

超高強度鋼部材の スマートホットスタンピング

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
電気自動車では非常に重要

軽量材料の成形

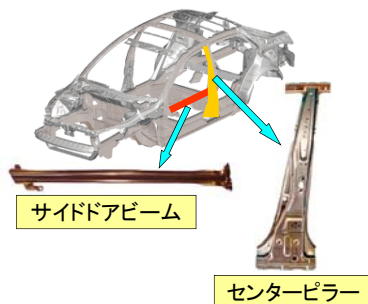
- 超高張力鋼板(7.8)
- アルミニウム(2.7), マグネ(1.8), チタン(4.5)



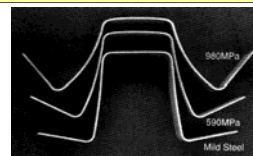
1. ホットスタンピング
2. 急速通電加熱
3. サーボプレスを使った高速ホットスタンピング
4. テーラードダイクエンチ
5. 温・熱間穴抜き加工
6. 温・熱間スプライン成形
7. 超高強度鋼中空部材のホットフォーミング
8. 1ショットホットスタンピング

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



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



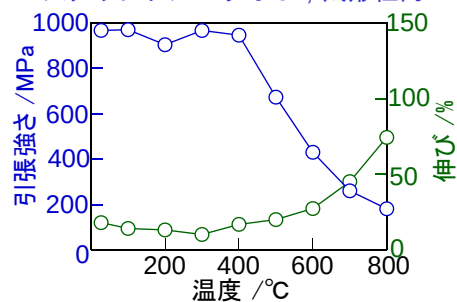
焼付き

1.2GPa以上の冷間プレスは困難

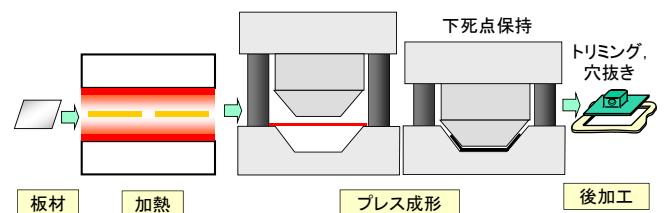


超高張力鋼板の高温引張特性

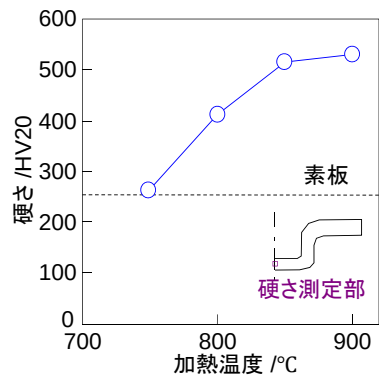
ホットスタンピング: 成形荷重低下,
スプリングバックなし, 成形性向上



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



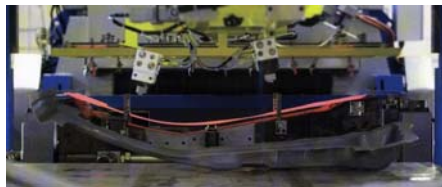
金型急冷
による焼
入れ、
1.5GPa級

硬さ測定部

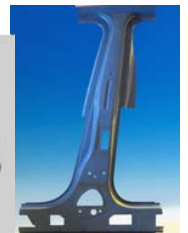
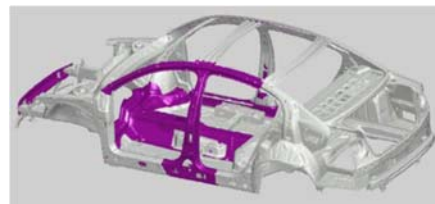
ホットスタンピング



ホットスタンピング



フォルクスワーゲン、パサート

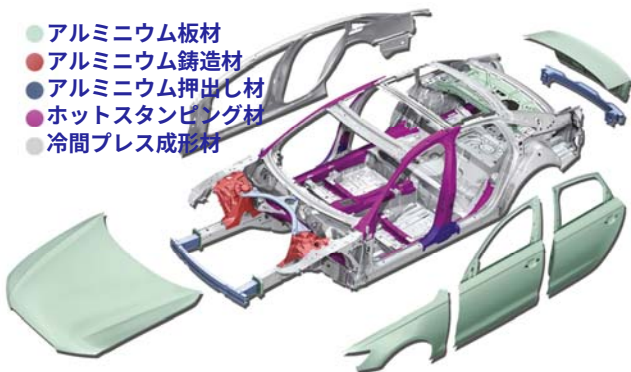


フォルクスワーゲン パサート、骨格
部材の16%が熱間プレス成形

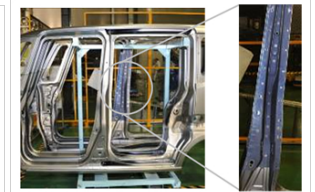
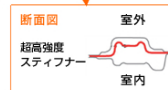
Audi A7 Sportback



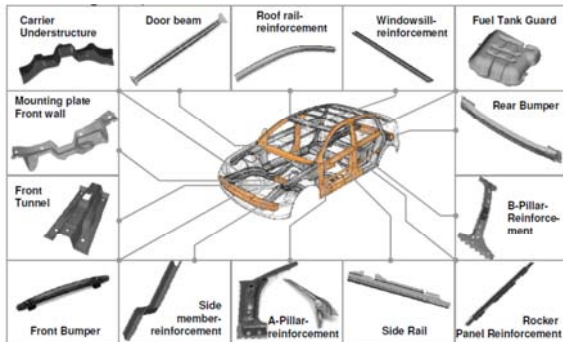
- アルミニウム板材
- アルミニウム鋳造材
- アルミニウム押出し材
- ホットスタンピング材
- 冷間プレス成形材



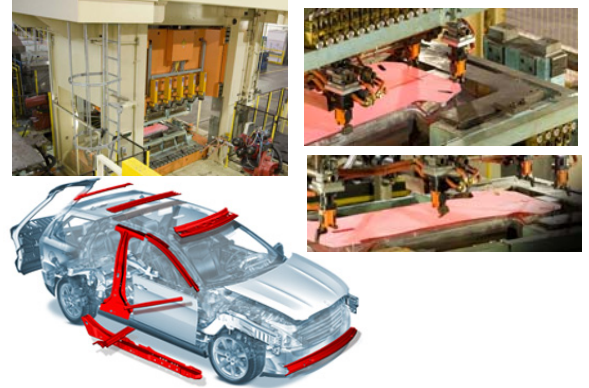
ホンダN BOXのセンターピラー



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



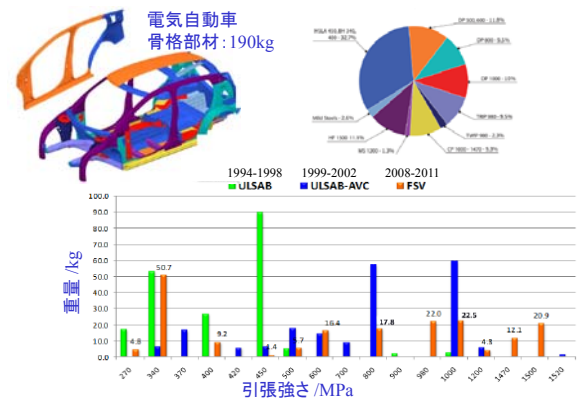
カナダ マグナ社における ホットスタンピング成形品



アイシン高丘における ホットスタンピング成形品



世界鉄鋼協会/自動車分科会 FSV (Future Steel Vehicle)次世代鋼製環境対応車



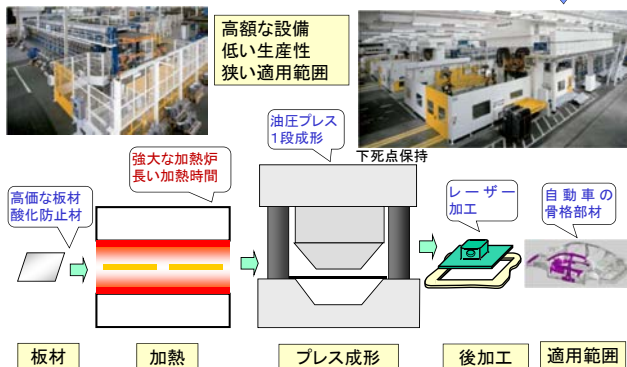
ホットスタンピングの長所



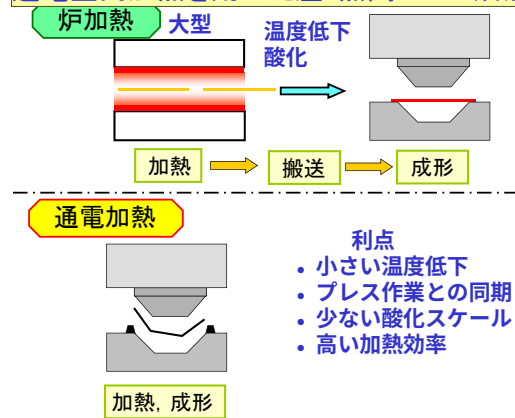
- 成形荷重低下
- スプリングバックなし
- 成形性増加
- 1.5GPa級成形品

- ホットスタンピング
- 急速通電加熱
- サーボプレスを使った高速ホットスタンピング
- テーラードダイクエンチ
- 温・熱間穴抜き加工
- 温・熱間スプライン成形
- 超高強度鋼中空部材のホットフォーミング
- 1ショットホットスタンピング

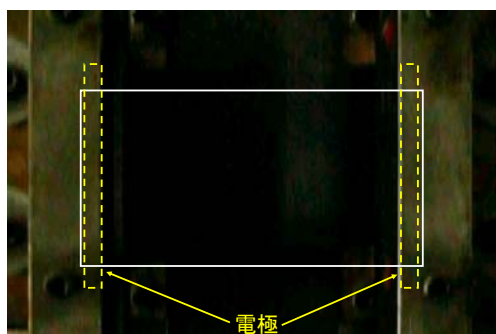
現行熱間プレス成形の問題点



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)

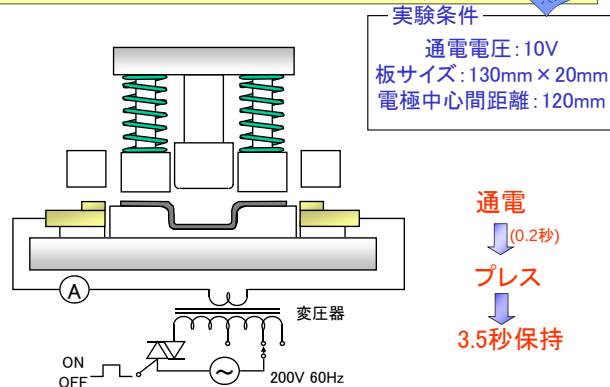


通電加熱とサーボプレスの連動

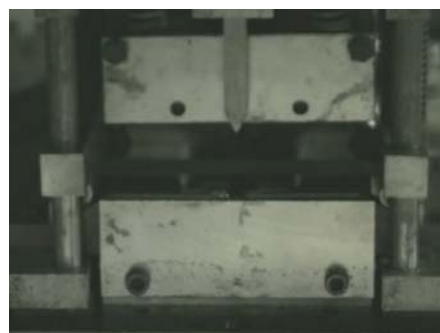
高速加熱・高速成形：
酸化防止
成形性の増加



通電加熱ハット曲げ成形装置



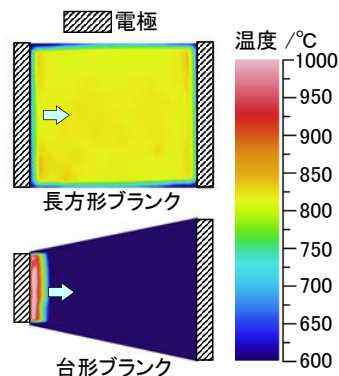
980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形



980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形

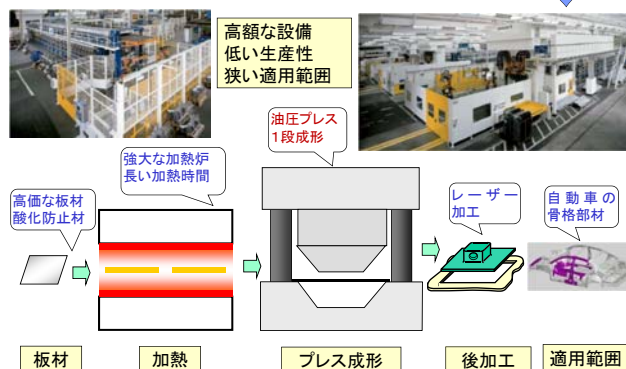


矩形板材に应用が限定

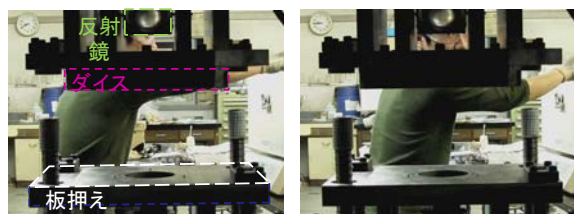


1. ホットスタンピング
2. 急速通電加熱
3. サーボプレスを使った高速ホットスタンピング
4. テーラードダイクエンチ
5. 温・熱間穴抜き加工
6. 温・熱間スプライン成形
7. 超高強度鋼中空部材のホットフォーミング
8. 1ショットホットスタンピング

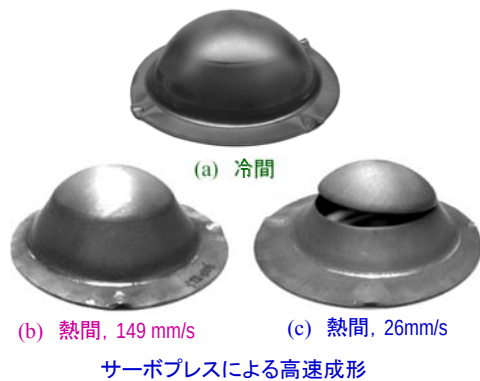
現行熱間プレス成形の問題点



熱間絞り成形における速度効果



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

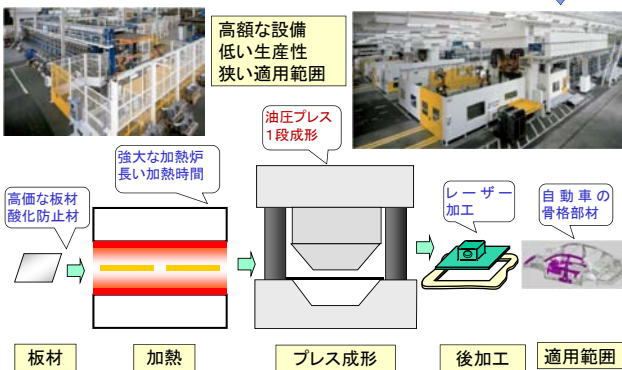


(b) 26 mm/s

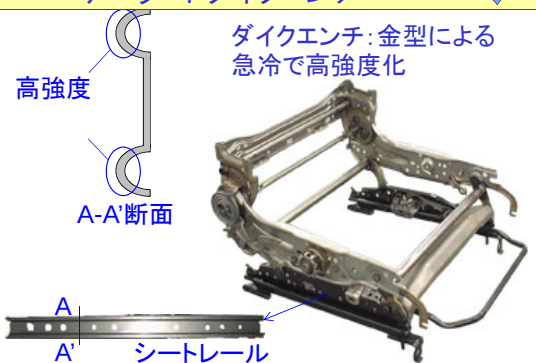
1. ホットスタンピング
2. 急速通電加熱
3. サーボプレスを使った高速ホットスタンピング
4. テーラードダイクエンチ
5. 温・熱間穴抜き加工
6. 温・熱間スプライン成形
7. 超高強度鋼中空部材のホットフォーミング
8. 1ショットホットスタンピング



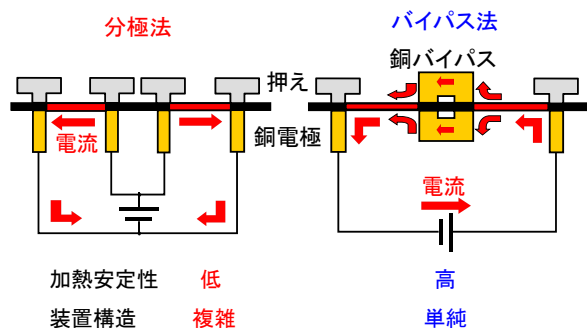
現行熱間プレス成形の問題点



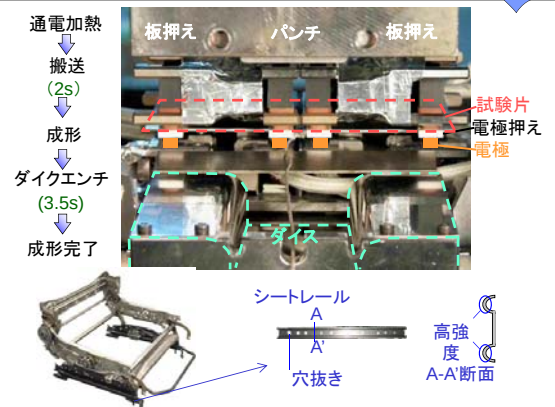
強度分布を有する成形品の テーラードダイクエンチ



局部通電加熱法



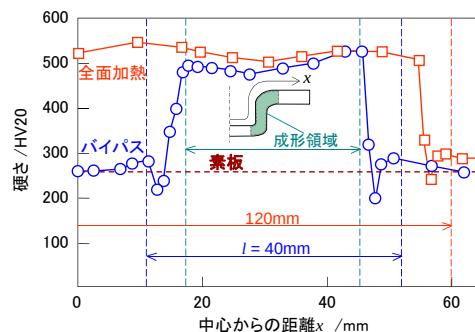
強度分布を持つ成形品



全面加熱と局部加熱ハット曲げ成形品



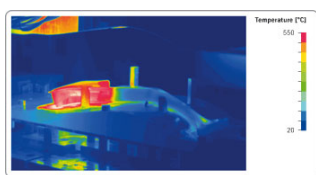
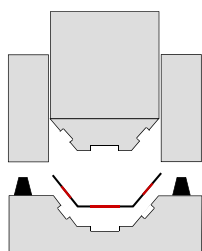
ハット曲げ成形品の長手方向硬さ分布



Tailored tempering

金型に溝を付ける

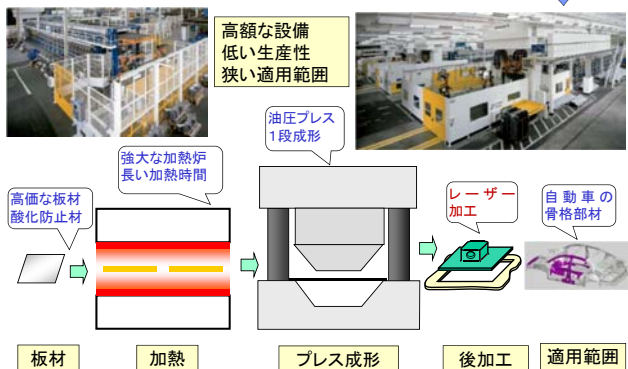
金型を加熱



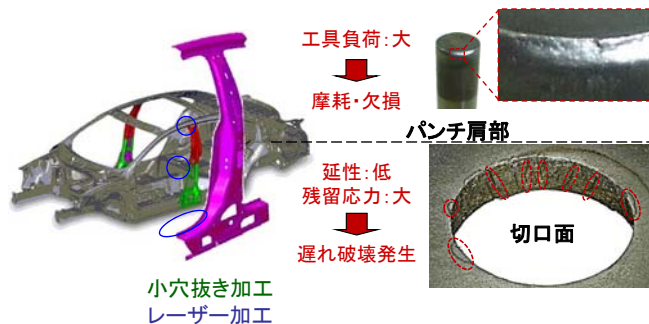
全体を加熱して一部だけを再加熱

1. ホットスタンピング
2. 急速通電加熱
3. サーボプレスを使った高速ホットスタンピング
4. テーラードダイクエンチ
5. 温・熱間穴抜き加工
6. 温・熱間スプライン成形
7. 超高強度鋼中空部材のホットフォーミング
8. 1ショットホットスタンピング

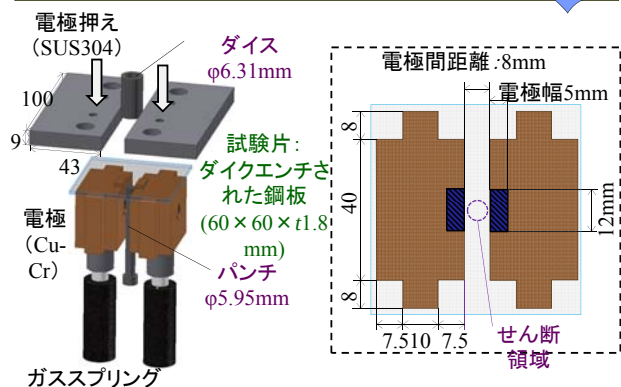
現行熱間プレス成形の問題点



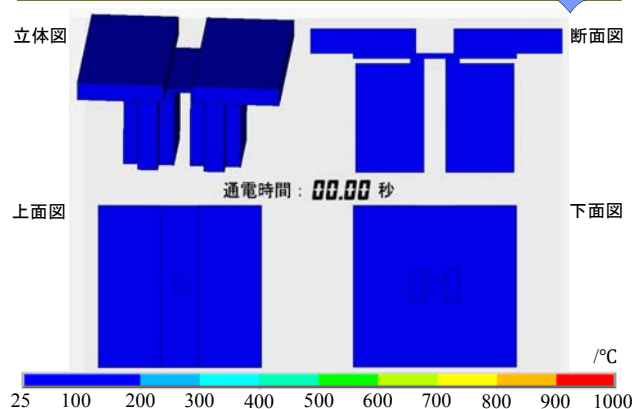
ホットスタンピング部材の穴抜き加工



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

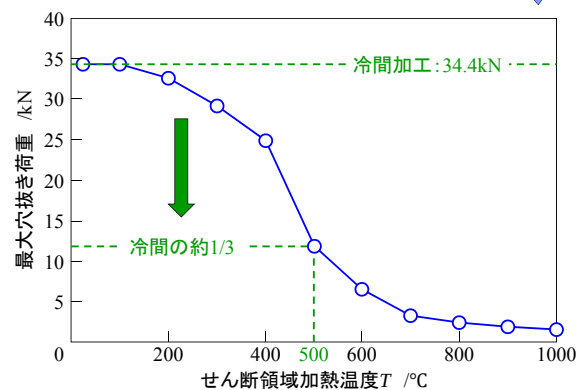


部分通電加熱小穴抜き加工

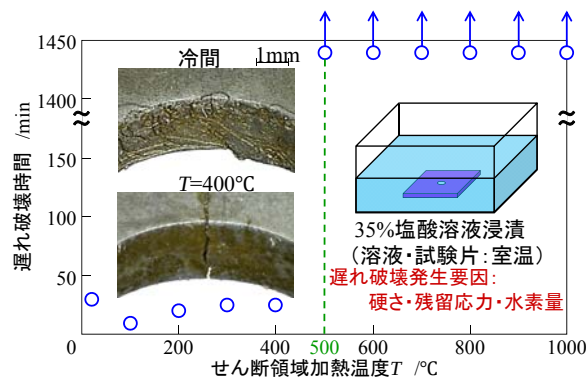
電極を試験片へ加圧 → 加工領域付近加熱 → 小穴抜き加工



部分通電加熱小穴抜き加工荷重



遅れ破壊加速実験

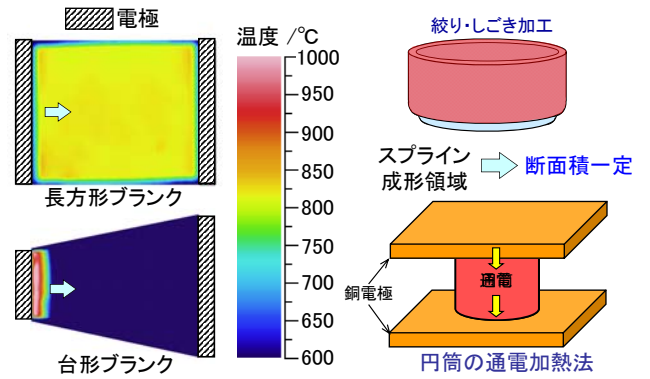


1. ホットスタンピング
2. 急速通電加熱
3. サーボプレスを使った高速ホットスタンピング
4. テーラードダイクエンチ
5. 温・熱間穴抜き加工
6. 温・熱間スプライン成形
7. 超高強度鋼中空部材のホットフォーミング
8. 1ショットホットスタンピング

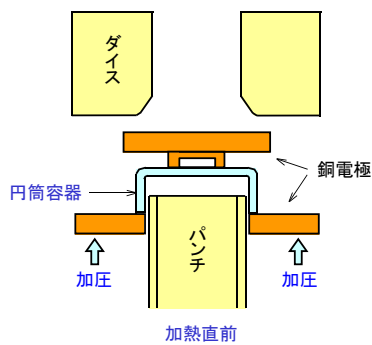
歯形ドラムの温・熱間スプライン成形



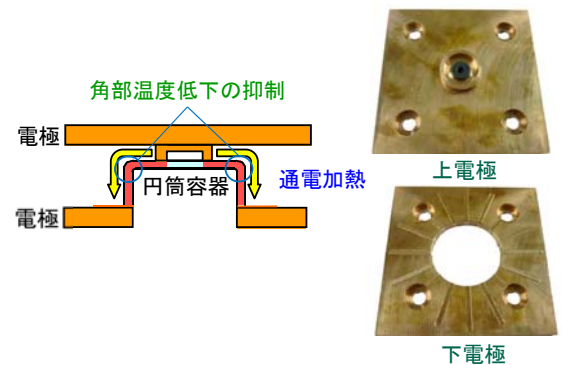
円筒端部からの給電による通電加熱



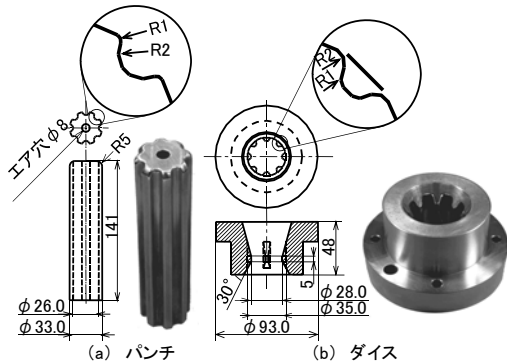
通電加熱を用いた成形プロセス



電極形状



スプライン成形実験に用いたパンチ・ダイス形状



通電加熱を用いたスプライン成形の様



成形された歯形ドラム



角部 中央部
角部: 630°C
中央部: 640°C



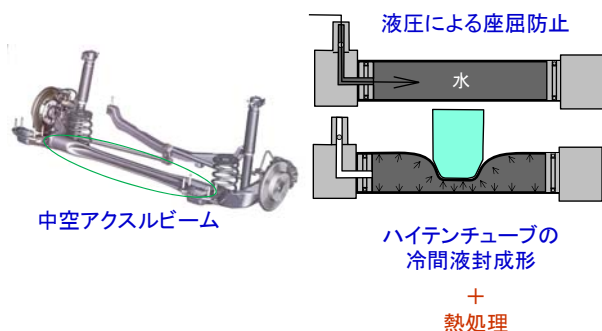
(a) 冷間成形

(b) 温間成形

1. ホットスタンピング
2. 急速通電加熱
3. サーボプレスを使った高速ホットスタンピング
4. テーラードダイクエンチ
5. 温・熱間穴抜き加工
6. 温・熱間スプライン成形
7. 超高強度鋼中空部材のホットフォーミング
8. ショットホットスタンピング



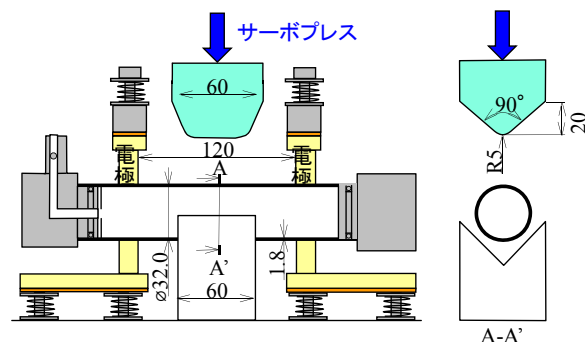
ホットチューブフォーミング



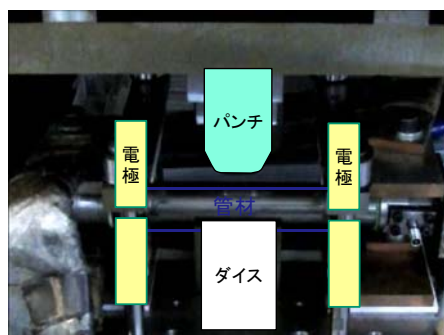
ホットチューブフォーミング



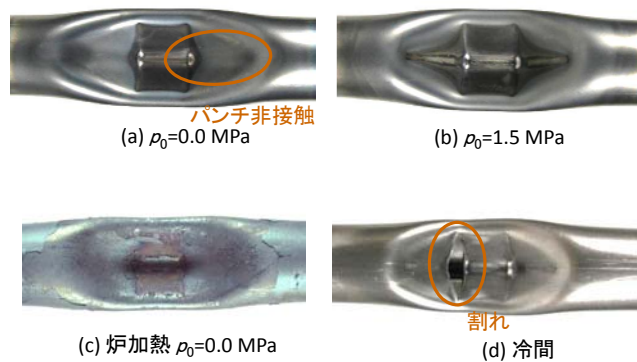
焼入れ用鋼管 直径32mm 肉厚1.8mm
(C:0.19%, Si:0.18%, Mn:1.28%, Cr:0.24%, B:0.0037%)



ホットチューブフォーミング

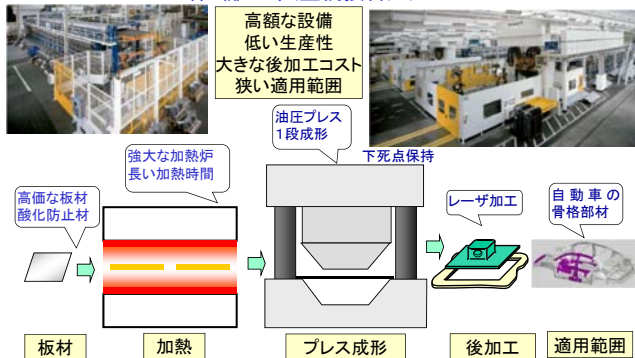


成形された管材



超高張力鋼部品の通電加熱 1ショットホットスタンピング

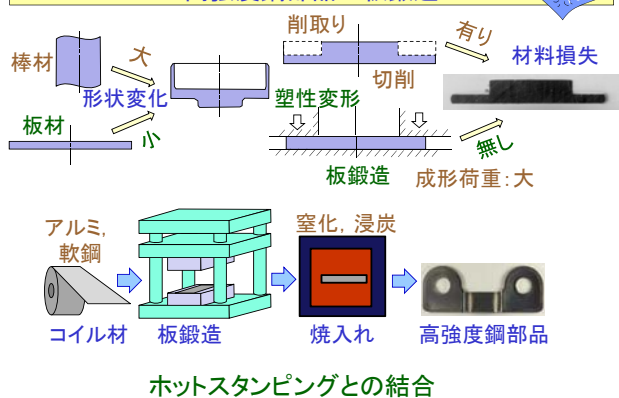
森 謙一郎(豊橋技科大)



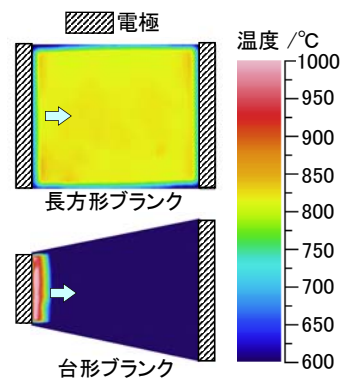
1) 1ショットホットスタンピング

- 2) せん断とダイクエンチの一体化
- 3) 成形, せん断, ダイクエンチの一体化
- 4) 局部増肉
- 5) 抜残しせん断

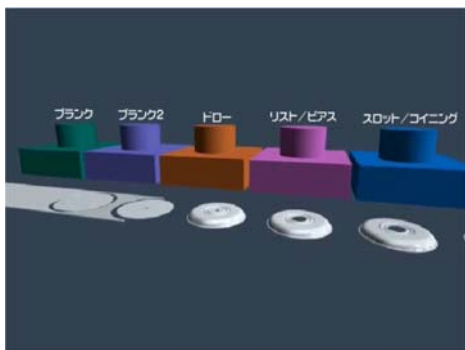
高強度鋼部品の板鍛造



矩形板材に应用が限定

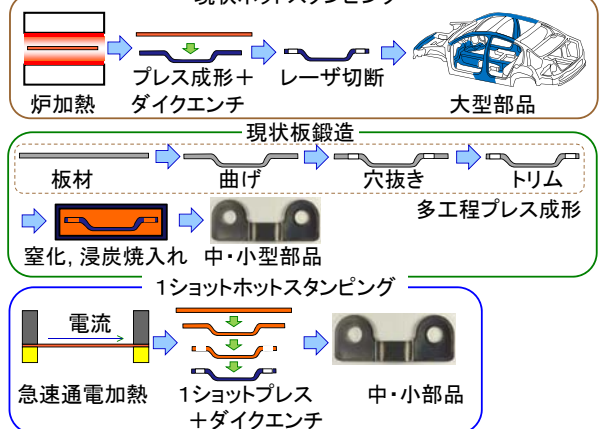


1ショットスタンピング



ユタカ技研HPより

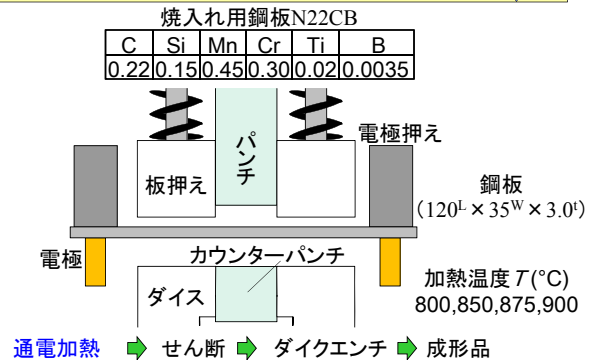
現状ホットスタンピング



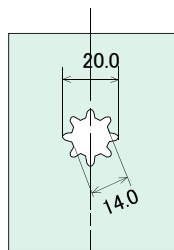
- 1) 1ショットホットスタンピング
- 2) **せん断とダイクエンチの一体化**
- 3) 成形, せん断, ダイクエンチの一体化
- 4) 局部増肉
- 5) 抜残しせん断



せん断・ダイクエンチを 一体化した歯車のホットスタンピング



歯車の1ショットホットスタンピング金型

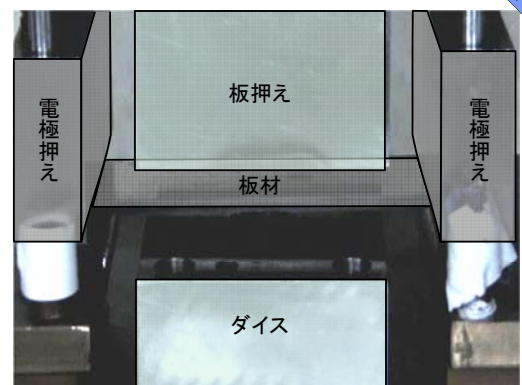


(a)ダイス

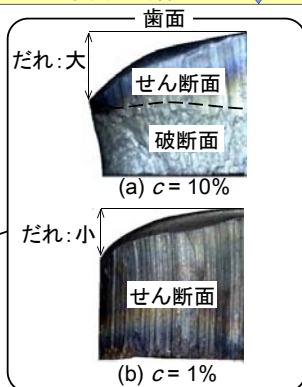
クリアランス比 c
1, 10

(b)パンチ

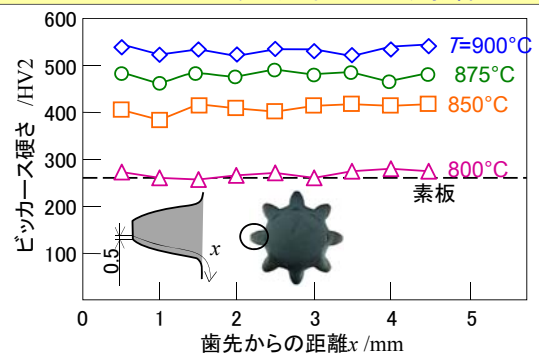
1ショットホットスタンピング



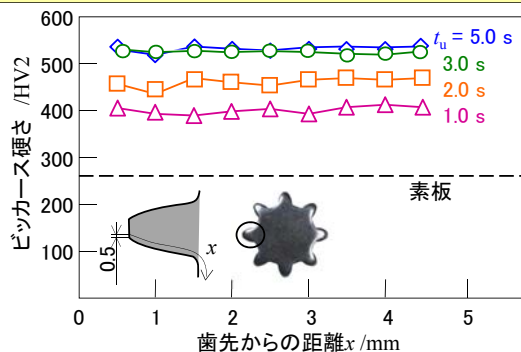
$T=900^{\circ}\text{C}$, $t=3.0\text{s}$ における1ショットホットスタンピング加工された超高張力鋼ギア



$t=3.0\text{s}$ における加熱温度がダイクエンチ後のビッカース硬さ分布に及ぼす影響

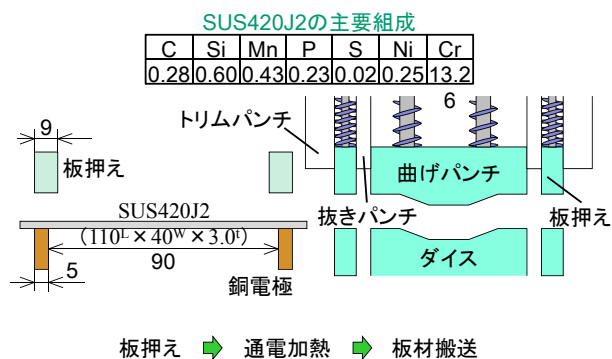


下死点保持時間がダイクエンチ後のビッカース硬さ分布に及ぼす影響($T=900^{\circ}\text{C}$)

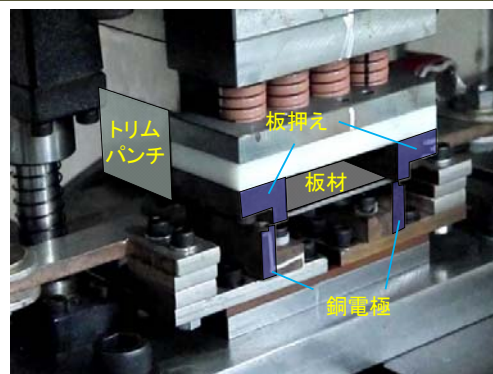


- 1) 1ショットホットスタンピング
- 2) せん断とダイクエンチの一体化
- 3) 成形, せん断, ダイクエンチの一体化
- 4) 局部増肉
- 5) 抜残しせん断

成形・せん断・ダイクエンチを一体化したエンジン取付部品のホットスタンピング



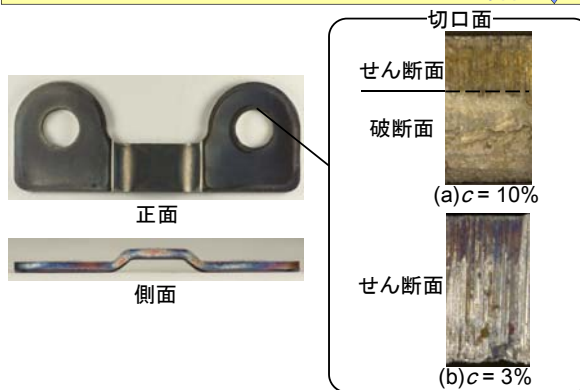
1ショットホットスタンピング



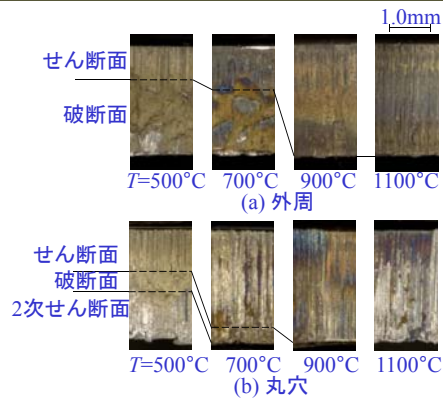
1ショットホットスタンピング



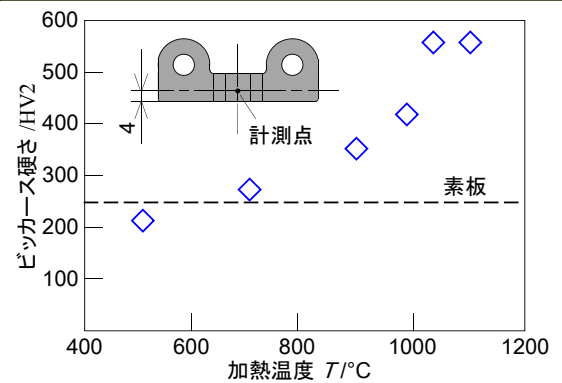
$T=1100^{\circ}\text{C}$ における1ショットホットスタンピング加工されたエンジン取付部品



各種加熱温度における
エンジン取付部品の切り口面

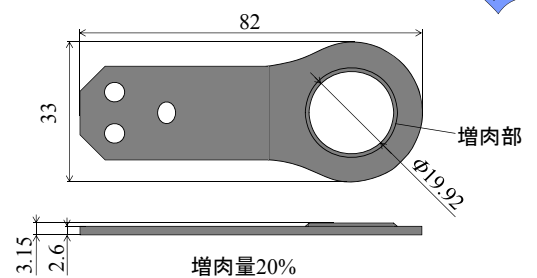


$t = 3.0\text{s}$ における成形品中央部の
ビッカース硬さと加熱温度の関係



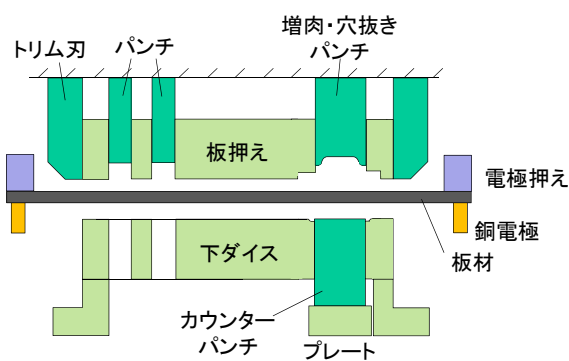
- 1) 1ショットホットスタンピング
- 2) せん断とダイクエンチの一体化
- 3) 成形, せん断, ダイクエンチの一体化
- 4) 局部増肉
- 5) 抜残しせん断

自動車用シート部品寸法

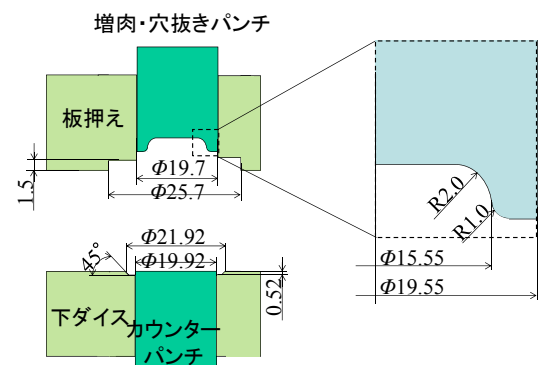


材質	寸法 /mm
スミクエンチ	$140^L \times 54^W \times 2.6^t$

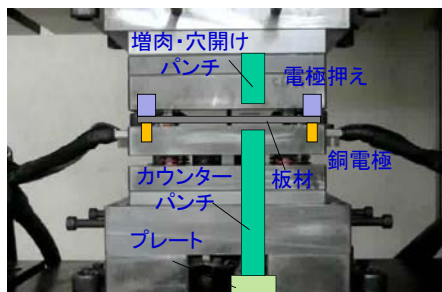
局部増肉1ショットホットスタンピング



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



(a) 正面

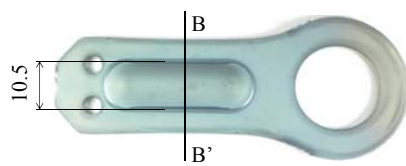


(b) 側面



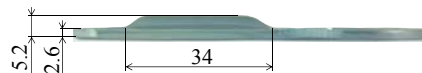
(c) 丸穴切口面

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



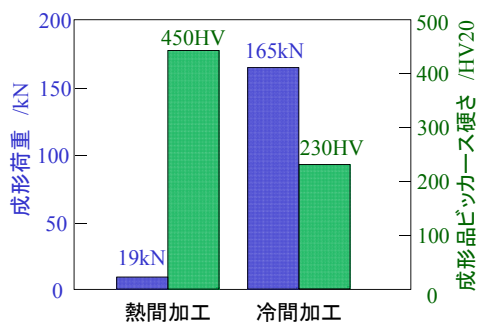
(a) 正面

(c) B-B'断面



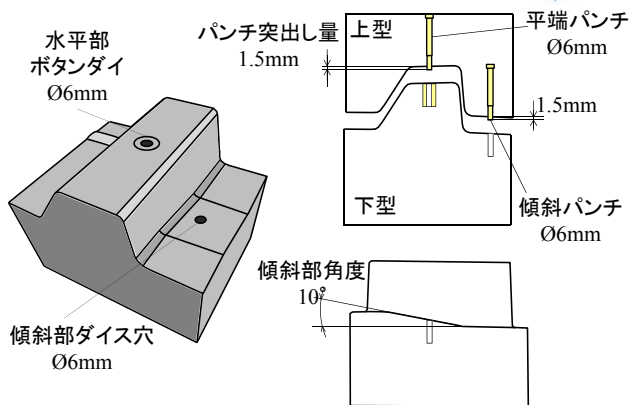
(b) 側面

ビード部の成形荷重とビッカース硬さ



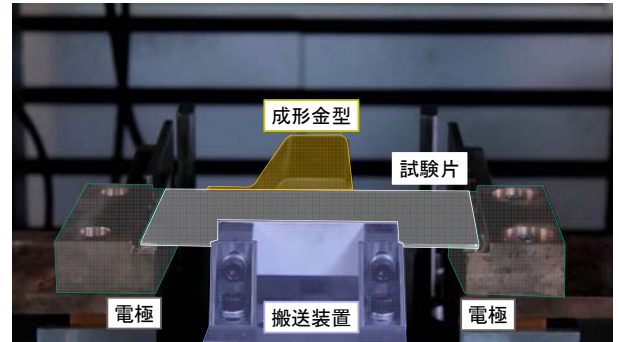
- 1) 1ショットホットスタンピング
- 2) せん断とダイクエンチの一体化
- 3) 成形, せん断, ダイクエンチの一体化
- 4) 局部増肉
- 5) 抜残しせん断

抜残し機構を取り入れた成形金型

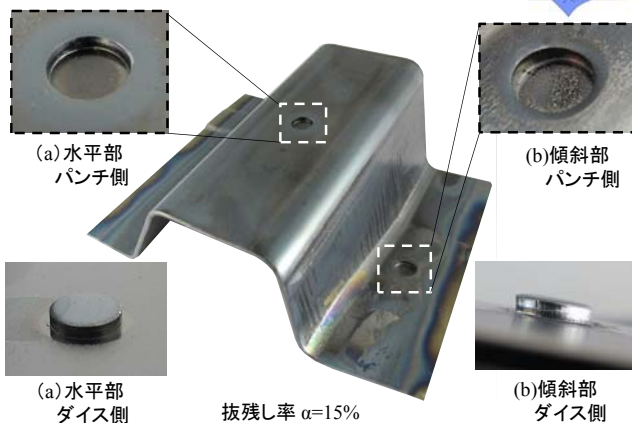


成形とクリアランスなし熱間抜残し加工

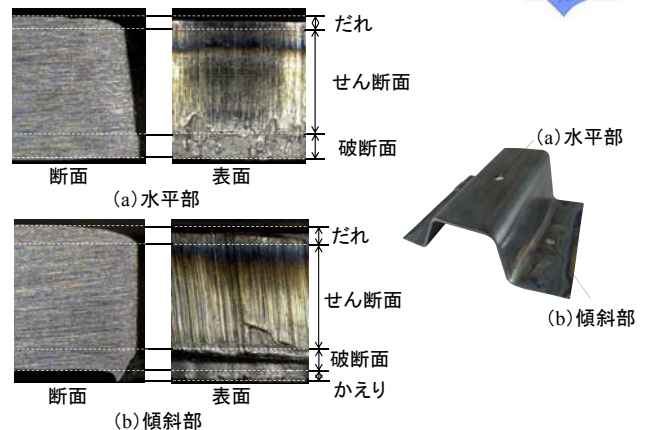
通電加熱 850°C, 3.3s → 搬送 2s → 成形 抜残し加工 1s → 下死点保持 5s



成形品形状



ピンによる抜取り加工後の切口面と切口断面



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
レーザ切断設備	有	無	無
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

1ショットホットスタンピングの特徴

- 1) 板材の急速通電加熱: 通電加熱によって、焼入れ可能な900°Cに数秒で加熱でき、加熱効率が高く酸化スケールがほとんど発生しなく、サイクルタイムが短縮でき、設備もコンパクトになる。
- 2) 成形・せん断・焼入れの1ショット化: 板材では温度が急速に低下するため、成形・せん断・焼入れを1ショット化して焼入れ直前までの温度低下を防止するとともに、通電加熱が適用できる矩形板材が使用できる。
- 3) レーザ切断と焼入れ工程の省略: 1ショットの中にせん断加工を含み、プレスの下死点保持によってダイクエンチをして焼入れを行って焼入れ工程を省略し、せん断加工をため後工程であるレーザ切断も省略でき、製造コストを低減できる。
- 4) 大きな肉厚変化: 板材を加熱して軟化させるため、板厚方向の大圧下が可能になる。
- 5) 成形品の高精度化: 下死点保持によってスプリングバックを防止し、しかも焼入れひずみをなくして高精度な部品を成形できる。