

ハイテンのプレス成形

ー スプリングバック低減，伸びフランジ向上，絞り・しごき加工における焼付き防止，塑性接合，ホットスタンピングー

豊橋技術科学大学 森 謙 一 郎

ハイテンのプレス成形

豊橋技術科学大学 森謙一郎

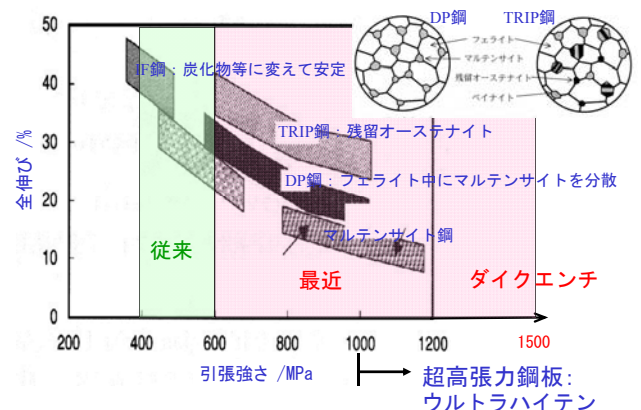


1. 高張力鋼板
2. スプリングバック低減
3. 伸びフランジ性向上
4. 絞り・しごき加工における焼付き防止
5. しわ
6. 塑性接合
7. ホットスタンピング

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: 12億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: 3400万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

高張力鋼板の強度

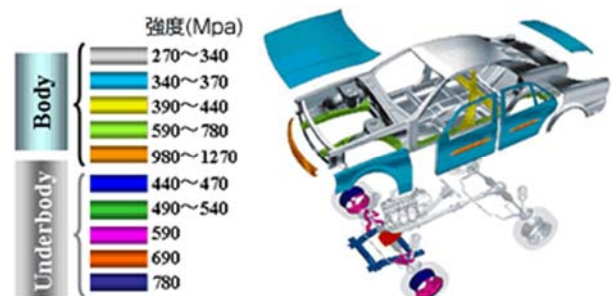


鉄鋼製軽量自動車ボディ製造

ULSAB-AVC (Ultra Light Steel Auto Body
- Advanced Vehicle Concept)

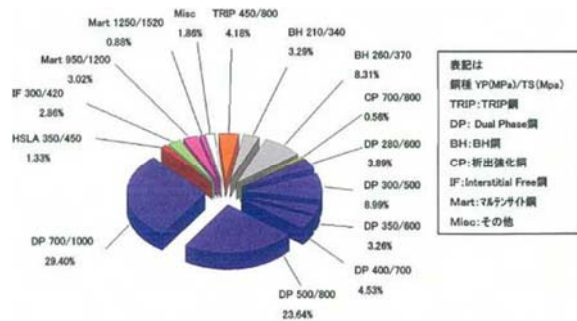


自動車車体への高張力鋼板の適用

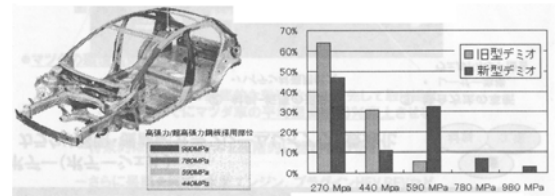


骨格部材: 36%

使用鉄鋼材料



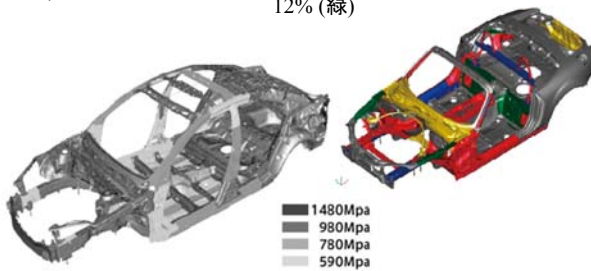
Mazda, Demio



高張力鋼板: 40% から 60% に
8% 軽量化

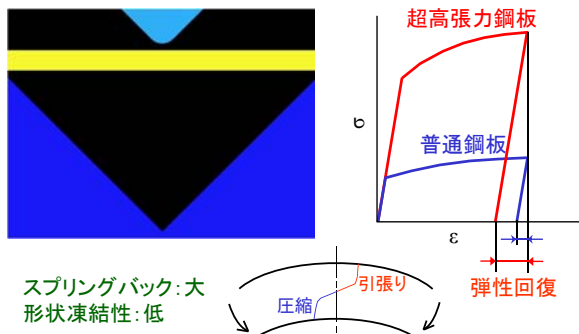
Mazda, Atenza, Roadstar

Mazda, Atenza: 42%から 49%
Mazda, Roadstar, 1500MPa:
12% (緑)



1. 高張力鋼板
2. スプリングバック低減
3. 伸びフランジ性向上
4. 絞り・しごき加工における焼付き防止
5. しわ
6. 塑性接合
7. ホットスタンピング

超高張力鋼板のスプリングバック



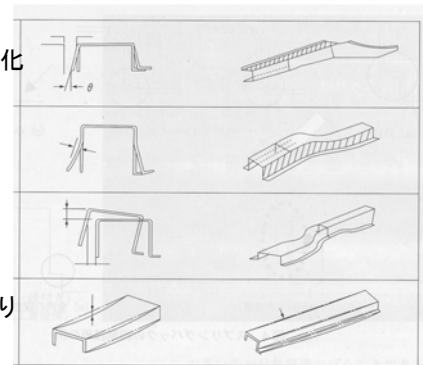
超高張力鋼板の形状凍結性

角度変化

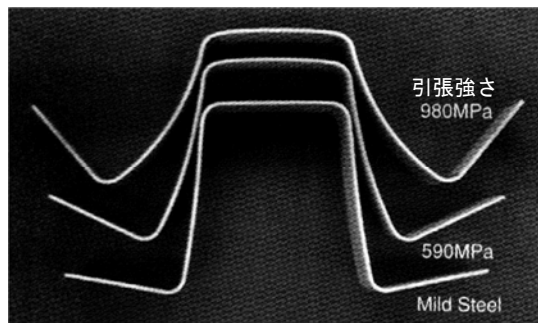
壁そり

ねじれ

稜線そり

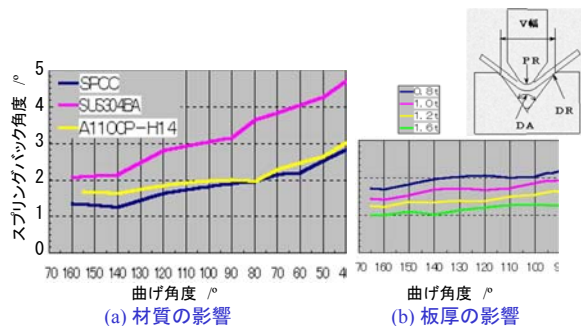


高張力鋼板のハット曲げにおけるスプリングバック

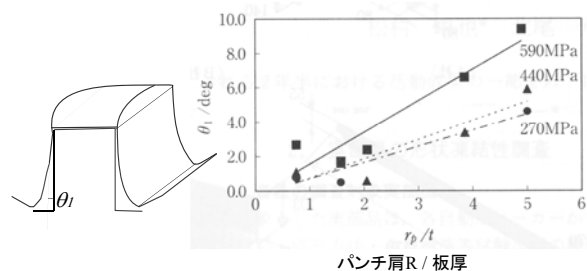


岩谷：プレス技術，42-8(2004)，43

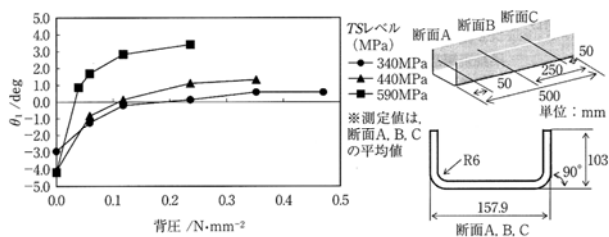
V曲げにおけるスプリングバックに及ぼす材質および板厚の影響



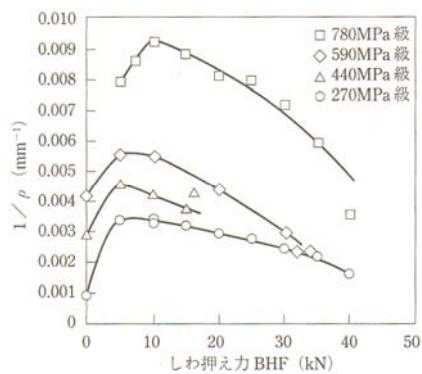
ハット曲げにおけるスプリングバックに及ぼす材質の影響



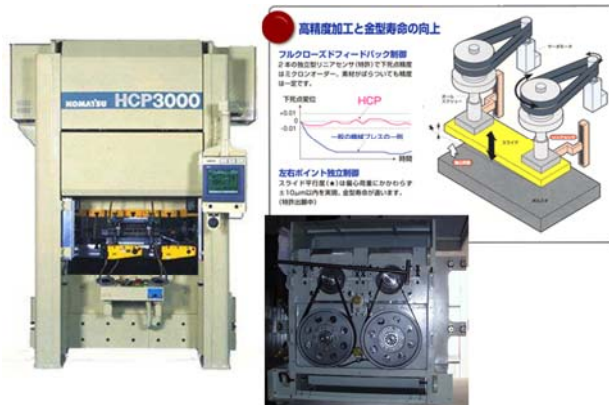
U曲げにおけるスプリングバックに及ぼす背圧の影響



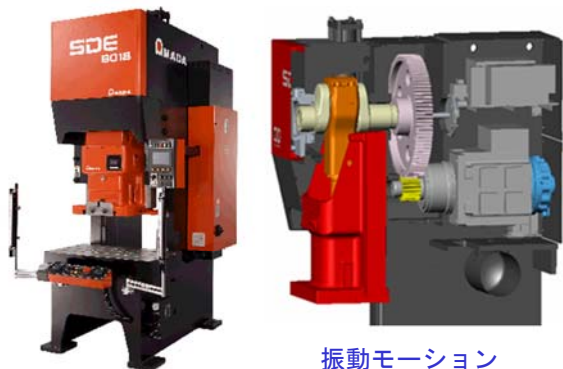
ハット曲げにおけるそりに及ぼすしわ押え力の影響



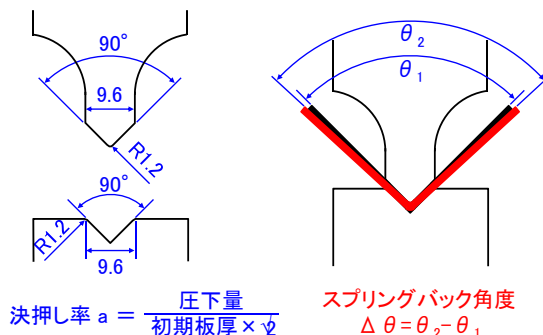
直動式サーボプレス(80tonf)



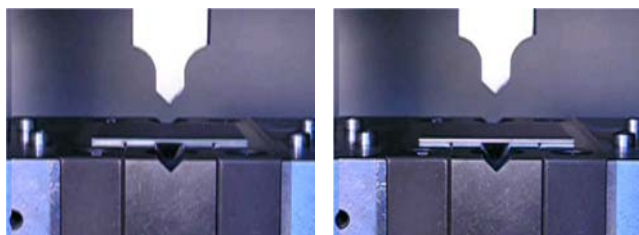
クランク式サーボプレス(150tonf)



V曲げ加工における金型形状, 決押し率・角度の定義



V曲げの変形挙動

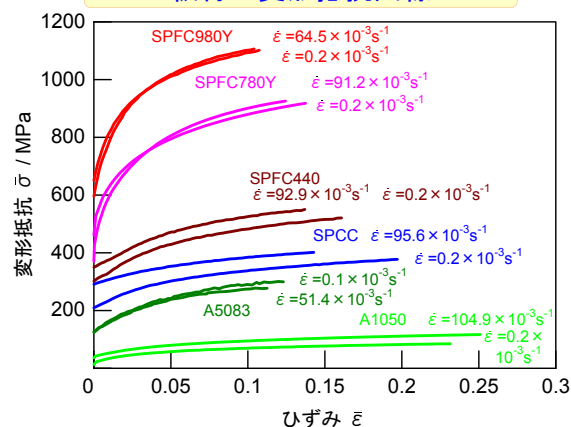


(a) SPCC

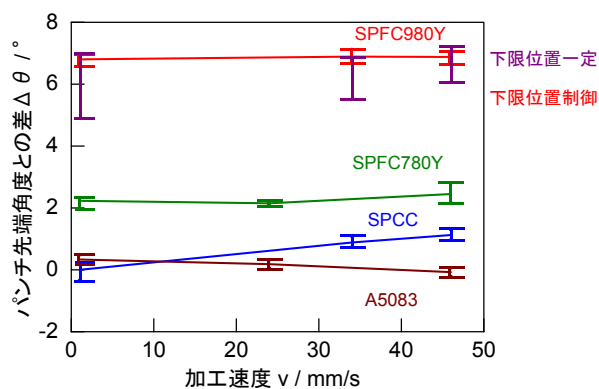
(b) SPFC980Y

$v=24\text{mm/s}$, $f=0\%$, $T=0.5\text{s}$

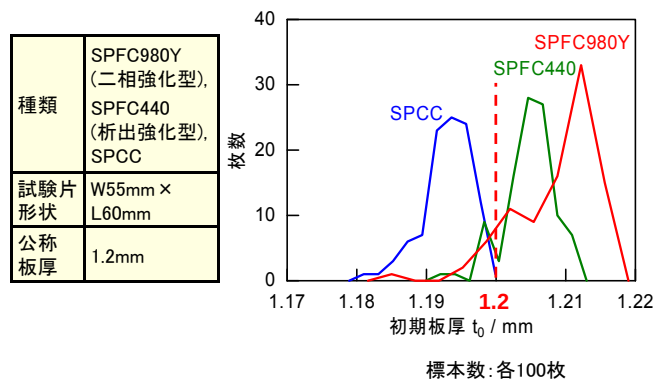
板材の変形抵抗曲線



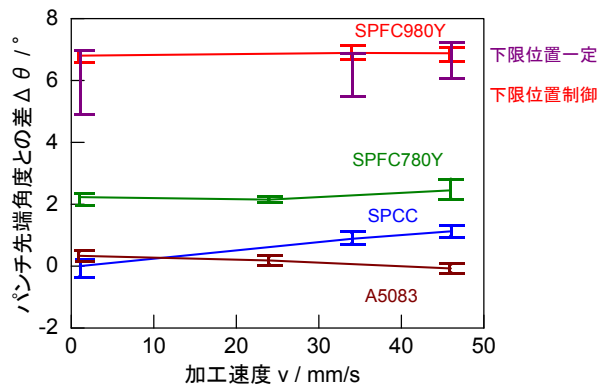
V曲げにおけるパンチ先端角度との差と加工速度の関係($a=0\%$)



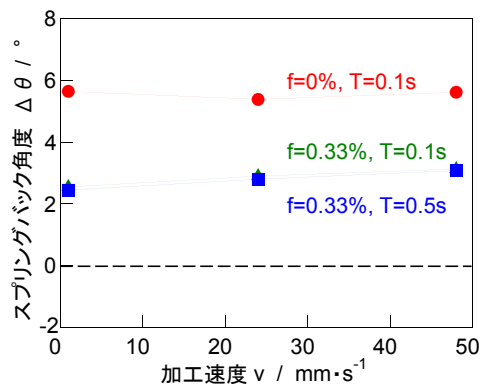
試験片の種類, 初期板厚のばらつき



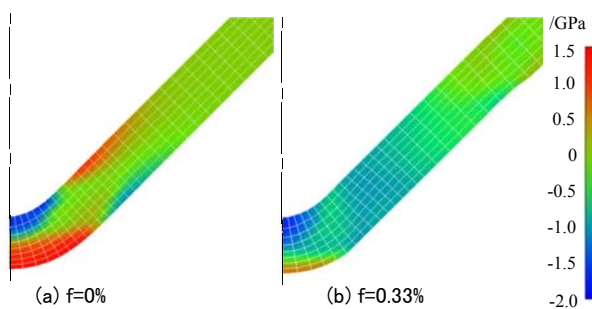
V曲げにおけるパンチ先端角度との差と加工速度の関係($\alpha=0\%$)



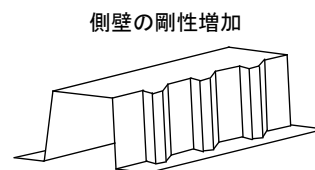
V曲げにおけるスプリングバック角度と加工速度の関係 (980MPa)



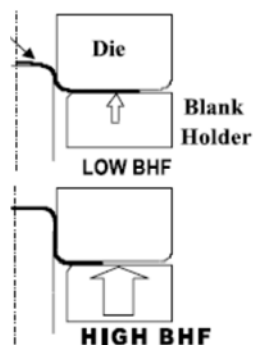
V曲げの決押しによる除荷前の板幅方向応力分布への影響(SPFC980Y)



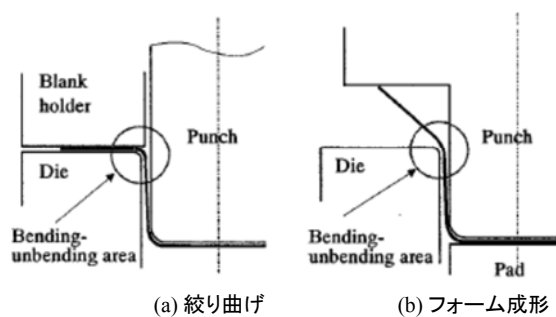
側壁ビードによるスプリングバックの防止



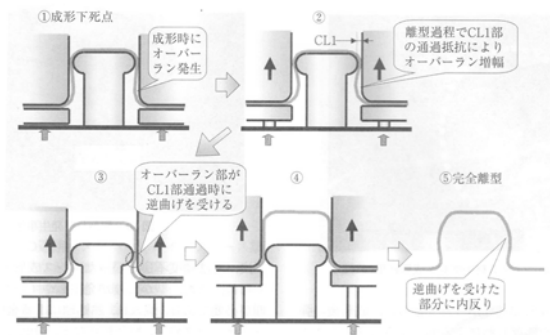
しわ押え力制御によるスプリングバックの防止



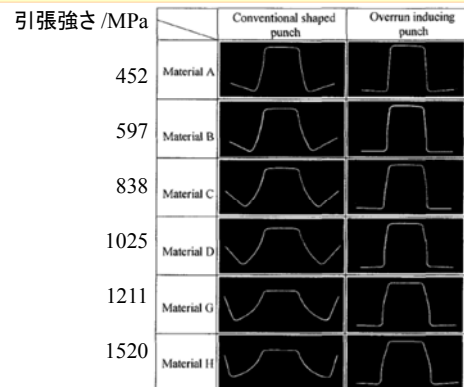
フォーム成形によるスプリングバックの防止



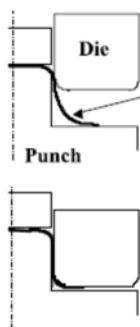
オーバーラン誘発パンチによる スプリングバックの防止



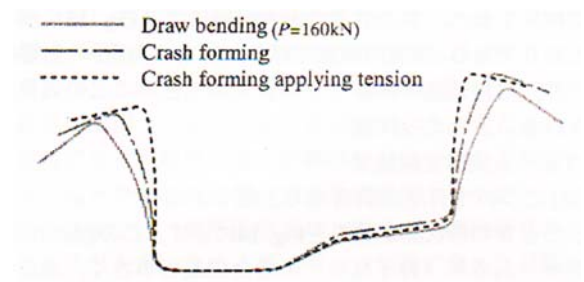
オーバーラン誘発パンチによる スプリングバックの防止



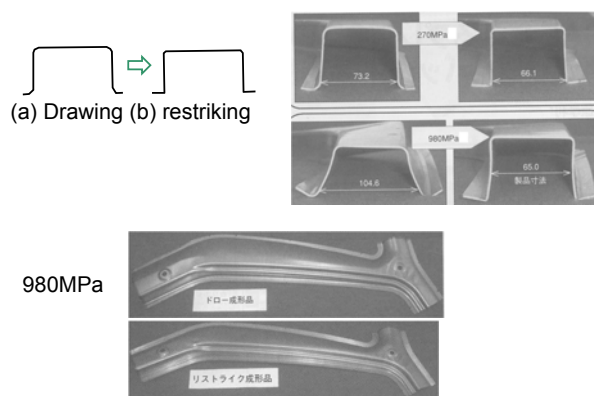
リストライクによるスプリングバックの防止



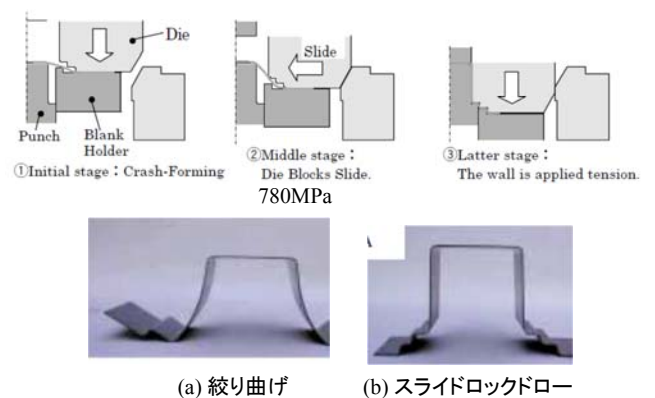
リストライクによるスプリングバックの防止



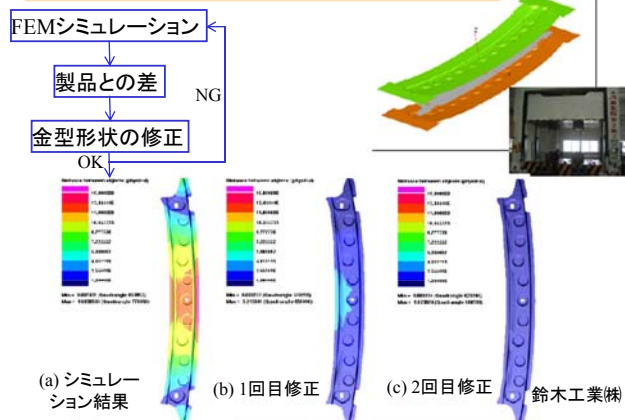
リストライクによるねじれの防止



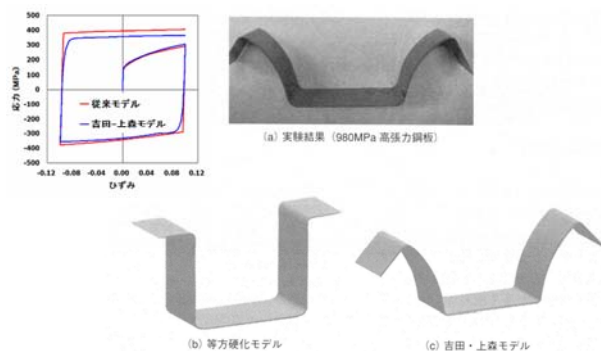
スライドロックドローによるスプリングバックの防止



有限要素シミュレーションを用いた
スプリングバックを考慮した金型形状の修正

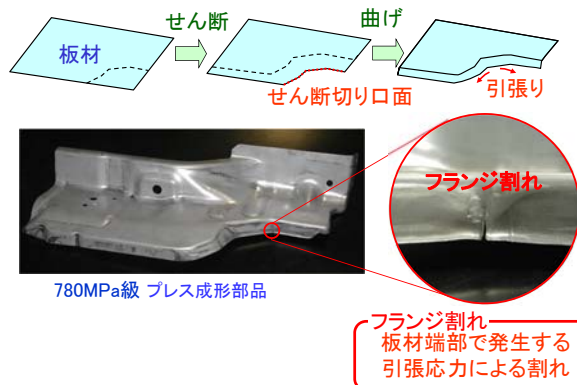


有限要素シミュレーションにおけるスプリング
バックに及ぼす構成式の影響



1. 高張力鋼板
2. スプリングバック低減
3. 伸びフランジ性向上
4. 絞り・しごき加工における焼付き防止
5. しわ
6. 塑性接合
7. ホットスタンピング

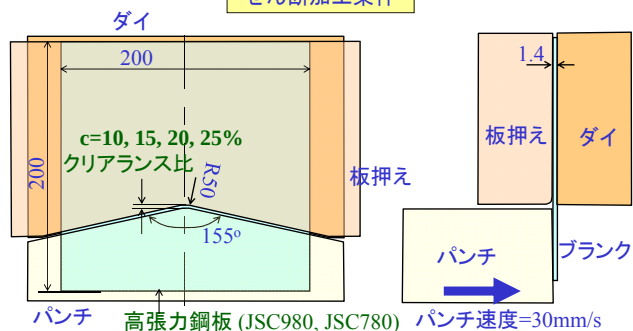
プレス成形におけるフランジ割れ



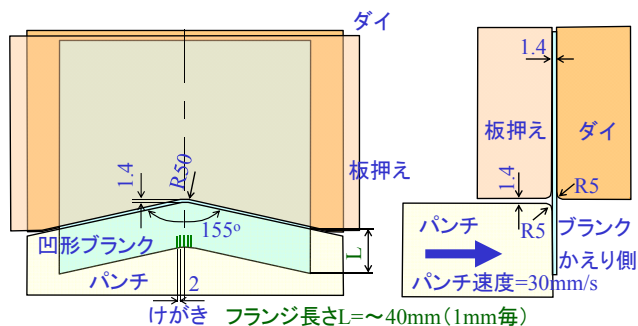
穴抜き・穴広げ加工される鋼板

材料名	板厚 mm	降伏応力 mm	引張強さ MPa	伸び %	n値
JSC270C	1.39	223	333	41.2	0.19
JSC390W	1.39	283	389	35.8	0.18
JSC440W	1.41	320	455	33.8	0.19
JSC590R	1.40	438	603	25.9	0.15
JSC780Y	1.47	558	823	19.0	0.12
JSC980Y	1.41	620	1027	18.7	0.12

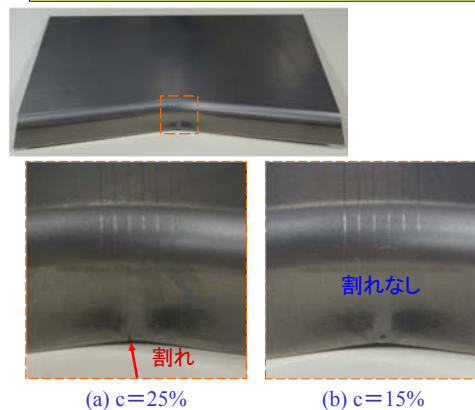
せん断加工条件



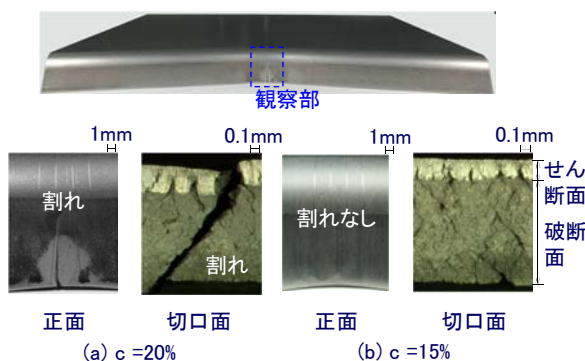
伸びフランジ成形条件



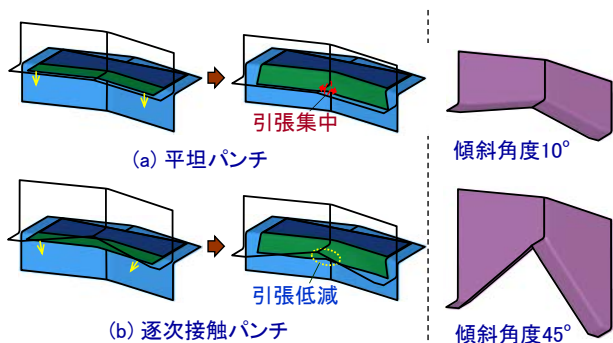
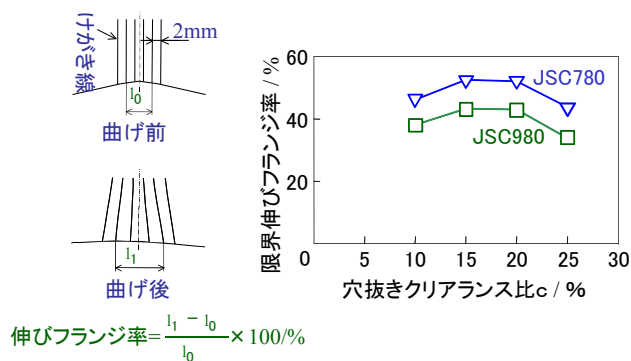
フランジ割れにおよぼすせん断クリアランス比の影響 (JSC780Y, L=17mm)



実験による限界伸びフランジ率におよぼすせん断クリアランス比の影響 (JSC980Y, L=15mm, 平坦パンチ)



限界伸びフランジ率とクリアランス比の関係

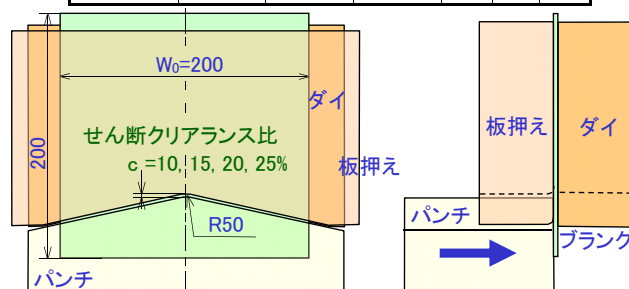


目的

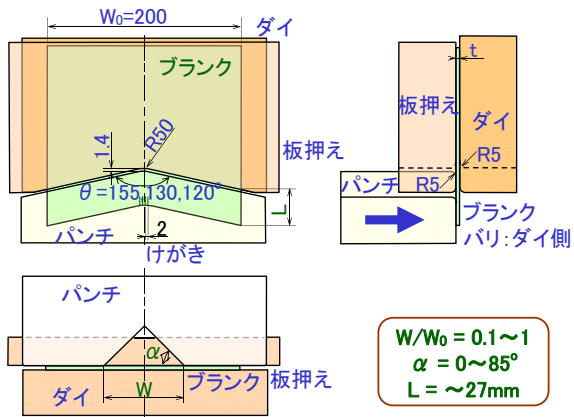
超高張力鋼板における伸びフランジ割れを防止する逐次接触パンチ形状の最適化

超高張力鋼板とせん断加工条件

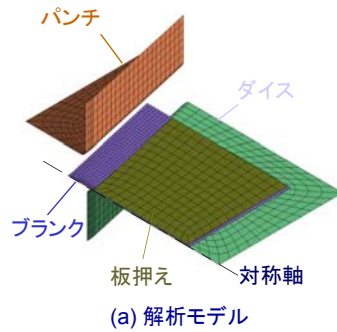
板厚	公称板厚 /mm	降伏応力 /MPa	引張強さ /MPa	伸び /%	絞り /%	n値
JSC780Y	1.4	395	847	18.8	66	0.15
JSC980Y	1.4	660	1014	16.4	45	0.15
JSC1180Y	1.2	864	1209	10.8	46	0.14



伸びフランジ曲げ成形条件



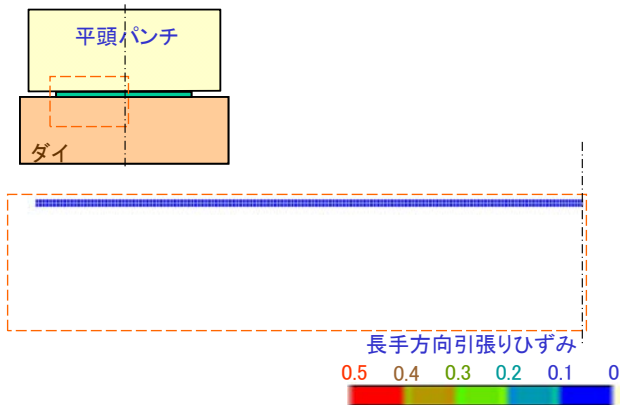
伸びフランジ曲げ成形の解析条件



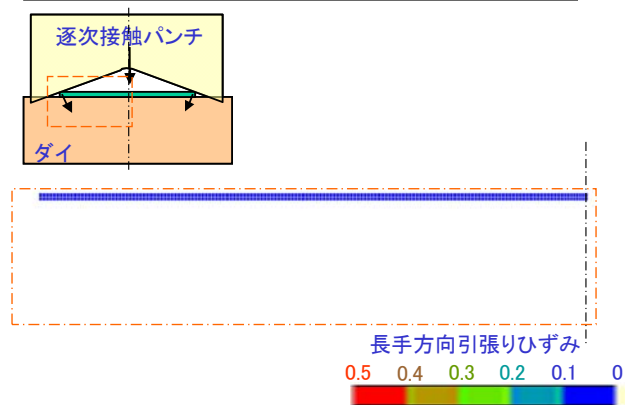
(b) 解析条件

計算ソフト	LS-DYNA
計算モデル	1/2対称
板材	弾塑性体シェル要素
金型の要素	剛体シェル要素
摩擦係数	0.15
パンチ下降速度	100mm/s

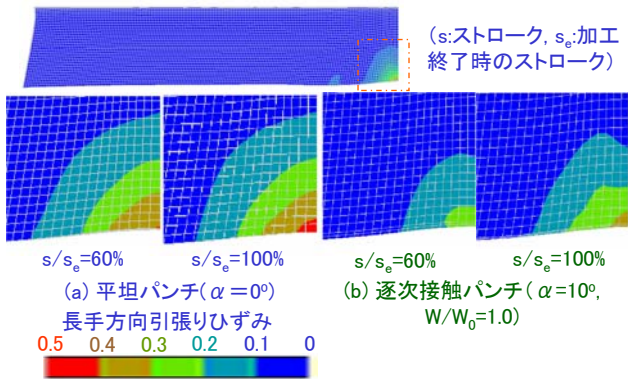
平坦パンチによる長手方向の引張りひずみ分布
(JSC780, $\alpha=0^\circ$, $L=18\text{mm}$)



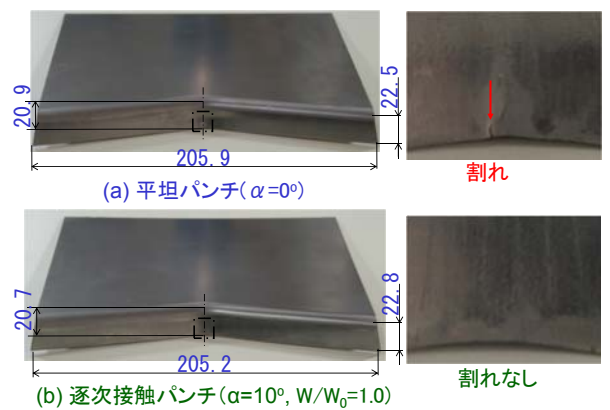
逐次接触パンチによる長手方向の引張りひずみ分布
(JSC780, $\alpha=10^\circ$, $W/W_0=1.0$, $L=18\text{mm}$)



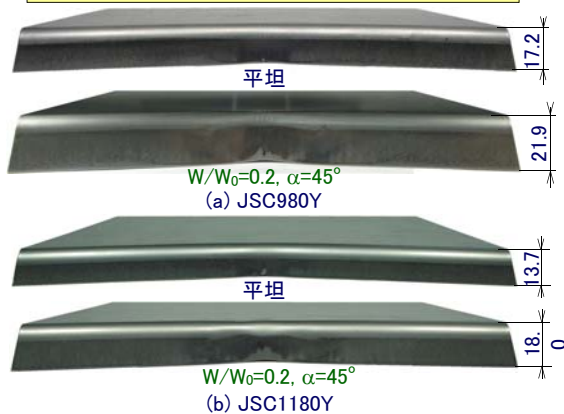
計算による長手方向引張りひずみの変化(JSC780, L=17mm)



逐次接触パンチによる割れの防止 (JSC780, L=18mm)

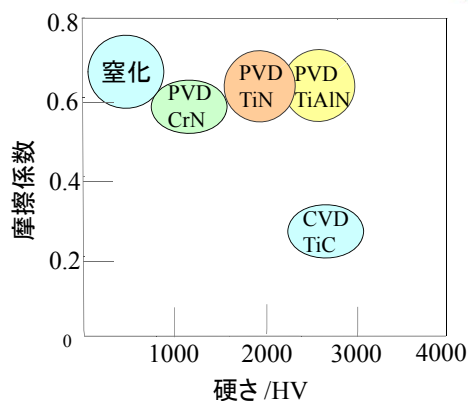


実験における部分逐次接触パンチによる 最大製品高さの向上

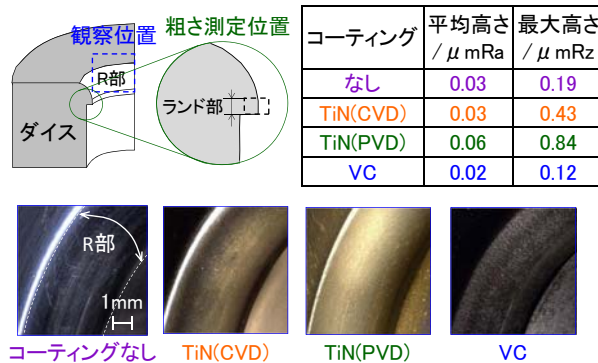


1. 高張力鋼板
2. スプリングバック低減
3. 伸びフランジ性向上
4. 絞り・しごき加工における焼付き防止
5. しわ
6. 塑性接合
7. ホットスタンピング

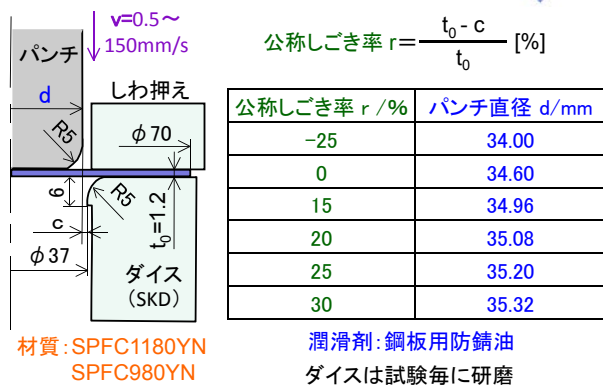
各種コーティングにおける摩擦係数



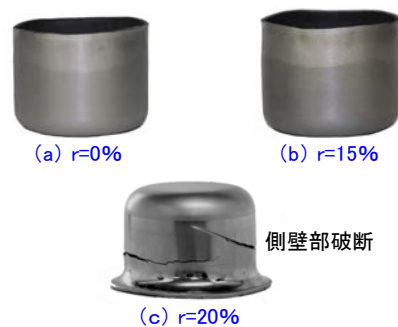
使用したコーティングダイス



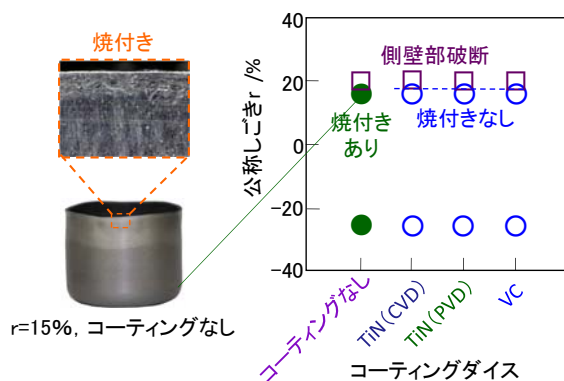
しごき絞り加工条件



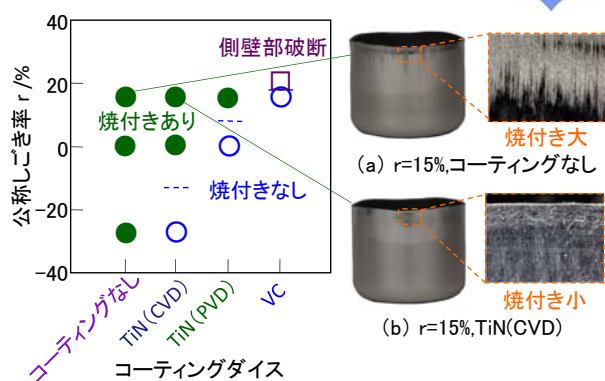
しごき絞り加工後の容器 (SPFC1180YN, $\beta=2.06$, VCダイス, $v=0.5\text{mm/s}$)



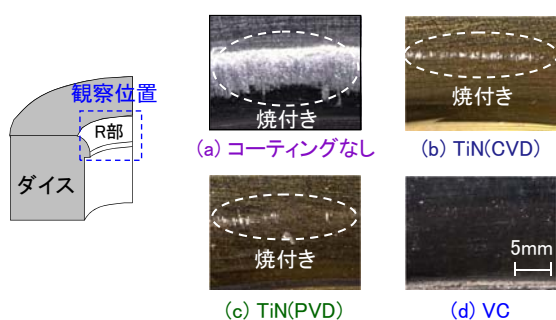
限界しごき率に及ぼすコーティングダイスの影響
(SPFC1180YN, $v=0.5\text{mm/s}$)



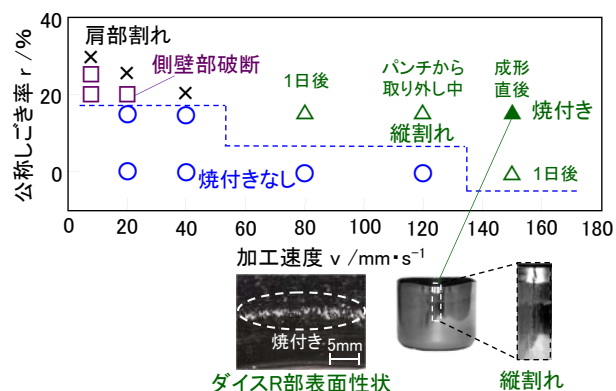
しごき絞り加工の耐焼付き性に及ぼすコーティングダイスの影響 (SPFC1180YN, $v=8.3\text{mm/s}$)



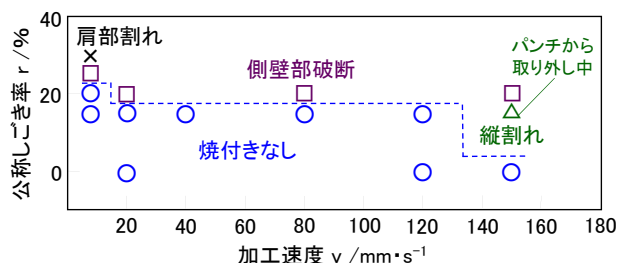
しごき絞り加工後のダイスR部表面性状
(SPFC1180YN, $v=8.3\text{mm/s}$, $r=15\%$)



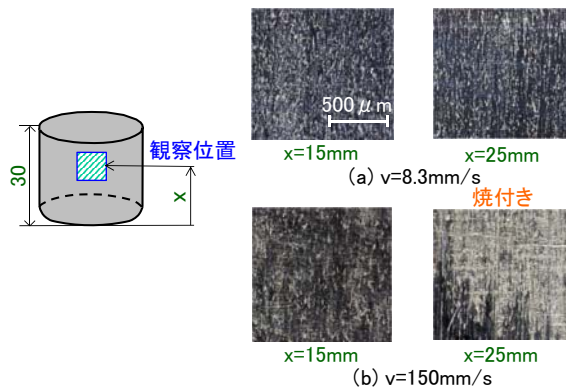
VCダイスにおける耐焼付き性に及ぼす加工速度の影響 (SPFC1180YN)



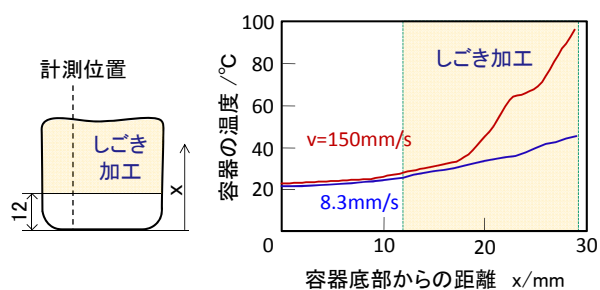
VCダイスにおける耐焼付き性に及ぼす加工速度の影響 (SPFC980YN)



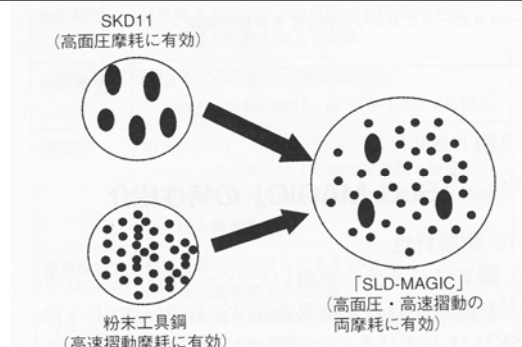
しごき絞り加工された容器の表面性状に及ぼす加工速度の影響 (SPFC1180YN, VCダイス, $r=15\%$)



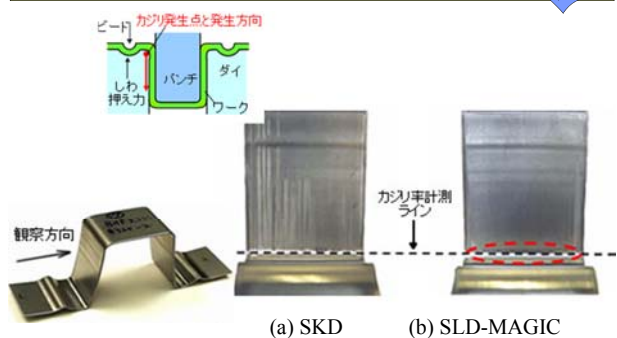
絞りしごき加工された直後から0.1秒後の容器
温度分布 (SPFC1180YN, VCダイス, $r=15\%$)



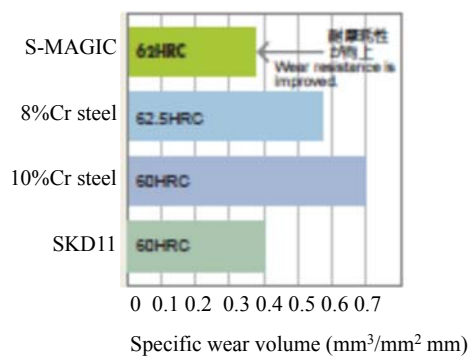
高張力鋼板のプレス成形用金型
SLD-MAGIC



金型の焼付き



金型摩耗



多段深絞り加工



(a) Mild steel, SPCE



(b) 980MPa

1. 高張力鋼板
2. スプリングバック低減
3. 伸びフランジ性向上
4. 絞り・しごき加工における焼付き防止
5. しわ
6. 塑性接合
7. ホットスタンピング

各種鋼板のプレス成形におけるしわ

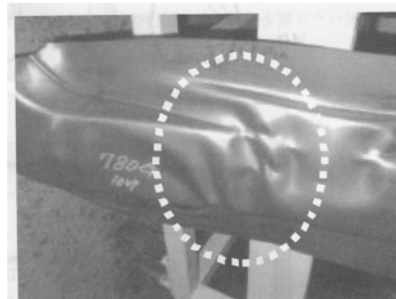


(a) 270 MPa

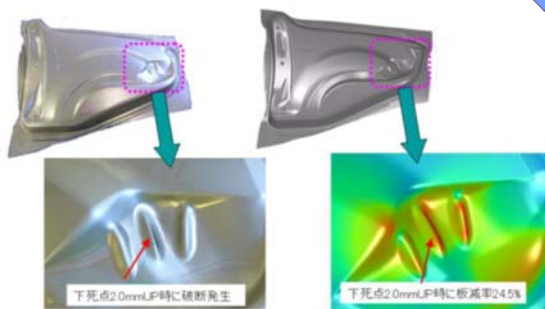
(b) 590 MPa

(c) 980 MPa

780MPaのプレス成形におけるしわ



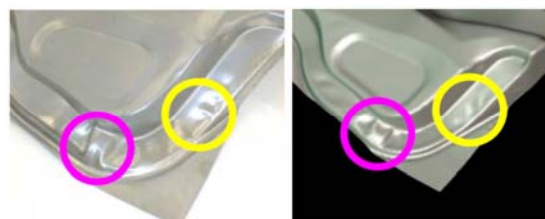
プレス成形におけるしわの予測



(a) 実験

(b) シミュレーション

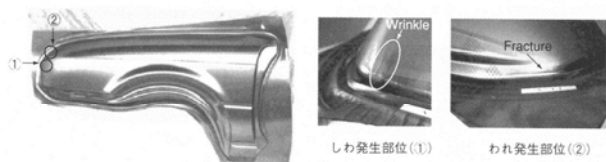
プレス成形におけるしわの予測



(a) 実験

(b) シミュレーション

しわと割れ



しわ発生部位 (1)

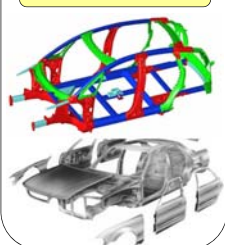
われ発生部位 (2)

供試材	クッション力 (TON)	しわ発生	成形可能	われ発生
SFG440GA	160 170 180 190 200	■	□	■
JAC440P	160 170 180 190 200	■	□	■

1. 高張力鋼板
2. スプリングバック低減
3. 伸びフランジ性向上
4. 絞り・しごき加工における焼付き防止
5. しわ
6. 塑性接合
7. ホットスタンピング

セルフピアシングリベットによる 高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合

板組の決定



接合条件の決定

- ・リベット
- ・ダイ
- ・板組

ラインでの接合作業



アルミニウム板の接合



Audi_A2: アルミ自動車

アルミニウム: 溶接性が低い

セルフピアシングリベット

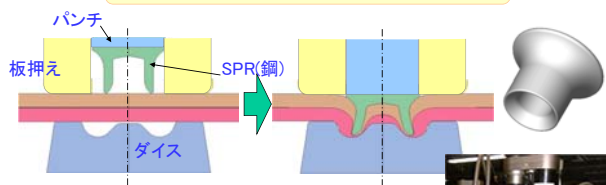
表



裏



セルフピアスリベッティング



<工法のメリット>

- 板にSPRを打込み、機械的に結合
- 穴あけ不要
- 溶接の難しい材料の締結
- 異種材料の締結

接合部

Cフレーム



アルミニウム板と高張力鋼板の接合

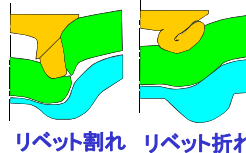
高張力鋼板

- ・高強度, 高硬度
- ・延性小

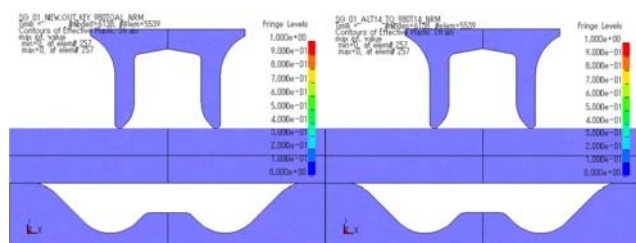
リベット硬度に近い

多種の不良が想定

・ダイ形状の最適化
(ダイ径, 深さ)



有限要素シミュレーション



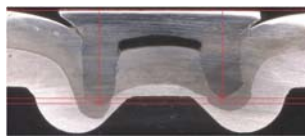
(a) 上板 SPFC980 t1.4,
下板 A5052 t1.5

(b) 上板 A5052 t1.5,
下板 SPFC980 t1.4

ダイ形状の最適化

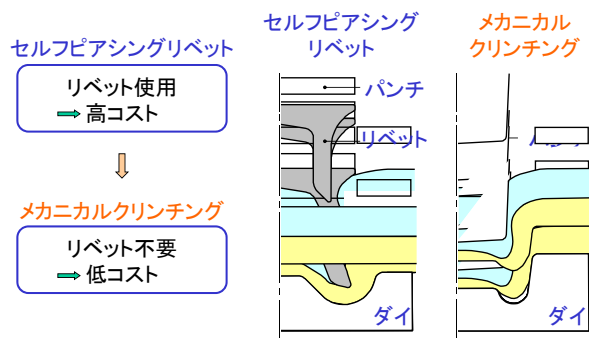
曲面ダイ

テーパードイ形状

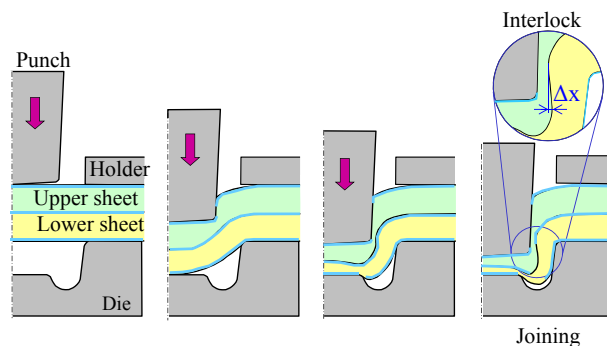


上板: SPFC980, 1.4mm, 下板: A5052, 1.5mm

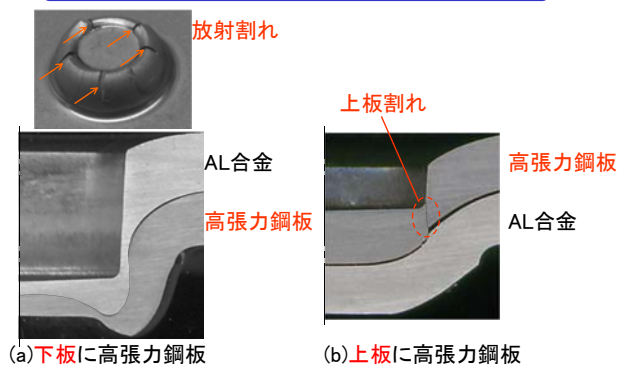
メカニカルクリンチングによる 高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合



メカニカルクリンチング

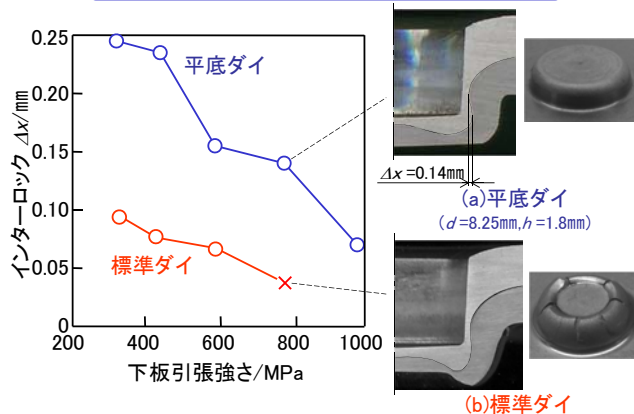


高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合

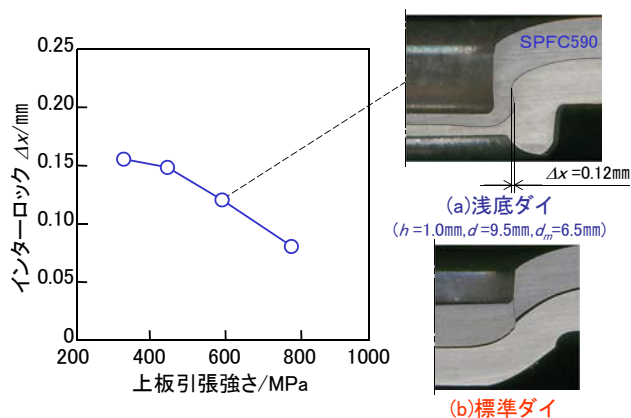


- ・高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合性
- ・ダイ形状の改善による接合性の向上

平底ダイによる下板高張力鋼板の接合

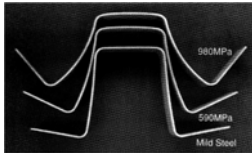


浅底ダイによる上板高張力鋼板の接合



1. 高張力鋼板
2. スプリングバック低減
3. 伸びフランジ性向上
4. 絞り・しごき加工における焼付き防止
5. しわ
6. 塑性接合
7. ホットスタンピング

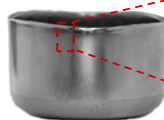
高張力鋼板の冷間成形における スプリングバック及び低い成形性



大きなスプリングバック



低い延性



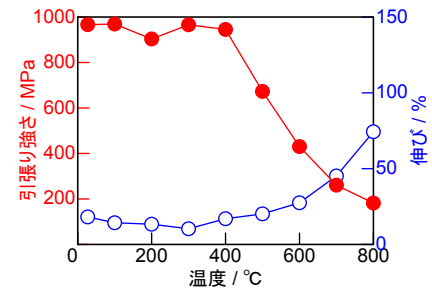
焼付き

1.2GPa以上の冷間プレスは困難

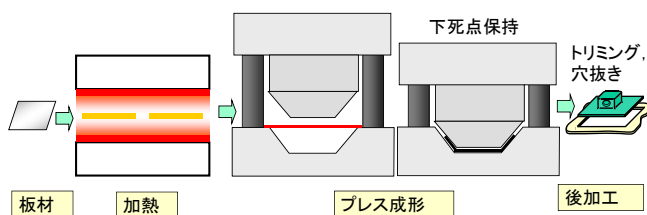
超高張力鋼板の高温引張り特性



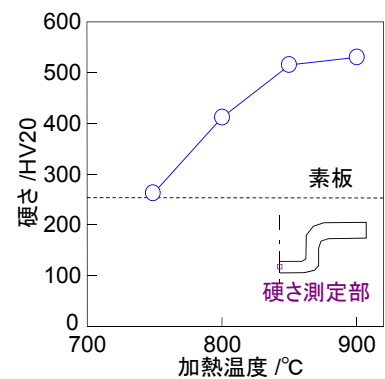
ホットスタンピング：成形荷重低下，
スプリングバックなし，成形性向上



ホットスタンピング

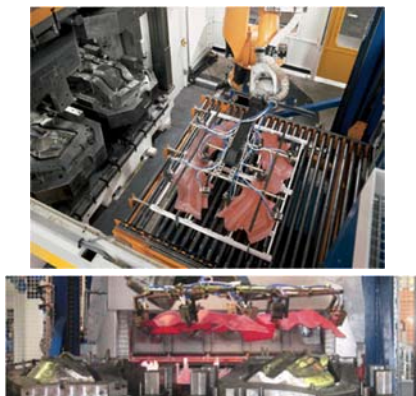


ホットスタンピングにおける ダイクエンチによる硬さの上昇

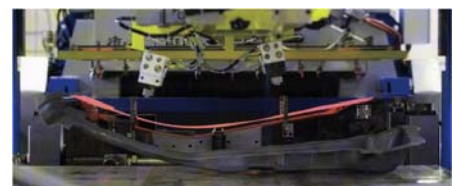


金型急冷
による焼
入れ，
1.5GPa級

ホットスタンピング



ホットスタンピング

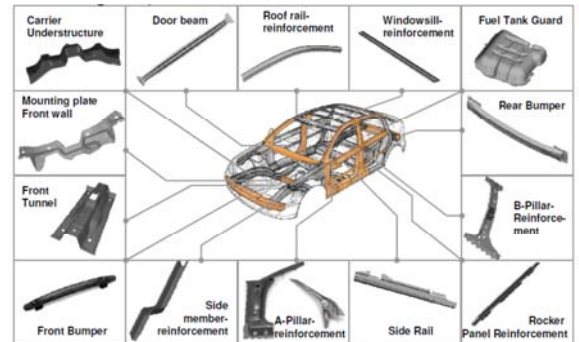


フォルクスワーゲン、パサート



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

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



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

1. 高張力鋼板
2. スプリングバック低減
3. 伸びフランジ性向上
4. 絞り・しごき加工における焼付き防止
5. しわ
6. 塑性接合
7. ホットスタンピング