

ホットスタンピングの現状と課題



豊橋技術科学大学 森謙一郎

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

100kg軽量:1km//燃費向上
電気自動車では非常に重要

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)



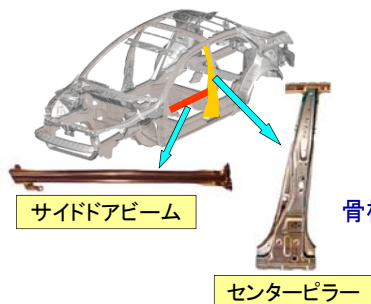
1. ホットスタンピング

2. 材料, 酸化防止
3. 加熱
4. プレス成形
5. ダイクエンチ
6. 後加工
7. シミュレーション
8. 応用範囲

超高張力鋼板の自動車部材への適用

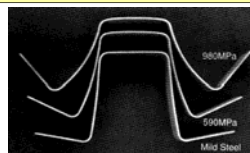


超高張力鋼板:1GPa以上



骨格部材:36%

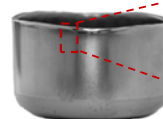
高張力鋼板の冷間成形におけるスプリングバック及び低い成形性



大きなスプリングバック



低い延性



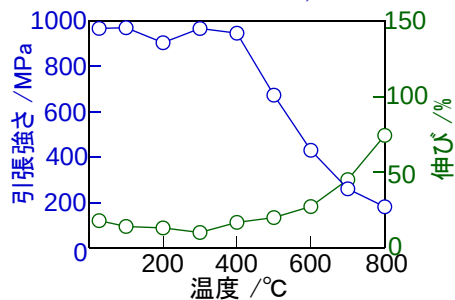
焼付き

1.2GPa以上の冷間プレスは困難

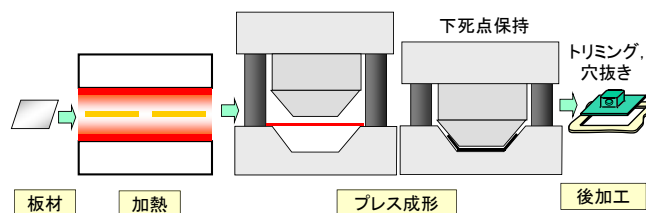
超高張力鋼板の高温引張特性



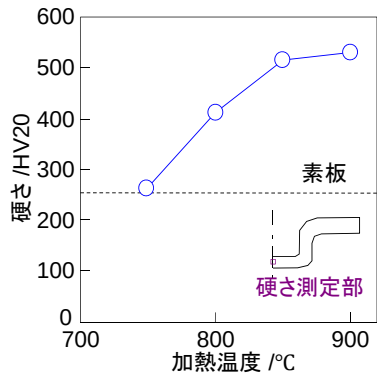
ホットスタンピング: 成形荷重低下, スプリングバックなし, 成形性向上



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

素板
硬さ測定部

AP&T社のホットスタンピング

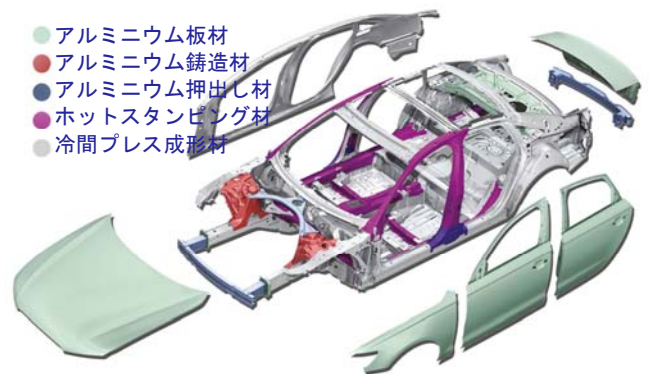


フォルクスワーゲン、パサート

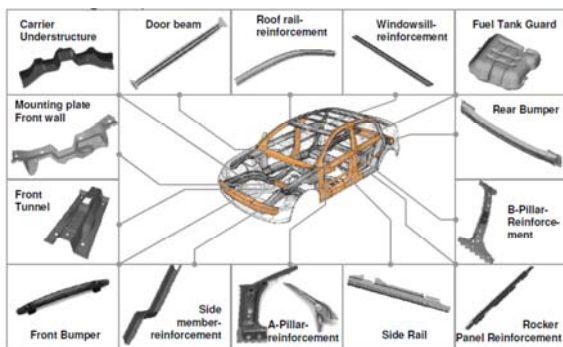


フォルクスワーゲン パサート、骨格
部材の16%が熱間プレス成形

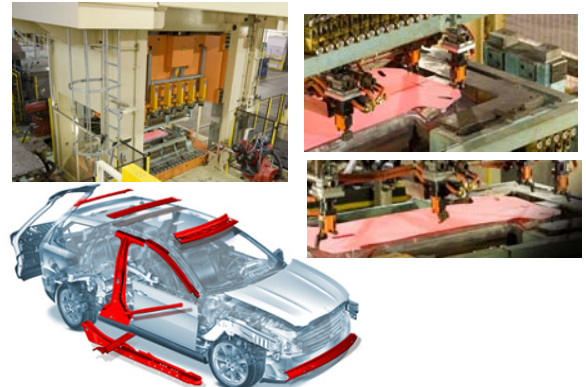
Audi A7 Sportback



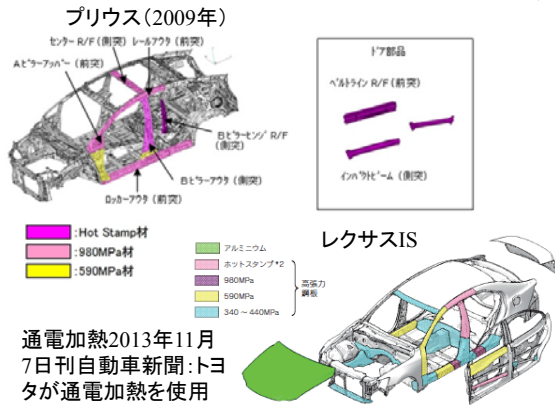
ドイツ ベンテラー社における ホットスタンピング成形品



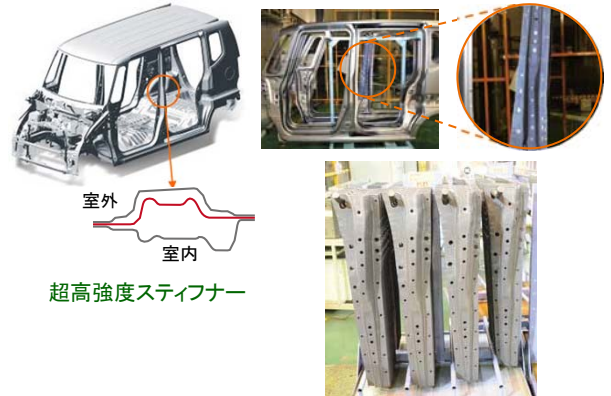
カナダ マグナ社における ホットスタンピング成形品



トヨタにおけるホットスタンピングの適用



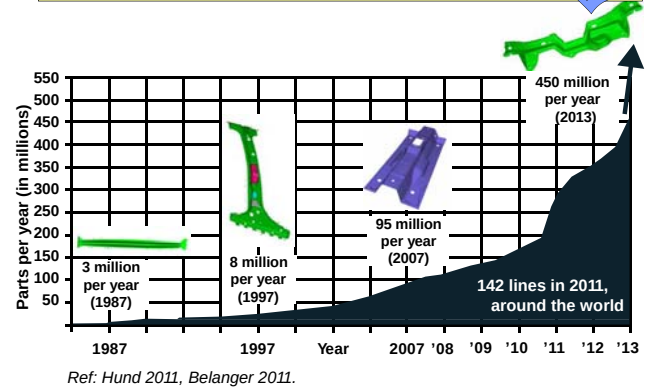
ホンダN BOXのセンターピラー



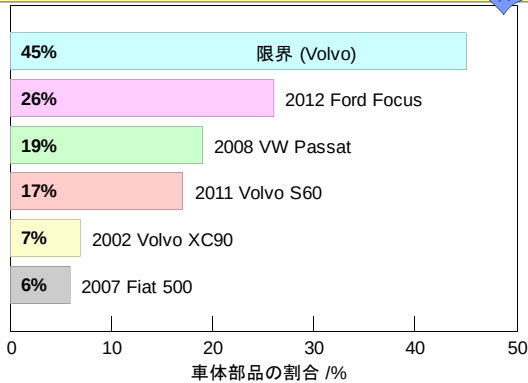
日本におけるホットスタンピング成形品



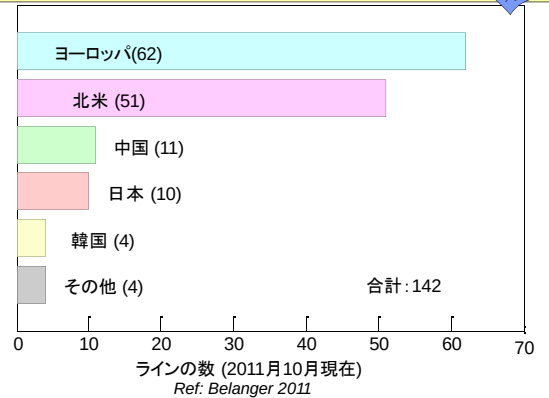
ホットスタンピング成形品の生産量



ホットスタンピング成形品の割合



ホットスタンピングラインの数



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

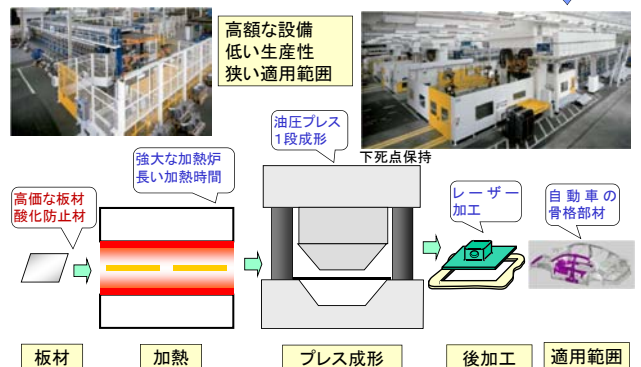
ホットスタンピング作業



1. ホットスタンピング
2. 材料, 酸化防止
3. 加熱
4. プレス成形
5. ダイクエンチ
6. 後加工
7. シミュレーション
8. 応用範囲



現行熱間プレス成形の問題点



ホットスタンピングに使用される板材



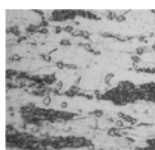
マンガンボロン鋼 22MnB5

C	Si	Mn	P	B
0.21	0.25	1.2	0.015	0.0014

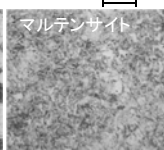
硬さ: 254 HV

900 °C, 急冷: マルテンサイト変態, 500HV

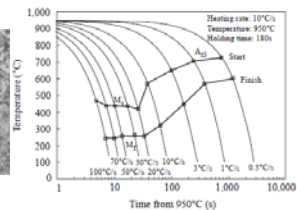
900 °C, 空冷: 焼なまし, 165HV



(a) 素板



(b) ダイクエンチ後



酸化防止



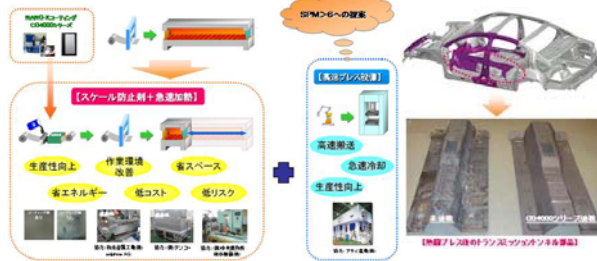
酸化防止なし: ショットピーニング

酸化防止あり: アルミ, 亜鉛めっき, 金属間化合物, 数分



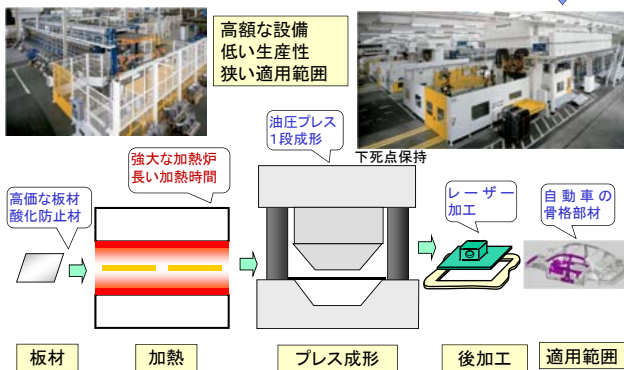
酸化防止なし

ドイツNANO-X社のスケール抑制剤

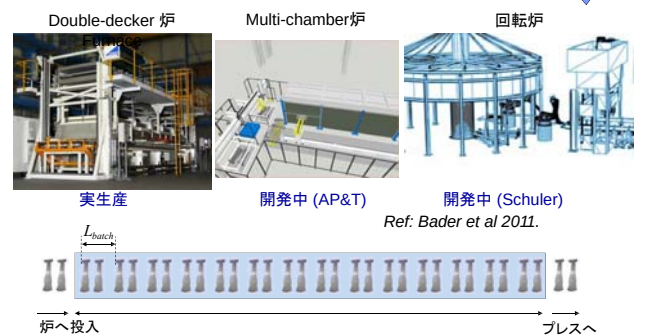


1. ホットスタンピング
2. 材料、酸化防止
3. 加熱
4. プレス成形
5. ダイクエンチ
6. 後加工
7. シミュレーション
8. 応用範囲

現行熱間プレス成形の問題点



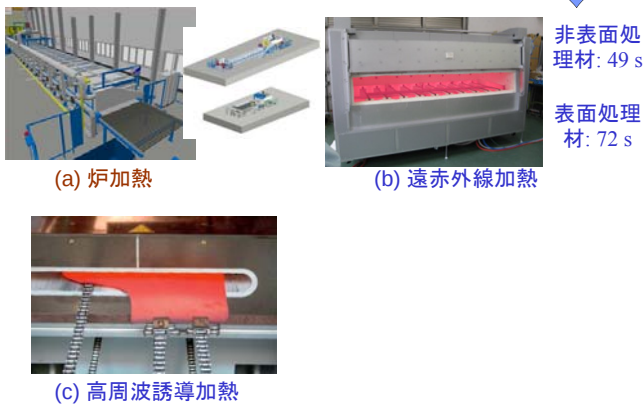
加熱炉



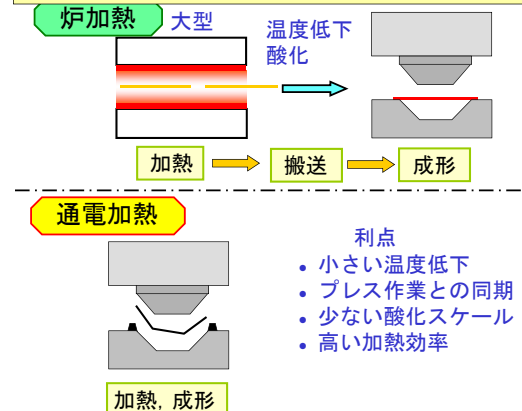
$$\frac{t_{\text{heating}}}{t_{\text{cycle}}} L_{\text{batch}} = \frac{330\text{sec}}{20\text{sec}} \times 1.6\text{m} \approx 26.4\text{m}$$

Ref: Eriksson 2010.

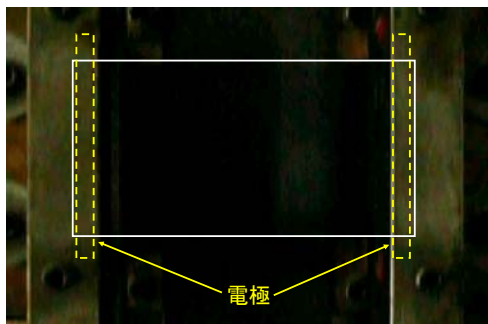
加熱炉



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)



通電加熱とサーボプレスとの連動



高速加熱・高速成形：
酸化防止
成形性の増加



通電電源

サーボプレス

通電電源

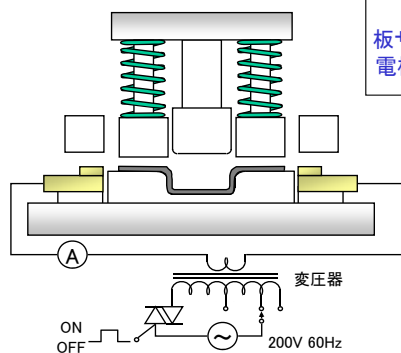
サーボプレス

通電加熱ハット曲げ成形装置



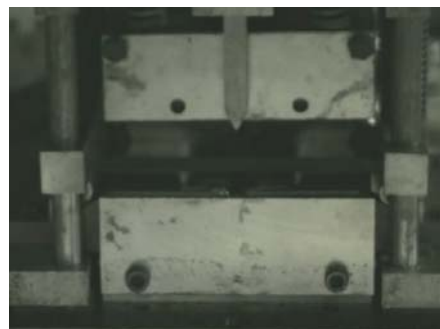
実験条件

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



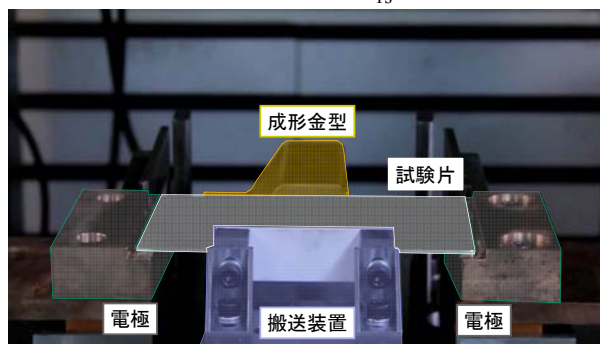
(a) 高温炉加熱

(b) 通電加熱

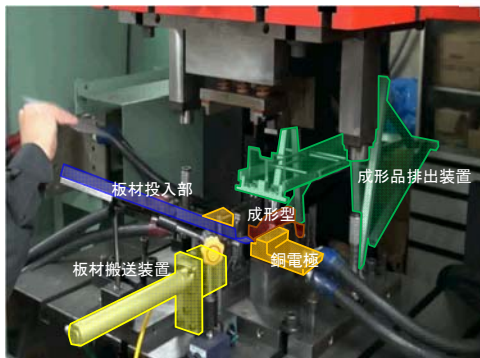
通電加熱ホットスタンピング



通電加熱 850°C, 3.3s → 搬送 2s → 成形 1s → 下死点保持 5s

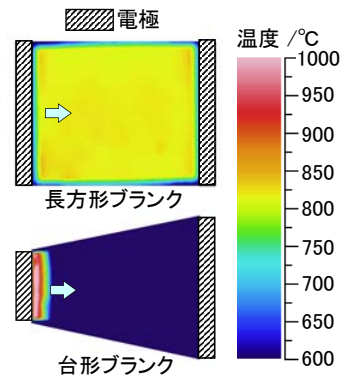


連続通電加熱ホットスタンピング

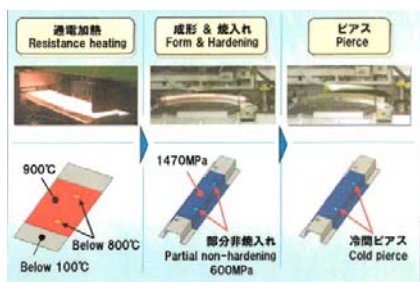


板材搬送 → 通電加熱、成形+ダイクエンチ → 材料取出し

矩形板材に应用が限定



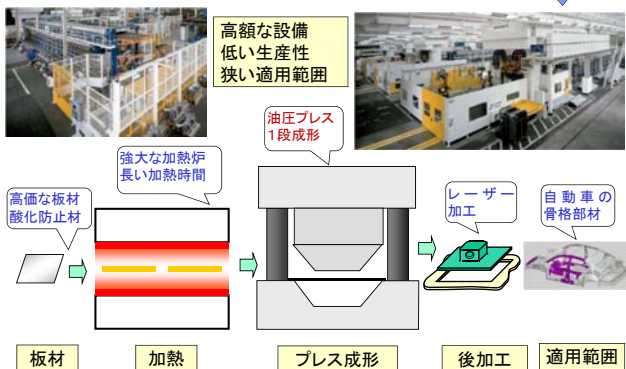
アステアにおける通電加熱 ホットスタンピングの適用



局部昇温抑制通電加熱

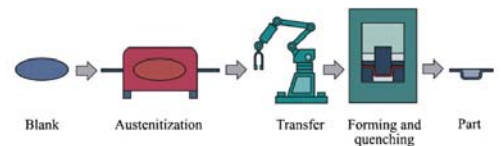
1. ホットスタンピング
2. 材料、酸化防止
3. 加熱
4. プレス成形
5. ダイクエンチ
6. 後加工
7. シミュレーション
8. 応用範囲

現行熱間プレス成形の問題点

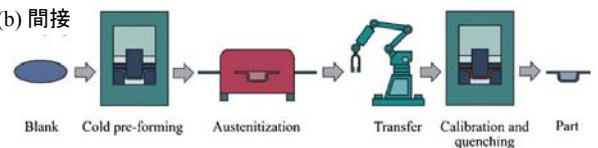


直接と間接ホットスタンピング

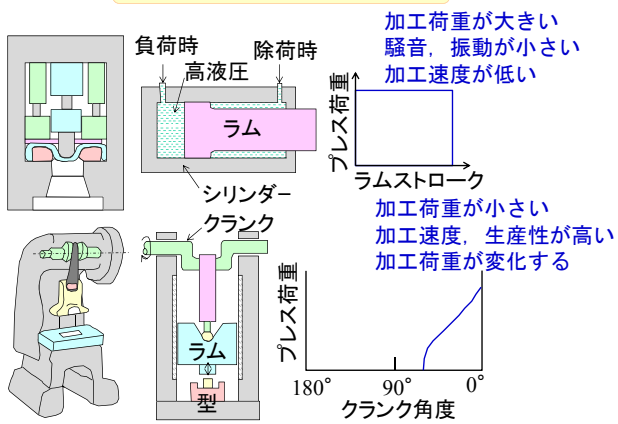
(a) 直接



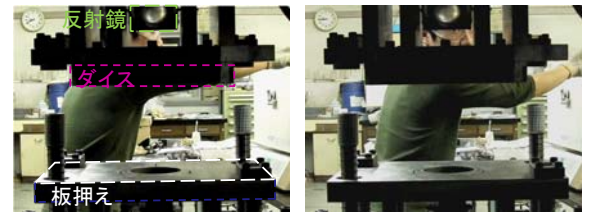
(b) 間接



油圧式と機械式プレス



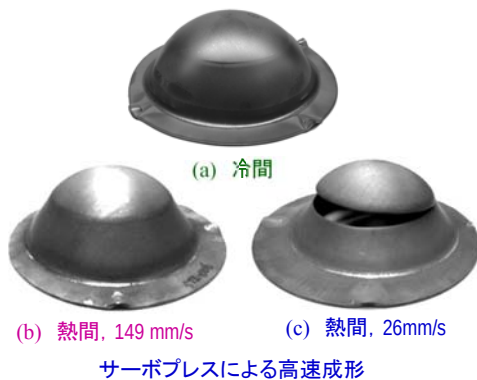
熱間絞り成形における速度効果



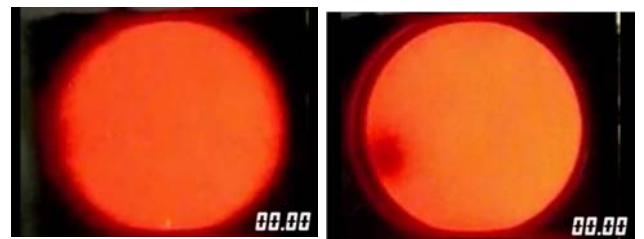
(a) 低速モーション
(26 mm/s)

(b) 高速モーション
(149 mm/s)

ホットスタンピングにおける成形速度の影響



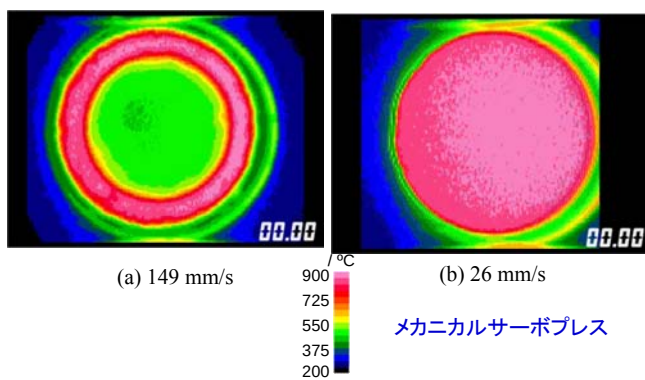
熱間成形における高速と低速の温度分布の比較



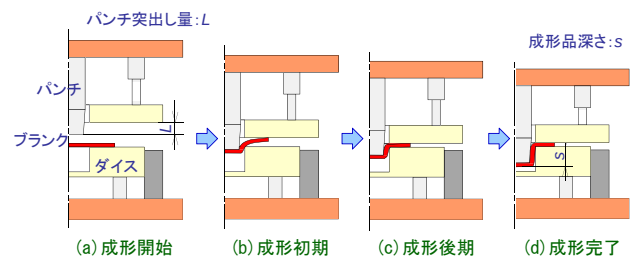
(a) 149 mm/s

(b) 26 mm/s

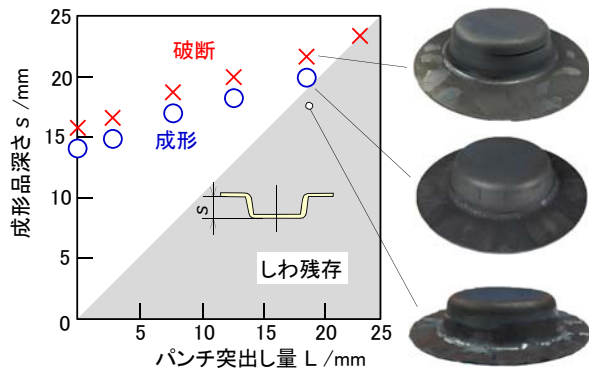
熱間成形における高速と低速のサーモグラフィーで測定された温度分布の比較



遅れ板押えによる成形性向上方法

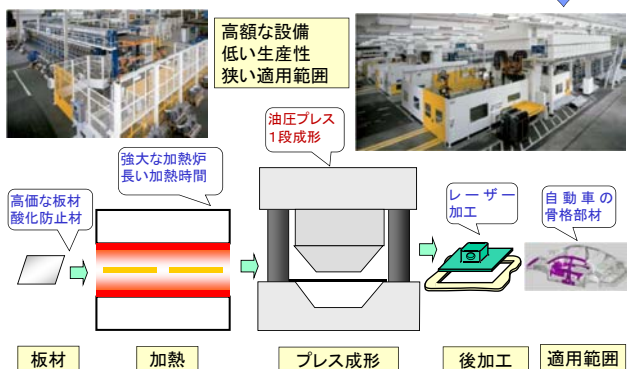


成形性に及ぼすパンチ突出し量の影響

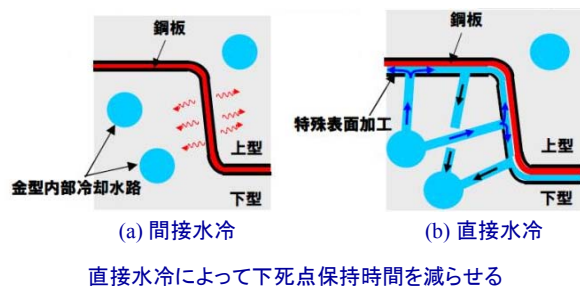


1. ホットスタンピング
2. 材料, 酸化防止
3. 加熱
4. プレス成形
5. ダイクエンチ
6. 後加工
7. シミュレーション
8. 応用範囲

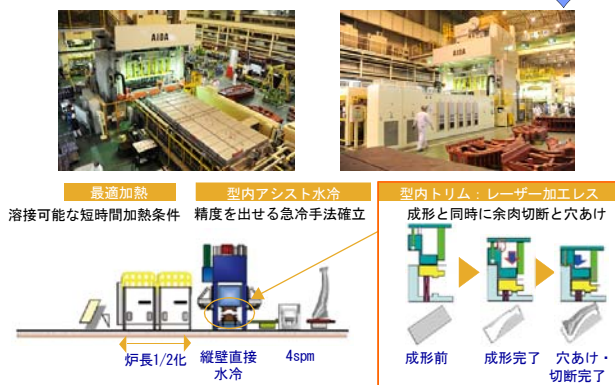
現行熱間プレス成形の問題点



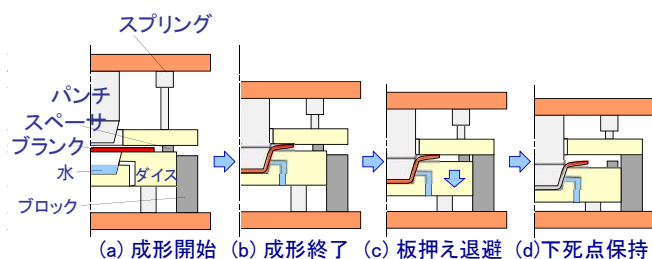
ユニプレスにおける板材の直接水冷



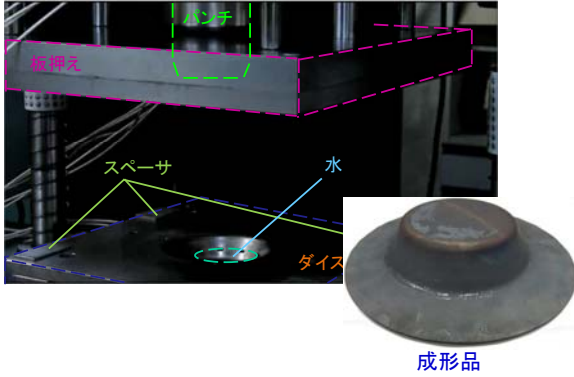
ホンダにおけるサーボプレス利用



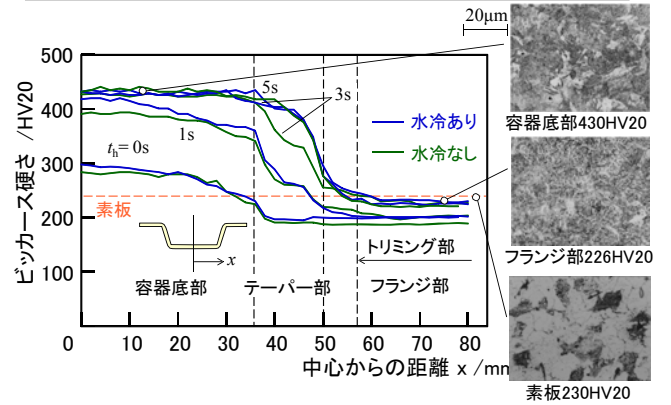
直接水冷と板押え退避によるダイクエンチ性向上とフランジ部焼入れ防止



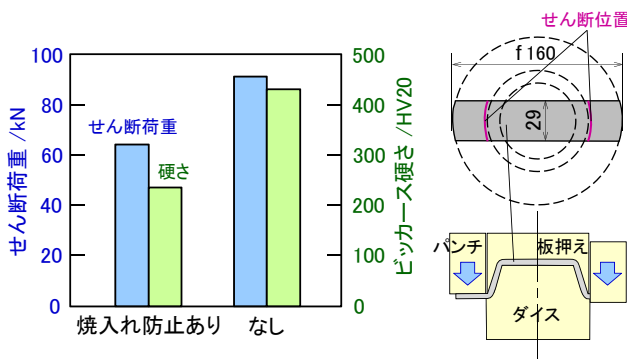
水冷を用いたホットスタンピング



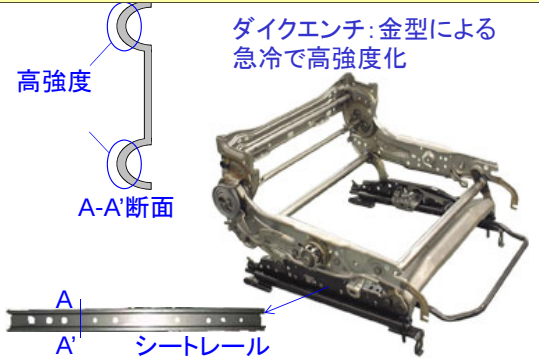
下死点保持時間を変化させた時の半径方向ビッカース硬さ分布



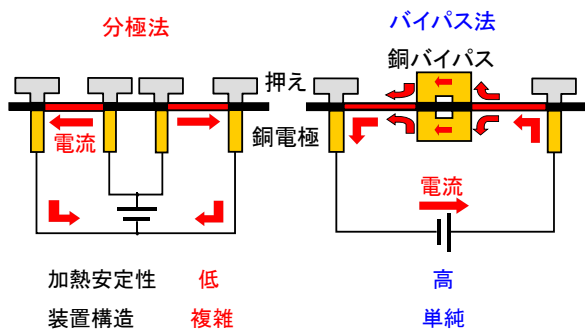
水冷あり, 下死点保持時間3sの焼入れ防止ありとなしにおけるフランジ部のせん断荷重



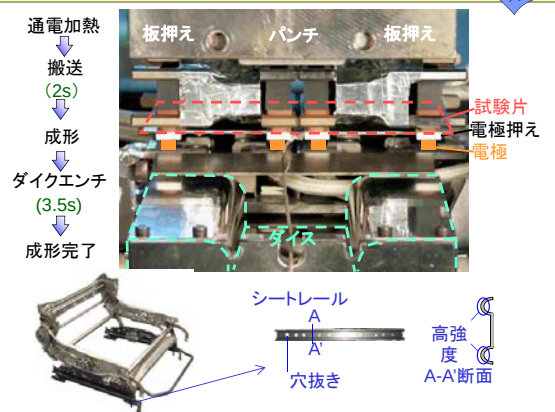
強度分布を有する成形品のテーラードダイクエンチ



局部通電加熱法



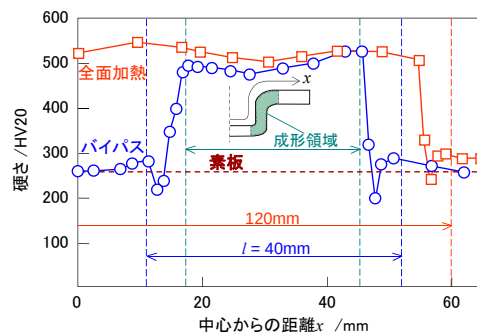
強度分布を持つ成形品



全面加熱と局部加熱ハット曲げ成形品



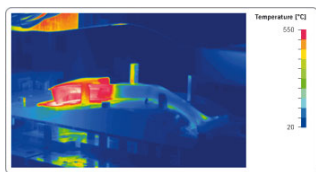
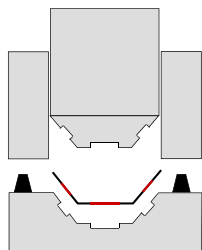
ハット曲げ成形品の長手方向硬さ分布



テーラードテンパリング

金型に溝をつける

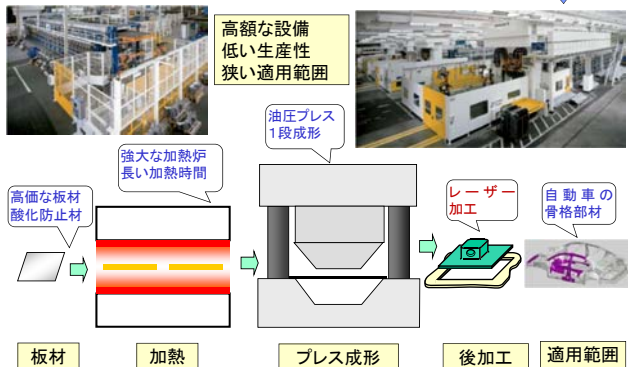
金型を加熱



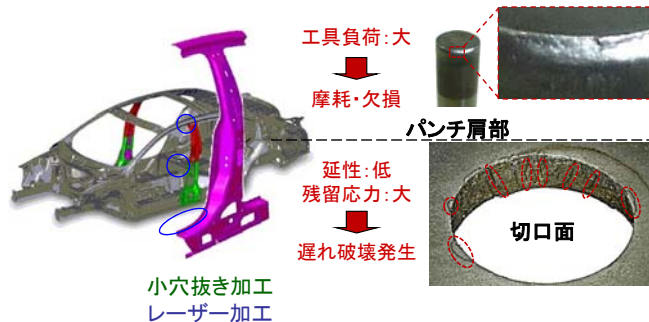
全体を加熱して一部だけを再加熱

1. ホットスタンピング
2. 材料, 酸化防止
3. 加熱
4. プレス成形
5. ダイクエンチ
6. 後加工
7. シミュレーション
8. 応用範囲

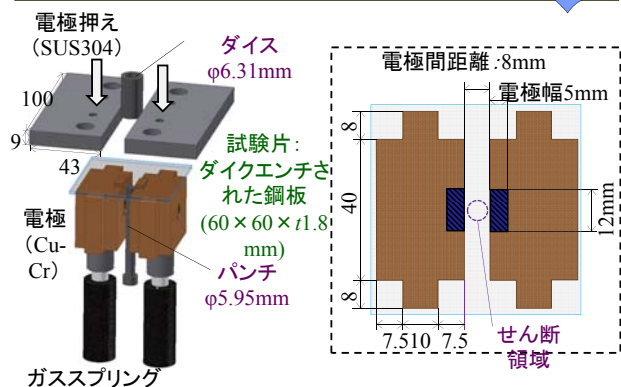
現行熱間プレス成形の問題点



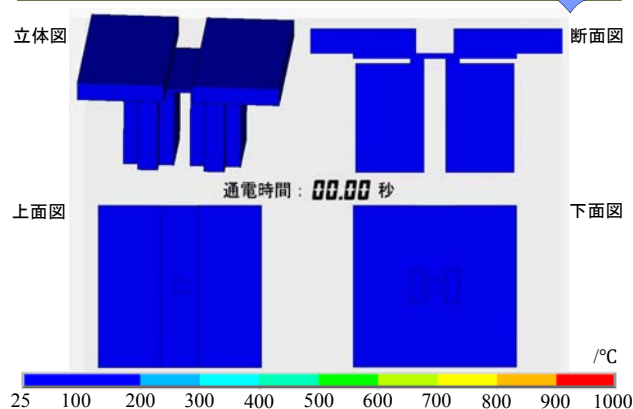
ホットスタンピング部材の穴抜き加工



穴抜き加工用工具



部分通電加熱温度分布シミュレーション

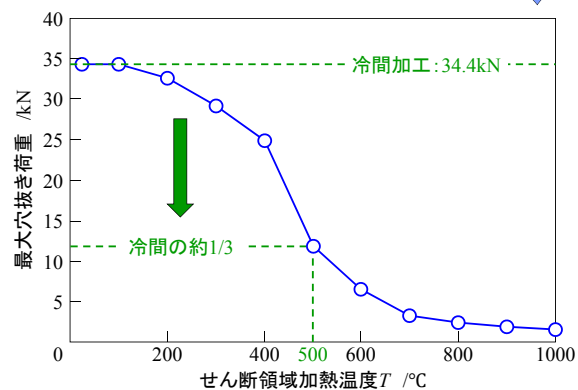


部分通電加熱小穴抜き加工

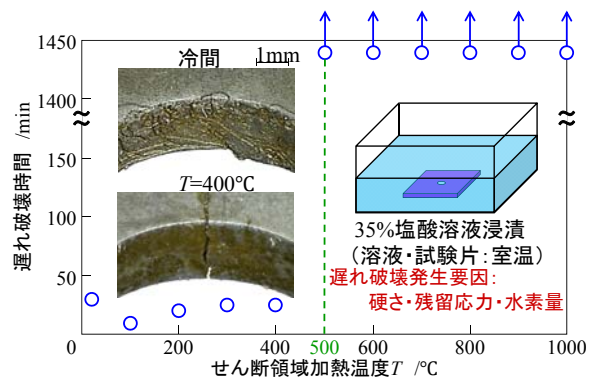
電極を試験片へ加圧 → 加工領域付近加熱 → 小穴抜き加工



部分通電加熱小穴抜き加工荷重



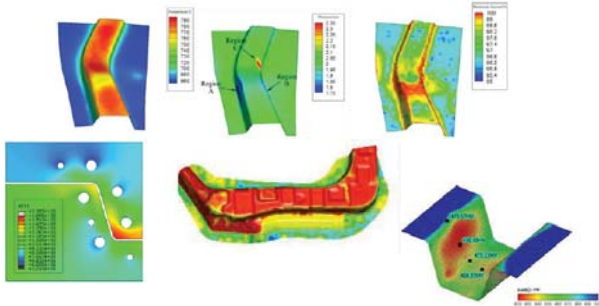
遅れ破壊加速実験



1. ホットスタンピング
2. 材料、酸化防止
3. 加熱
4. プレス成形
5. ダイクエンチ
6. 後加工
7. シミュレーション
8. 応用範囲

有限要素シミュレーション

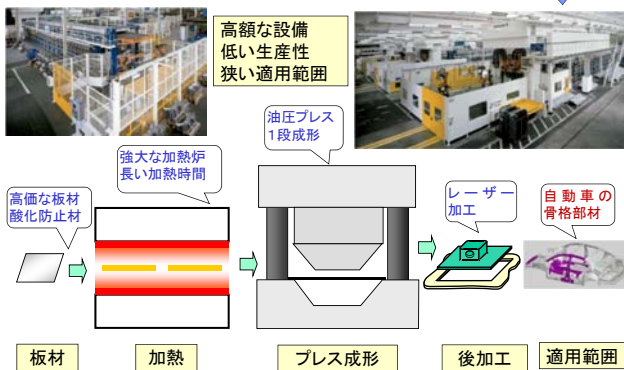
変形, 温度, 組織変化



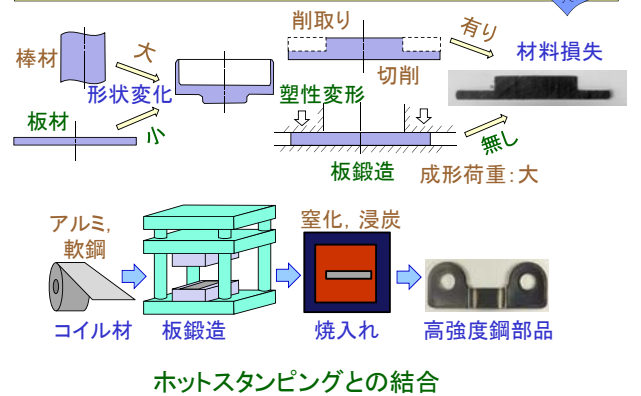
材料特性の測定が困難

1. ホットスタンピング
2. 材料, 酸化防止
3. 加熱
4. プレス成形,
5. ダイクエンチ
6. 後加工
7. シミュレーション
8. 応用範囲

現行熱間プレス成形の問題点

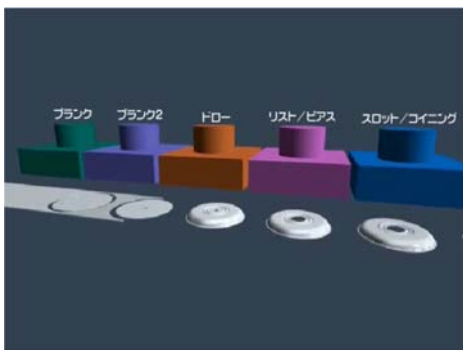


高強度鋼部品の板鍛造



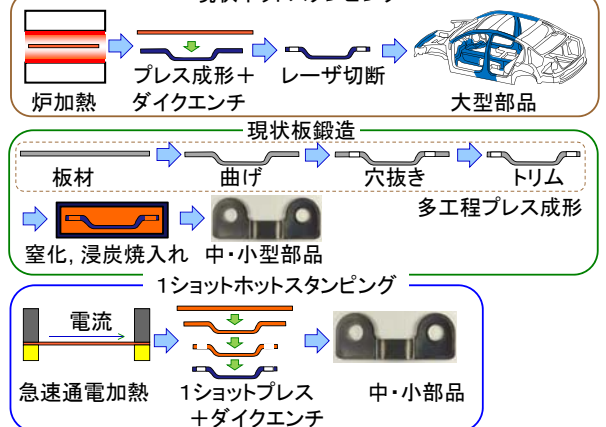
ホットスタンピングとの結合

1ショットスタンピング

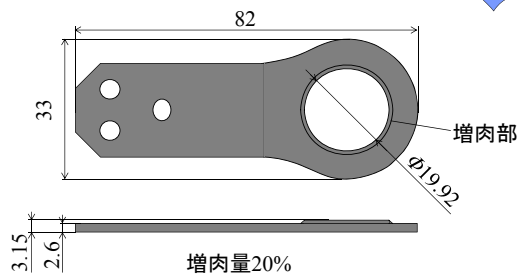


ユタカ技研HPより

現状ホットスタンピング

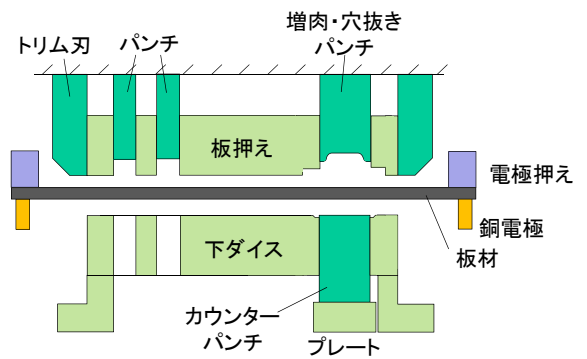


自動車用シート部品寸法

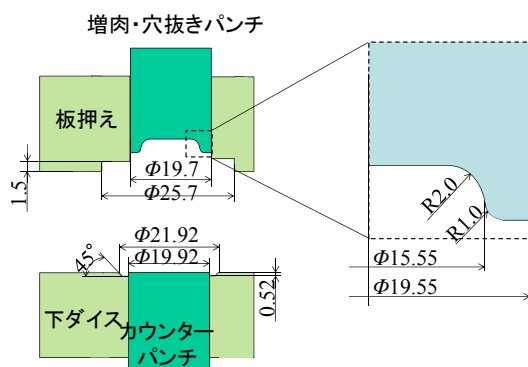


材質	寸法 /mm
スミクエンチ	$140^L \times 54^W \times 2.6^t$

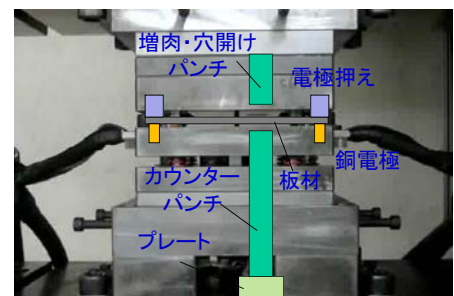
局部増肉1ショットホットスタンピング



局部増肉1ショットホットスタンピング金型



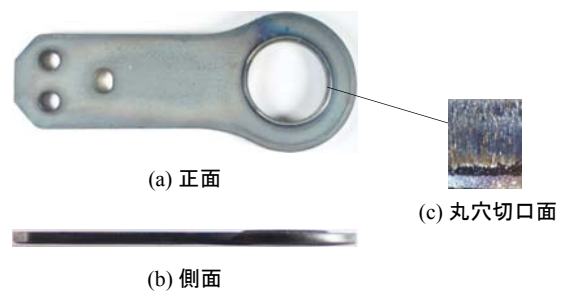
1ショットホットスタンピング



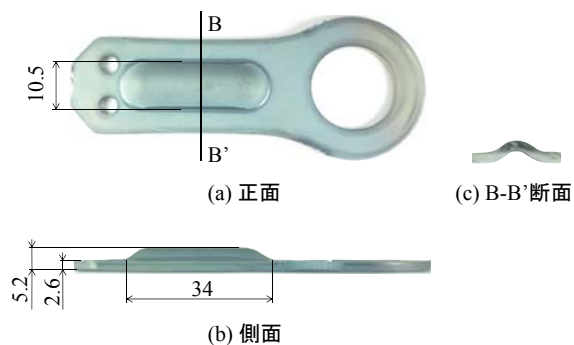
1ショットホットスタンピング



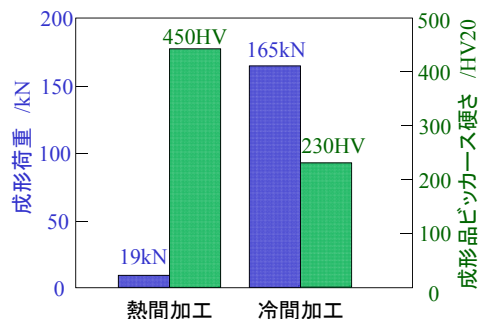
1ショットホットスタンピングされた自動車用シート部品



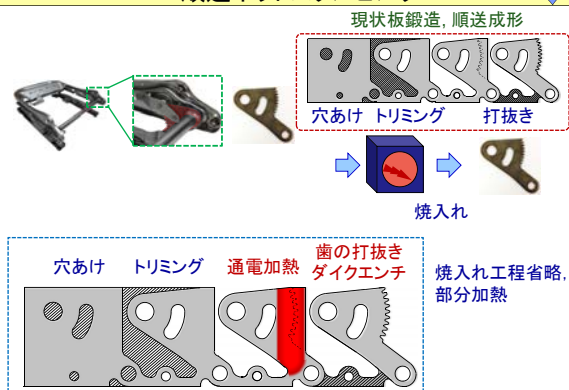
ホットスタンピングによるビード加工 をされた自動車シート用部品



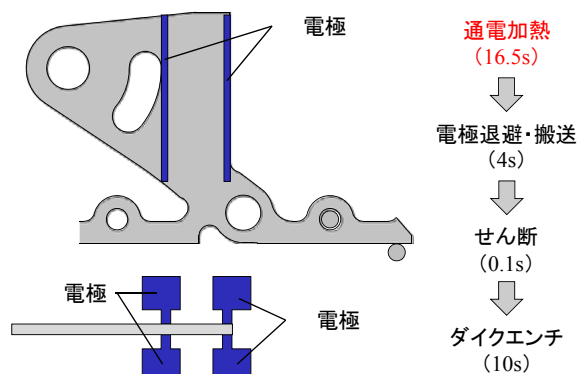
ビード部の成形荷重とビッカース硬さ



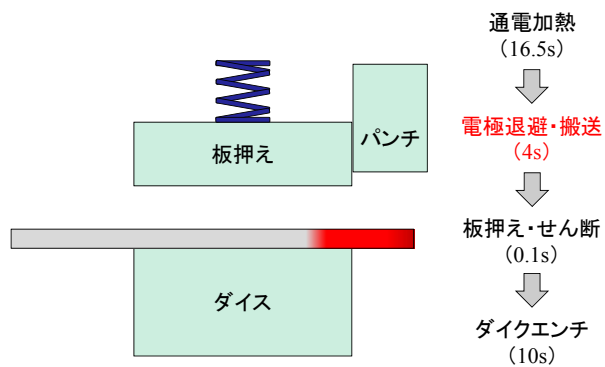
部分通電加熱を用いたギア部品の 順送ホットスタンピング



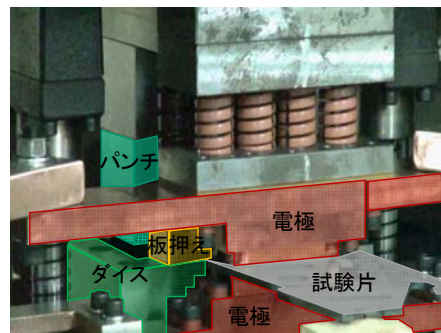
部分通電加熱打抜き



局部通電加熱打抜き



局部通電加熱打抜き



成形品

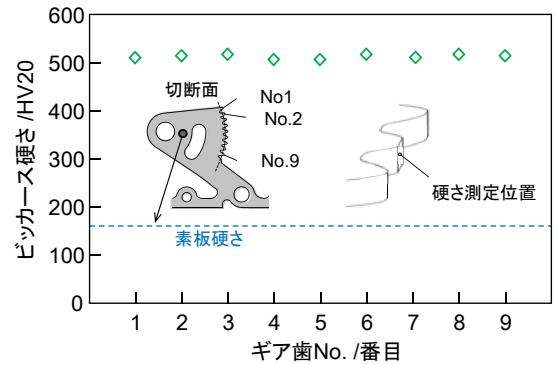


(a) 正面



(b) ギア部

ギア歯先端部の硬さ測定結果



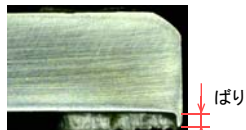
ギア歯先圧縮を用いたギア部品



(a) 正面図



(b) ギア図

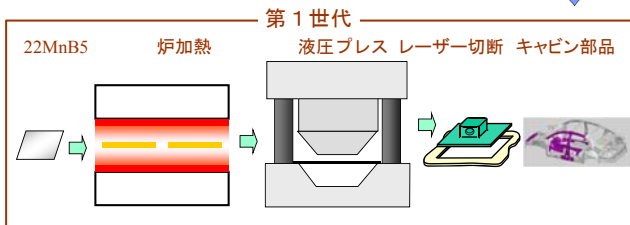


(c) ギア歯先断面

1ショットホットスタンピングの特徴

	現状ホットスタンピング	板鍛造	1ショットホットスタンピング
部品サイズ	大型	小型	中・小型
生産性	低	中（焼入れを含む）	高
レーザ切断	有	無	無
設備	大型	中型	小型
成形荷重	小	大	小
成形工程数	1工程	多工程	1-2工程
焼入れ工程	無	有	無
肉厚変化	小	小	大

現状のホットスタンピング



第2世代

スマートホットスタンピングの開発

通電加熱+サーボプレス

- コンパクトな装置
- 低コスト
- 高生産性

課題: 矩形板材, 安定加熱, 加熱と成形サイクル, 金型, 冷却, 潤滑, 後加工, 強度と遅れ破壊, 酸化防止, チタン, アルミニウム