

超高強度鋼部材の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/>

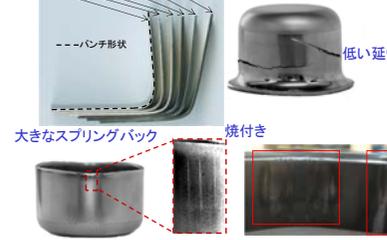
成形中は柔らかく、成形品は超高強度



1. ホットスタンピング
2. 目的
3. 材料, 酸化防止
4. プレス成形
5. ダイクエンチング
6. スマートホットスタンピング

高張力鋼板の冷間成形における問題点

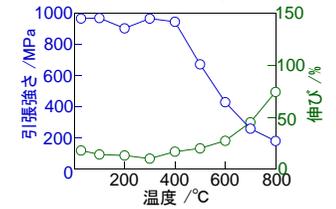
SPCC, 440, 590, 780, 980, 1180MPa



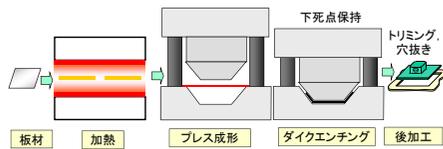
1.2GPa以上の冷間プレスは困難

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



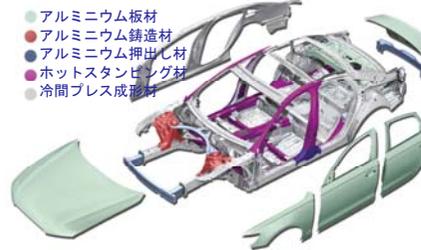
フォルクスワーゲン



パサート: 骨格部材の17% (2006年)

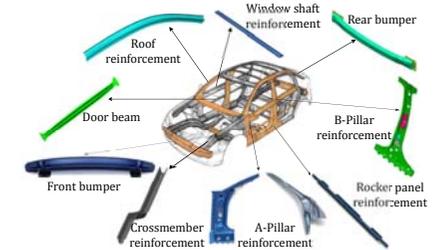
ゴルフ: 骨格部材の28% (2012年, 23kgの軽量化)

Audi A7 Sportback



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

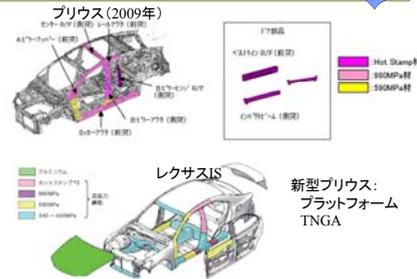
ドイツ ベントラー社におけるホットスタンピング成形品



カナダ マグナ社におけるホットスタンピング成形品



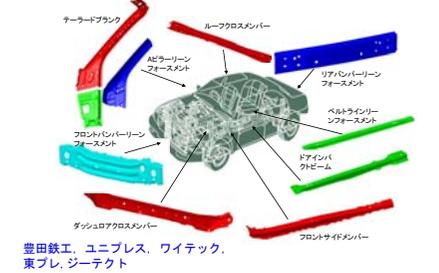
トヨタにおけるホットスタンピングの適用



ホンダN BOXのセンターピラー



アイシン高丘におけるホットスタンピング成形品

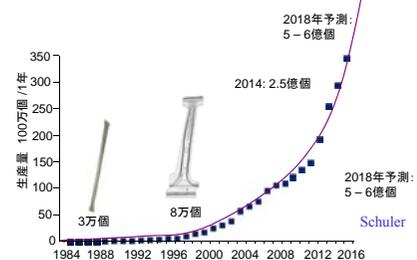


豊田鉄工, ユニプレス, ワイテック, 東プレ, ジーテクト

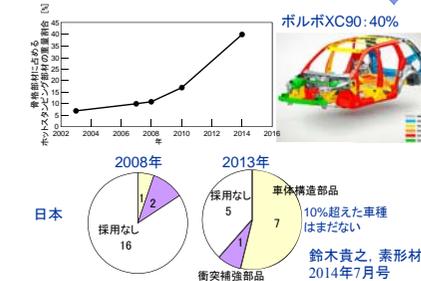
AP&T社のホットスタンピング



ホットスタンピング成形品の生産量

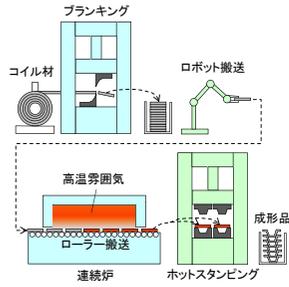


ホットスタンピングの適用割合



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

図2.3 ホットスタンピング工程



ホットスタンピングの目的

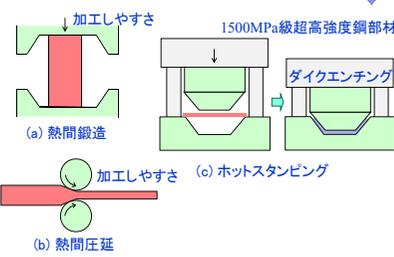


図2.5 ホットスタンピングによって製造される車体部材

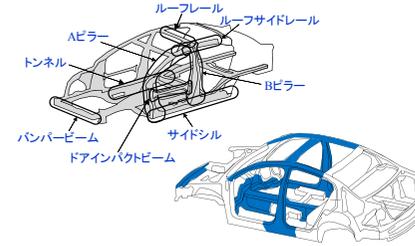
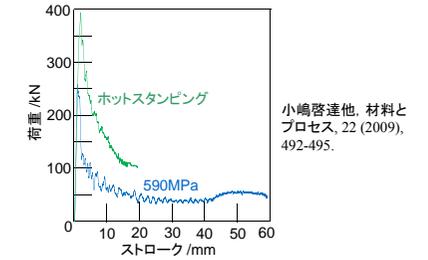
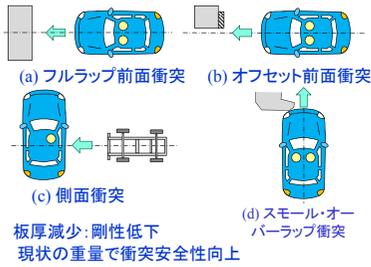


図6.12 ホットスタンピング部材の軸圧壊試験における荷重—ストローク曲線



自動車の衝突安全性の向上



スモール・オーバーラップ衝突



写真2.2 ホットスタンピングで製造された黒色をしたセンターピラーの補強材



ホットスタンピングの名称

成形 (Hot forming) includes: 熱間プレス成形 (Hot press forming), ホットフォーミング (Hot forming), ホットスタンプ (Hot stamping), プレスハードニング→ダイクエンチング (Press hardening → tempering), ホットプレス (Hot press) → 粉末の熱間成形 (Powder hot forming).
Hot stamping process: 鋼板を加熱, 成形, ダイクエンチング (Heat steel plate, form, temper).
Hot stamping: 鋼板を加熱, 成形, ダイクエンチング (Heat steel plate, form, temper).

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

ホットスタンピングに使用する鋼板

焼入れ鋼板であり、ハイテンではない
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
○ 焼もどしなし

ホットスタンピングに使用される鋼板の処理

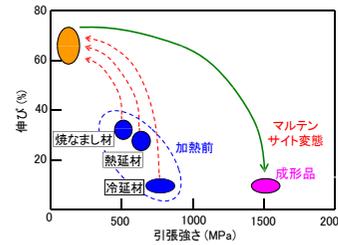
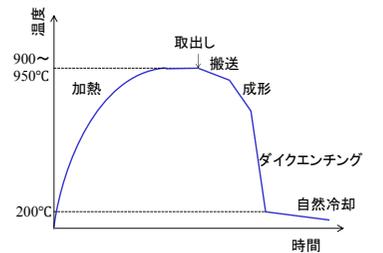
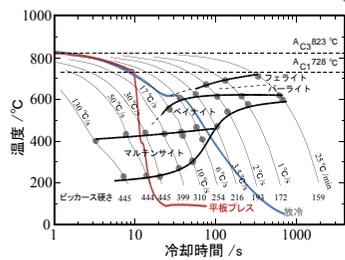


図3.1 ホットスタンピングにおける鋼板の温度履歴



ホットスタンピング用鋼板の連続冷却変態曲線



小嶋啓達, 素形材, 2014年7月号

高強度化に要求される条件

相変態
フェライト: 低温, 体心立方格子, 炭素をほとんど溶かさない
オーステナイト: 高温, 面心立方格子, 炭素を多く溶かす
マルテンサイト: 急冷, 炭素が無理矢理溶けて硬化

加熱温度: 900~950°C, 冷却速度: 20~30°C/s以上, 冷却温度: 200°C以下, 速やかに搬送

図3.6 雰囲気制御されていない高温炉で950°Cに加熱された非めっき鋼板のハット曲げ成形品

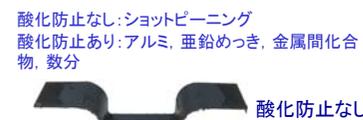


図3.7 非めっき材の酸化スケールの除去

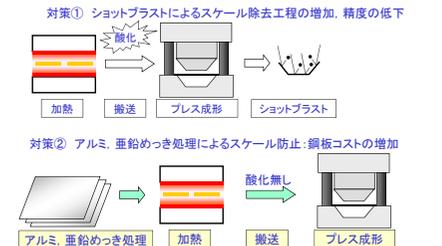
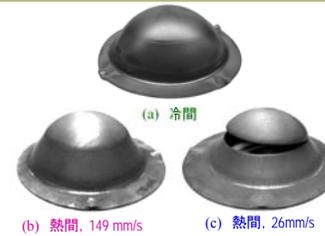


表3.2 非めっき材、アルミニウムめっき材、亜鉛めっき材のホットスタンピングにおける比較

	非めっき鋼板	アルミニウムめっき	亜鉛めっき
加熱時間	短	長	中
金型摩耗	大	小	中
金型凝着	小	大	中
スケール除去	必要	不要	不要

1. ホットスタンピング
2. 目的
3. 材料、酸化防止
4. プレス成形
5. ダイクエンチング
6. スマートホットスタンピング

写真4.1 成形速度を変化させたホットスタンピング成形品の比較



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

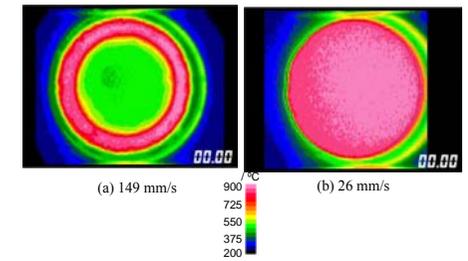


図4.5 ホットスタンピングにおける変形挙動に及ぼす成形速度の影響

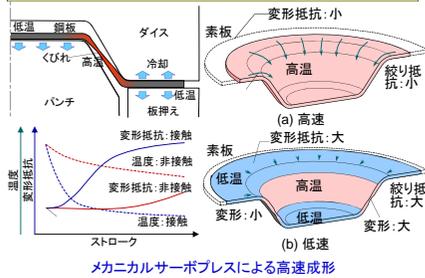


図4.10 板厚1.2mmにおけるフォーム成形のスプリングバック

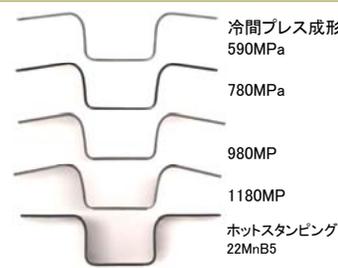
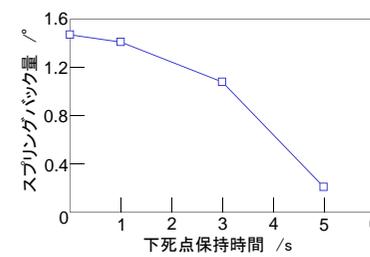


図4.11 ハット曲げ加工におけるスプリングバックと下死点保持時間の関係



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

1ショットにおける時間

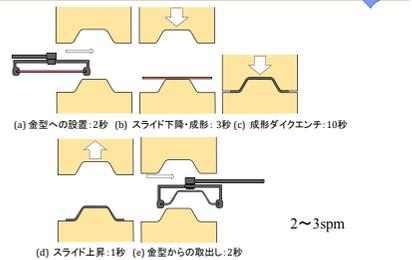


図4.12 下死点保持時間を変化させてハット曲げ加工を行った成形品の硬さ

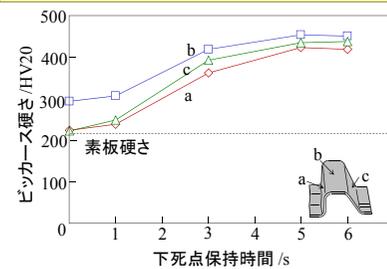
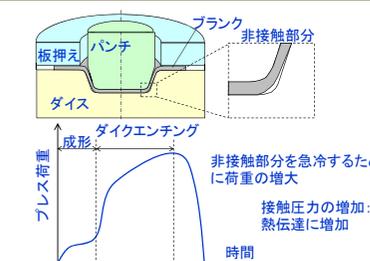
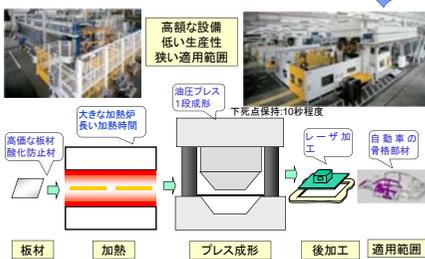


図4.14 下死点保持における成形品と金型の接触状況とプレス成形

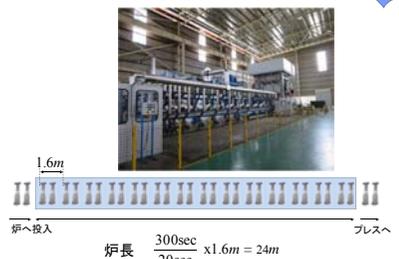


1. ホットスタンピング
2. 目的
3. 材料、酸化防止
4. プレス成形
5. ダイクエンチング
6. 次世代ホットスタンピング

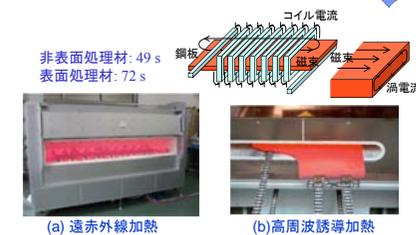
現行ホットスタンピングの問題点



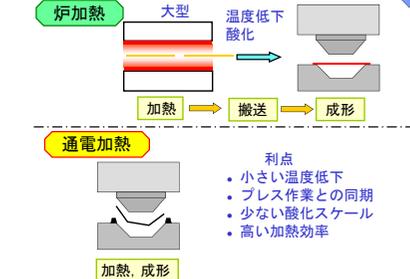
加熱炉



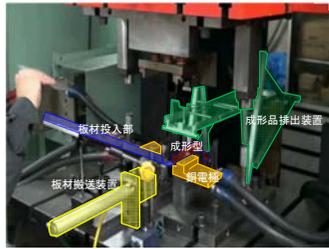
加熱炉



通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形

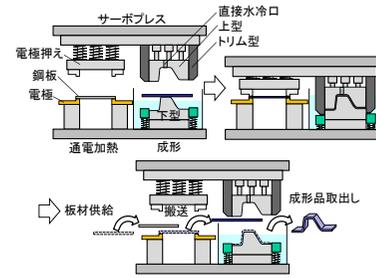


連続通電加熱ホットスタンピング



板材搬送 → 通電加熱、成形+ダイクエンチ → 材料取出し

スマートホットスタンピング



通電加熱ホットスタンピング装置の開発

(株)アミノ



ホットスタンピングの利点

- 1) 金型急冷で焼入れを行うダイクエンチングによって、1.5GPa程度の引張強さを有する超高強度鋼成形品が得られる。
- 2) スプリングバックがほとんどなくなり、形状凍結性が高い。
- 3) 変形抵抗が減少して、成形荷重が大幅に減少する。
- 4) 延性が増加して、成形性が向上する。
- 5) グローバル生産に対して、鋼板が入手しやすい。

ホットスタンピングの欠点

- 1) 900~950°C程度に加熱されるため、非めっき鋼板では成形品表面の酸化が著しく、スケール除去のためのショットブラスト処理が必要になる。
- 2) 酸化防止のためのアルミニウムまたは亜鉛めっき処理鋼板はコスト増になる。
- 3) ダイクエンチングのための下死点保持などに時間が必要なり、生産性が低い。
- 4) 高温炉が非常に大きく、設備が高価である。
- 5) 成形品が非常に高強度になり、トリミング、穴あけにレーザー切断を用いているため、後加工費が高い。
- 6) 小型部品では高温炉から取り出すと急激に冷却されて熱間加工ではなくなるため、比較的大型である自動車ボディの骨格部材に適用が限定されている。

ホットスタンピング入門

森謙一郎、日刊工業新聞社

- 第1章 自動車の軽量化
- 第2章 ホットスタンピングの概要
- 第3章 鋼板特性
- 第4章 プレス成形・ダイクエンチング特性
- 第5章 加熱装置、プレス機械、金型、搬送装置
- 第6章 後加工
- 第7章 通電加熱ホットスタンピング
- 第8章 シミュレーションの利用
- 第9章 今後の応用分野

