

超高強度鋼部材の ホットスタンピングの研究開発動向



豊橋技術科学大学 森謙一郎

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

100kg軽量:1km/l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)

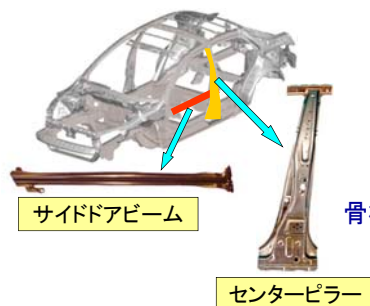


1. ホットスタンピング
2. 材料, 酸化防止
3. 加熱
4. プレス成形
5. ダイクエンチ

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



サイドドアビーム

骨格部材:36%

センターピラー

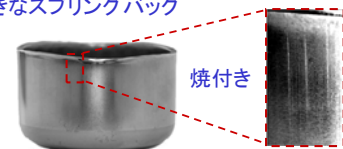
高張力鋼板の冷間成形における スプリングバック及び低い成形性



大きなスプリングバック



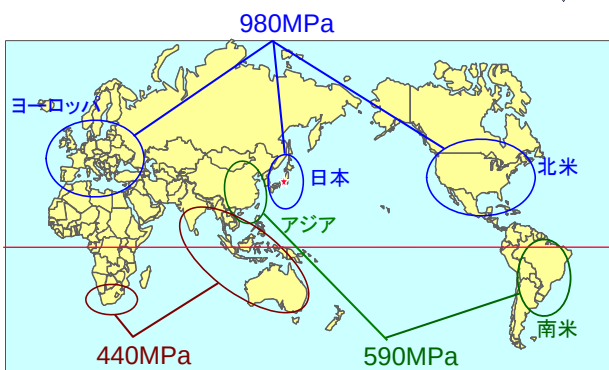
低い延性



焼付き

1.2GPa以上の冷間プレスは困難

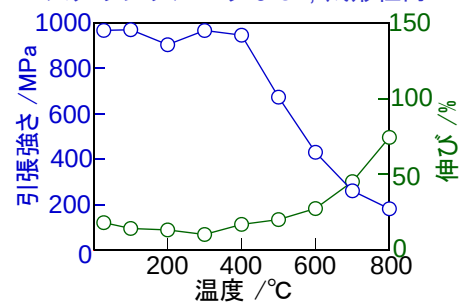
高張力鋼板の供給地域



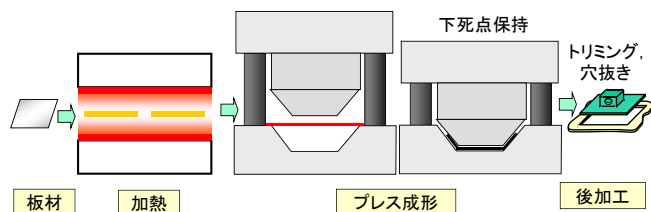
超高張力鋼板の高温引張特性



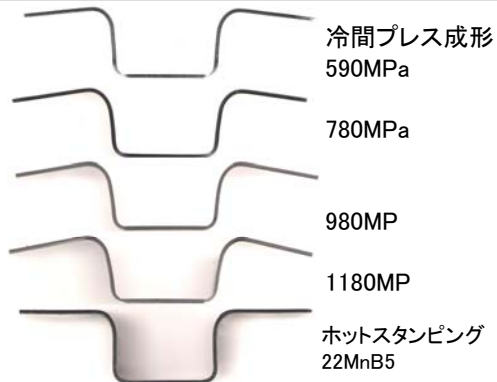
ホットスタンピング: 成形荷重低下,
スプリングバックなし, 成形性向上



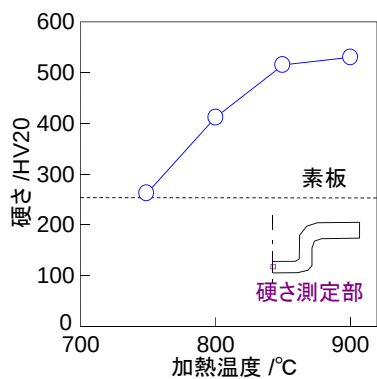
ホットスタンピング



板厚1.2mmにおけるフォーム成形の スプリングバック

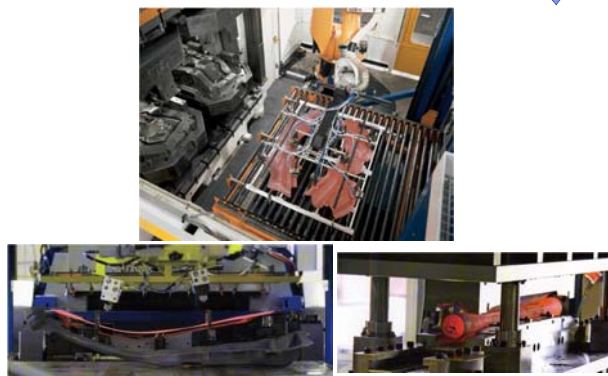


ホットスタンピングにおける ダイクエンチによる硬さの上昇



金型急冷
による焼
入れ、
1.5GPa級

AP&T社のホットスタンピング

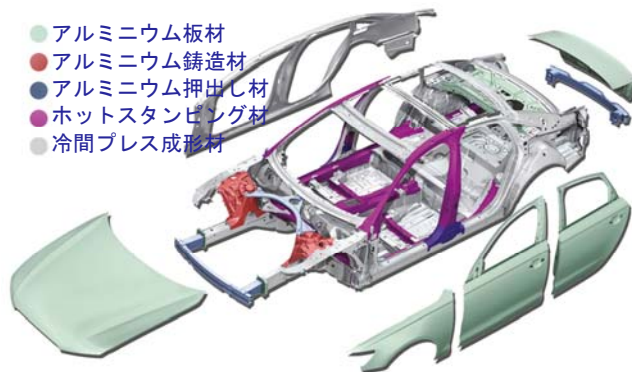


フォルクスワーゲン, パサート

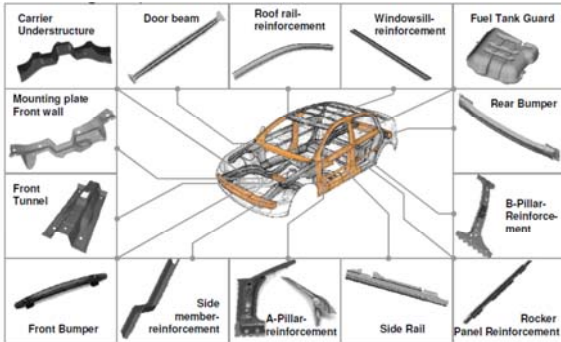


フォルクスワーゲン パサート, 骨格
部材の16%が熱間プレス成形

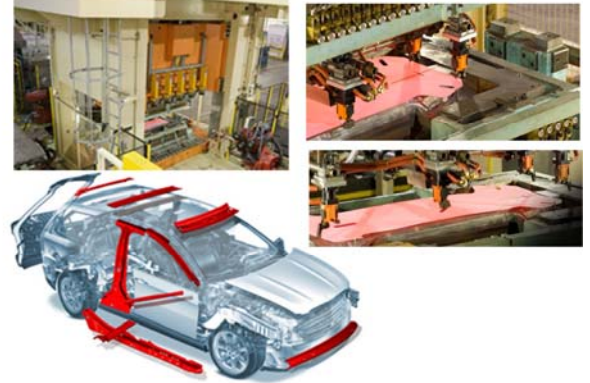
Audi A7 Sportback



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



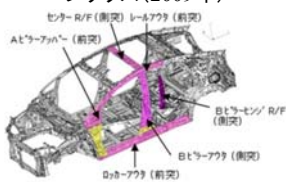
カナダ マグナ社における ホットスタンピング成形品



トヨタにおけるホットスタンピングの適用



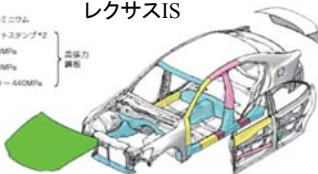
プリウス(2009年)



Hot Stamp材
980MPa材
590MPa材

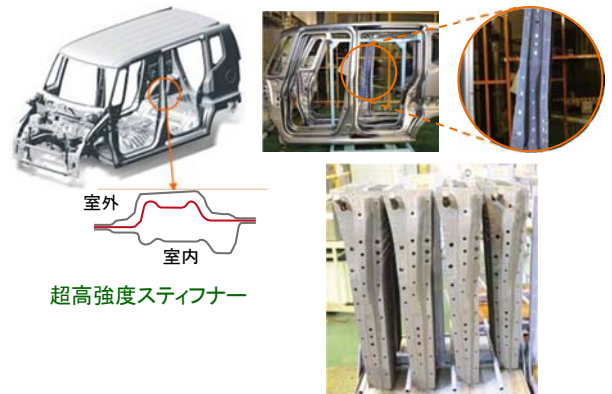
アルミニウム
ホットスタンピング材
980MPa
590MPa
540 ~ 640MPa

レクサスIS



通電加熱2013年11月
7日刊自動車新聞:トヨタが通電加熱を使用

ホンダ N BOXのセンターピラー

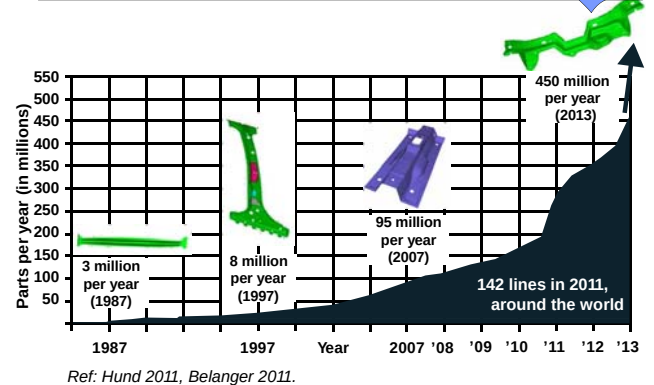


日本におけるホットスタンピング成形品

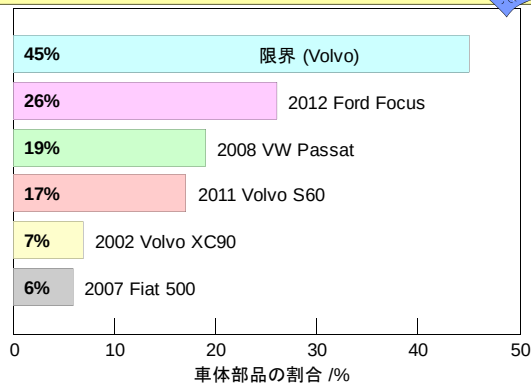


豊田鉄工, ユニプレス, ワイテック,
東プレ, ジーテクト

ホットスタンピング成形品の生産量

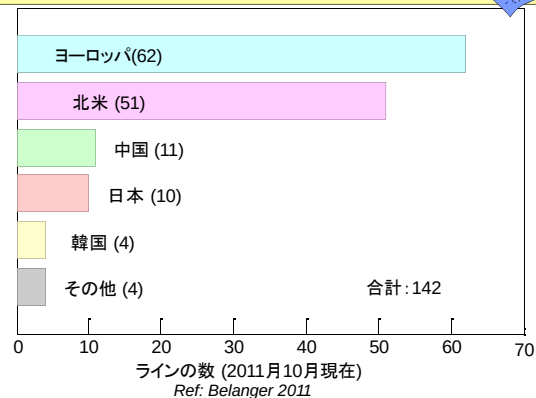


ホットスタンピング成形品の割合



Ref: Holzkamp 2011, Hover 2011, Lucia 2011, Wästlund 2011.

ホットスタンピングラインの数



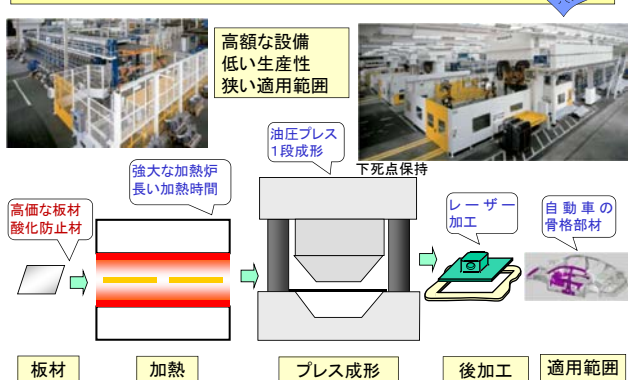
Ref: Belanger 2011

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
- 材料, 酸化防止
- 加熱
- プレス成形
- ダイクエンチ

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

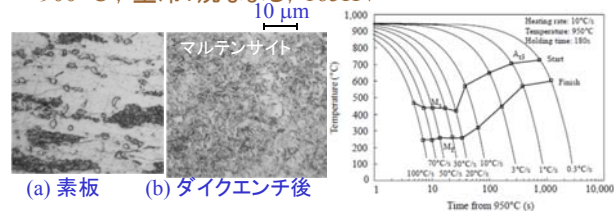
マンガンボロン鋼 22MnB5

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



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

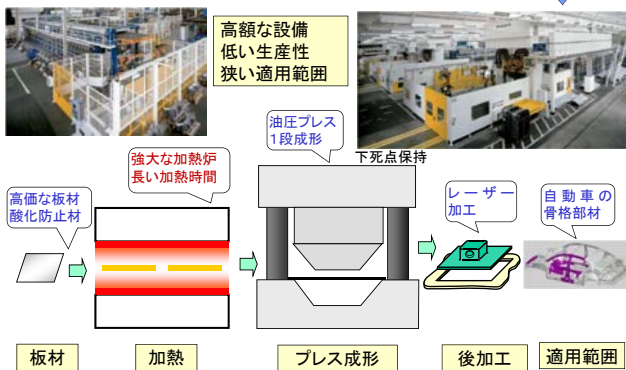


酸化防止なし

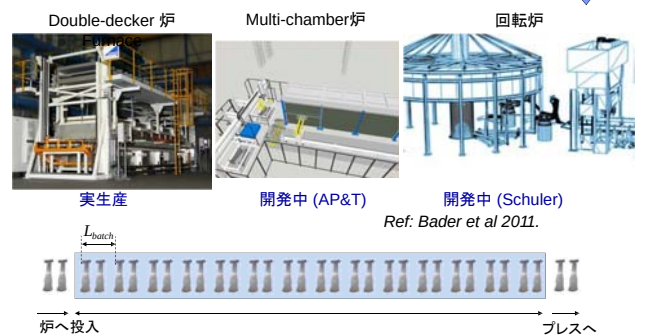
1. ホットスタンピング
2. 材料, 酸化防止
3. 加熱
4. プレス成形
5. ダイクエンチ



現行熱間プレス成形の問題点



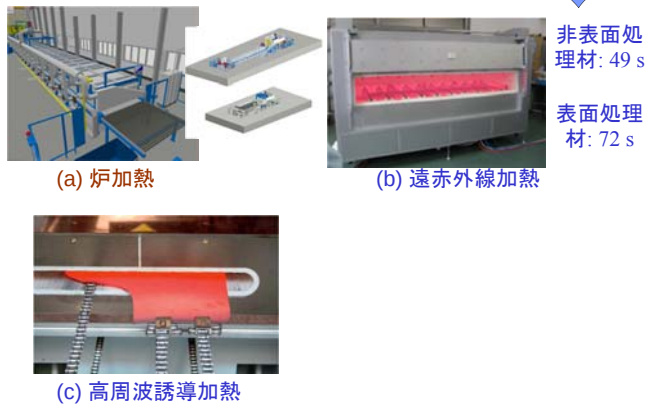
加熱炉



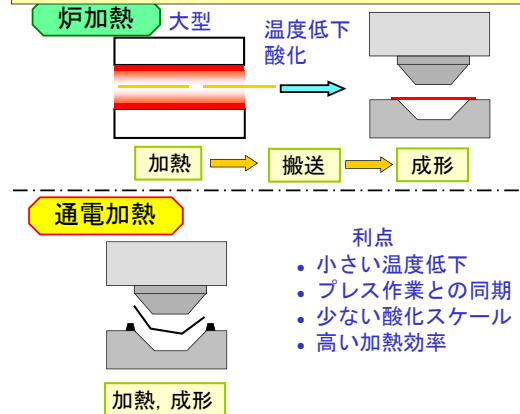
$$\frac{t_{\text{heating}}}{t_{\text{cycle}}} L_{\text{batch}} = \frac{330 \text{ sec}}{20 \text{ sec}} \times 1.6 \text{ m} \approx 26.4 \text{ m}$$

Ref: Eriksson 2010.

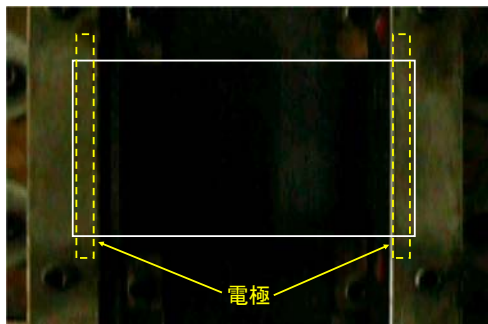
加熱炉



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

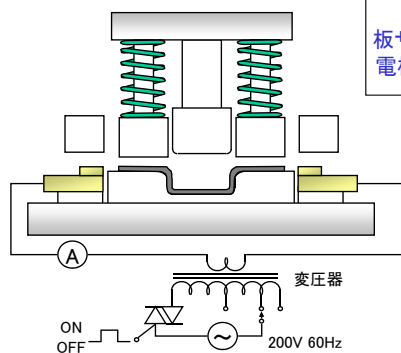
通電電源

サーボプレス

通電加熱ハット曲げ成形装置

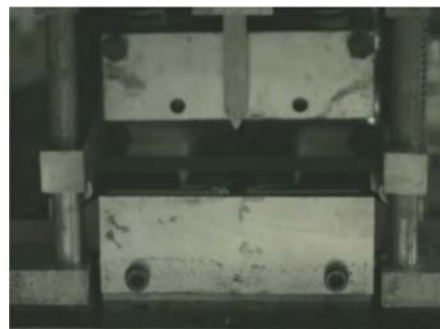
実験条件

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℃における通電加熱ハット曲げ成形



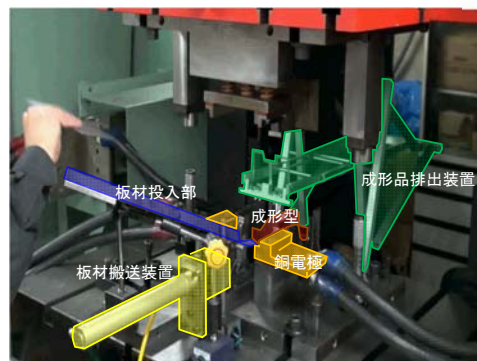
980℃における通電加熱ハット曲げ成形



(a) 高温炉加熱

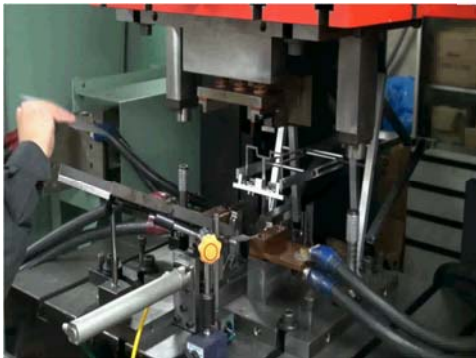
(b) 通電加熱

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

連続通電加熱ホットスタンピング



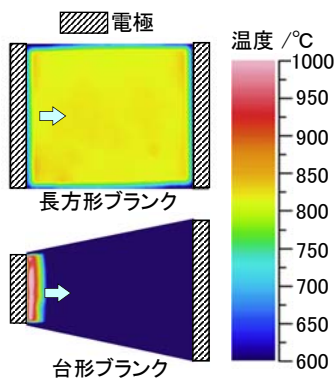
板材搬送 → 通電加熱、成形+ダイクエンチ → 材料取出し

ホットスタンピング装置の実用化

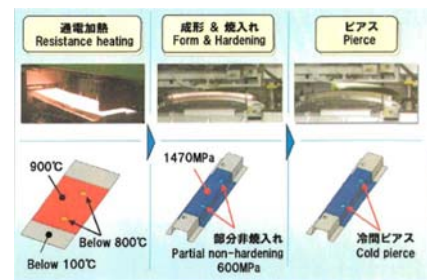


プレス機械メーカーとの共同開発: (株)アミノ

矩形板材に応用が限定



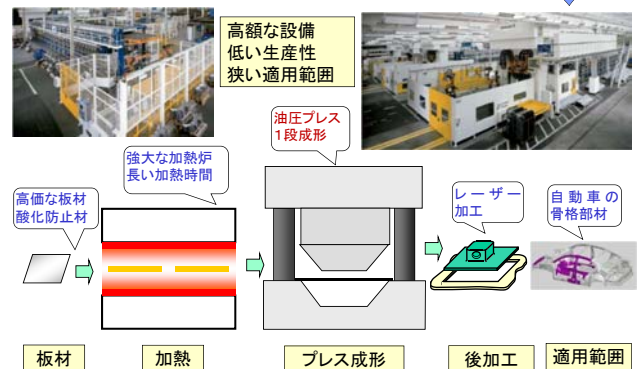
アステアにおける通電加熱ホットスタンピングの適用



局部昇温抑制通電加熱

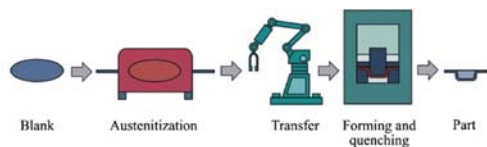
1. ホットスタンピング
2. 材料、酸化防止
3. 加熱
4. プレス成形
5. ダイクエンチ

現行熱間プレス成形の問題点

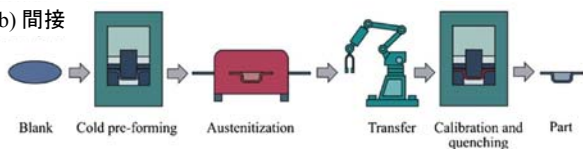


直接と間接ホットスタンピング

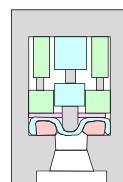
(a) 直接



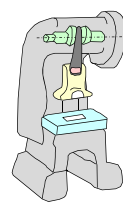
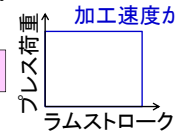
(b) 間接



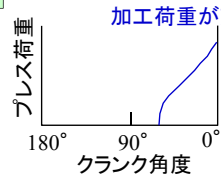
油圧式と機械式プレス



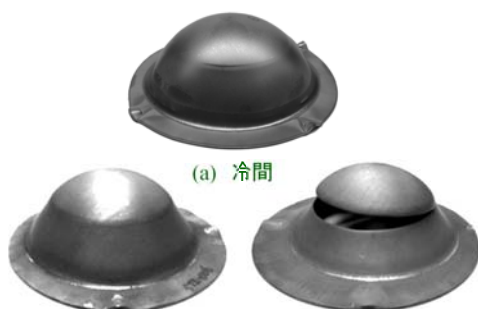
加工荷重が大きい
騒音、振動が小さい
加工速度が低い



加工荷重が小さい
加工速度、生産性が高い
加工荷重が変化する



ホットスタンピングにおける成形速度の影響

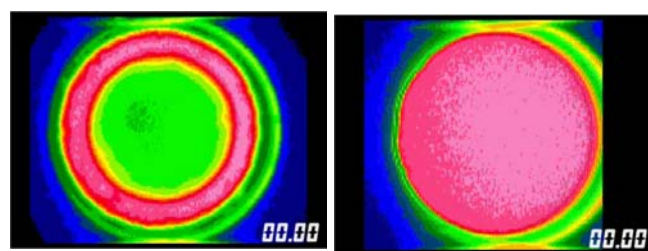


(b) 熱間, 149 mm/s

(c) 熱間, 26 mm/s

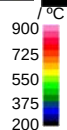
サーボプレスによる高速成形

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



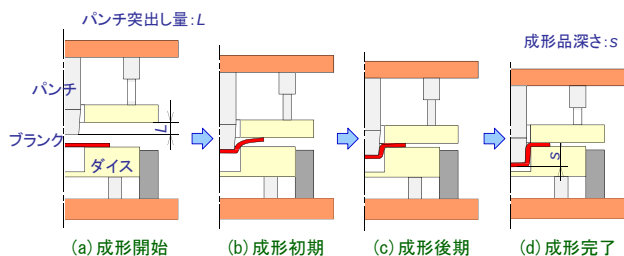
(a) 149 mm/s

(b) 26 mm/s

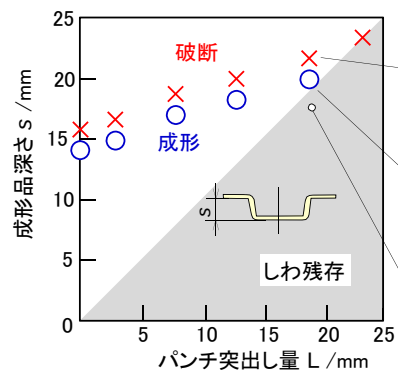


メカニカルサーボプレス

遅れ板押えによる成形性向上方法



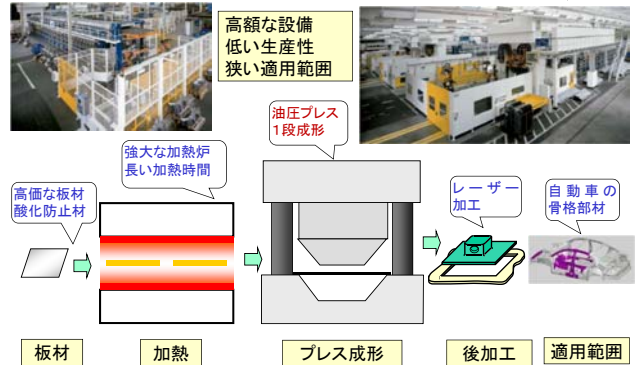
成形性に及ぼすパンチ突出し量の影響



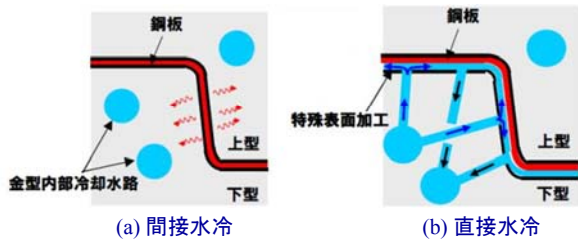


1. ホットスタンピング
2. 材料，酸化防止
3. 加熱
4. プレス成形
5. ダイクエンチ

現行熱間プレス成形の問題点

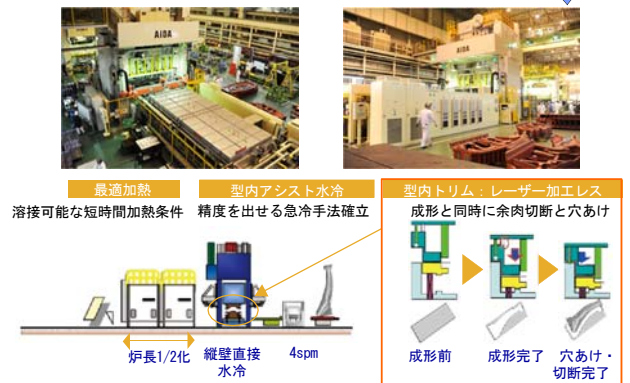


ユニプレスにおける板材の直接水冷

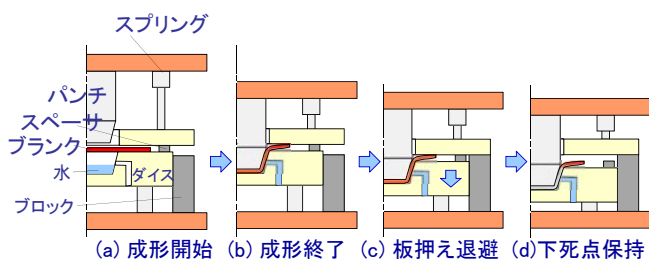


直接水冷によって下死点保持時間を減らせる

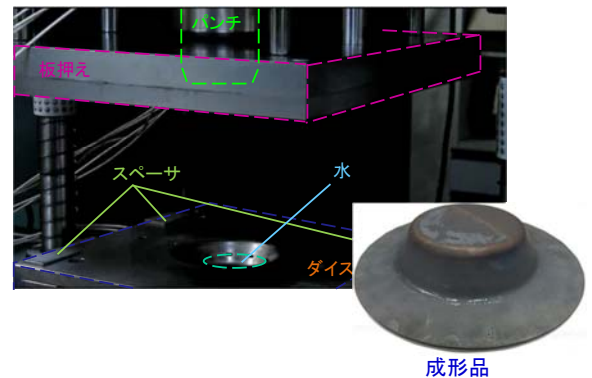
ホンダにおけるサーボプレス利用



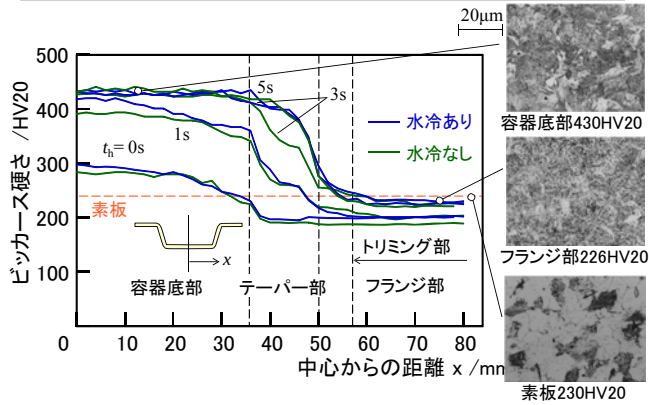
直接水冷と板押え退避によるダイクエンチ性向上とフランジ部焼入れ防止



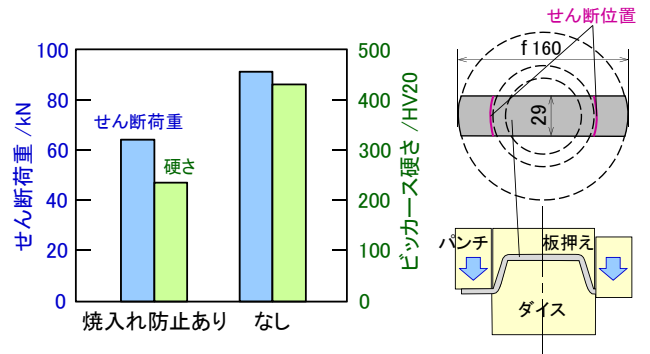
水冷を用いたホットスタンピング



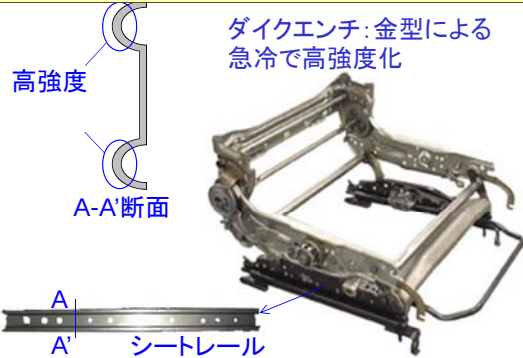
下死点保持時間を変化させた時の 半径方向ビッカース硬さ分布



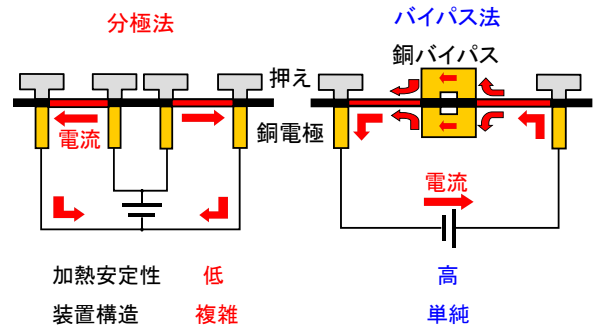
水冷あり, 下死点保持時間3sの焼入れ防止 ありとなしにおけるフランジ部のせん断荷重



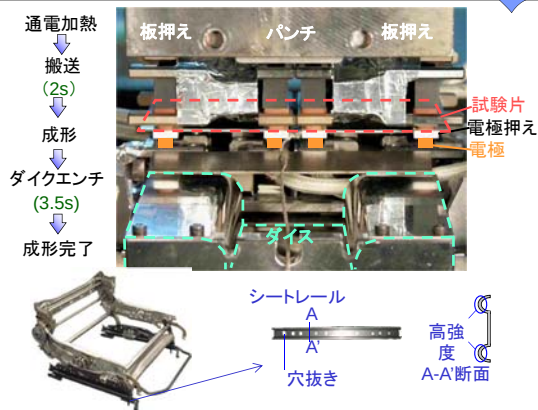
強度分布を有する成形品の テーラードダイクエンチ



局部通電加熱法



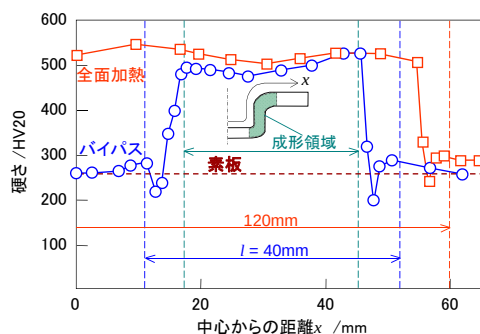
強度分布を持つ成形品



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

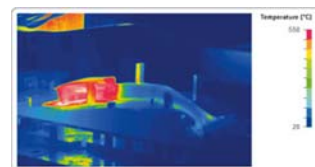
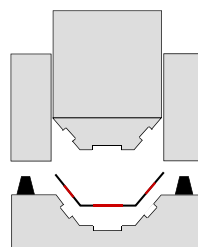


テーラードテンパリング



金型に溝を付ける

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

