

## 高張力鋼板のプレス成形

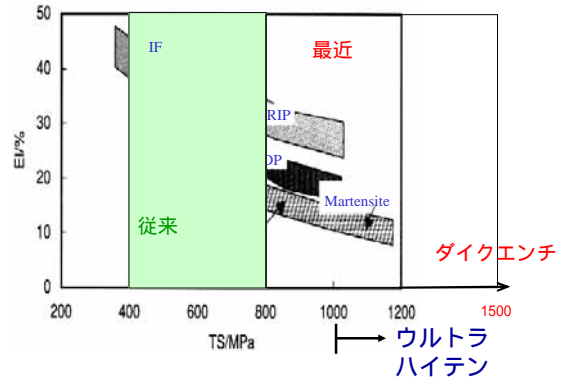
豊橋技術科学大学 森謙一郎

安いコスト  
成形ノウハウの蓄積 → 産業界では鋼板  
を使用したい  
高張力鋼板の使用が急増



トヨタ クラウン, 骨格部材の45%が高張力鋼板

## 高張力鋼板の強度

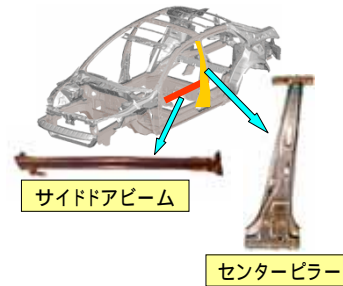


## 自動車用板材の比強度の比較

板材	引張強さ	比重	比強度
ウルトラハイテン	980 ~ 1470MPa	7.8	126 ~ 188MPa
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処理材)	310MPa	2.7	115MPa

## ウルトラハイテンの自動車部材への適用

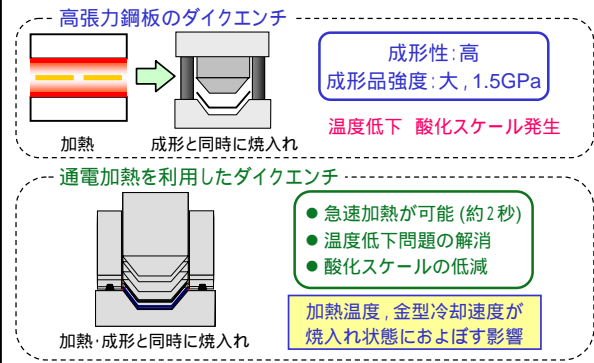
ウルトラハイテン: 1GPa以上



## 高張力鋼板のプレス成形

- 1) 超高張力鋼板の熱間プレス成形におけるダイクエンチ
- 2) プレコート防錆剤を用いた超高張力鋼板の熱間プレス成形
- 3) 超高張力鋼板の温・熱間打抜き加工
- 4) 超高張力鋼板とアルミ合金板のセルフピアシングリベットによる接合

## 通电加熱された超高張力鋼板のダイクエンチ



実験材料

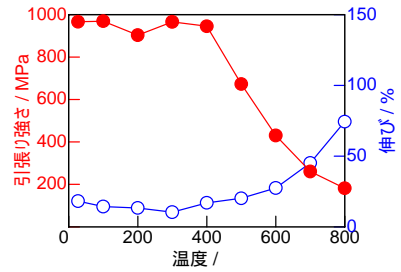
高張力鋼板 SPFC980Y, SAFC980D

主要成分組成 (mass%)

	C	Si	Mn	P	S
SPFC980Y	0.14	1.00	2.23	0.010	0.0039
SAFC980D	0.13	0.90	2.24	0.012	0.0036

高張力鋼板の加熱引張り特性

SPFC980Y,  $\dot{\epsilon} = 25s^{-1}$



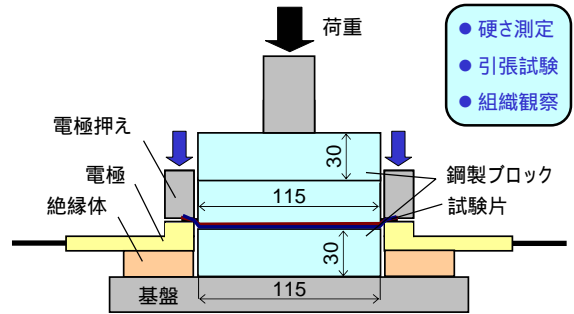
1. はさみ込みクエンチ実験

2. ハット曲げ成形実験

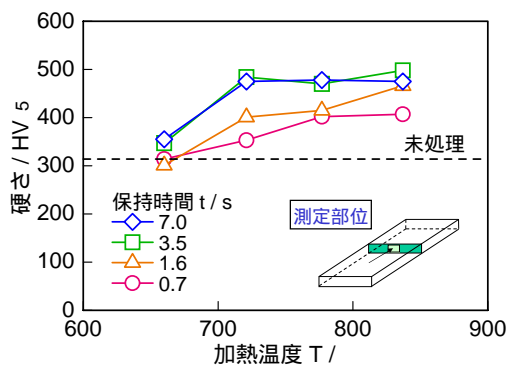
はさみ込みクエンチ実験方法

試験片材質: SPFC980Y  
試験片寸法: 130<sup>L</sup> × 20<sup>W</sup> × 1.2<sup>T</sup>

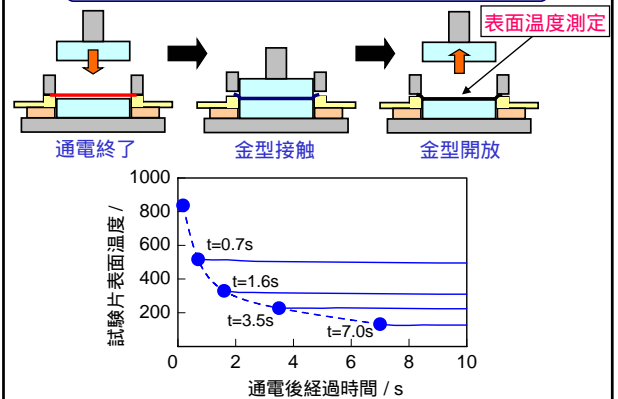
加熱温度 T=660,721,777,837  
はさみ込み保持時間 t=0.7,1.6,3.5,7.0s

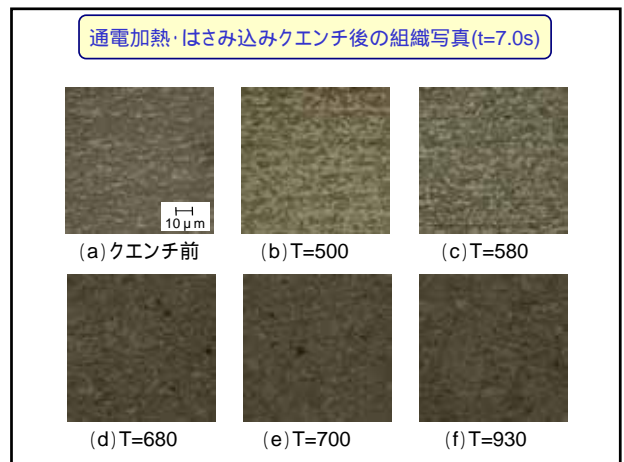
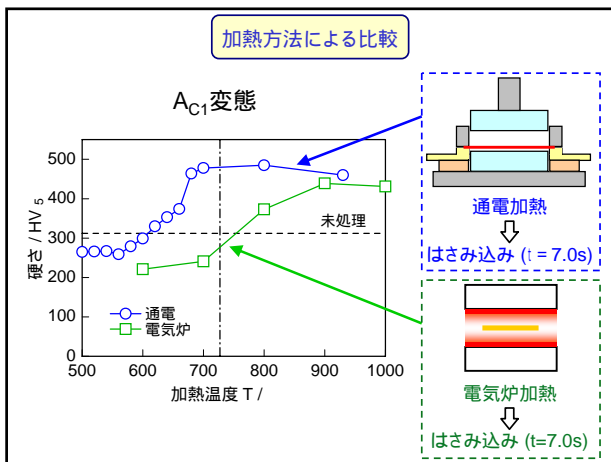
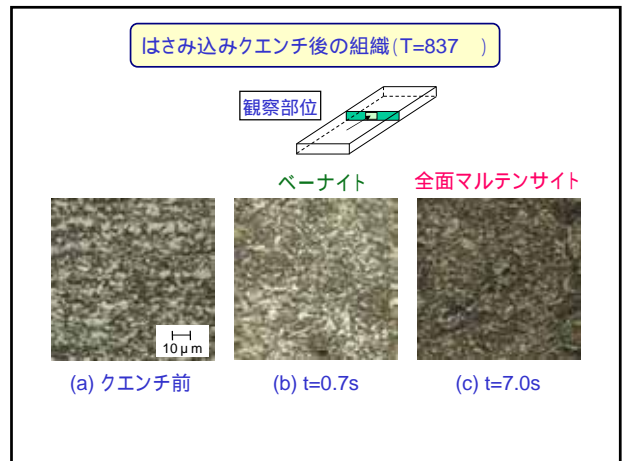
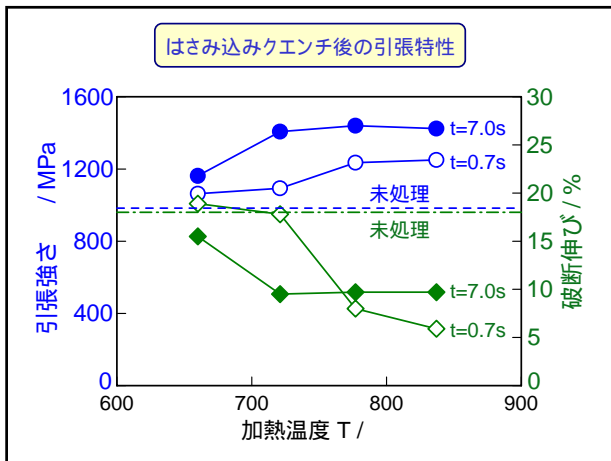


加熱温度, はさみ込み保持時間の硬さへの影響



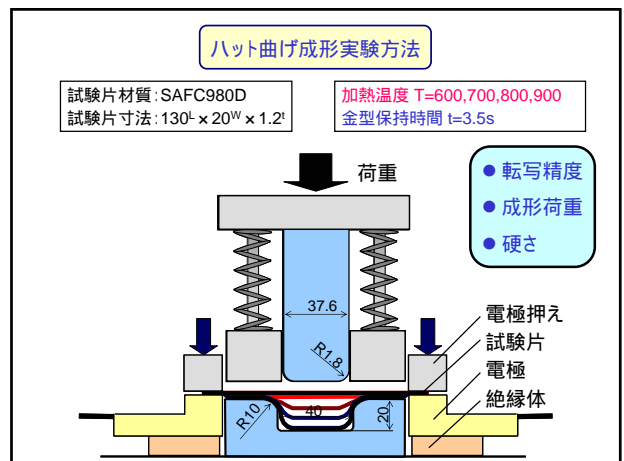
通電後経過時間と試験片表面温度の関係 (T=837)



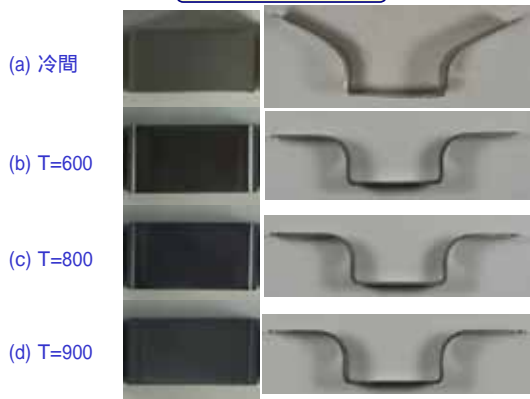


1. はさみ込みクエンチ実験

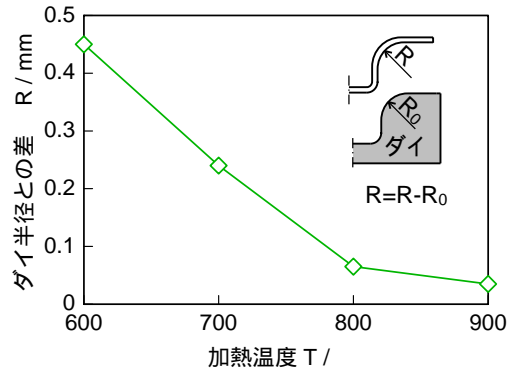
2. ハット曲げ成形実験



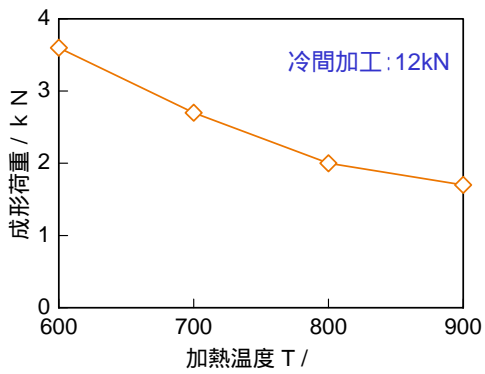
ハット曲げ成形体写真



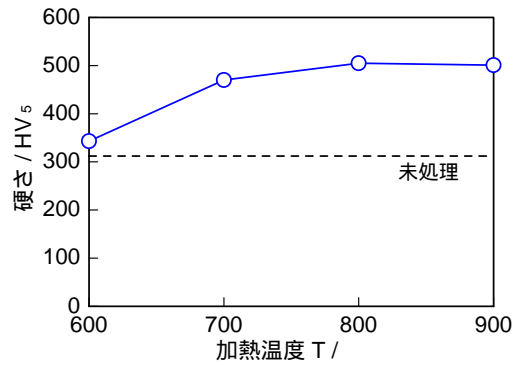
ハット曲げ成形の転写精度



最大成形荷重と加熱温度の関係



ハット曲げ成形体の硬さ



まとめ

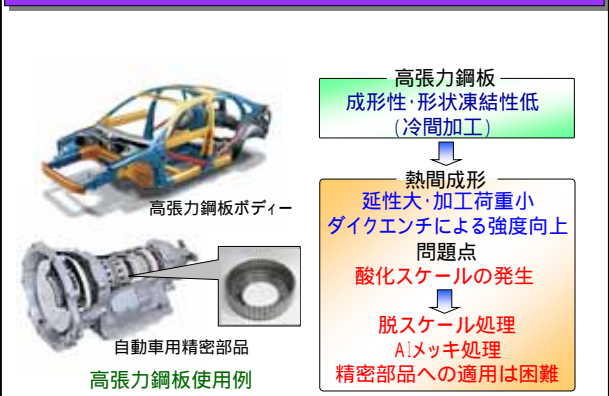
はさみ込みクエンチ

- ・ 加熱温度721 以上, はさみ込み保持時間3.5 秒以上で, 未処理材の約1.5倍の強度を示した.

ハット曲げ成形

- ・ 加熱温度600 ~ 900 において, 酸化スケール, スプリングバックはほぼ発生しない.
- ・ 加熱温度800 以上で未処理材の約1.6倍の硬さが得られ, ダイクエンチ効果が認められた.

プレコート防錆剤を用いた超高張力鋼板の熱間プレス成形



研究目的

プレコート防錆剤の適用

- ・熱間プレス成形における防錆効果
- ・スケール抑制効果の高い防錆剤の選定
- ・防錆剤を塗布した鋼板のハット曲げ成形
- ・防錆剤洗浄

1.防錆剤評価実験

2.防錆剤を用いたハット曲げ成形実験

3.防錆剤洗浄実験

加熱のみによる防錆剤評価実験

使用鋼板

980MPa級高張力鋼板, 1.2mm

評価した防錆剤

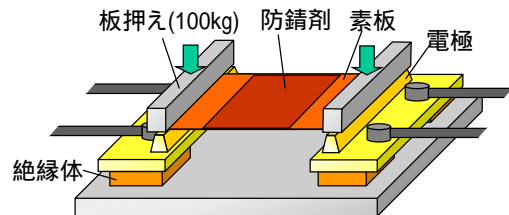
剤種	A	B	C	D
防錆元素	K,B,C,Na	Si,Na	Ca	C
タイプ	液化皮膜	犠牲酸化	犠牲酸化	犠牲酸化

防錆剤評価実験条件

通電電圧: 10V

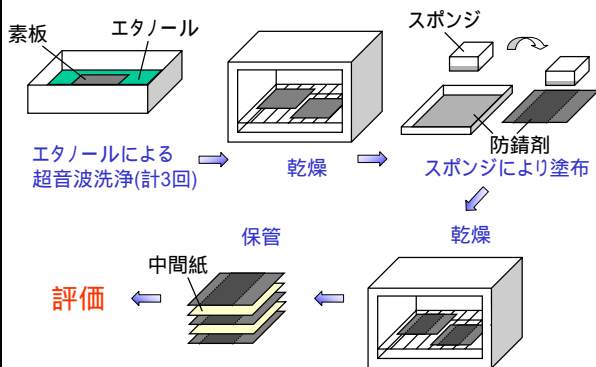
試験温度: 600, 700, 800, 900

試験片: 長さ130mm, 幅80mm, 板厚1.2mm



加熱温度は投入電力量により制御

防錆剤塗布方法



通電と電気炉加熱でのスケール発生状況の比較 (無塗布)



(a) 600

(b) 700

(c) 800

電気炉加熱

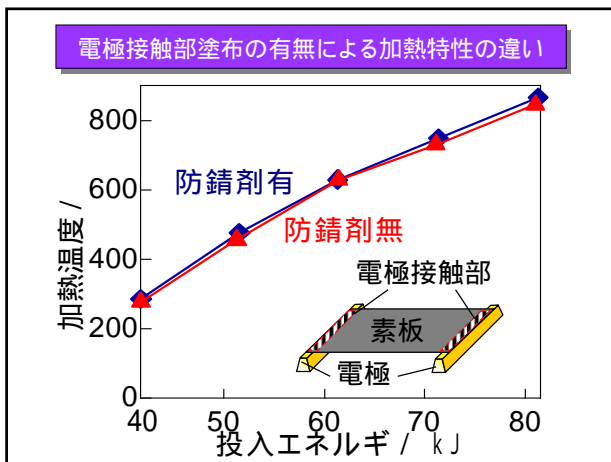
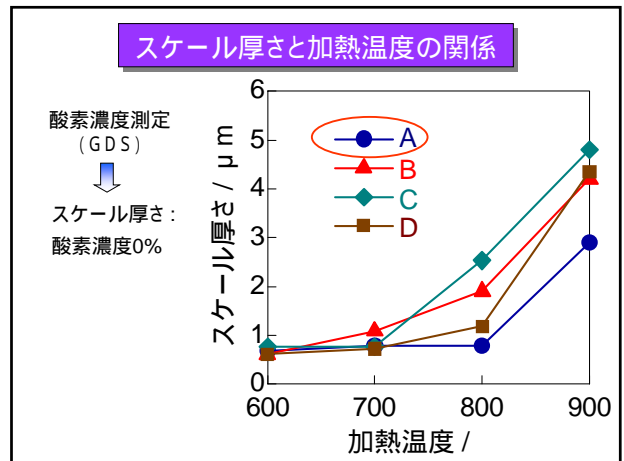
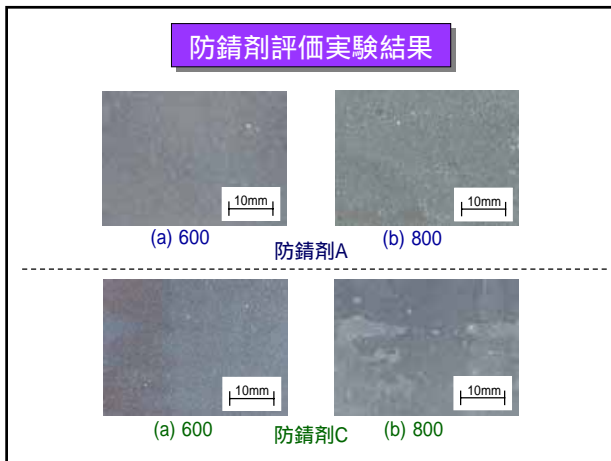


(a) 600

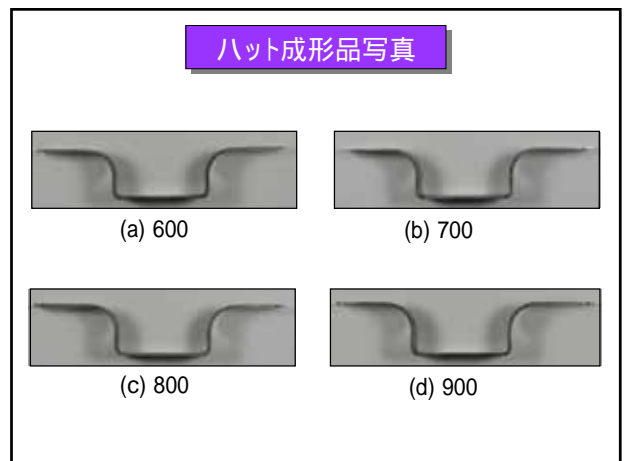
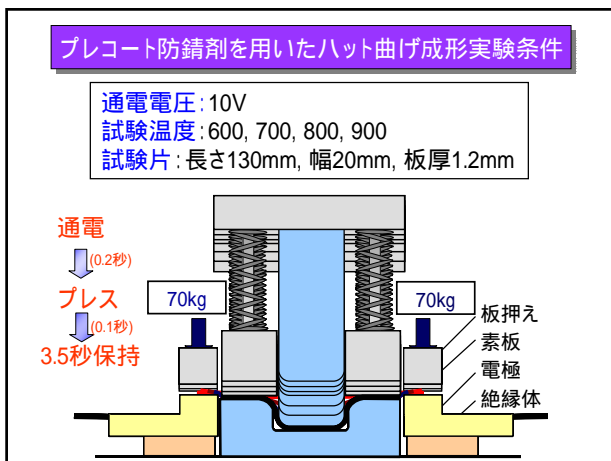
(b) 700

(c) 800

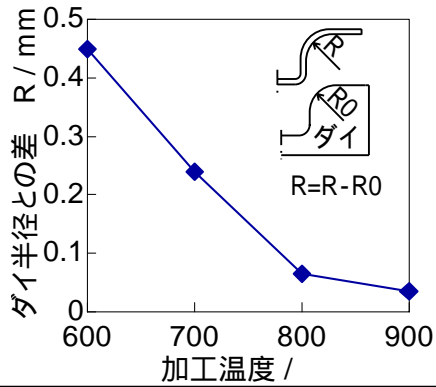
通電加熱



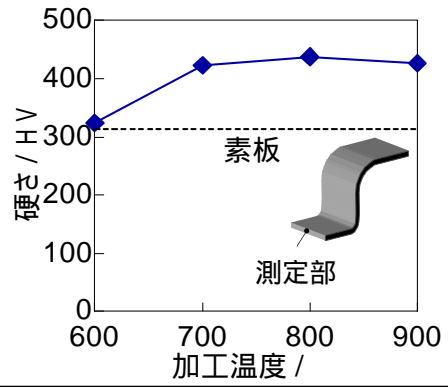
- 1.防錆剤評価実験
- 2.防錆剤を用いたハット曲げ成形実験
- 3.防錆剤洗浄実験



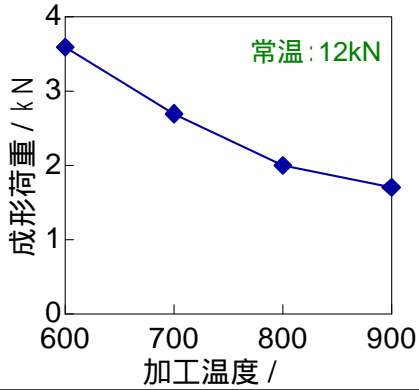
ハット曲げ成形体の転写精度



ハット曲げ成形体の硬さと加工温度の関係



最大成形荷重と加工温度の関係

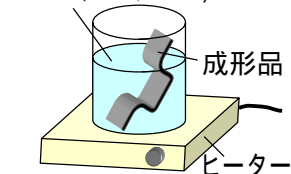


- 1.防錆剤評価実験
- 2.防錆剤を用いた  
ハット曲げ成形実験
- 3.防錆剤洗浄実験

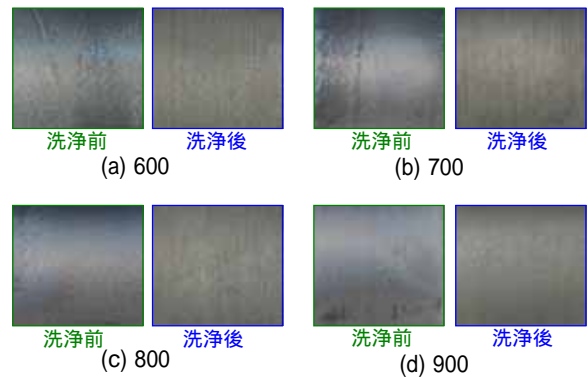
洗浄試験

成形後、鋼板表面に塗布された防錆剤の洗浄性の確認

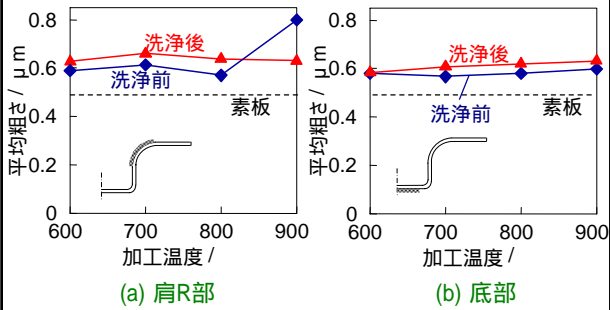
リン酸 (10%, 70 ) 2分間浸す



洗浄前と後の表面写真(肩R部)



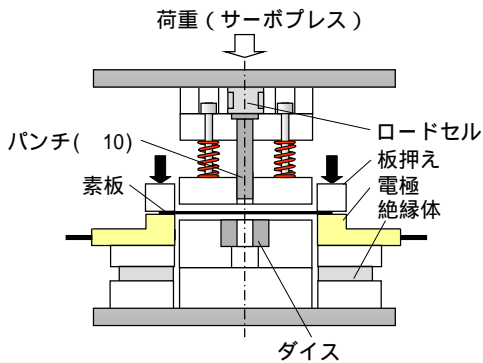
洗浄前と洗浄後における表面粗さの違い



まとめ

- (1) 精密熱間プレス成形では、熱間液化皮膜タイプの防錆剤Aがスケール抑制に有効である。
- (2) 防錆剤を塗布しても硬さ、転写精度、組織は塗布しない時とほとんど変化しなかった。
- (3) 防錆剤は洗浄により落とすことができる。
- (4) 通電加熱では加熱時間が非常に短く、熱間成形でのスケール抑制には有効である。

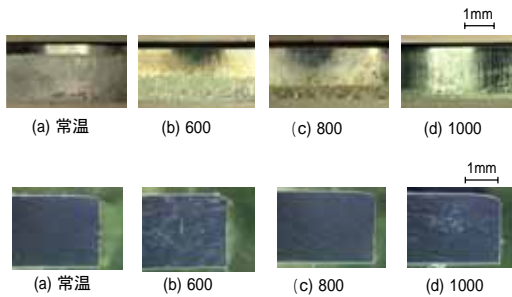
超高張力鋼板の熱間打抜き加工



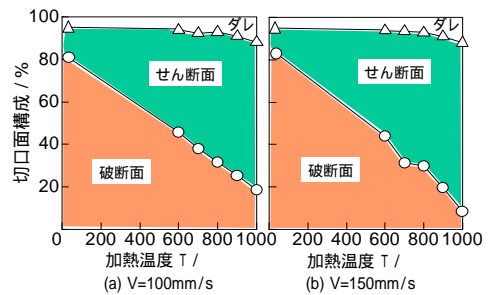
穴抜き実験条件

加熱温度 $T /$	600, 700, 800, 900, 1000
クリアランス $C / \%$	5, 10, 15
穴抜き速度 $V / \text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$	100, 150

$C=5\%$ ,  $V=150\text{mm/s}$ における各温度での切口面

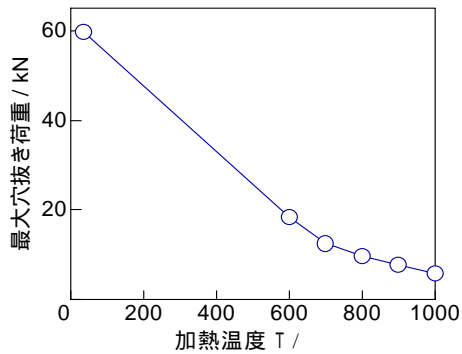


$C=5\%$ における切口面構成の変化

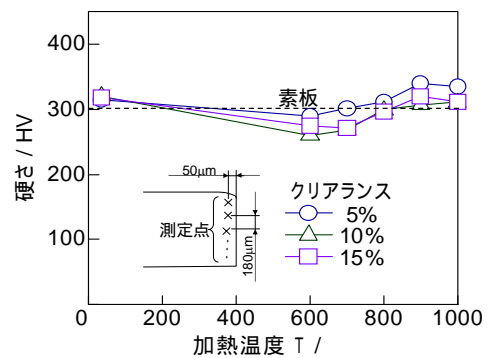




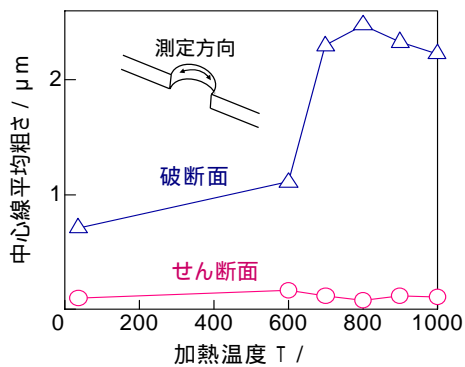
C=5%, V=150mm/sにおける最大穴抜き荷重の変化



V=150mm/sにおける切口面の硬さの変化



C=5%, V=150mm/sにおける中心線平均粗さの変化



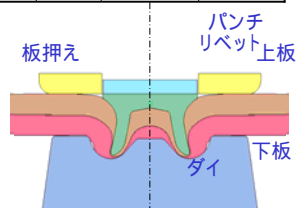
まとめ

- (1) 温・熱間穴抜きでは、加熱温度の上昇とともにせん断面比率は増加する。
- (2) 最大穴抜き荷重は加熱温度1000 では常温のおよそ1/10である。
- (3) 加熱温度600 を境に破断面粗さは低下する。

超高張力鋼板とアルミ合金板のセルフピアシングリベットによる接合

板材	引張強さ	比重	比強度	融点
アルミ合金板 A5052	260MPa	2.7	96MPa	600
高張力鋼板 SPFC980	980	7.8	125	1500
軟鋼板 SPCC	340	7.8	44	1500

自動車の軽量化  
 ↓  
 アルミ合金板と高張力鋼板  
 ↓  
 融点差 大  
 ↓  
 抵抗スポット溶接困難  
 ↓  
**セルフピアシングリベット**



アルミ合金と高張力鋼板の接合

(上板: A5052, 下板: SPFC980)



(a)  $t_u=1.5\text{mm}$ ,  $t_l=2.3\text{mm}$

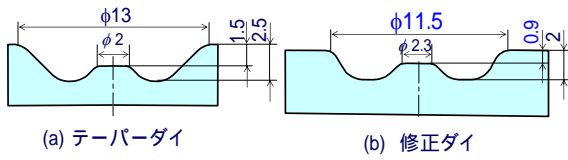


(b)  $t_u=1.5\text{mm}$ ,  $t_l=1.4\text{mm}$



(c)  $t_u=2.5\text{mm}$ ,  $t_l=1.0\text{mm}$

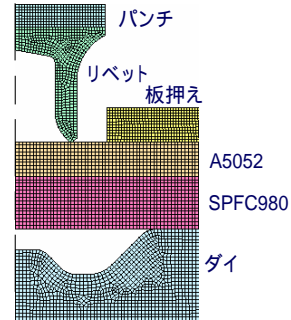
ダイ山付き1枚モデルより修正されたダイの形状



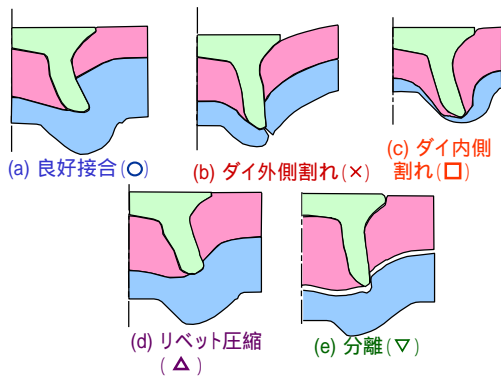
(a) テーパーダイ

(b) 修正ダイ

修正ダイによる接合の有限要素シミュレーション例  
( $t_u=1.5\text{mm}$ ,  $t_l=2.3\text{mm}$ )



接合結果の分類



(a) 良好接合 (O)

(b) ダイ外側割れ (X)

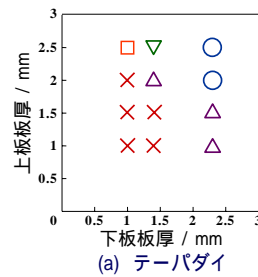
(c) ダイ内側割れ (□)

(d) リベット圧縮 (Δ)

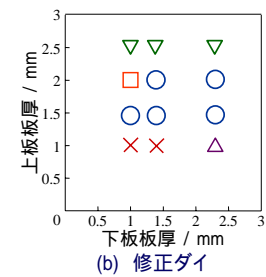
(e) 分離 (▽)

実験による接合結果

○良好接合 ×ダイ外側割れ △リベット脚部圧縮 □ダイ内側割れ ▽分離

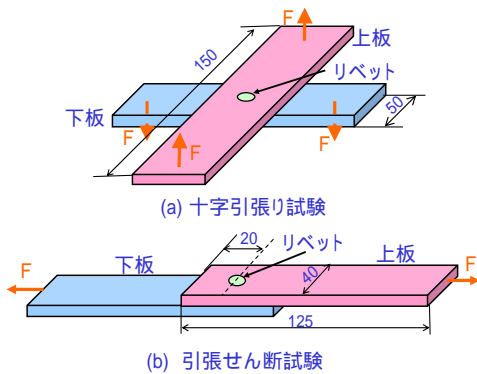


(a) テーパーダイ



(b) 修正ダイ

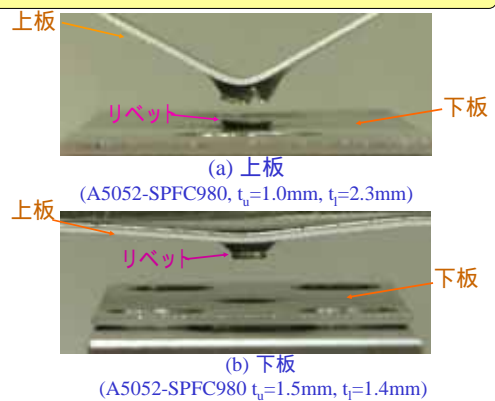
十字引張試験, 引張せん断試験による接合部の強度評価



(a) 十字引張り試験

(b) 引張せん断試験

十字引張試験における破壊挙動



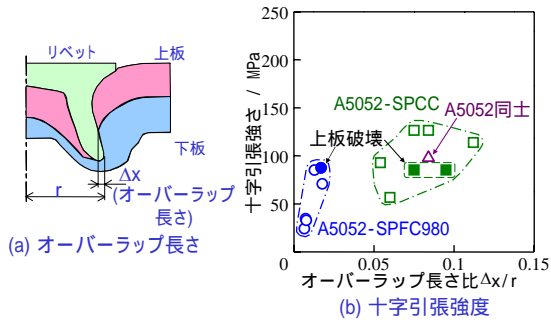
(a) 上板

(A5052-SPFC980,  $t_u=1.0\text{mm}$ ,  $t_l=2.3\text{mm}$ )

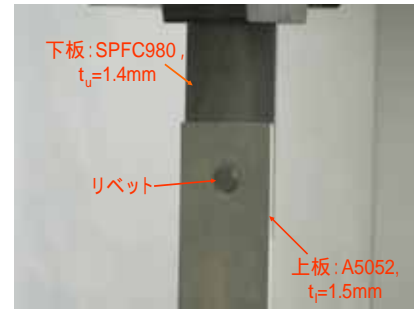
(b) 下板

(A5052-SPFC980,  $t_u=1.5\text{mm}$ ,  $t_l=1.4\text{mm}$ )

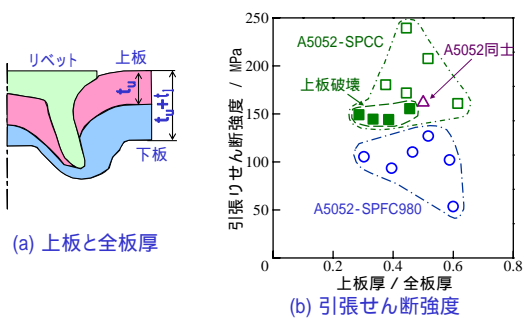
### 十字引張試験による接合部の強度



### 引張せん断試験の破壊形態



### 引張せん断試験による接合部の強度



### 高張力鋼板のプレス成形

- 1) 超高張力鋼板の熱間プレス成形におけるダイクエンチ
- 2) プレコート防錆剤を用いた超高張力鋼板の熱間プレス成形
- 3) 超高張力鋼板の温・熱間打抜き加工
- 4) 超高張力鋼板とアルミ合金板のセルフピアシングリベットによる接合