

# ハイテンのプレス成形

豊橋技術科学大学 森 謙 一 郎

## ハイテン材のプレス成形



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
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. せん断加工
8. テーラードブランク
9. 接合

## — 軽量自動車部品の成形 —

100kg軽量:1km/燃費向上

### 軽量材料の成形

- 超高張力鋼板：ウルトラハイテン(7.8)
- アルミニウム(2.7), マグネ(1.8), チタン(4.5)

### 軽量化部品の成形

- 中空部品
- 一体化成形

### シミュレーション技術

- 有限要素法

## 4輪車の国別生産



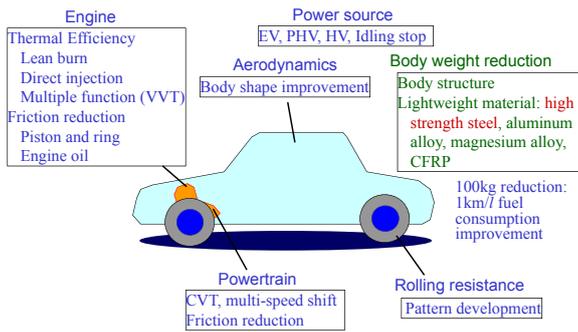
### 環境に優しい車:ハイブリッドカー



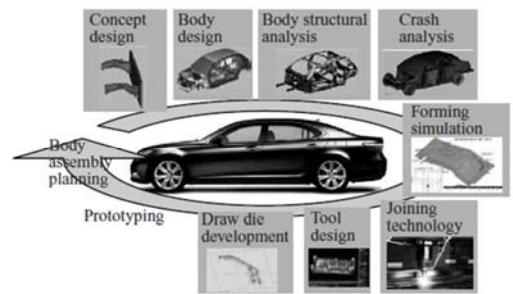
### 環境に優しい車:電気自動車



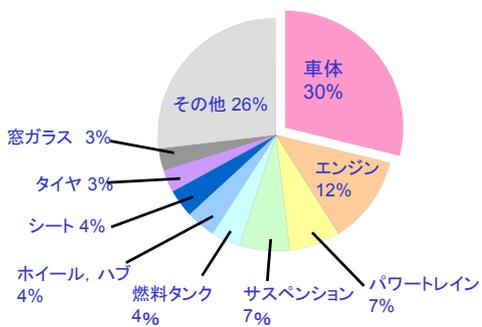
### 自動車の環境対策



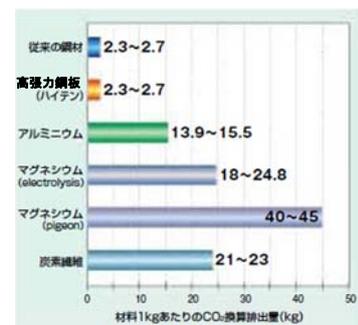
### 自動車の設計



### 自動車の重量構成

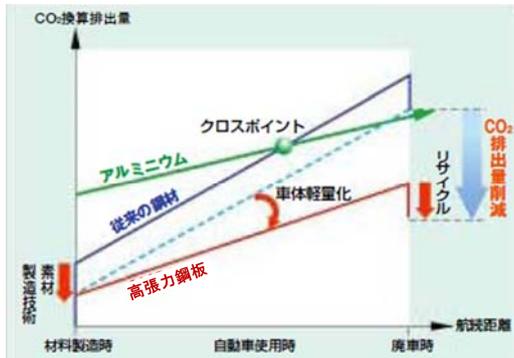


### 製造のためのCO<sub>2</sub>排出量



鉄鋼:鉄鉱石の還元, 炭素量の調節  
アルミ:ボーキサイトの電気分解

### 自動車使用におけるCO<sub>2</sub>排出量



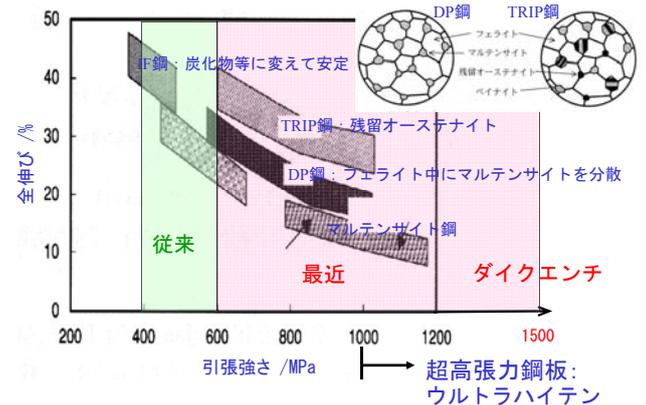
### 自動車用板材の比較

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

### 自動車用板材の特徴比較

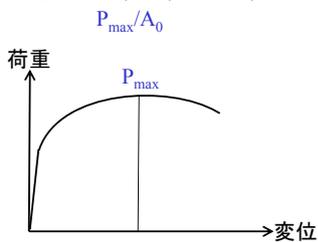
板材	成形性	コスト		生産	
		機械	材料	生産性	グローバル化
ハイテン	△	○	○	○	△
ホットスタンピング	△	×	△	×	×
アルミニウム	△	△	×	○	△
プラスチック	×	△	×	△	△

### 高張力鋼板の強度



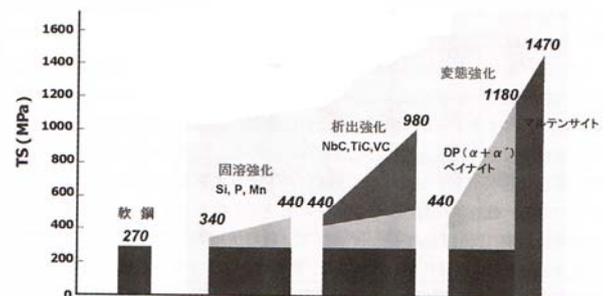
### 高張力鋼板

High Strength Steel Sheet, HSS, AHSS  
引張強さ: 440, 490, 590 780, 1180 MPa

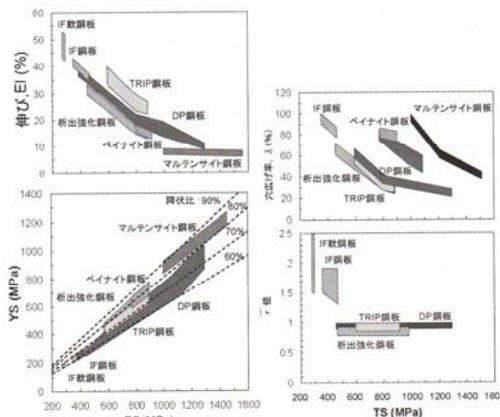


$A_0$ : initial cross-sectional area

### 高張力鋼板の強化機構

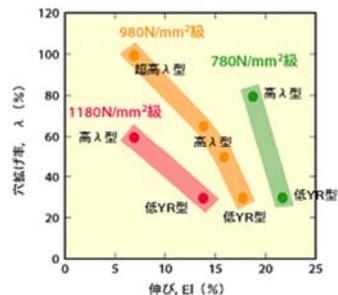


### 高張力鋼板の特性



### 高張力鋼板の特性

センターピラー: 低YS型780~1180N/mm<sup>2</sup>級  
 かしめ: 高入型780~980N/mm<sup>2</sup>級  
 パンパー: 高入型980N/mm<sup>2</sup>級, 高入型1180N/mm<sup>2</sup>級  
 ドアインパクトビーム: 高入型1180N/mm<sup>2</sup>級

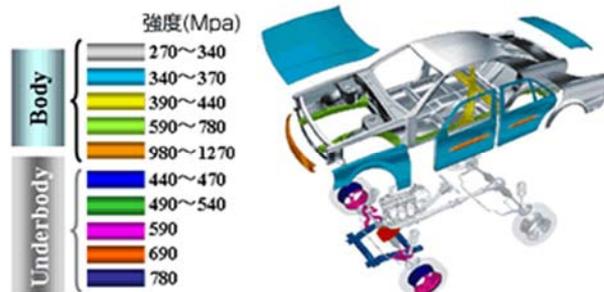


### 鉄鋼製軽量自動車ボディ製造

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

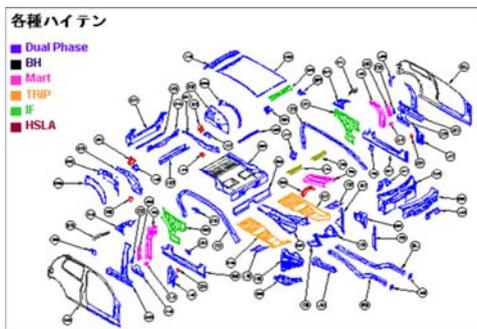


### 自動車車体への高張力鋼板の適用

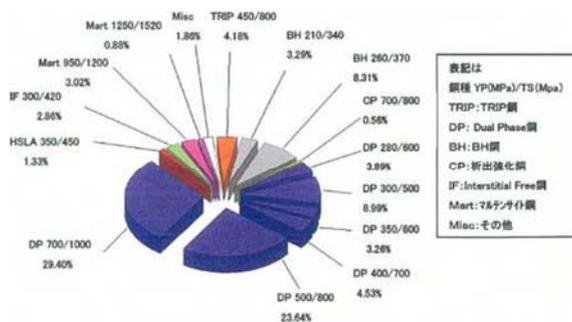


骨格部材: 36%

### 使用鉄鋼材料



### 使用鉄鋼材料



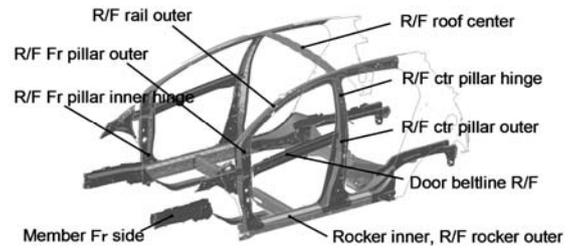
表記は  
 鋼種 YP(MPa)/TS(MPa)  
 TRIP: TRIP鋼  
 DP: Dual Phase鋼  
 BH: BH鋼  
 CP: 析出強化鋼  
 IF: Interstitial Free鋼  
 Mart: マルテンサイト鋼  
 Misc: その他

## ULSAB-AVC の成果

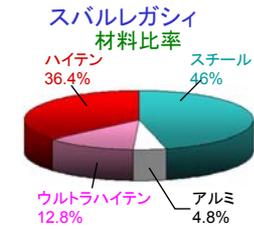
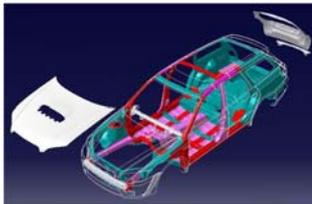
	C-Class 1500CCクラスの小型乗用車		PNGV-Class 2500CCクラスの普通乗用車		目標 ≤140g/km
	ガソリン車	ディーゼル車	ガソリン車	ディーゼル車	
燃費	燃費 (l/100km) ※	4.4	3.2	4.5	3.4
	CO2 g/km	105	95	108	92
	燃費 (km/l)	22.5	31.0	22.1	29.0
重量	車両重量 (kg)	933 (-19%)	966	998 (-32%)	1031
	ヘンチマツ	1147		1470	
	ボディ重量 (kg)	202	202	218	218
	ヘンチマツ	243		283	
安全性能	米国前面衝突	4-5★		5★	
	米国側面衝突	5★		5★	
	欧州ボール衝突	5★		5★	
	製造コスト	\$9190	\$9690	\$9538	\$10238

※ 欧州燃費モード

## ハイテンの使用部材

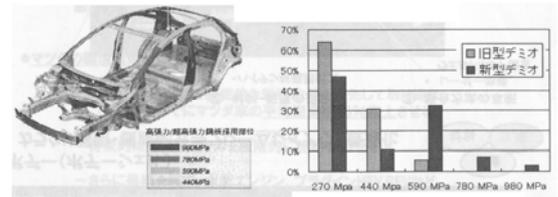


## 自動車車体への高張力鋼板の適用



トヨタ クラウン, 骨格部材の45%が高張力鋼板  
骨格部材: 36%

## Mazda, Demio

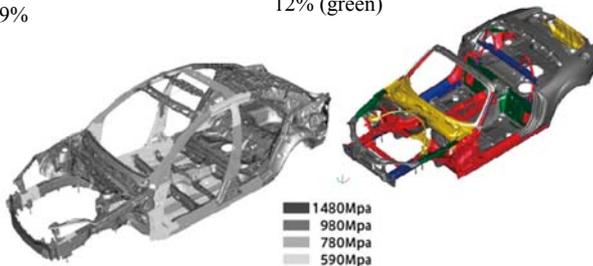


High strength steel sheets: from 40% to 60%  
8% reduction in weight

## Mazda, Atenza, Roadstar

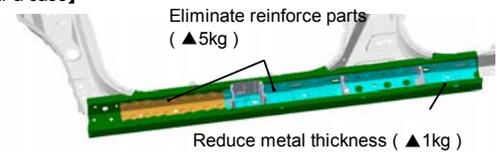
Mazda, Atenza: from 42% to 49%

Mazda, Roadstar, 1500MPa: 12% (green)

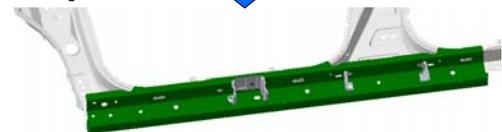


## ハイテンの使用による重量低減

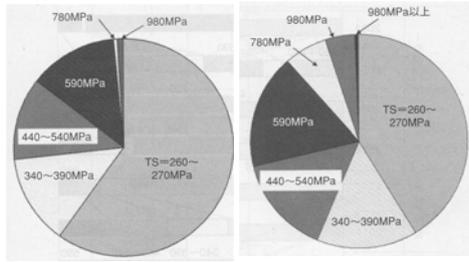
【440MPa case】



【980MPa case】



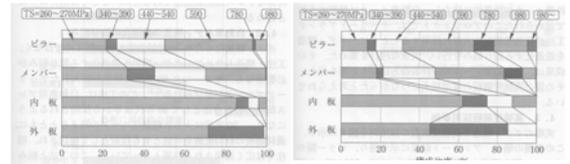
### ハイテンの使用割合の変化



(a) 2004

(b) 2014

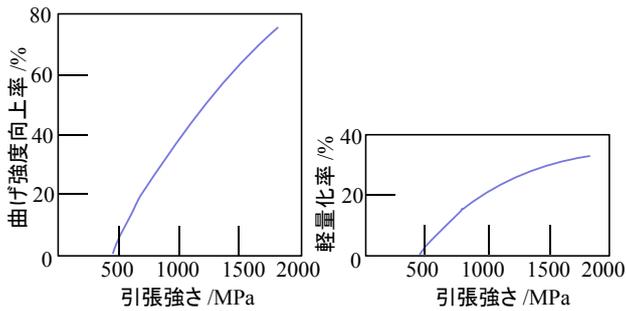
### ハイテンの使用部材



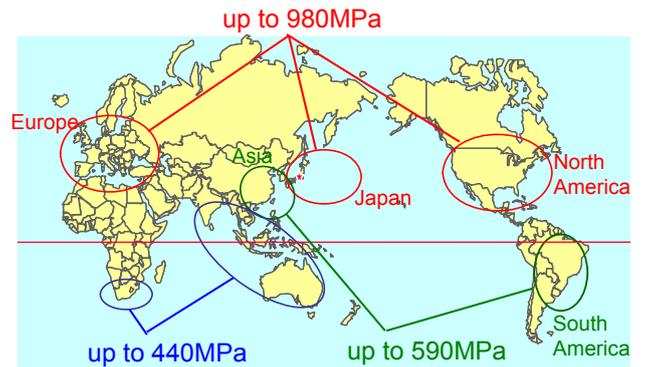
(a) 2004

(b) 2014

### ハイテンの使用による強度向上と軽量化率

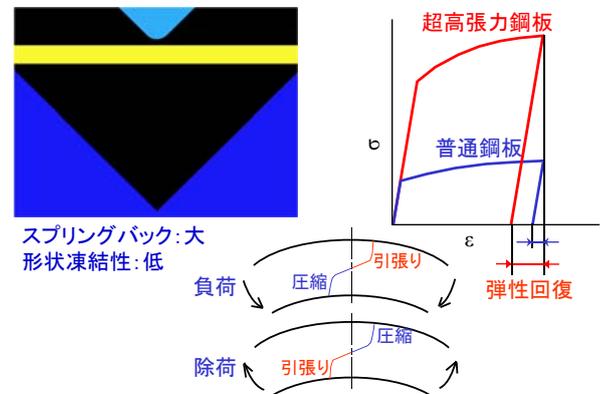


### ハイテンの供給場所

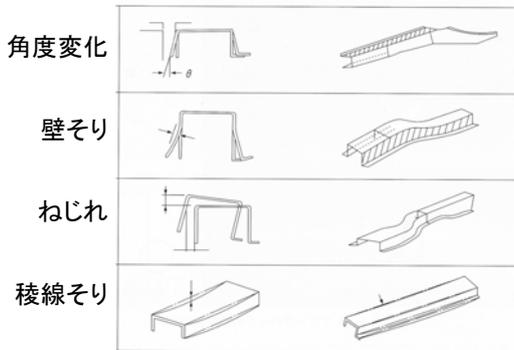


1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. せん断加工
8. テーラードブランク
9. 接合

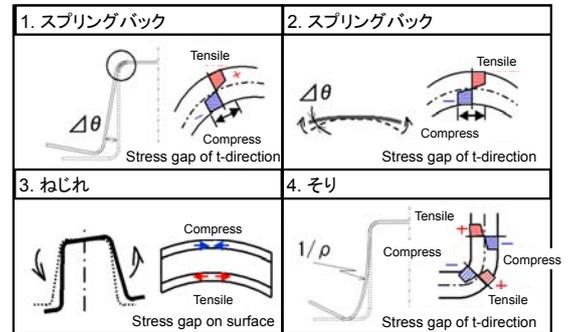
### 超高張力鋼板のスプリングバック



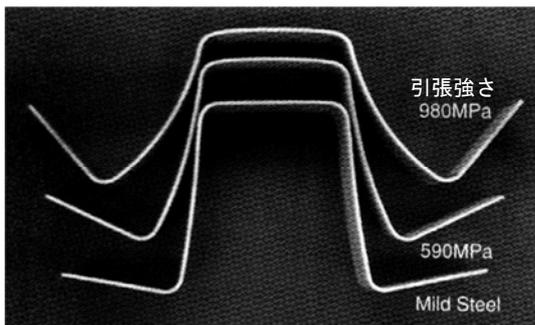
### 超高張力鋼板の形状凍結性



### 超高張力鋼板の形状凍結性



### 高張力鋼板のハット曲げにおけるスプリングバック

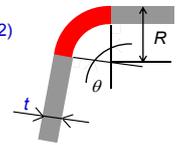


岩谷：プレス技術，42-8(2004)，43

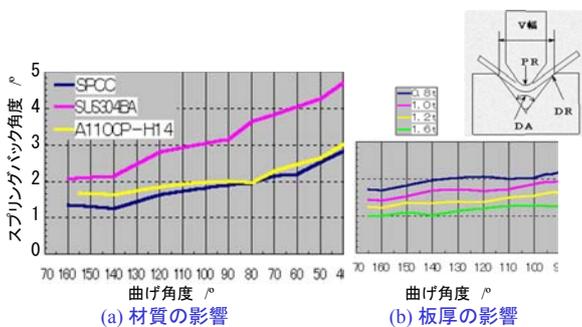
### スプリングバック

$$\Delta\theta = \frac{M}{EI} \theta R \approx \frac{3\sigma \theta R}{E t}$$

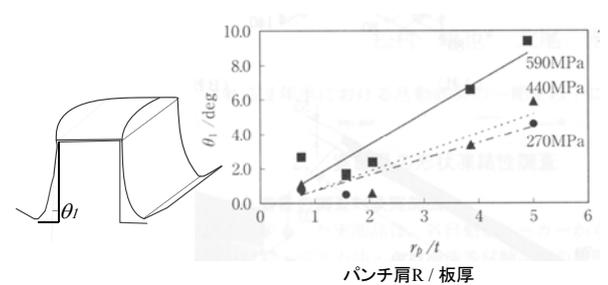
- $\Delta\theta$  : Springback
- $M$  : Bending moment ( $bt^2\sigma/4$ )
- $I$  : Geometrical moment of inertia ( $bh^3/12$ )
- $\sigma$  : Flow stress
- $E$  : Young's modulus
- $t$  : Thickness
- $\theta$  : Bend angle
- $R$  : Radius



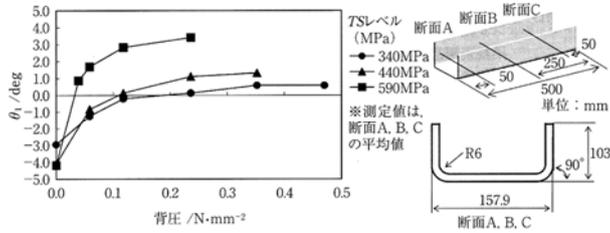
### V曲げにおけるスプリングバックに及ぼす材質および板厚の影響



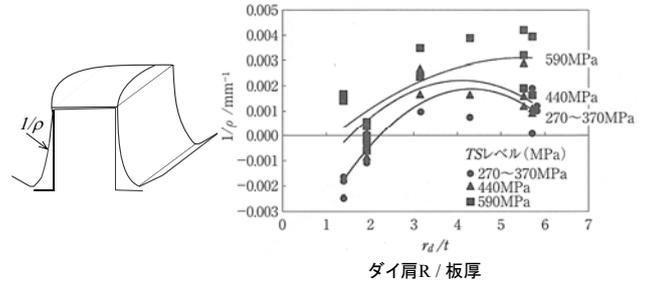
### ハット曲げにおけるスプリングバックに及ぼす材質の影響



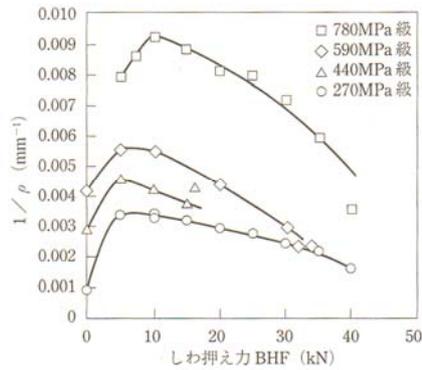
### U曲げにおけるスプリングバックに及ぼす背圧の影響



### ハット曲げにおけるそりに及ぼす材質の影響



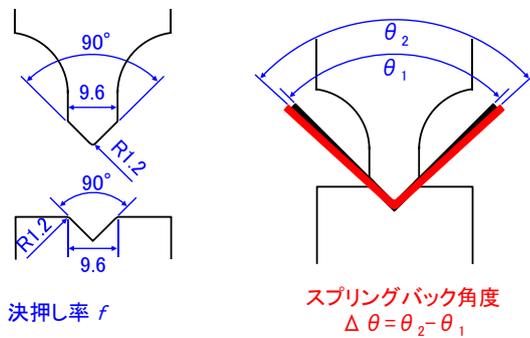
### ハット曲げにおけるそりに及ぼすしわ押え力の影響



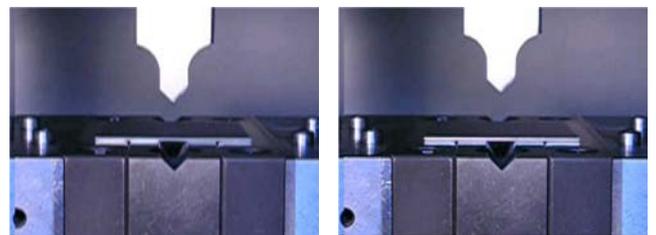
### 直動式サーボプレス(80tonf)



### 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

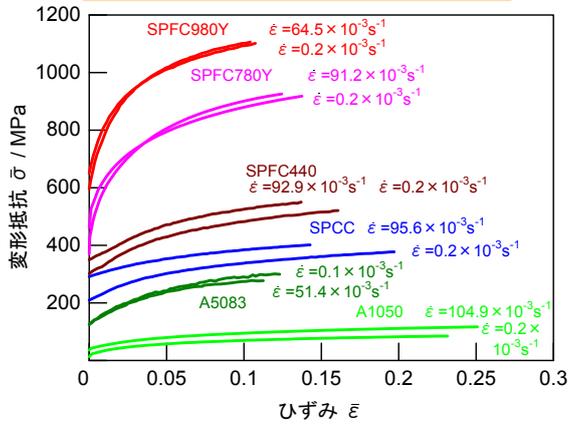


(a) SPCC

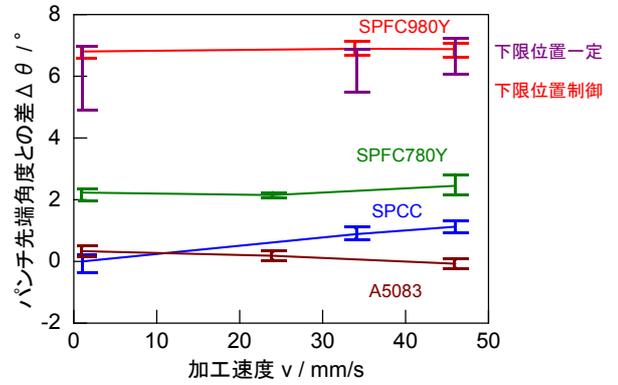
(b) SPFC980Y

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

### 板材の変形抵抗曲線

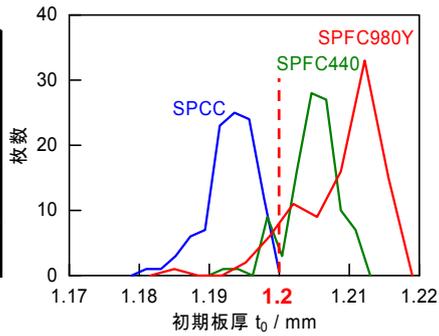


### V曲げにおけるパンチ先端角度との差と加工速度の関係( $f=0\%$ )

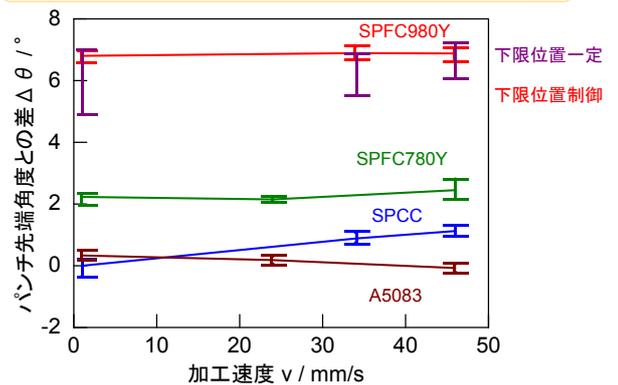


### 試験片の種類, 初期板厚のばらつき

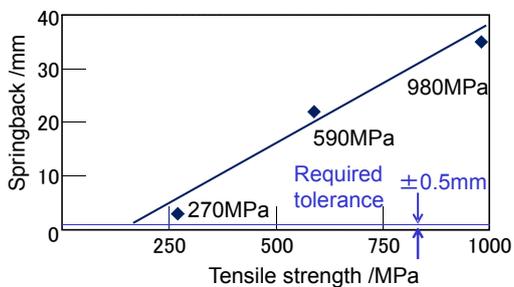
種類	SPFC980Y (二相強化型), SPFC440 (析出強化型), SPCC
試験片形状	W55mm × L60mm
公称板厚	1.2mm



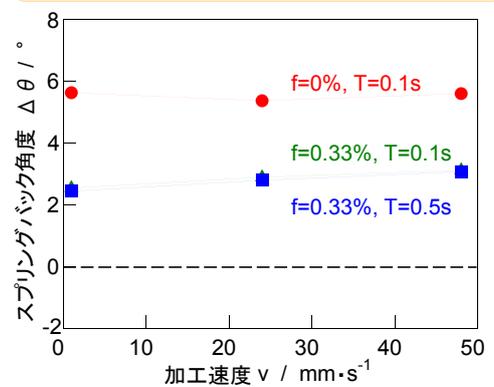
### V曲げにおけるパンチ先端角度との差と加工速度の関係( $f=0\%$ )

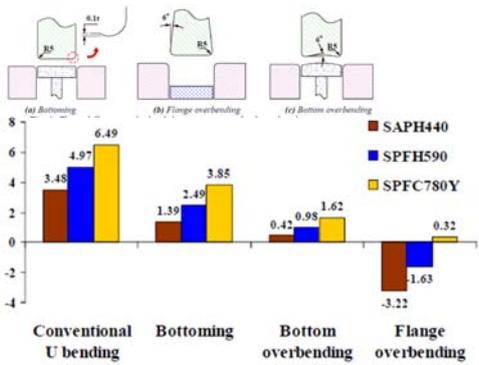


### スプリングバックと引張強さの関係



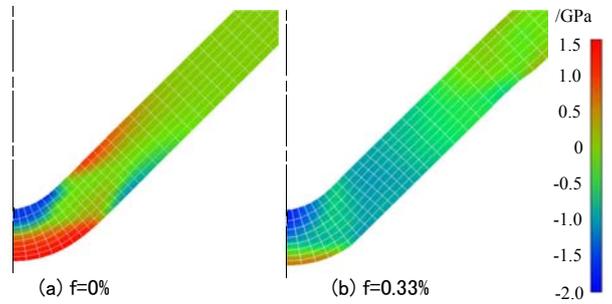
### V曲げにおけるスプリングバック角度と加工速度の関係 (980MPa)



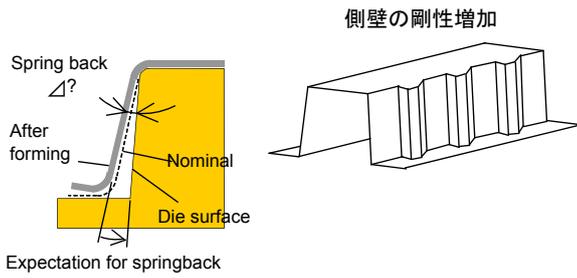


Kaewtatip, P., Prasitkhetkhan, N., Khantachawana, A., Premanond, V., Hato, R., Sresomreong, B., Koga, N., Proc. 9th ICTP, (2008).

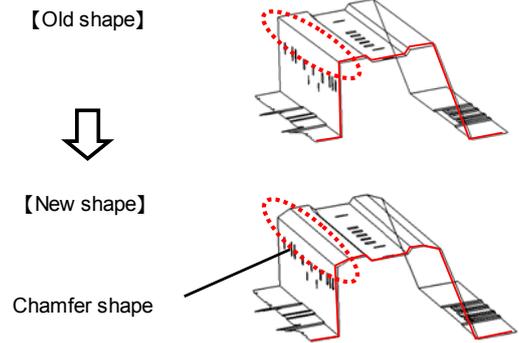
V曲げの決押しによる除荷前の板幅方向  
応力分布への影響(SPFC980Y)



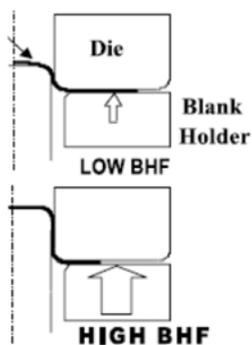
側壁ビードによるスプリングバックの防止



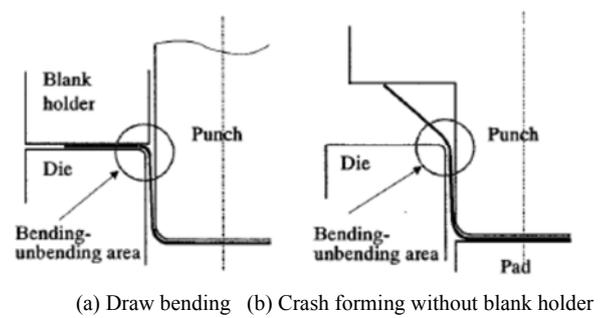
面取りによるスプリングバックの防止



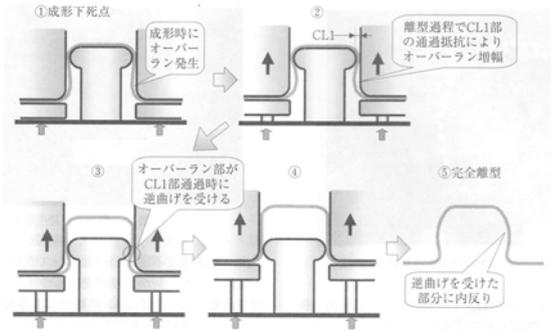
しわ押え力制御によるスプリングバックの防止



フォーム成形によるスプリングバックの防止

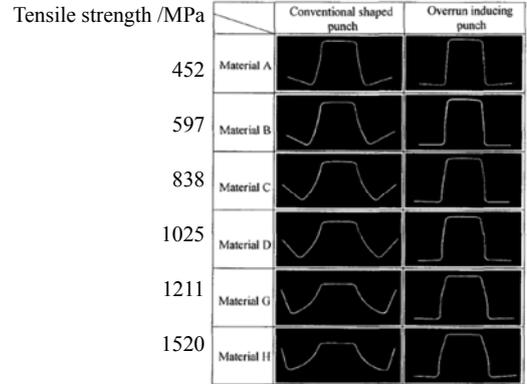


### オーバーラン誘発パンチによる スプリングバックの防止

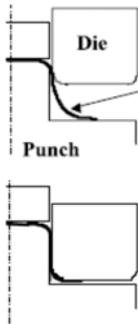


Overrun inducing punch

### 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

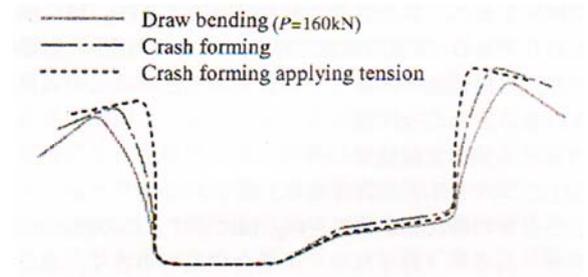


### リストライクによるスプリングバックの防止

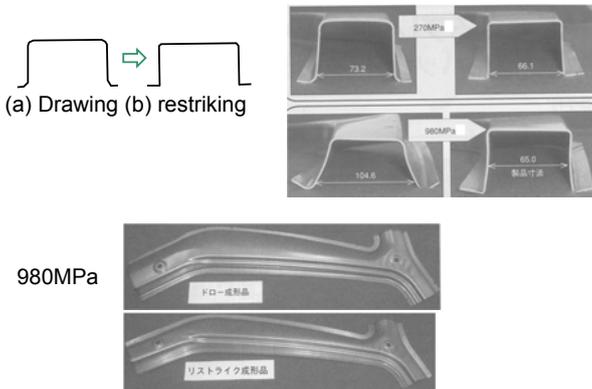


Crash forming

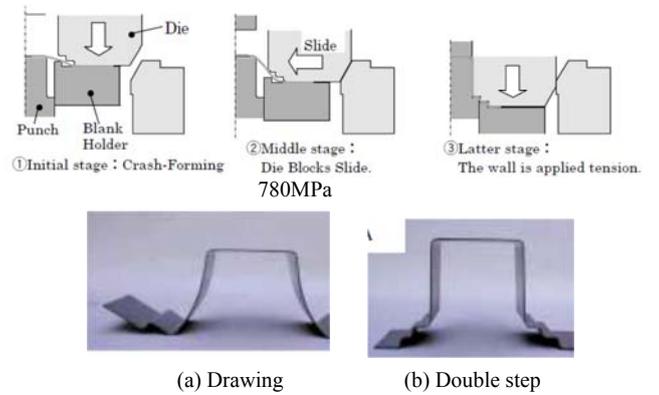
### リストライクによるスプリングバックの防止



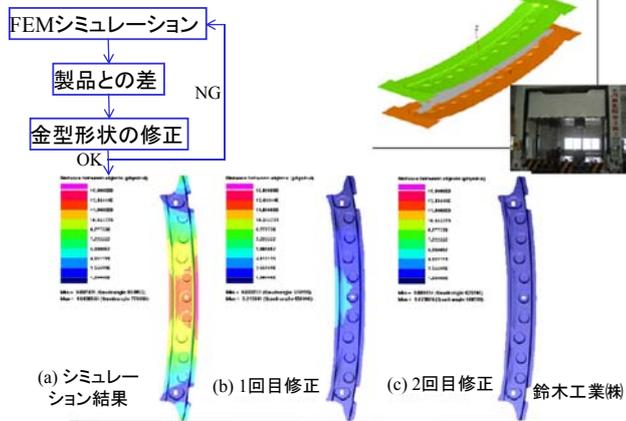
### リストライクによるねじれの防止



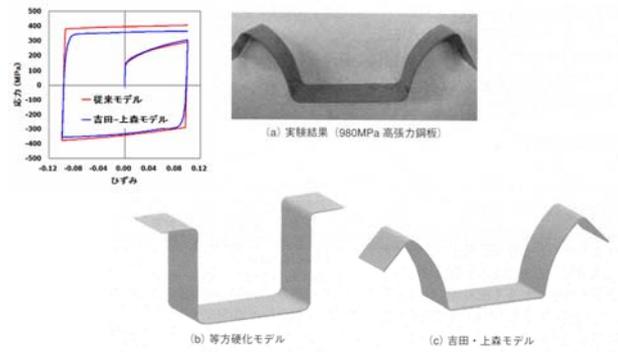
### スライドロックドローによるスプリングバックの防止



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

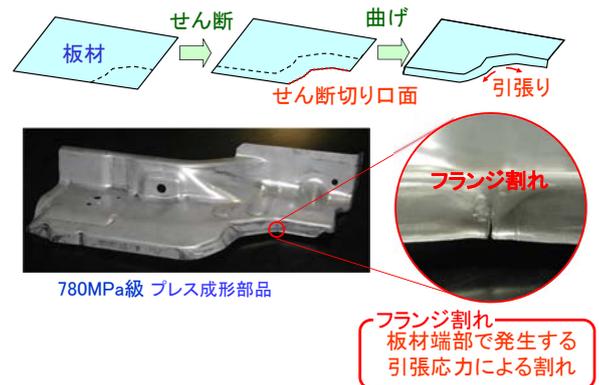


有限要素シミュレーションにおけるスプリングバックに及ぼす構成式の影響

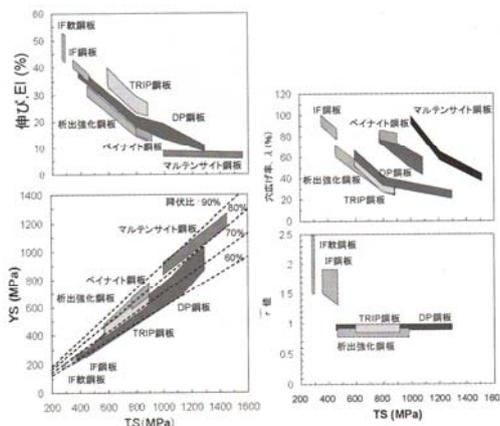


1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. せん断加工
8. テーラードブランク
9. 接合

プレス成形におけるフランジ割れ



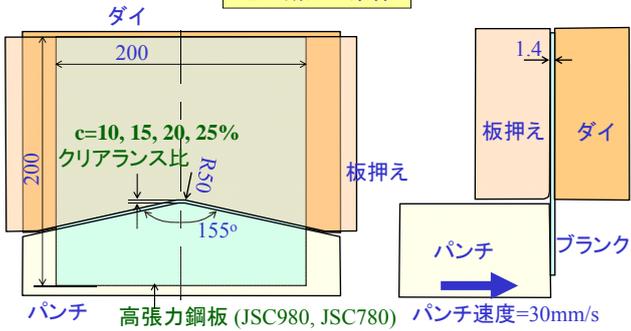
高張力鋼板の特性



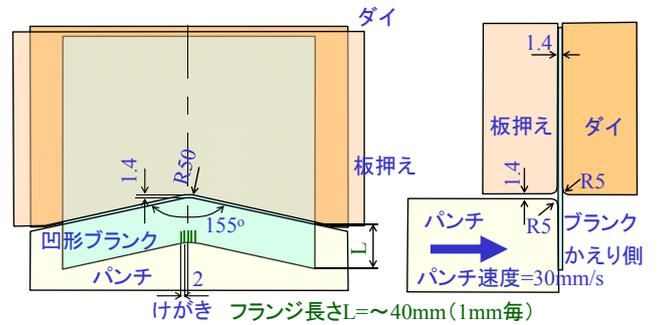
穴抜き・穴広げ加工される鋼板

材料名	板厚 mm	降伏応力 MPa	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

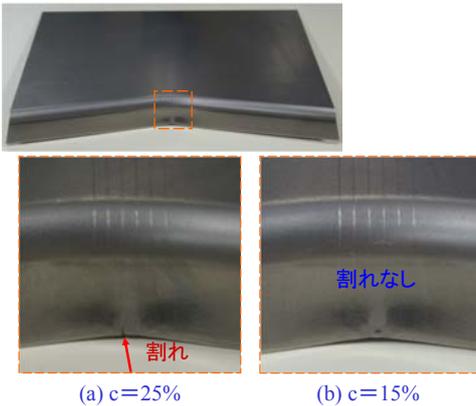
せん断加工条件



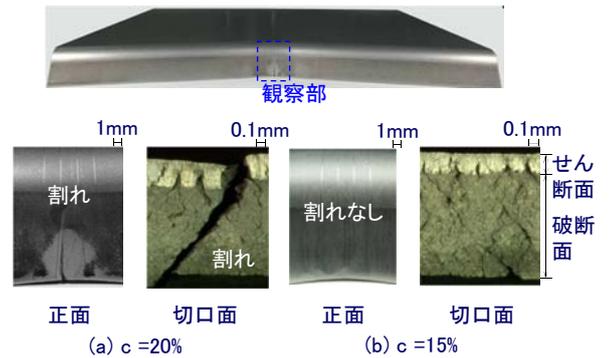
伸びフランジ成形条件



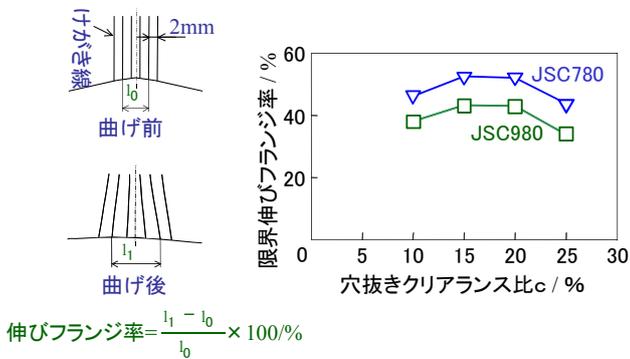
フランジ割れにおよぼすせん断クリアランス比の影響 (JSC780Y, L=17mm)



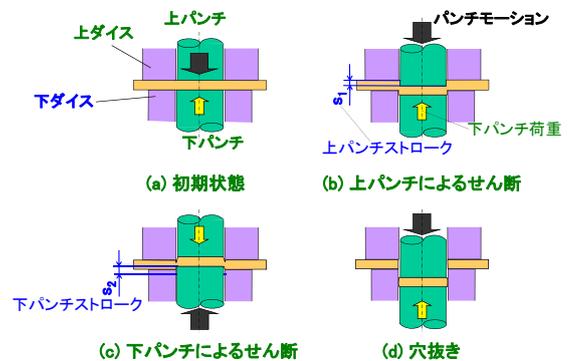
実験による限界伸びフランジ率におよぼすせん断クリアランス比の影響 (JSC980Y, L=15mm, 平坦パンチ)



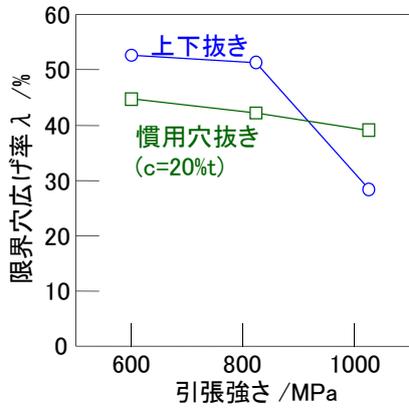
限界伸びフランジ率とクリアランス比の関係



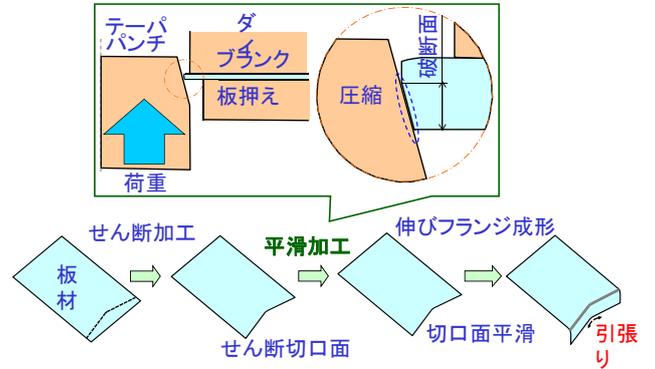
高張力鋼板の上下抜きによる穴広げ性の向上



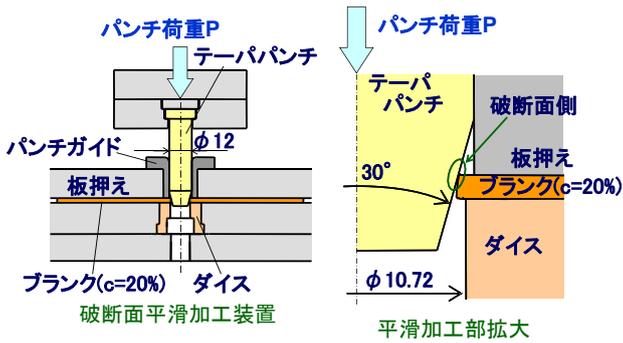
### 限界穴広げ率と引張強さの関係



### 破断面平滑化の導入

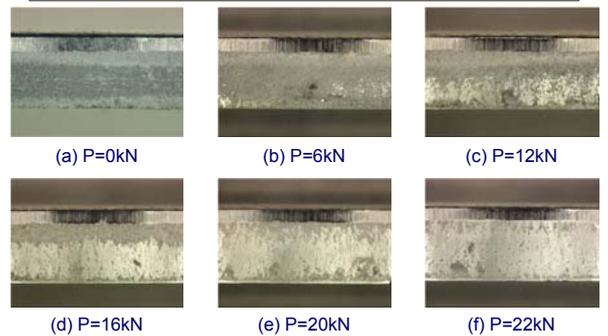


### 破断面平滑加工法

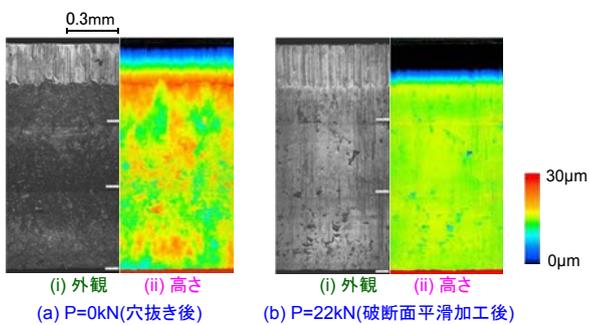


破断面の凹凸を平滑化 ⇒ 切欠き効果の低減

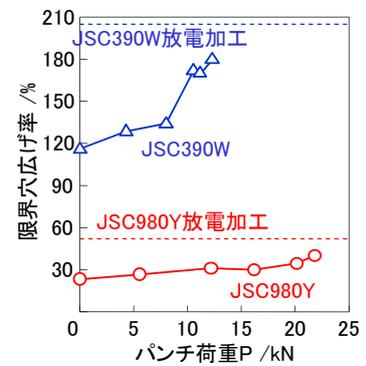
### 穴抜き加工された板材の平滑加工におけるせん断切口面 (JSC980Y)



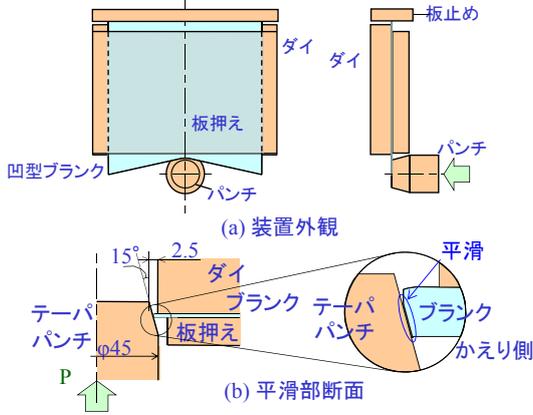
### 破断面平滑加工後のせん断切口面 (JSC980Y)



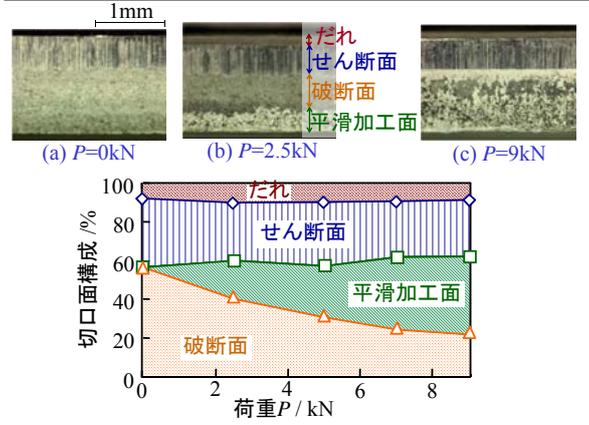
### 破断面平滑加工による限界穴広げ率の向上



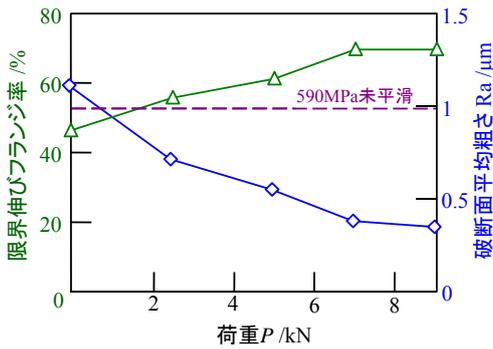
テーパパンチによる破断面平滑加工



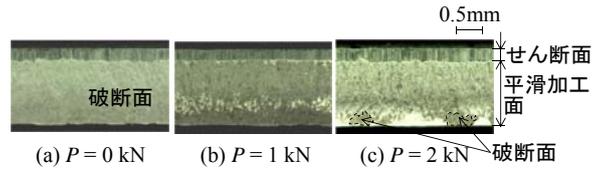
平滑化後の切口面の構成比 (JSC780, c=20%)



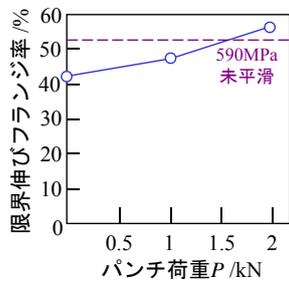
平滑化による限界伸びフランジ率の向上 (JSC780, c=20%)



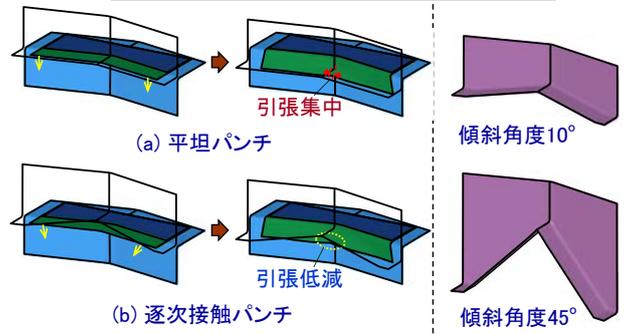
破断面平滑加工前後の切口面 (JSC980Y, c=15%)



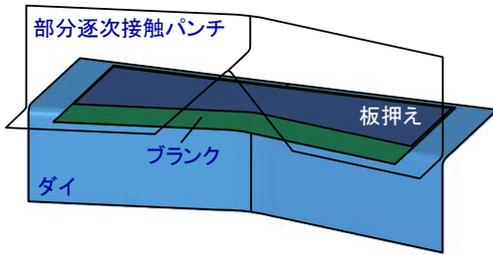
破断面平滑化による伸びフランジ成形性の向上 (JSC980Y, c=15%)



部分逐次接触パンチによる伸びフランジ成形性の向上

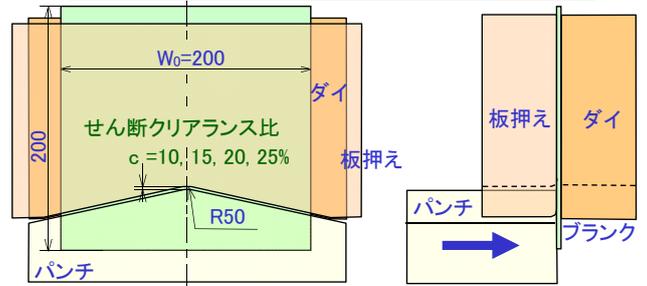


部分逐次接触パンチによる伸びフランジ曲げ成形

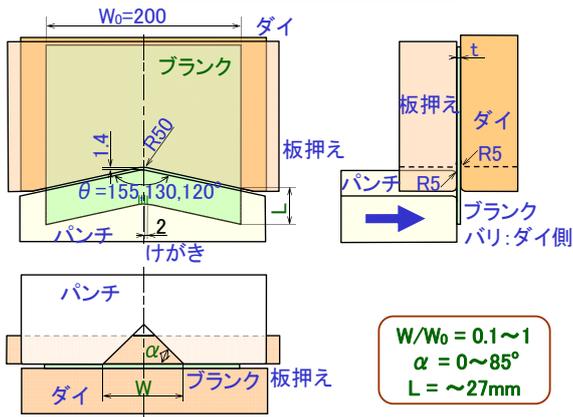


超高張力鋼板とせん断加工条件

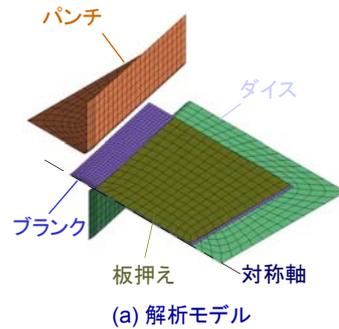
板厚	公称板厚 /mm	降伏応力 /MPa	引張強さ /MPa	伸び /%	絞り /%	n値
JSC780Y	1.4	395	847	18.8	66	0.15
JSC980Y	1.4	660	1014	16.4	45	0.15
JSC1180Y	1.2	864	1209	10.8	46	0.14



伸びフランジ曲げ成形条件



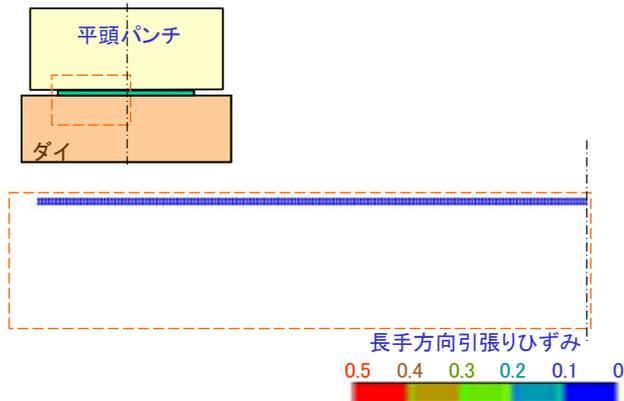
伸びフランジ曲げ成形の解析条件



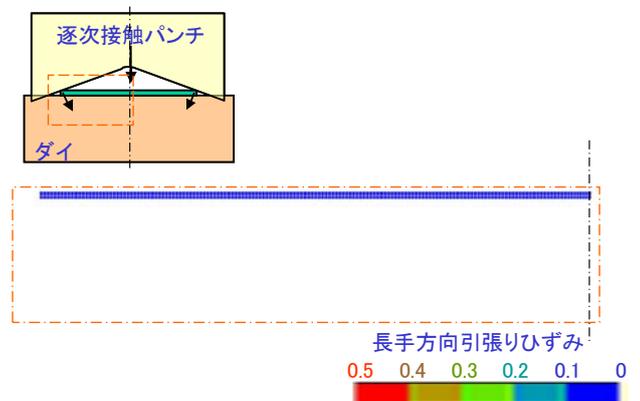
(b) 解析条件

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

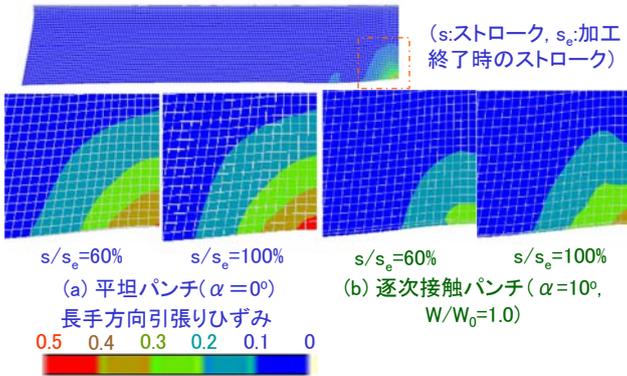
平坦パンチによる長手方向の引張りひずみ分布 (JSC780, alpha=0°, L=18mm)



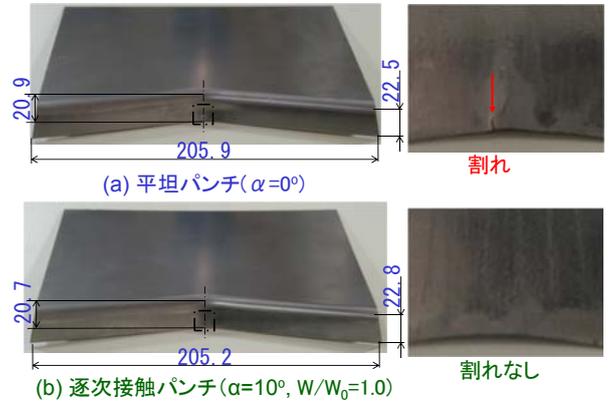
逐次接触パンチによる長手方向の引張りひずみ分布 (JSC780, alpha=10°, W/W0=1.0, L=18mm)



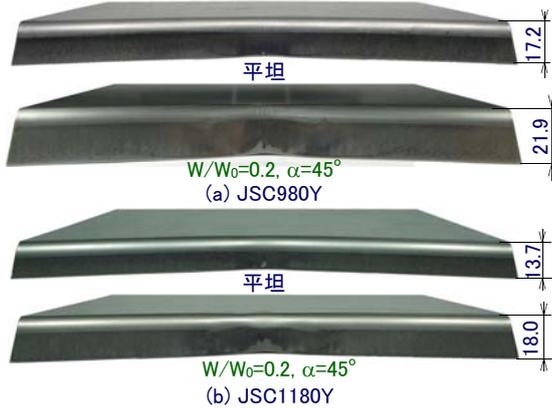
計算による長手方向引張りひずみの変化 (JSC780, L=17mm)



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
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. せん断加工
8. テーラードブランク
9. 接合

各種鋼板の深絞り成形性

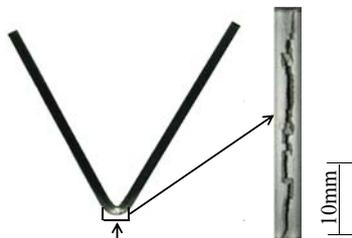


(a) 270 MPa, 55 mm    (b) 590 MPa, 40 mm    (c) 980 MPa, 25mm

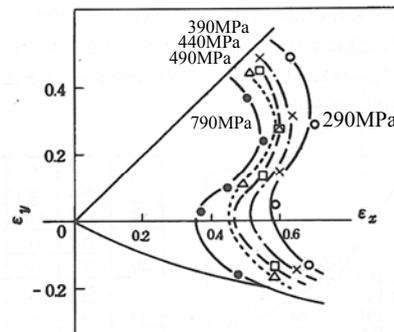
780MPa級鋼板のプレス成形における割れ



### 980MPa級超高張力鋼板の 曲げ加工における割れ



### 各種鋼板の成形限界線

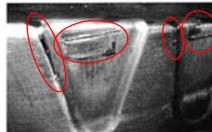


1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. せん断加工
8. テーラードブランク
9. 接合

### 焼付き性



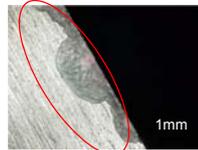
焼付き



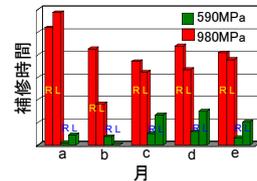
ダイスの肉盛り



チッピング



金型補修時間, センターピラー



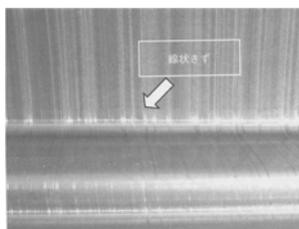
### しごき絞り加工における焼付き



#### 超高張力鋼プレス成形車体部品

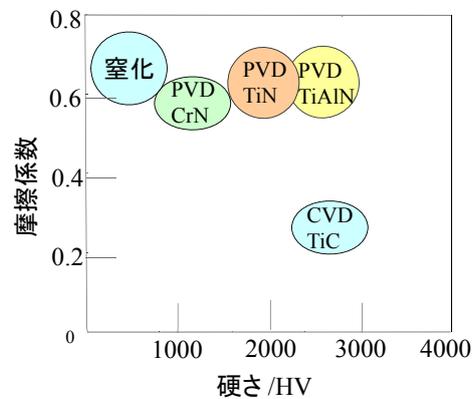


焼付き

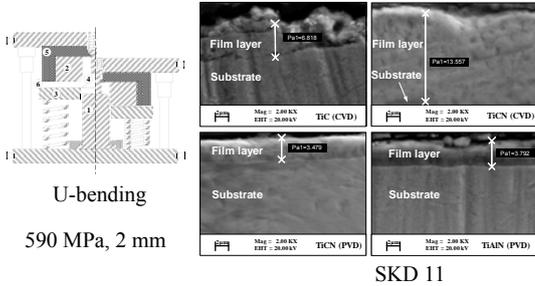


型かじり

### 各種コーティングにおける摩擦係数

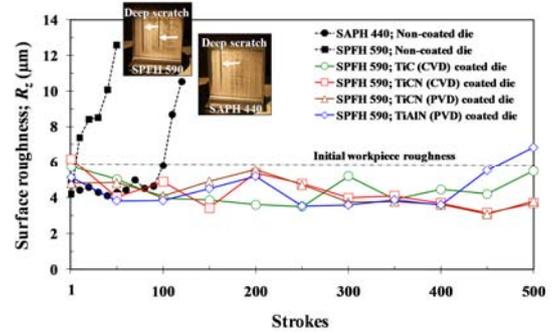


### U曲げ加工における焼付き



B. Sresomroeng, V. Premanond, P. Kaewtatip, A. Khantachawana, N. Koga, Evaluation of Ti-Based Ceramic Coated Tools to Reduce Adhesion in U-Channel Forming Process of High Strength Steel, Steel Research International, Supplement Metal Forming 2010, 41-9 (2010), 829-832

### U曲げ加工における焼付き



### 角筒容器の絞り加工における焼付き



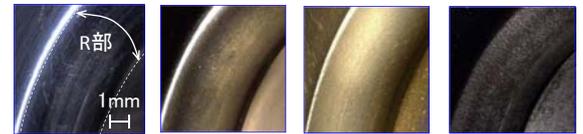
	Die	Die surface texture (at Cjpart)	Workpiece	Drawn cup surface texture (at Cjpart)
TiCN (PVD)				
TiCN (CVD)				
TiC (CVD)				
DLC-Si (DC-PACVD)				

590MPa, 120 drawing, square cup

### 使用したコーティングダイス

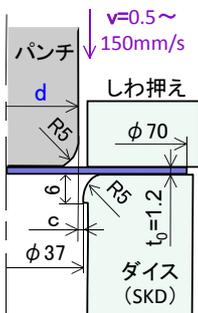


コーティング	平均高さ / $\mu\text{mRa}$	最大高さ / $\mu\text{mRz}$
なし	0.03	0.19
TiN(CVD)2500HV	0.03	0.43
TiN(PVD)3000HV	0.06	0.84
VC,2700HV	0.02	0.12



TD-VC皮膜: 900-1000°Cで塩浴処理

### しごき絞り加工条件



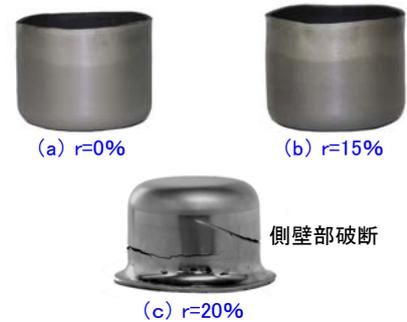
$$\text{公称しごき率 } r = \frac{t_0 - c}{t_0} [\%]$$

公称しごき率 $r$ / %	パンチ直径 $d$ / mm
-25	34.00
0	34.60
15	34.96
20	35.08
25	35.20
30	35.32

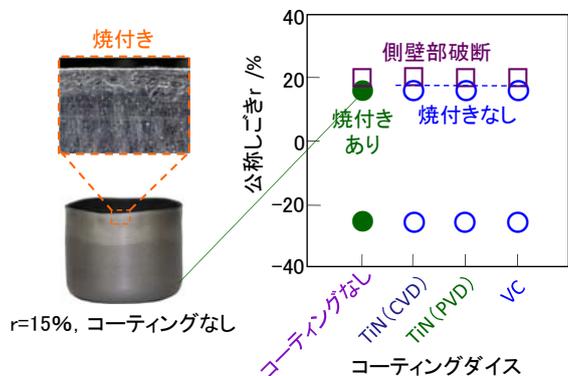
材質: SPFC1180YN  
SPFC980YN

潤滑剤: 鋼板用防錆油  
ダイスは試験毎に研磨

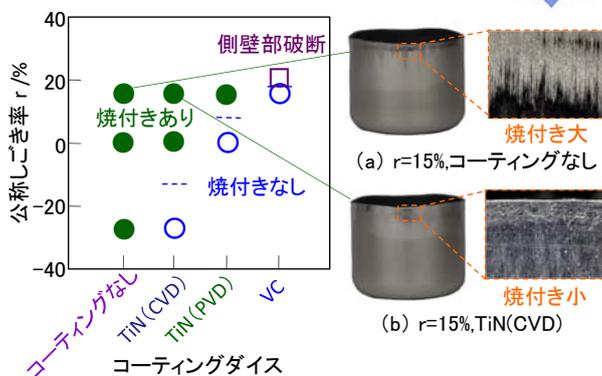
### しごき絞り加工後の容器 (SPFC1180YN, $\beta=2.06$ , VCダイス, $v=0.5\text{mm/s}$ )



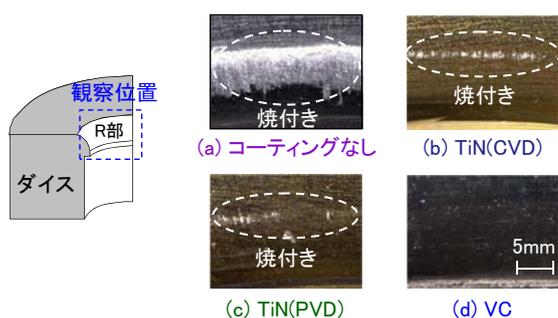
限界しごき率に及ぼすコーティングダイスの影響 (SPFC1180YN,  $v=0.5\text{mm/s}$ )



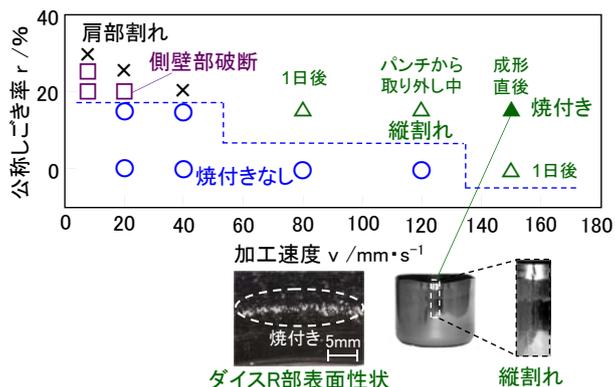
しごき絞り加工の耐焼付き性に及ぼすコーティングダイスの影響 (SPFC1180YN,  $v=8.3\text{mm/s}$ )



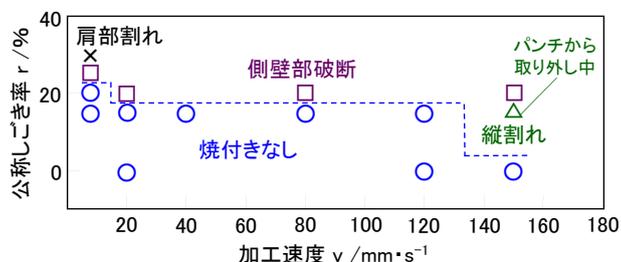
しごき絞り加工後のダイスR部表面性状 (SPFC1180YN,  $v=8.3\text{mm/s}$ ,  $r=15\%$ )



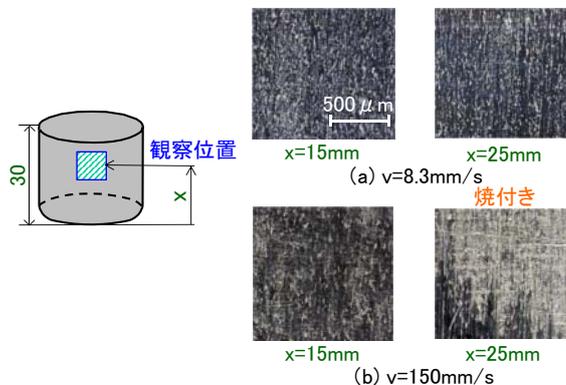
VCダイスにおける耐焼付き性に及ぼす加工速度の影響 (SPFC1180YN)



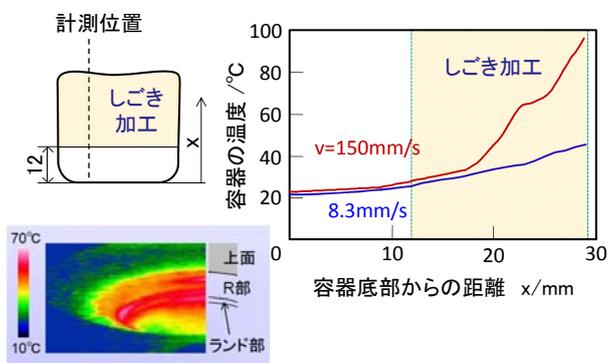
VCダイスにおける耐焼付き性に及ぼす加工速度の影響 (SPFC980YN)



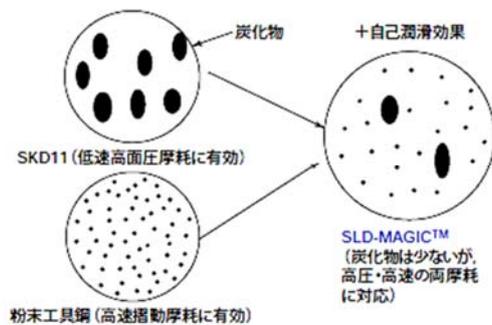
しごき絞り加工された容器の表面性状に及ぼす加工速度の影響 (SPFC1180YN, VCダイス,  $r=15\%$ )



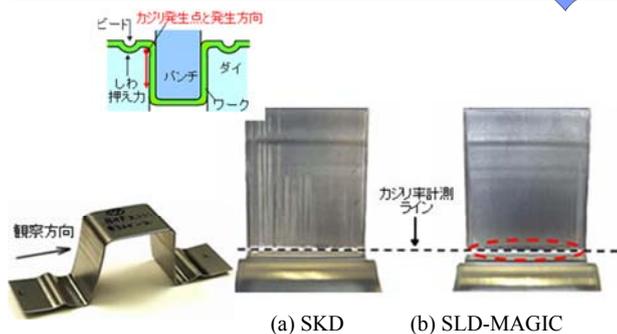
絞りしごき加工された直後から0.1秒後の容器温度分布 (SPFC1180YN, VCダイス, r=15%)



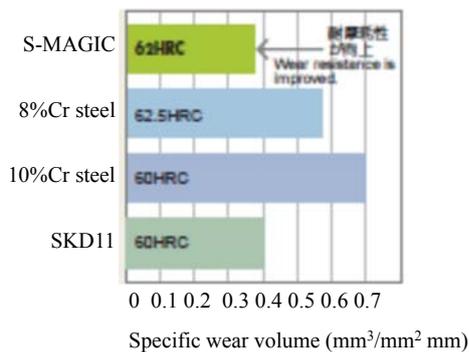
高張力鋼板のプレス成形用金型 SLD-MAGIC



金型の焼付き



金型摩耗



多段深絞り加工



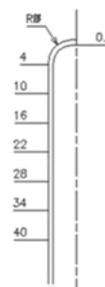
深絞り加工された容器の外径

(a) Mild steel, SPCE

測定位置	圧延方向 /mm	圧延45度方向 /mm	外径差 /mm
4	11.98	11.94	0.04
10	12.07	12.11	-0.04
16	12.07	12.10	-0.03
22	12.08	12.10	-0.02
28	12.09	12.08	0.01
34	12.07	12.08	-0.01

(b) 980MPa

測定位置	圧延方向 /mm	圧延45度方向 /mm	外径差 /mm
4	12.20	12.10	0.10
10	12.28	12.12	0.16
16	12.29	12.15	0.14
22	12.26	12.18	0.12
28	12.24	12.18	0.06
34	12.30	12.31	-0.01

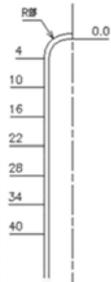


### 深絞り加工された容器の肉厚



(a)  
Mild  
steel,  
SPCE

測定位置	圧延方向/mm	圧延45度方向/mm	板厚差/mm
天井面	0.92	—	—
コーナR部	0.73	0.73	0
4	0.78	0.76	0.02
10	0.85	0.80	0.05
16	0.88	0.86	0.02
22	0.85	0.83	0.02
28	0.90	0.90	0
34	0.89	0.88	0.01
最大	0.90	0.90	—
最小	0.73	0.73	—



(b)  
980M  
Pa

測定位置	圧延方向/mm	圧延45度方向/mm	板厚差/mm
天井面	0.99	—	—
コーナR部	0.90	0.92	-0.02
4	0.94	0.94	0
10	0.96	0.99	-0.03
16	0.96	0.99	-0.03
22	1.03	1.05	-0.02
28	1.05	1.04	0.01
34	1.10	1.11	-0.01
最大	1.10	1.11	—
最小	0.90	0.92	—

### 深絞り加工における温度上昇

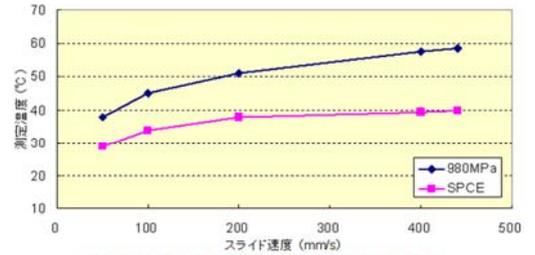


図2 第一工程の伸び温度測定結果 総伸び92% バンチ温度25℃

1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. せん断加工
8. テーラードブランク
9. 接合

### 各種鋼板のプレス成形におけるしわ

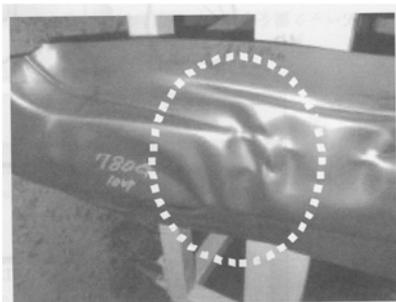


(a) 270 MPa

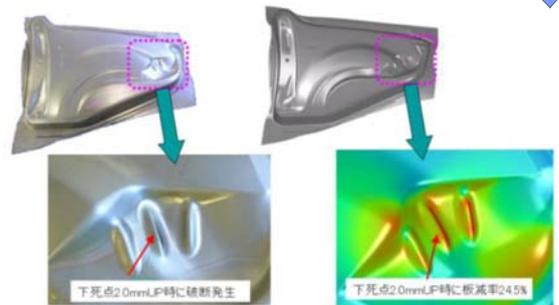
(b) 590 MPa

(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

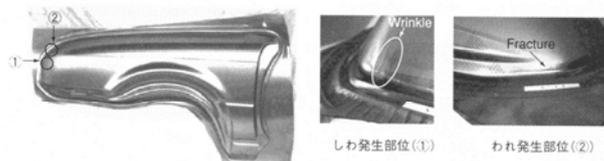
## プレス成形におけるしわの予測



(a) 実験

(b) シミュレーション

## しわと割れ



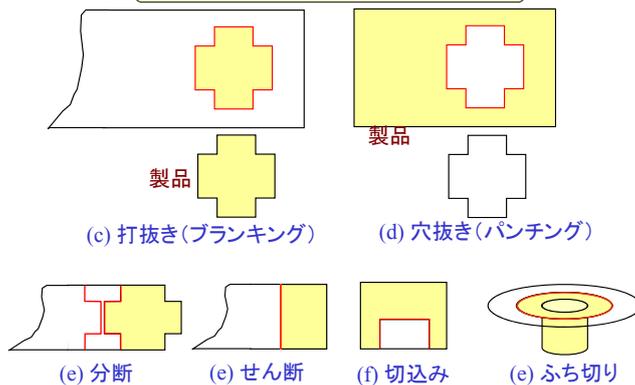
しわ発生部位(1)

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
	160	170	180	190	200	
SFG440GA	■	■	■	□	■	しわ発生 成形可能 われ発生
JAC440P	■	■	■	■	■	しわ発生 成形可能 われ発生

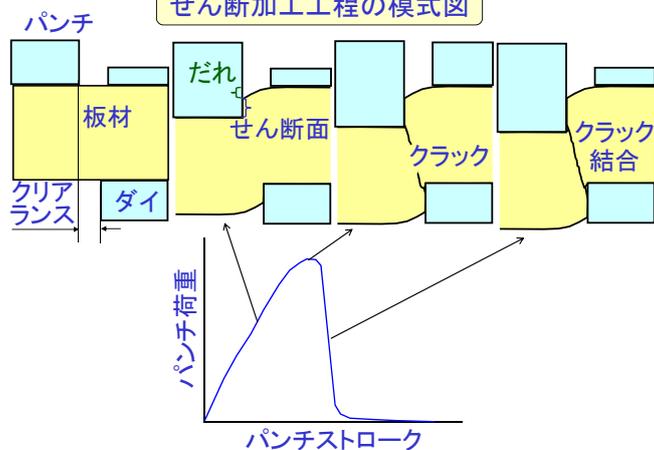
1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. **せん断加工**
8. テーラードブランク
9. 接合

## せん断加工の分類 (P43, 図4.1)

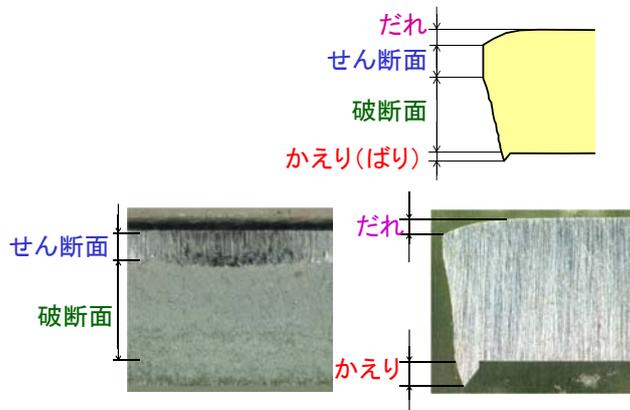


※大矢根守哉: 新編塑性加工学, 養賢堂 (1984), 43ページ

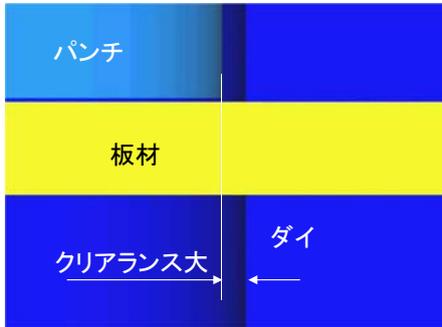
## せん断加工工程の模式図



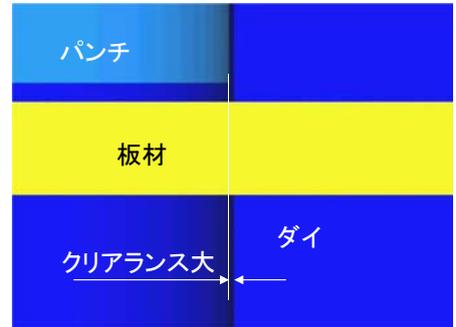
## せん断された切口面



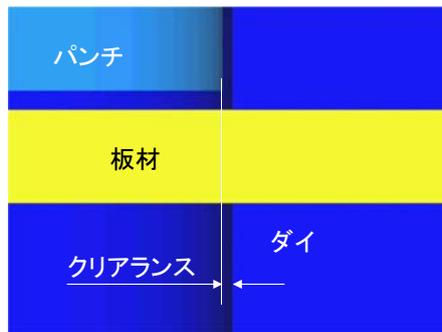
クリアランス過大による打抜き



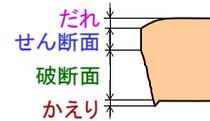
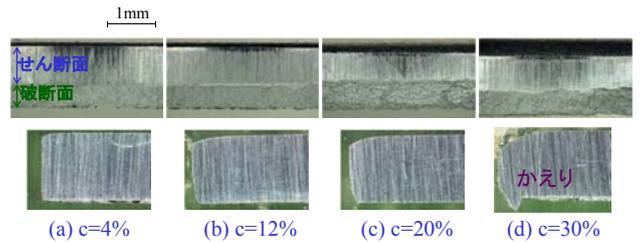
クリアランス過小による打抜き



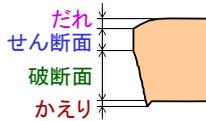
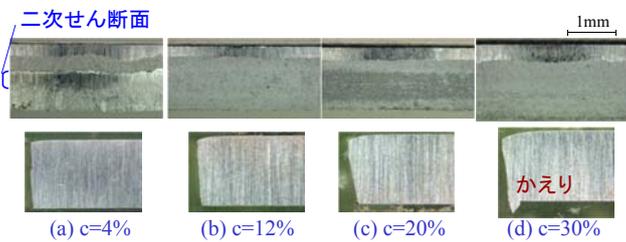
適正クリアランスによる打抜き



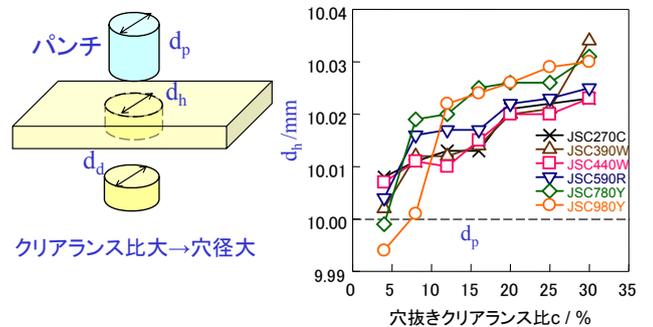
せん断切口面におよぼすクリアランス比の影響  
(低強度の高張力鋼板: JSC390W)



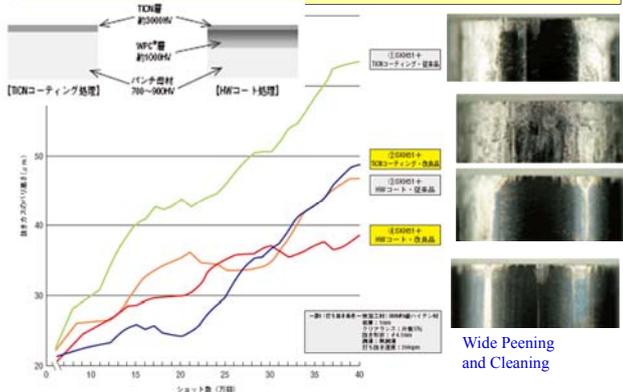
せん断切口面におよぼすクリアランス比の影響  
(超高張力鋼板: JSC980Y)



せん断された穴径



### 各種コーティング金型を用いた 980MPaの打抜き加工

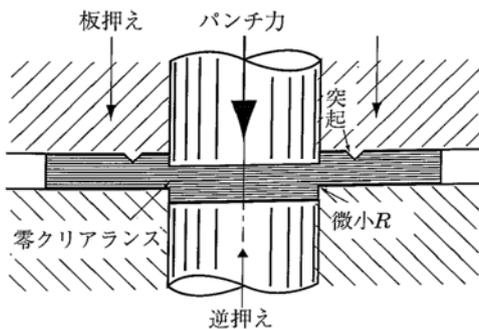


### ファインブランキング (精密打抜き法)



- ・ 平滑切口面が得られる
- ・ 寸法精度が良好である
- ・ 複合加工が可能である
- ・ 専用プレスが必要である
- ・ 金型が高価である

### ファインブランキング

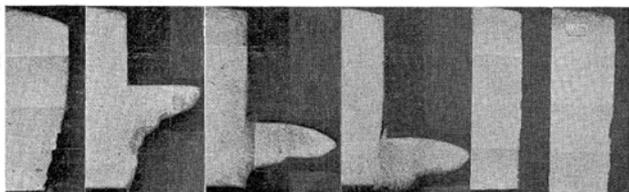


### シェービング



- ・ 平滑切口面が得られる
- ・ だれが小さい
- ・ 多くの材質に適用が可能である
- ・ 打抜きが必要

### シェービング



一度打抜いた製品の切口面をわずかに削り取り、せん断面を得る

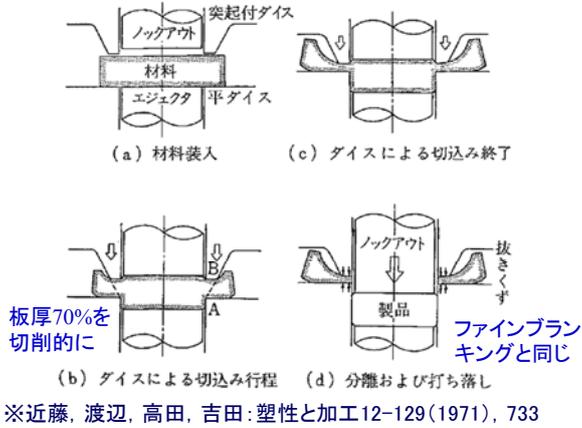
※中川, 吉田: 塑性と加工10-104(1969), 665

### 対向ダイスせん断

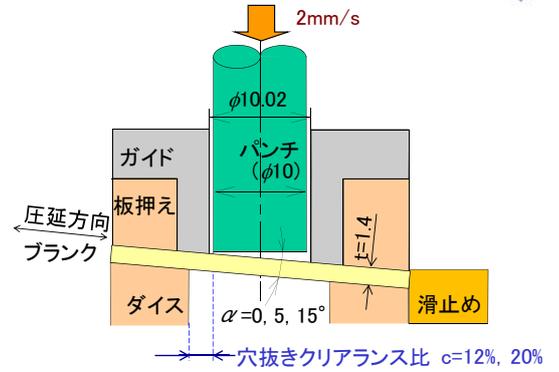


- ・ 平滑切口面を得る
- ・ 寸法精度が良好
- ・ 湾曲小, だれが小さい
- ・ FBより加工荷重が小
- ・ 専用プレスが必要
- ・ 金型が高価

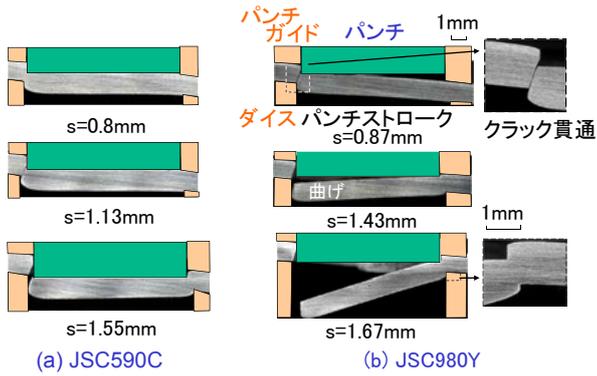
### 対向ダイスせん断



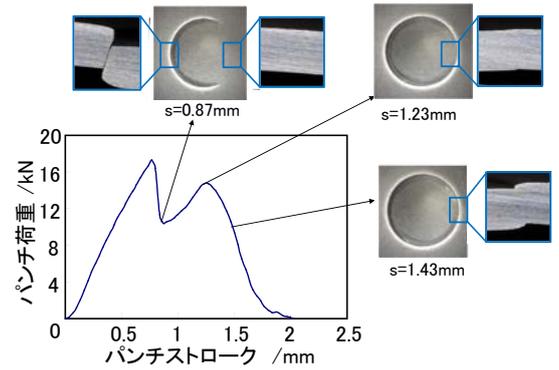
### 斜め穴抜き加工条件



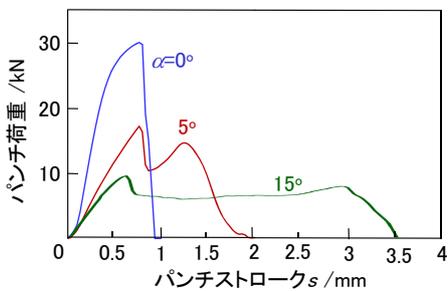
### 斜め穴抜き加工における板の変形挙動(α=5°, c=20%)



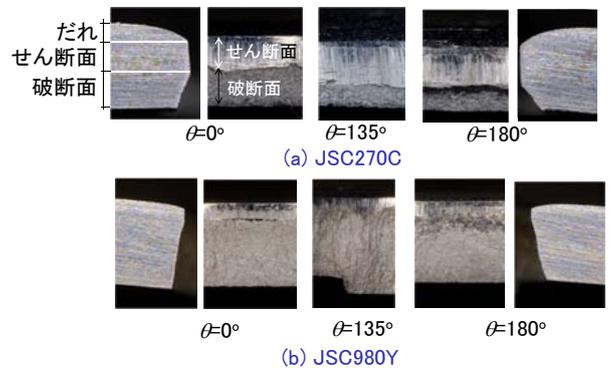
### 斜め穴抜き加工の変形挙動とパンチ荷重(α=5°, JSC980Y, c=20%)



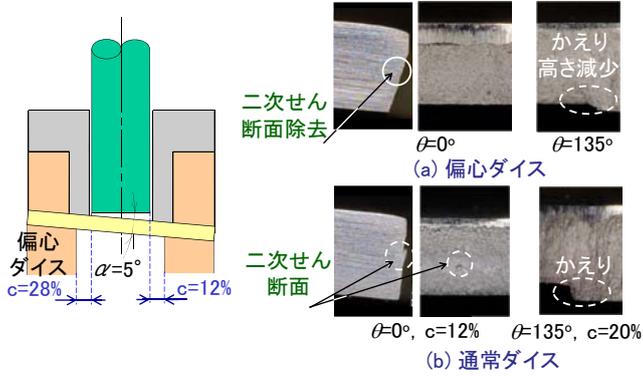
### 斜め穴抜きの荷重ストローク線図(α=5°, JSC980Y, c=20%)



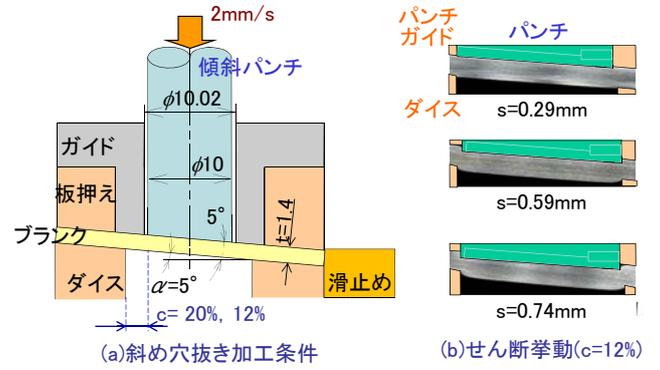
### 斜め穴抜きされた切口面(α=5°, c=20%)



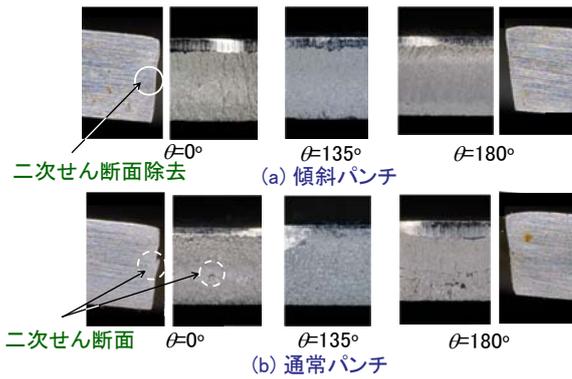
偏心ダイスにより斜め穴抜きされた  
切口面( $\alpha=5^\circ$ , JSC980Y, 平均 $c=20\%$ )



傾斜パンチによる斜め穴抜き加工条件  
と JSC980Y におけるせん断挙動

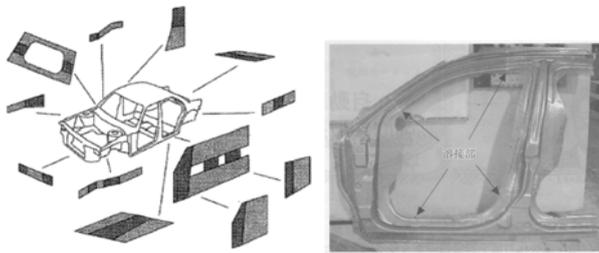


傾斜パンチにより斜め穴抜きされた  
切口面( $\alpha=5^\circ$ , JSC980Y,  $c=12\%$ )



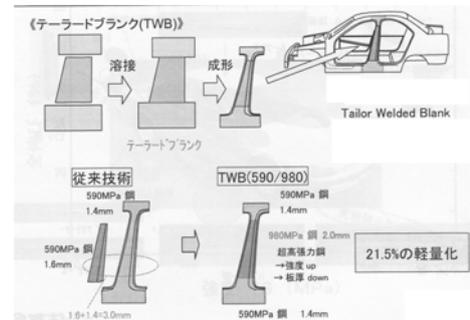
1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. せん断加工
8. テーラードブラנק
9. 接合

テーラードブラנק

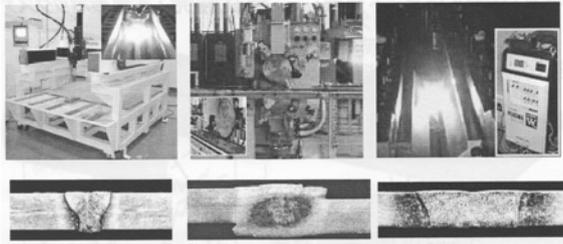


Tailored blanks, 590, 780 and 980MPa

テーラードブラנק

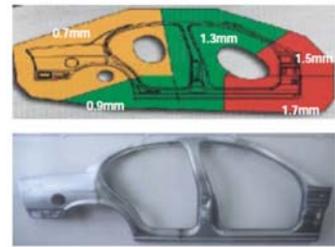


### テーラードブランク



(a) YAG laser (b) Resistance seam (c) Plasma arc

### テーラードブランク

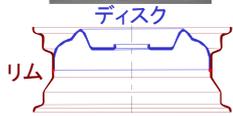


### プレス絞り強度部品

スチールホイール

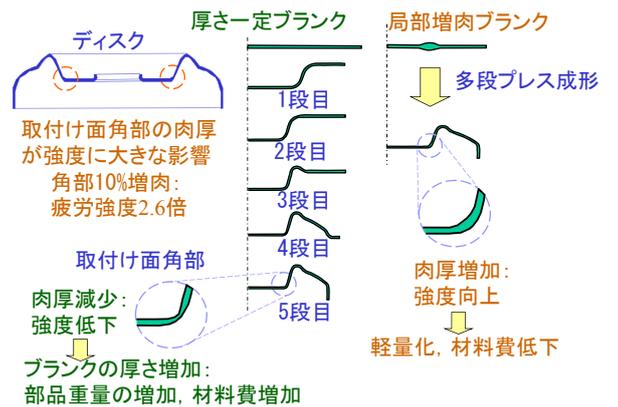


トランスミッション

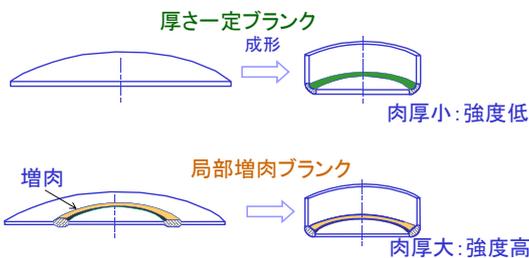


肉厚分布は制御されていない

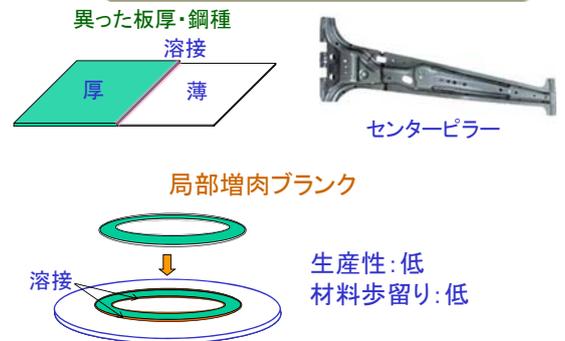
### 肉厚分布制御による絞り部品の軽量化



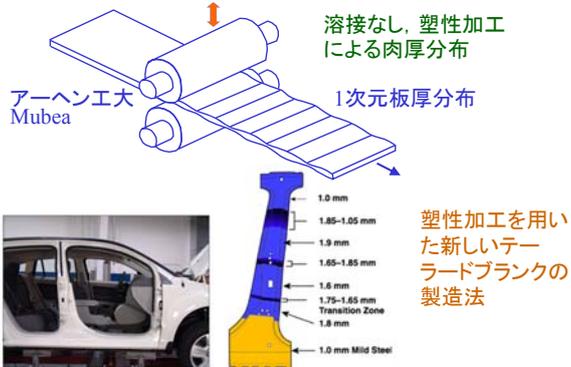
### 局部増肉テーラードブランクのプレス成形



### 溶接テーラードブランク

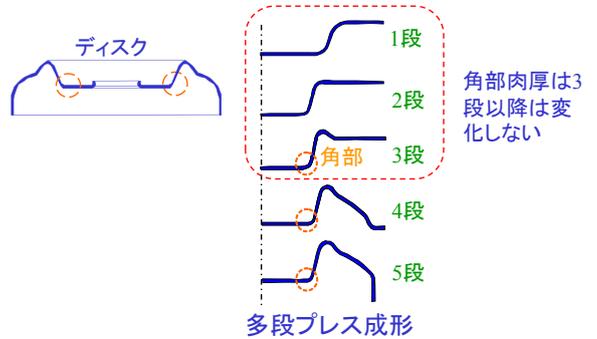


### 圧延テーラードブランク

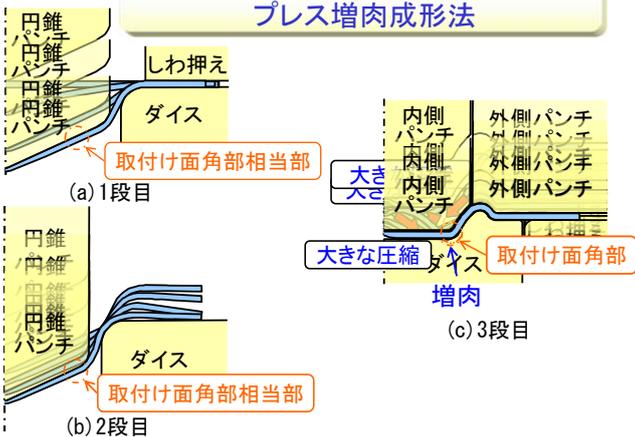


### ホイールディスクの多段プレス成形

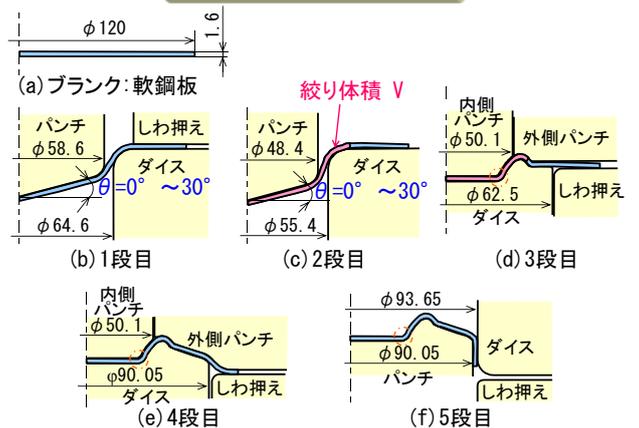
ホイール強度は角部肉厚に大きく影響される



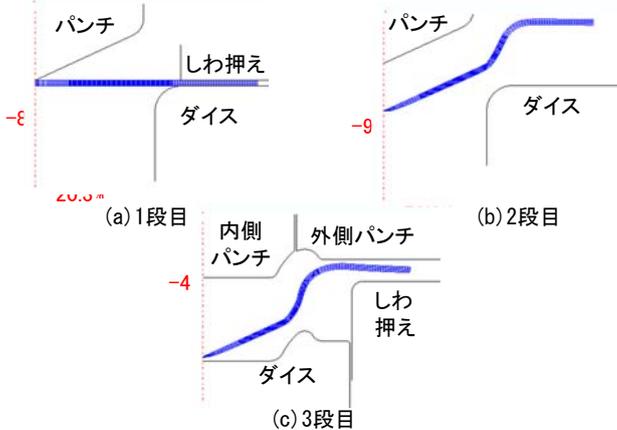
### 円錐パンチによるホイールディスクのプレス増肉成形法



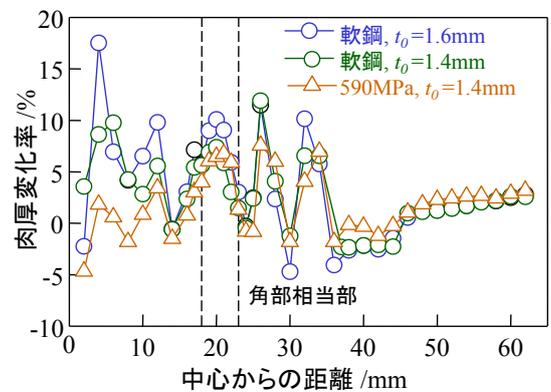
### 増肉成形用金型



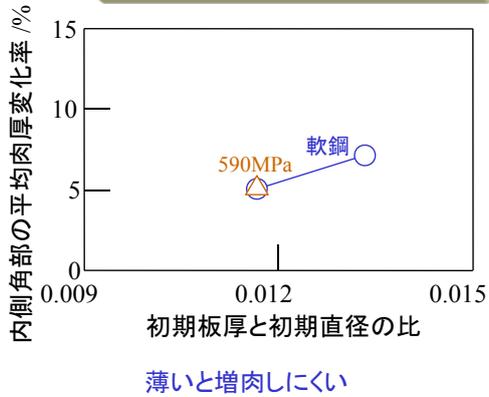
### 増肉成形における変形挙動 ( $\theta=25^\circ$ )



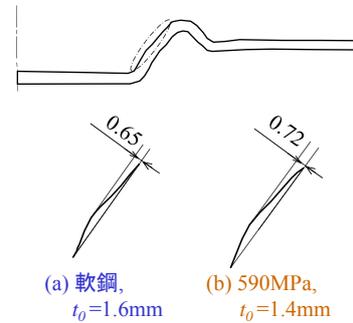
### 成形体の肉厚分布



### 内側角部の平均肉厚変化率



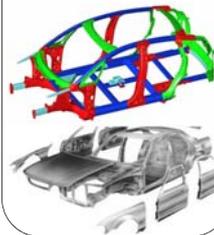
### 3段目後の形状



1. 高張力鋼板
2. スプリングバック
3. 伸びフランジ
4. 割れ
5. 焼付き
6. しわ
7. せん断加工
8. テーラードブランク
9. 接合

### 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

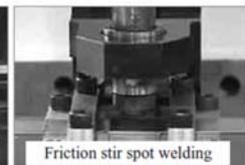
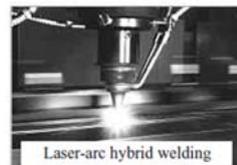
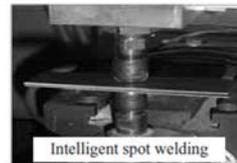
表



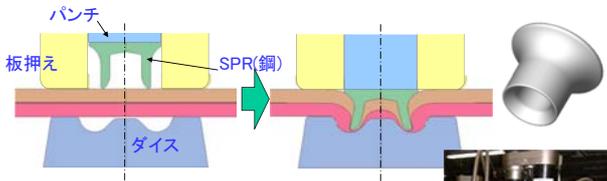
裏



### 高張力鋼板の溶接



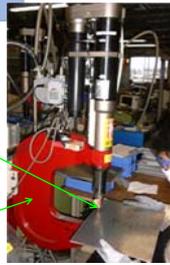
### セルフピアスリベッティング



#### <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

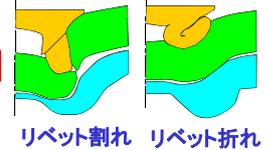
#### 高張力鋼板

- ・高強度、高硬度
- ・延性小

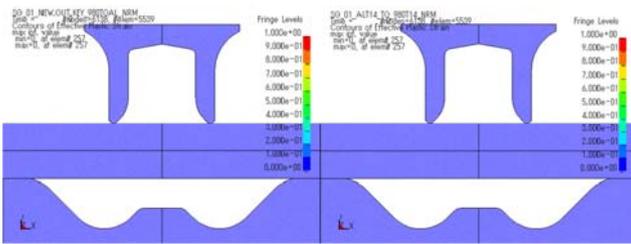
リベット硬度に近い

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



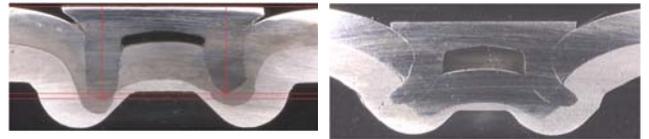
(a) 上板 SPFC980 t1.4,  
下板 A5052 t1.5

(b) 上板 A5052 t1.5,  
下板 SPFC980 t1.4

### ダイ形状の最適化

曲面ダイ

テーパダイ形状



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

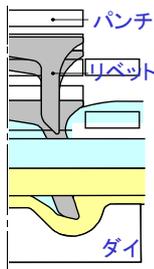
セルフピアシングリベット

リベット使用  
→ 高コスト

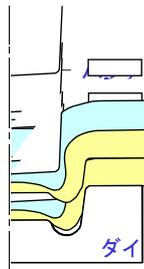
メカニカルクリンチング

リベット不要  
→ 低コスト

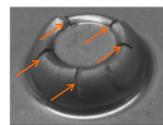
セルフピアシング  
リベット



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



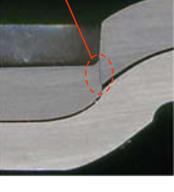
放射割れ



上板割れ

AL合金

高張力鋼板



高張力鋼板

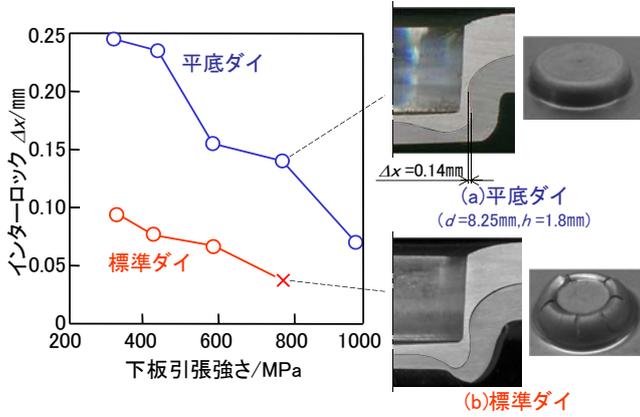
AL合金

(a) 下板に高張力鋼板

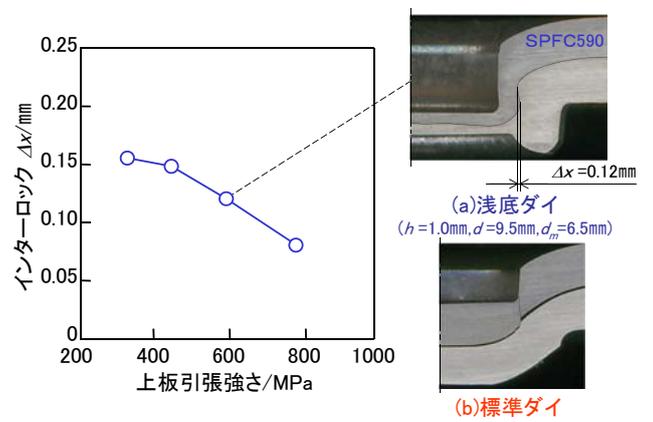
(b) 上板に高張力鋼板

・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



メカニカルクリンチングによる表面処理高張力鋼板の接合

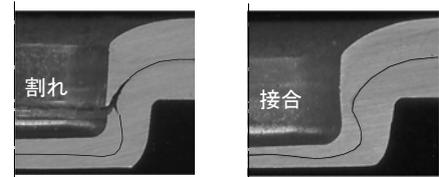
抵抗スポット溶接  
電極の寿命: 短い  
コーティング厚さ: 小さい

ボンネットフード



メカニカルクリンチング

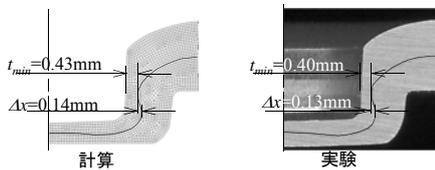
従来ダイによる590MPa 高張力鋼板の接合



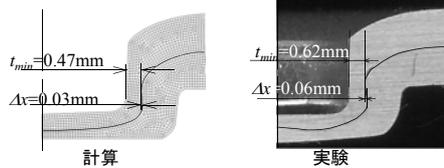
(a) 590MPa

(b) 軟鋼

工具形状の修正



(a) 590MPa for  $d=8.5\text{mm}$  and  $h=1.8\text{mm}$



(b) 780MPa for  $d=8.5\text{mm}$  and  $h=1.5\text{mm}$