

超高強度鋼部材のホットスタンピングと今後の展望



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. 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

自動車用板材の比較

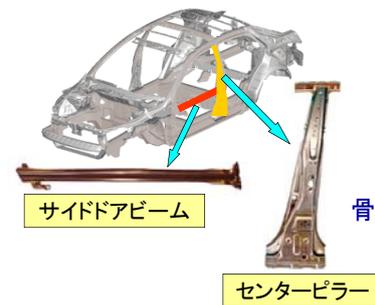


板材	引張強さ	比重	比強度	コスト(1kg当り)	生産量
ウルトラハイテン	980~1470MPa	7.8	126~188MPa	100円程度	鉄: 15億ton
従来ハイテン	490~790MPa	7.8	63~101MPa		
軟鋼板 SPCC	340MPa	7.8	44MPa		
アルミ合金板 A6061(T6処理)	310MPa	2.7	115MPa	500円~600円	アルミ: 4000万ton
マグネシウム合金板 AZ31	270MPa	1.8	137MPa	3000円程度	マグネ: 60万ton
PAN系炭素繊維	2000MPa~5000MPa	1.6		2000円程度	炭素繊維: 2万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

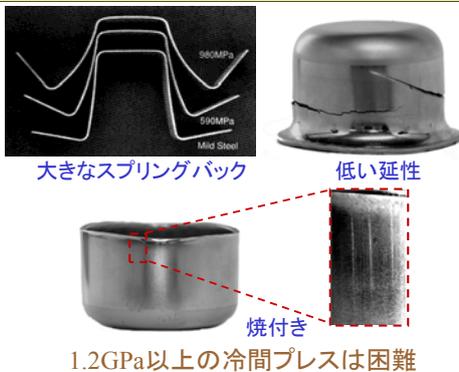


サイドドアビーム

骨格部材: 36%

センターピラー

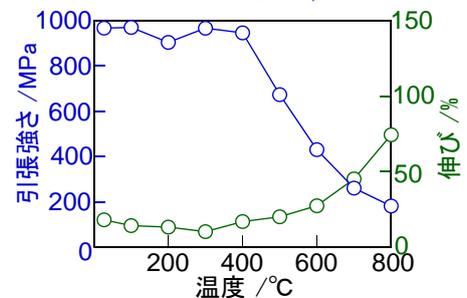
高張力鋼板の冷間成形におけるスプリングバック及び低い成形性



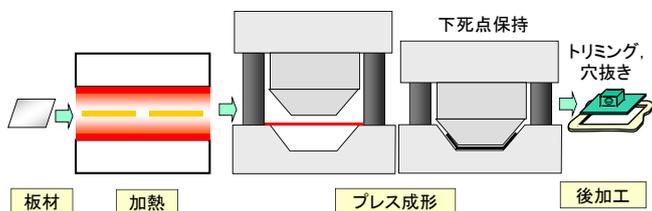
超高張力鋼板の高温引張特性



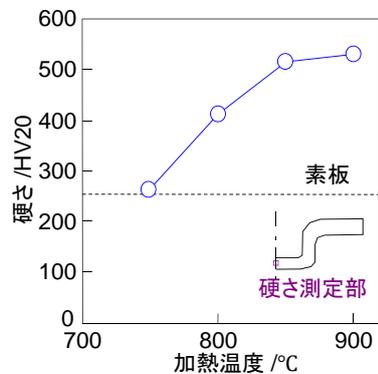
ホットスタンピング: 成形荷重低下, スプリングバックなし, 成形性向上



ホットスタンピング

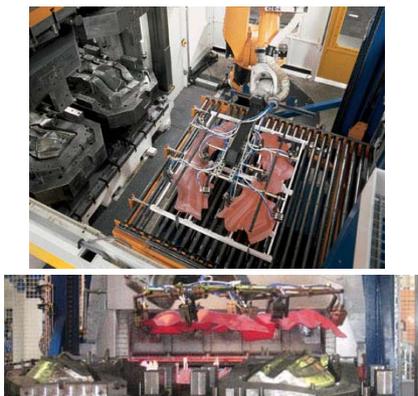


ホットスタンピングにおけるダイエンチによる硬さの上昇

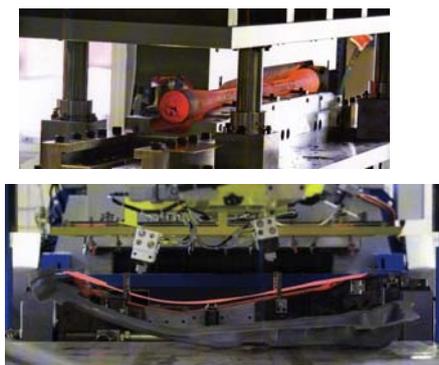


金型急冷による焼入れ、1.5GPa級

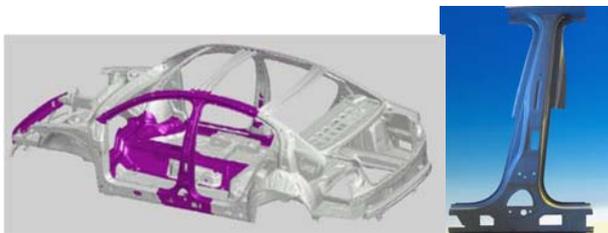
ホットスタンピング



ホットスタンピング

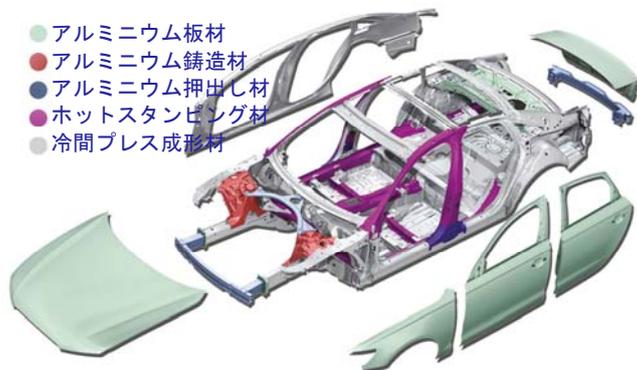


フォルクスワーゲン, パサート



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

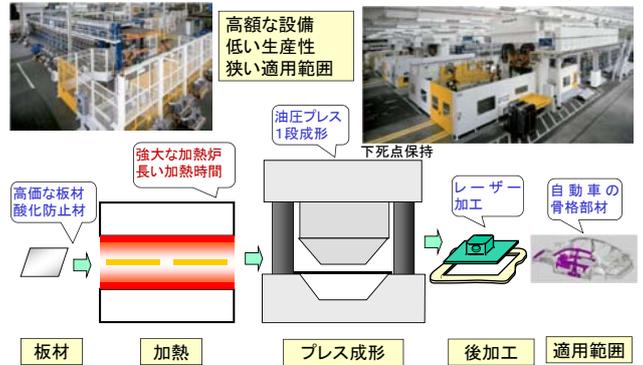
Audi A7 Sportback



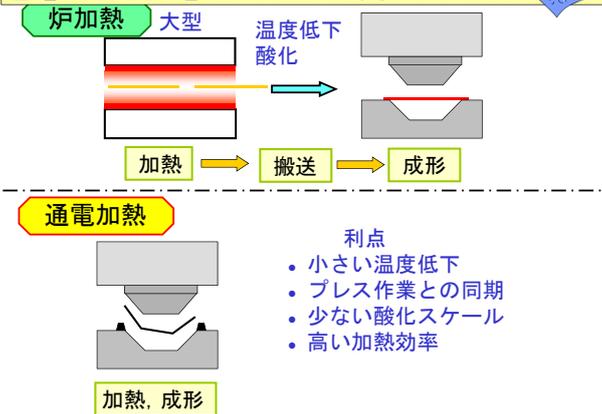


1. ホットスタンピング
2. 急速通電加熱
3. サーボプレスを使った高速ホットスタンピング
4. テーラードダイクエンチ
5. 温・熱間穴抜き加工
6. 温・熱間スプライン成形
7. 超高強度鋼中空部材のホットフォーミング
8. 1ショットホットスタンピング

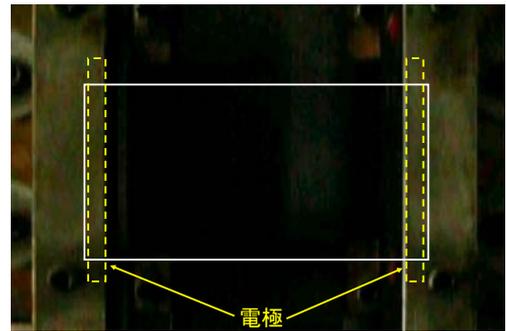
現行熱間プレス成形の問題点



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)



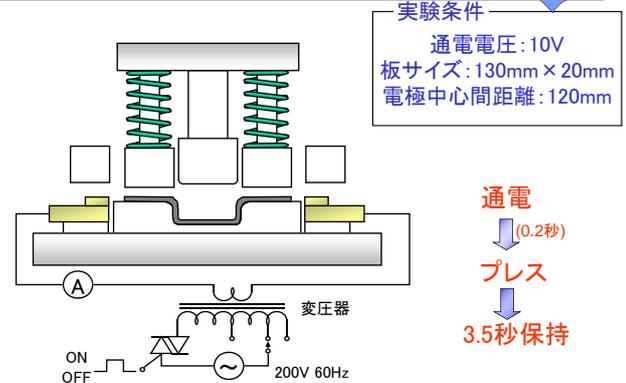
通電加熱とサーボプレスの連動



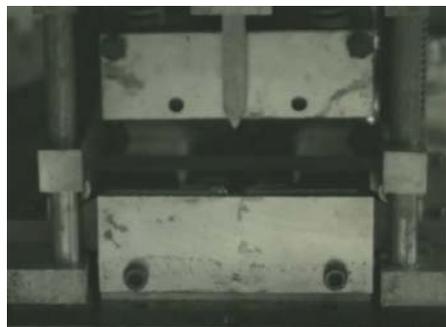
高速加熱・高速成形：
酸化防止
成形性の増加



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



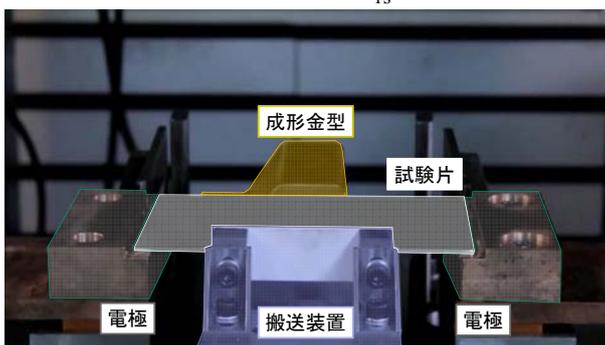
980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形



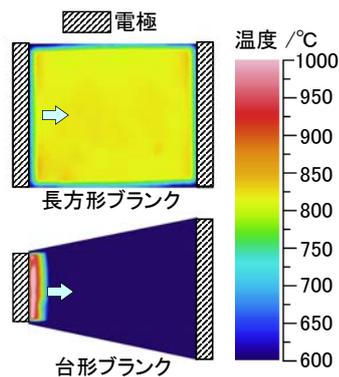
通電加熱ホットスタンピング



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



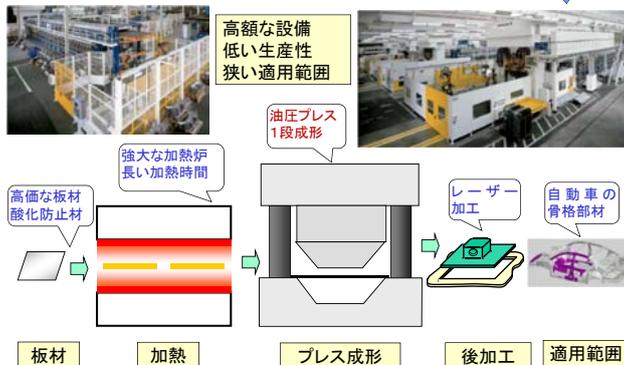
矩形板材に応用が限定



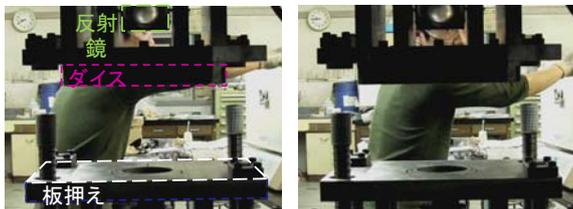
1. ホットスタンピング
2. 急速通電加熱
3. サーボプレスを使った高速ホットスタンピング
4. テーラードダイクエンチ
5. 温・熱間穴抜き加工
6. 温・熱間スプライン成形
7. 超高強度鋼中空部材のホットフォーミング
8. 1ショットホットスタンピング



現行熱間プレス成形の問題点



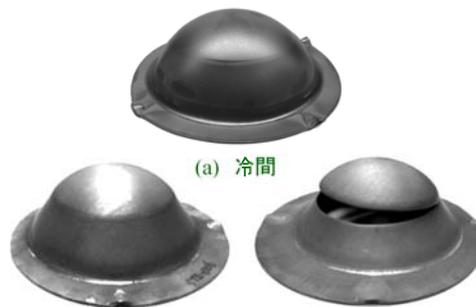
熱間絞り成形における速度効果



(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



(b) 熱間, 149 mm/s

(c) 熱間, 26mm/s

サーボプレスによる高速成形

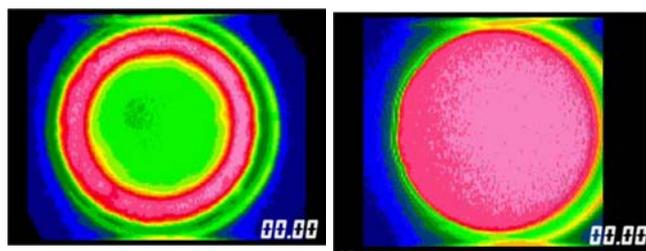
熱間成形における高速と低速の温度分布の比較



(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



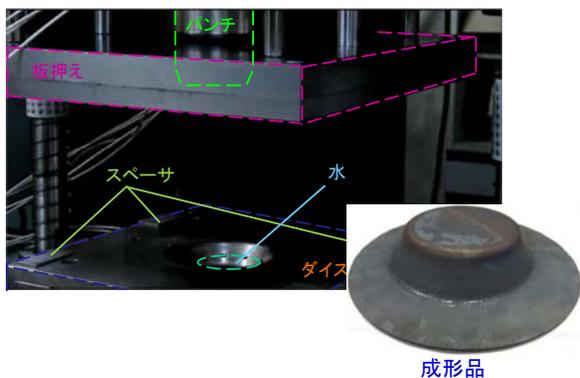
(a) 149 mm/s

(b) 26 mm/s

900
725
550
375
200
°C

メカニカルサーボプレス

水冷を用いたホットスタンピング



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

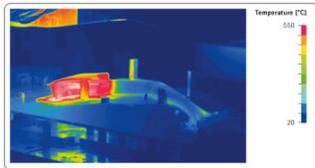
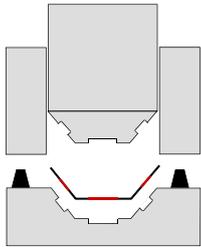


Tailored tempering



金型に溝を付ける

金型を加熱

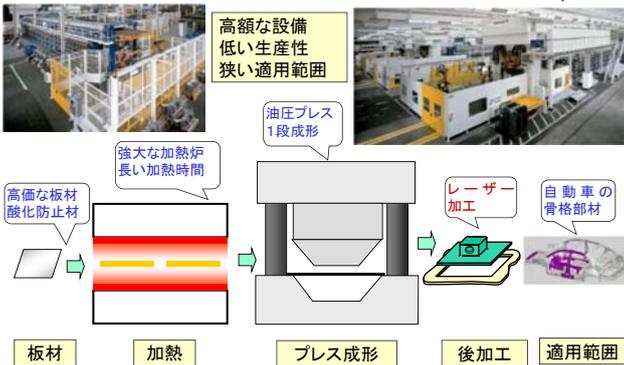


全体を加熱して一部だけを再加熱

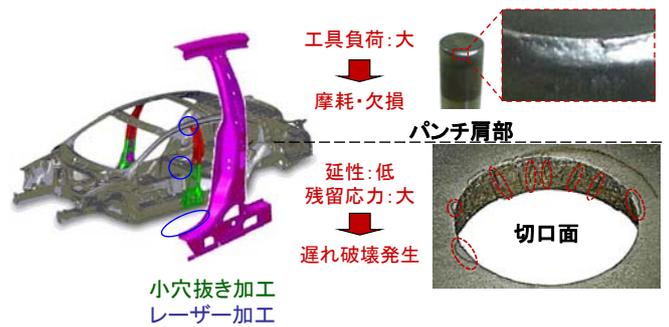
1. ホットスタンピング
2. 急速通電加熱
3. サーボプレスを使った高速ホットスタンピング
4. テーラードダイクエンチ
5. 温・熱間穴抜き加工
6. 温・熱間スプライン成形
7. 超高強度鋼中空部材のホットフォーミング
8. 1ショットホットスタンピング



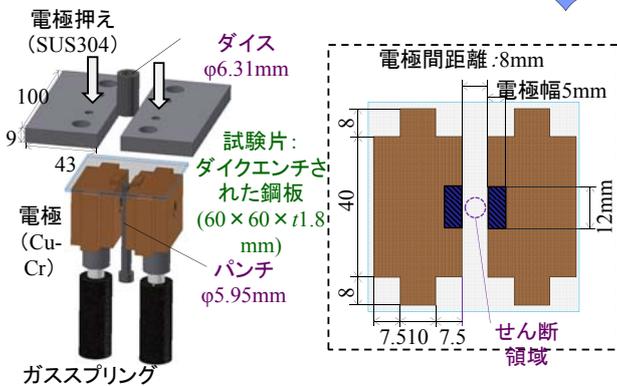
現行熱間プレス成形の問題点



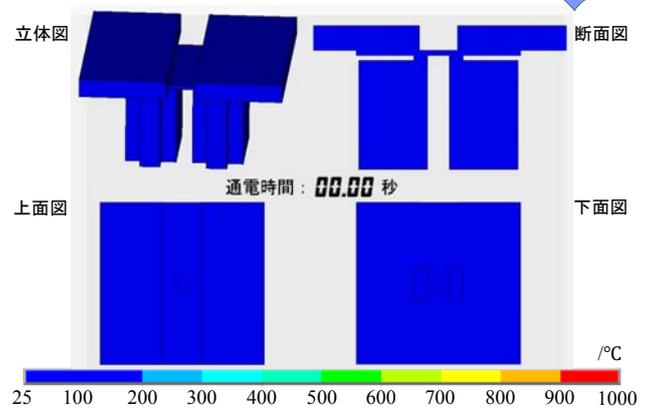
ホットスタンピング部材の穴抜き加工



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

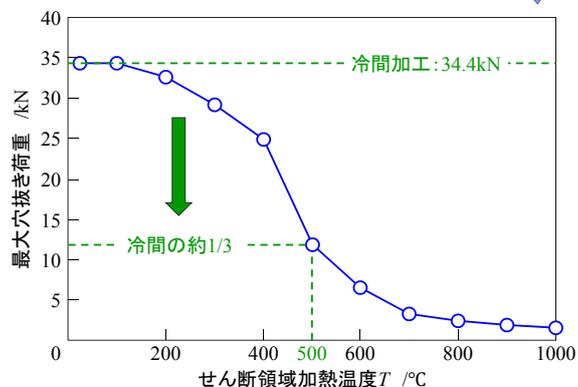


部分通電加熱小穴抜き加工

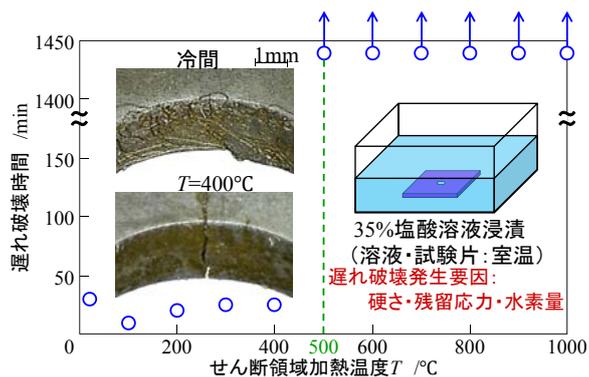
電極を試験片へ加圧 → 加工領域付近加熱 → 小穴抜き加工



部分通電加熱小穴抜き加工荷重



遅れ破壊加速実験

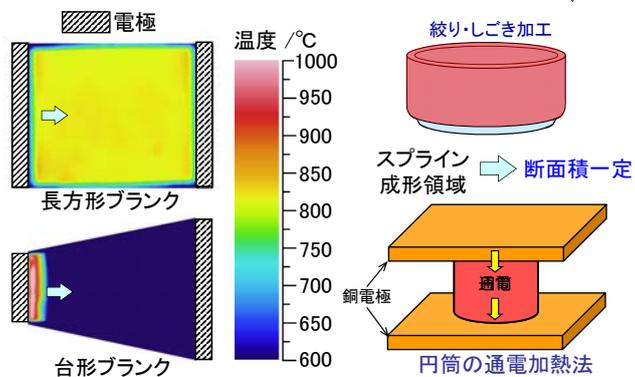


1. ホットスタンピング
2. 急速通電加熱
3. サーボプレスを使った高速ホットスタンピング
4. テーラードダイクエンチ
5. 温・熱間穴抜き加工
6. 温・熱間スプライン成形
7. 超高強度鋼中空部材のホットフォーミング
8. 1ショットホットスタンピング

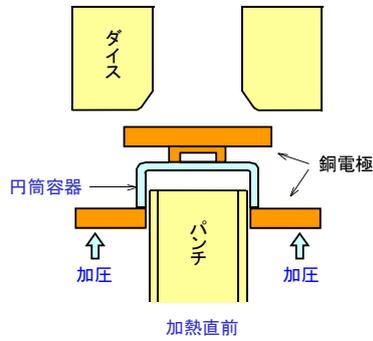
歯形ドラムの温・熱間スプライン成形



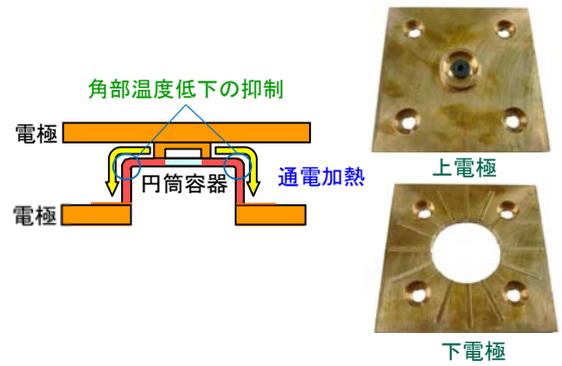
円筒端部からの給電による通電加熱



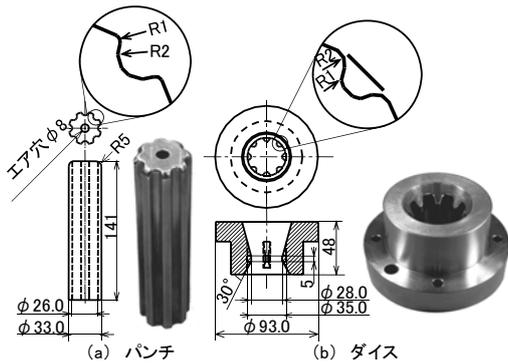
通電加熱を用いた成形プロセス



電極形状



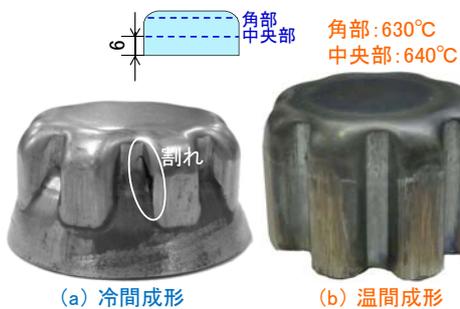
スプライン成形実験に用いたパンチ・ダイス形状



通電加熱を用いたスプライン成形の様

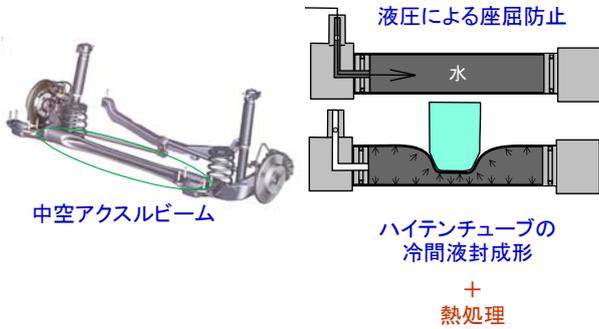


成形された歯形ドラム



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

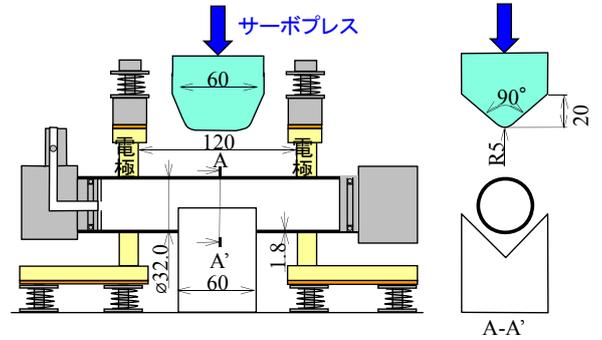
ホットチューブフォーミング



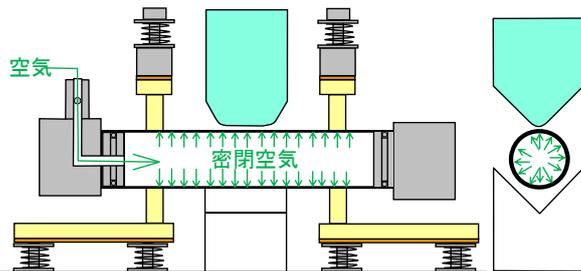
ホットチューブフォーミング



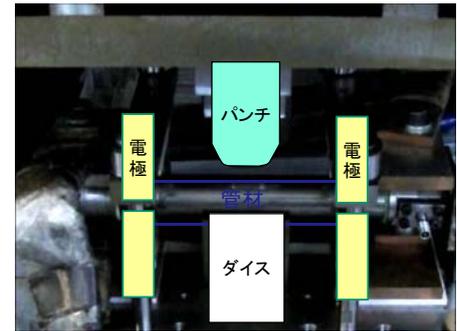
焼入れ用鋼管 直径32mm 肉厚1.8mm
(C:0.19%, Si:0.18%, Mn:1.28%, Cr:0.24%, B:0.0037%)



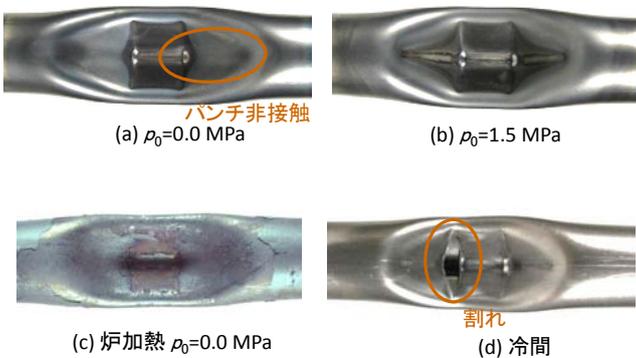
ホットチューブフォーミング



ホットチューブフォーミング



成形された管材



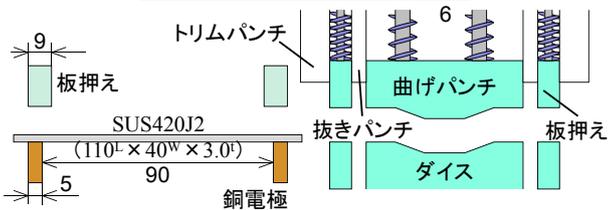
1. ホットスタンピング
2. 急速通電加熱
3. サーボプレスを使った高速ホットスタンピング
4. テーラードダイクエンチ
5. 温・熱間穴抜き加工
6. 温・熱間スプライン成形
7. 超高強度鋼中空部材のホットフォーミング
8. 1ショットホットスタンピング

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



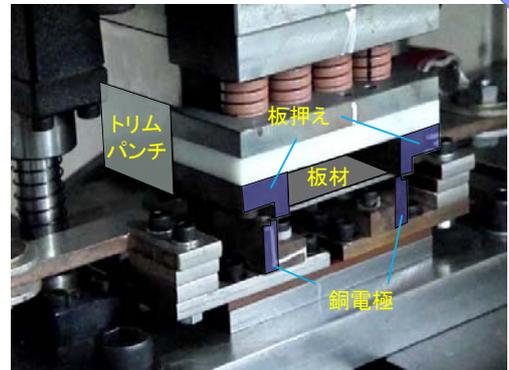
SUS420J2の主要組成

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
0.28	0.60	0.43	0.23	0.02	0.25	13.2

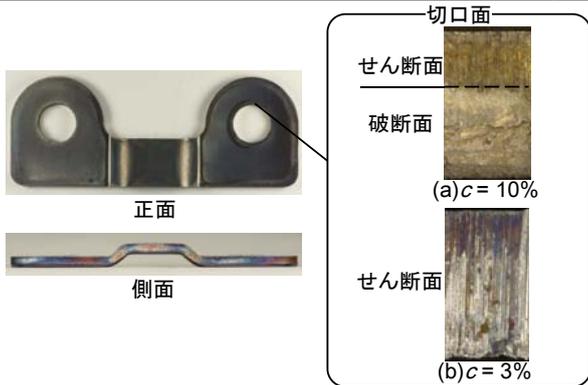


板押え → 通电加熱 → 板材搬送

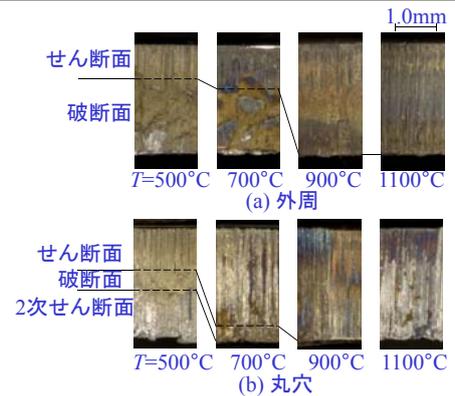
1ショットホットスタンピング



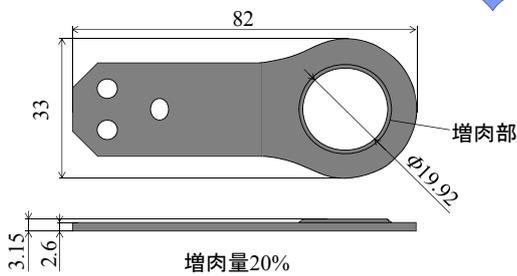
$T=1100^{\circ}\text{C}$ における1ショットホット
スタンピング加工されたエンジン取付部品



各種加熱温度における
エンジン取付部品の切り口面

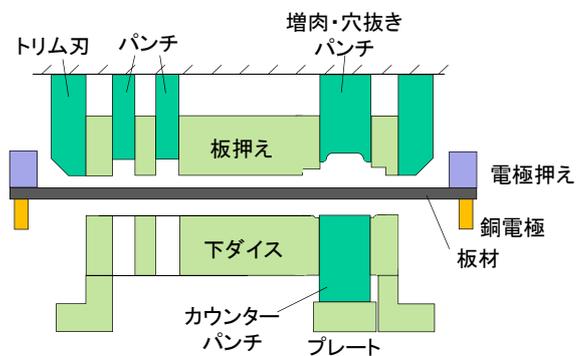


自動車用シート部品寸法



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

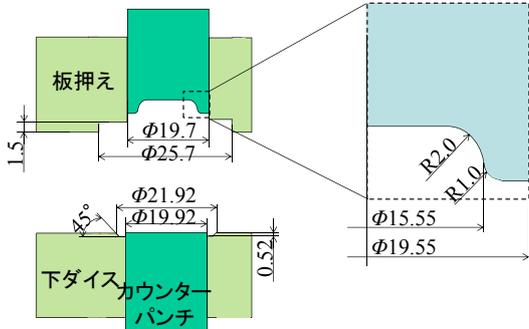
局部増肉1ショットホットスタンピング



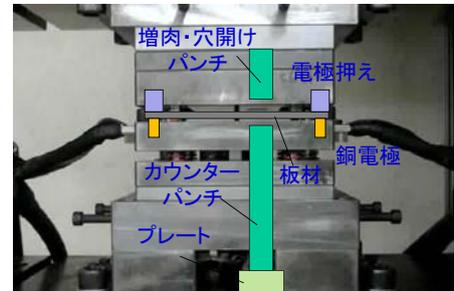
局部増肉1ショットホットスタンピング金型



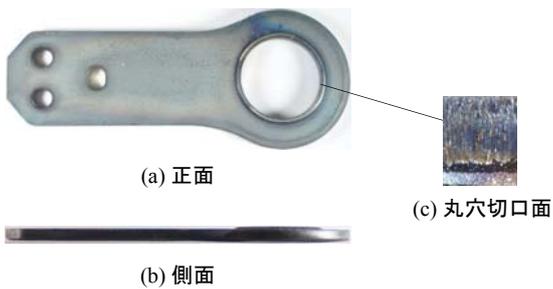
増肉・穴抜きパンチ



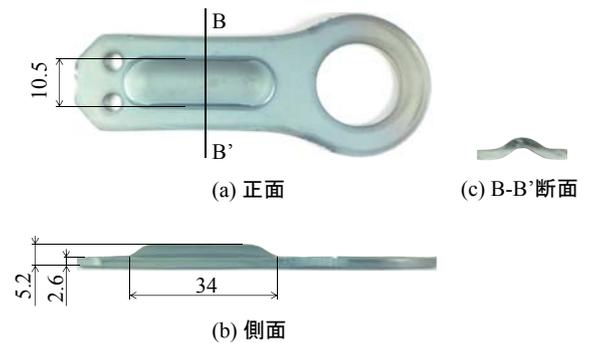
1ショットホットスタンピング



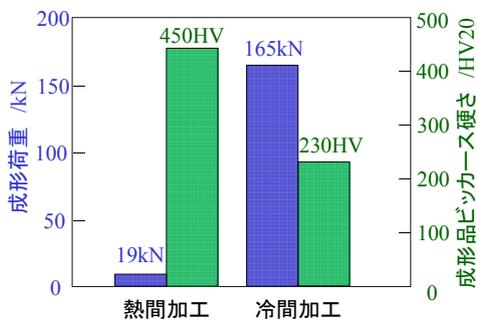
1ショットホットスタンピングされた自動車用シート部品



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



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

順送加工への適用

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



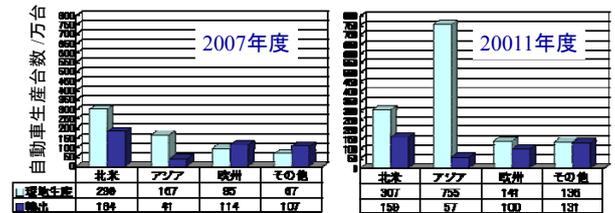
新興国に適した生産システム



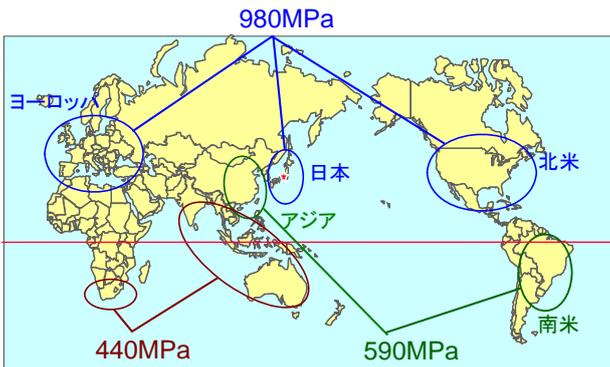
地産地消: 先進国から新興国

現地素材の品質: 強度, 精度, ばらつき

日本メーカーの自動車現地生産



高張力鋼板の供給地域

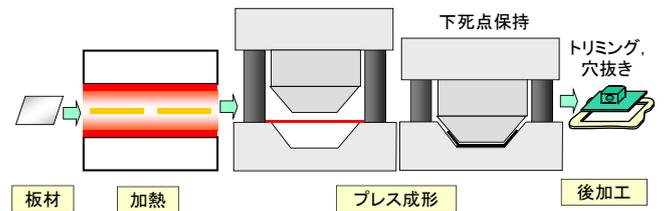


ホットスタンピング



素材: 成形, 冷却の温度管理

成形メーカーが成形品の機械的特性をコントロール



大量でない生産量