス成形
7. 通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形
8. 熱間プレス成形における局部ダイクエンチ
9. 歯形容器の熱間スライン成形
10. 温・熱間せん断加工