

— 塑性加工の先端研究 —
自動車を軽量化する高張力鋼板の
プレス成形技術

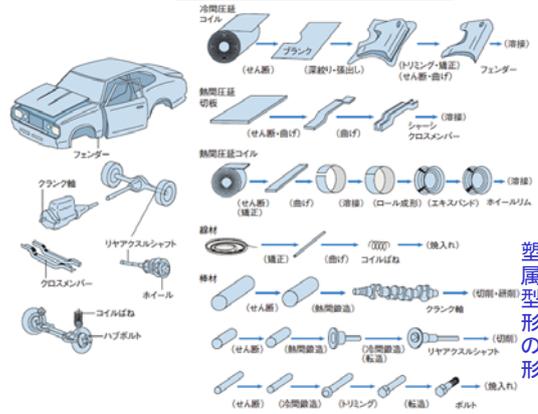


豊橋技術科学大学機械工学系 森謙一郎



自動車産業と密接な関係
大量生産、金属部品

自動車部品の塑性加工



塑性加工：金属素材を金型で塑性変形させて所定の形状に成形

塑性加工の特徴

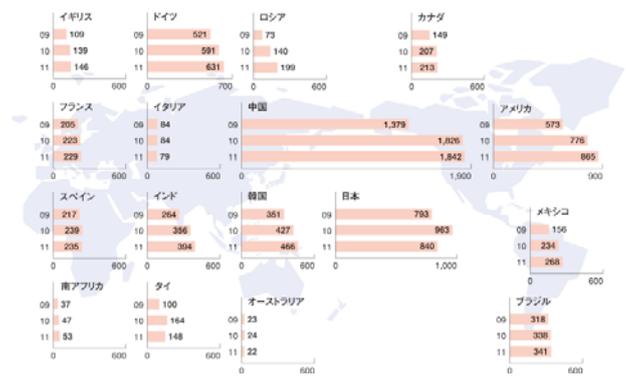
利点

- 材料損失が少ない
- 生産性が高い
- 材質が改善される

欠点

- 少量生産には適さない
- 切削加工よりも精度が少し低い

4輪車の国別生産



環境に優しい車

省石油(低エミッション)

継続して積極的に推進

脱石油(ゼロエミッション)

電気、水素の活用



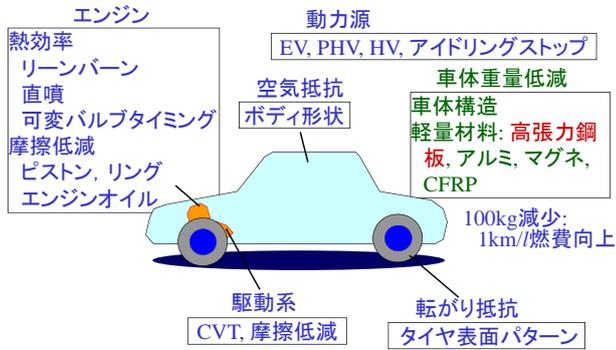
HVの次はPHVが環境車の柱、未来に向け脱石油の本命はFCV この未来は始まっている

EVとFCVの特徴

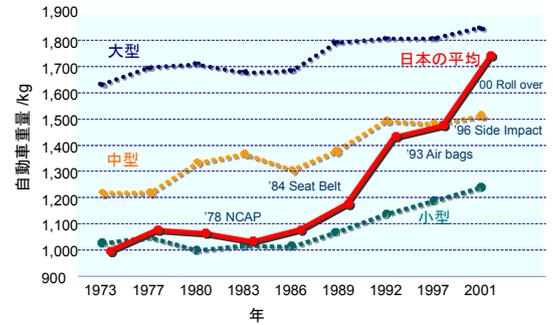
	EV	FCV
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・走行時CO2排出“ゼロ” ・走行時静粛性 ・維持費の安さ(深夜電力料金活用時) ・近距離ユース 使用性良 ・自宅で燃料充填(充電)可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・走行時静粛性 ・ガソリン車同等の航続距離 ・短い燃料充填時間(約3分間) ・水素ステーションで充填可能 ・低温走行性良
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・航続距離の制約 ・充電時間の長さ ・急速充電インフラ制約 ・電池の経年劣化、低温での性能低下 	<ul style="list-style-type: none"> ・高い車両価格 ・水素ステーション制約

FCV:トヨタ, 2015年, 500万円

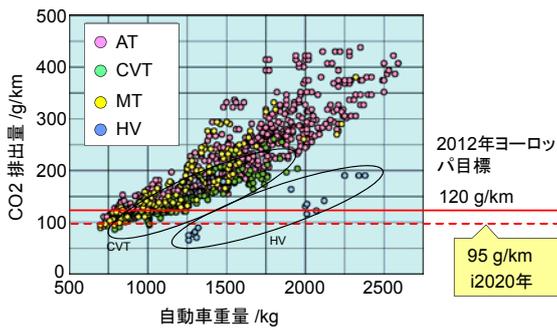
自動車の環境対策



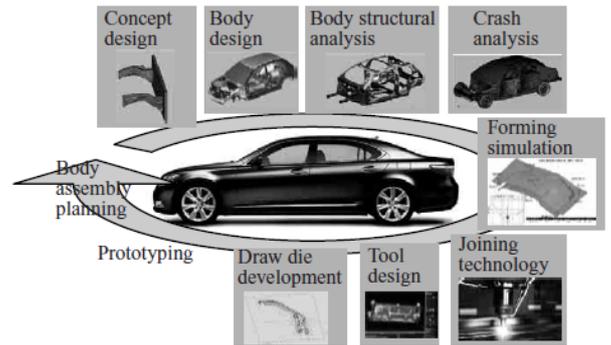
自動車重量



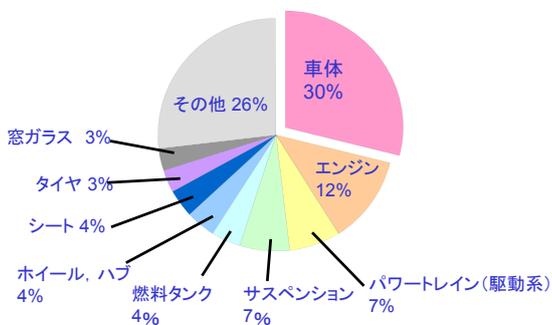
自動車のCO2排出量と自動車重量



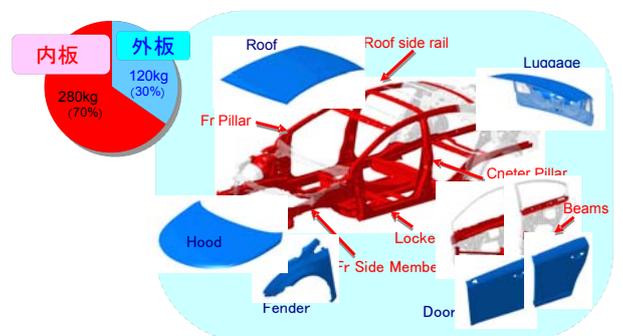
自動車車体の設計



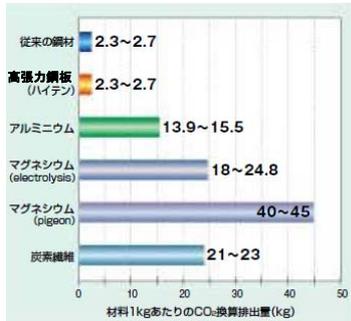
自動車の重量構成



自動車車体の構成

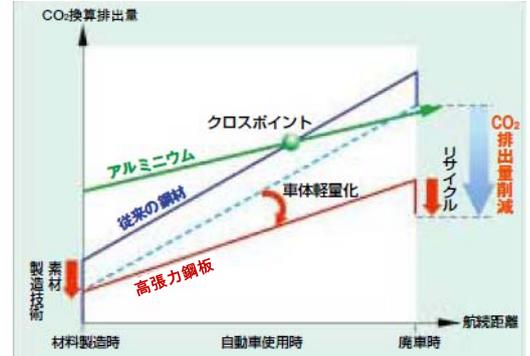


製造のためのCO₂排出量



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

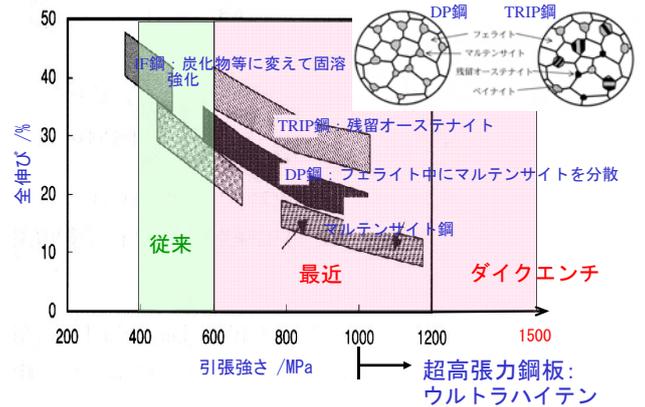
自動車使用におけるCO₂排出量



自動車用板材の比較

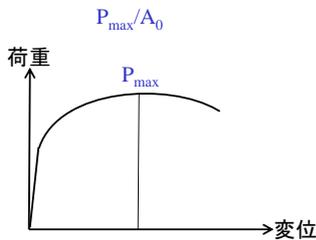
板材	引張強さ	比重	比強度	コスト(1kg当り)	生産量
超高張力鋼板	980~1470MPa	7.8	126~188MPa	100円程度	鉄: 12億ton
従来高張力鋼板	490~790MPa	7.8	63~101MPa		
軟鋼板 SPCC	340MPa	7.8	44MPa		
アルミ合金板 A6061(T6処理)	310MPa	2.7	115MPa	500円~600円	アルミ: 3400万ton
マグネシウム合金板 AZ31	270MPa	1.8	137MPa	3000円程度	マグネ: 60万ton
PAN系炭素繊維	2000MPa~5000MPa	1.6		2000円程度	炭素繊維: 2万ton

高張力鋼板の強度



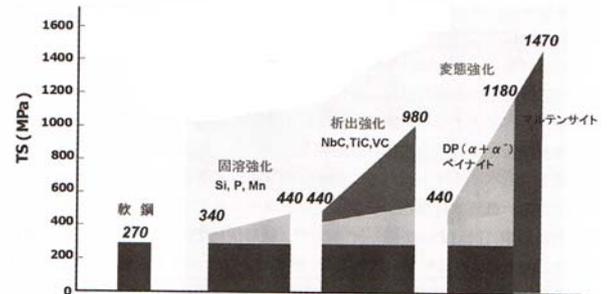
高張力鋼板

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

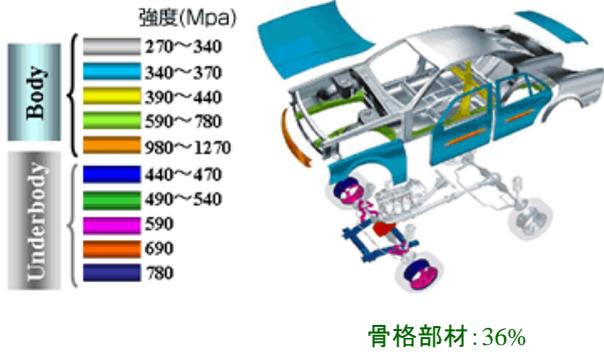


A₀: initial cross-sectional area

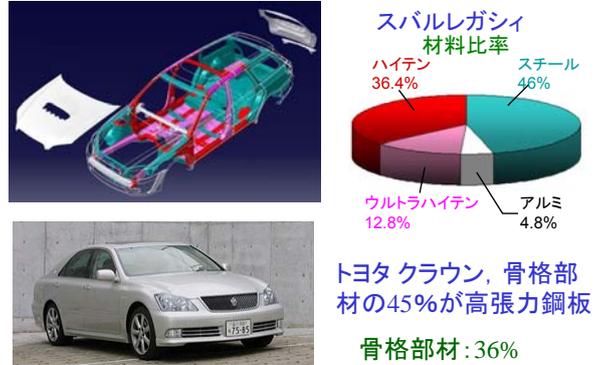
高張力鋼板の強化機構



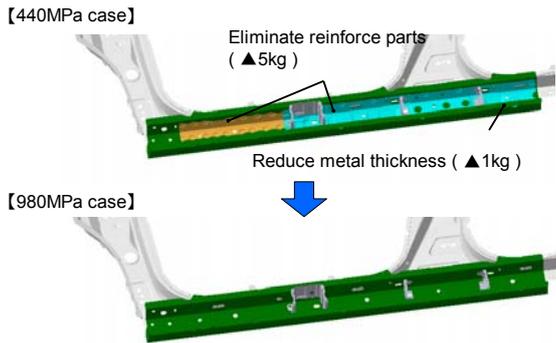
自動車車体への高張力鋼板の適用



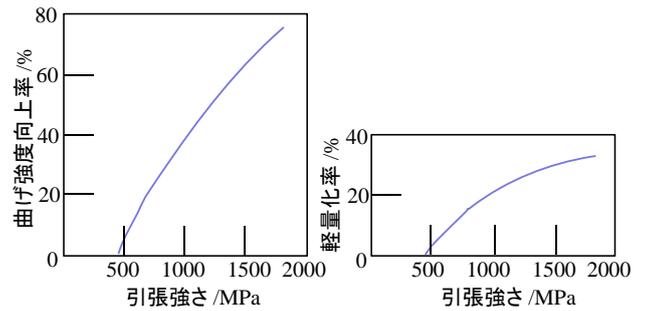
自動車車体への高張力鋼板の適用



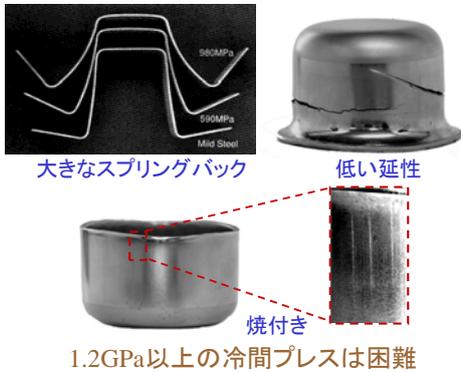
ハイテンの使用による重量低減



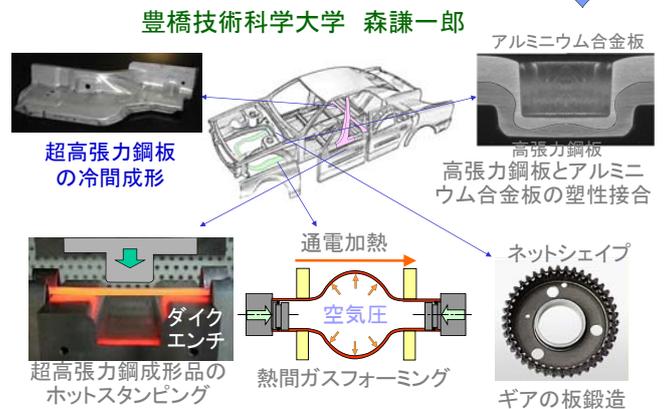
ハイテンの使用による強度向上と軽量化率



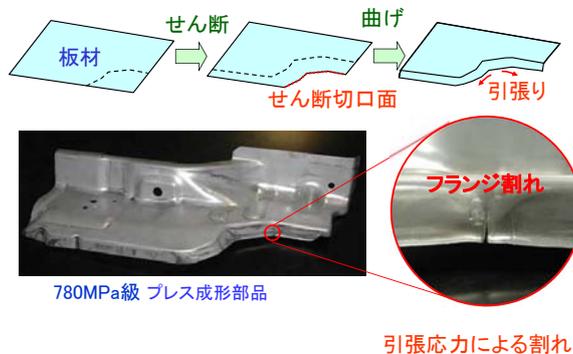
高張力鋼板の冷間成形におけるスプリングバック及び低い成形性



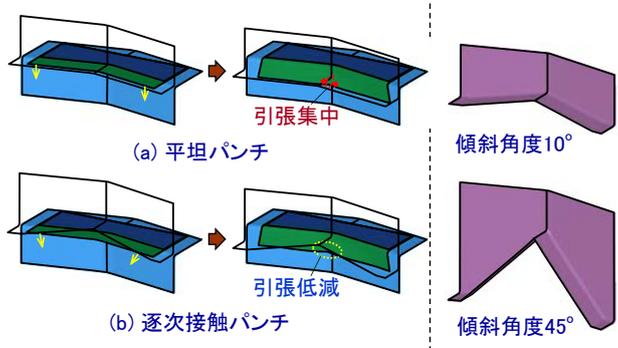
高強度部材の塑性加工技術



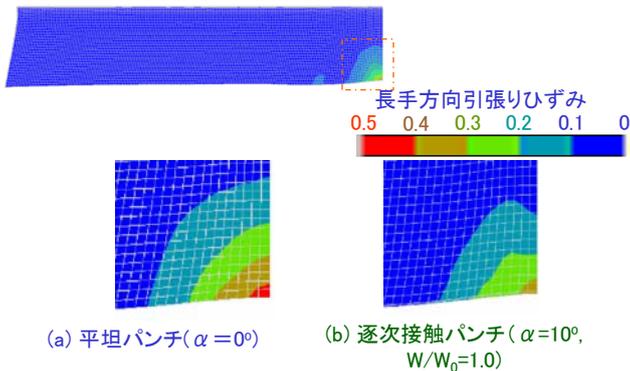
超高張力鋼板の冷間プレス成形における伸びフランジ成形性向上



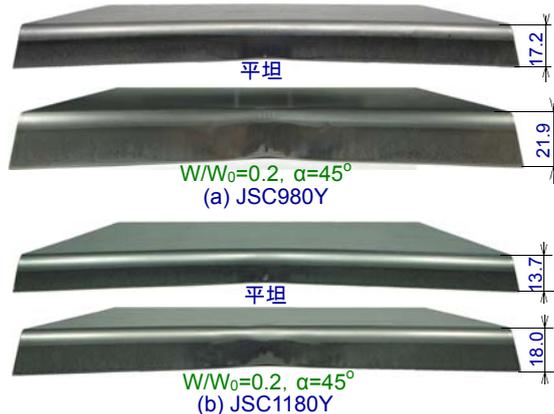
逐次接触パンチによる引張応力低減



計算による長手方向引張りひずみの変化 (JSC780, L=17mm)

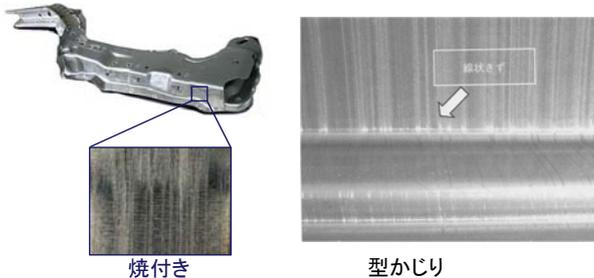


逐次接触パンチによる超高張力鋼板の割れ限界の向上



超高張力鋼板のしごき加工における焼付き防止

超高張力鋼プレス成形車体部品



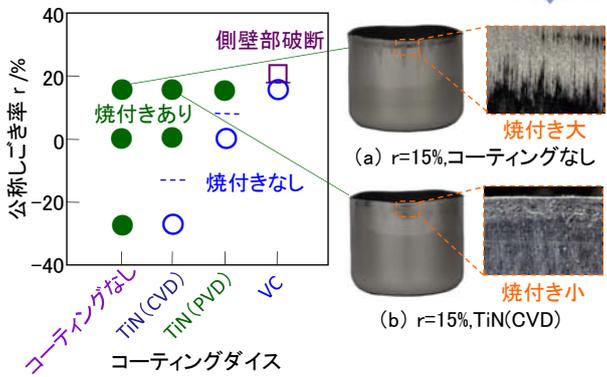
使用したコーティングダイス

コーティング	平均高さ / μmRa	最大高さ / μmRz
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

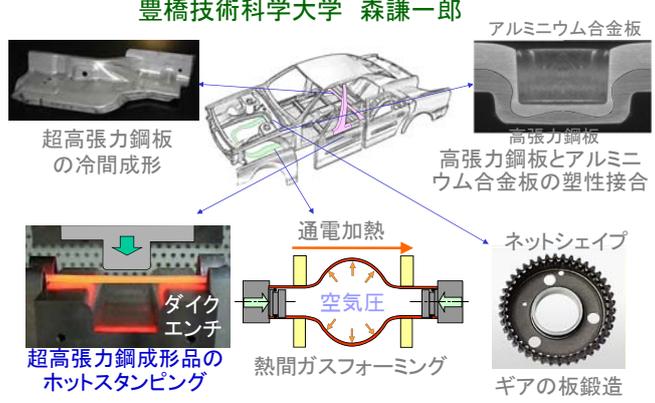


TD-VC皮膜: 900-1000°Cで塩浴処理

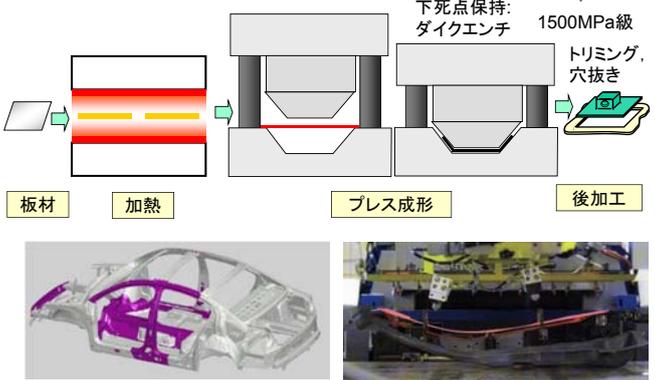
しごき絞り加工の耐焼付き性に及ぼすコーティングダイスの影響 (SPFC1180YN)



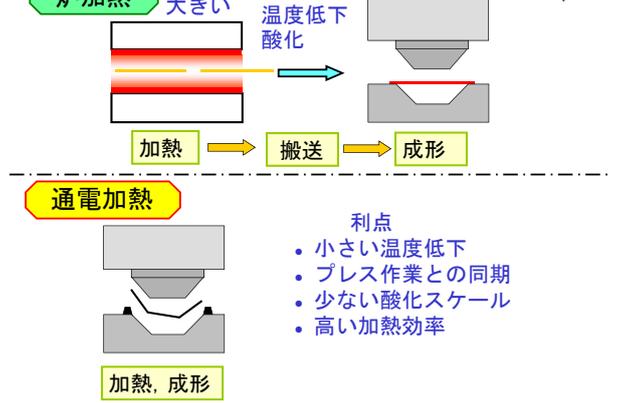
高強度部材の塑性加工技術



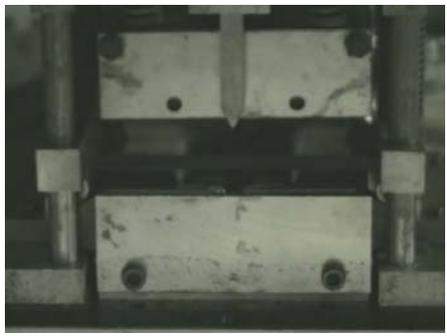
超高強度鋼部材のホットスタンピング



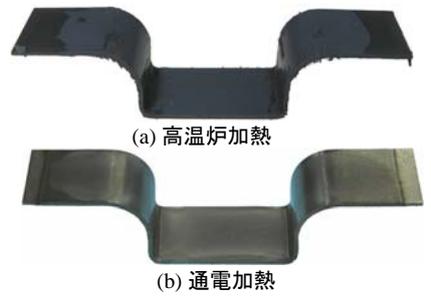
通電型内加熱を用いた温・熱間プレス成形



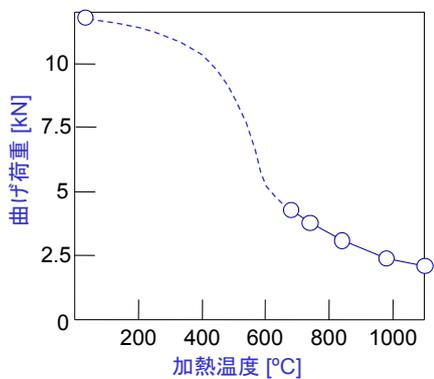
980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形



980 °Cにおける通電加熱ハット曲げ成形

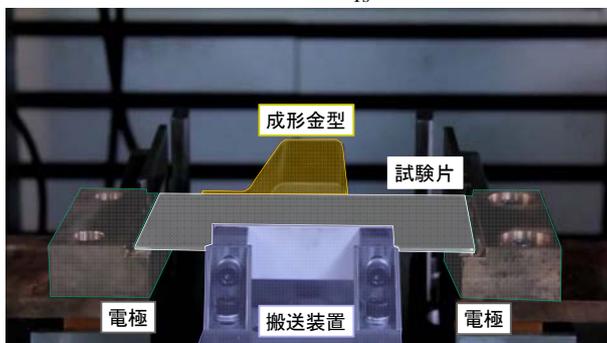


曲げ荷重と加熱温度の関係



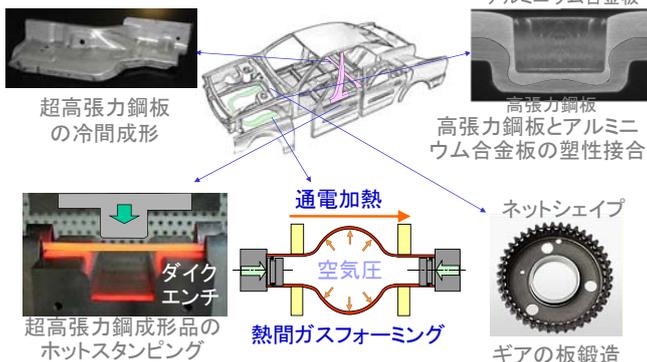
通電加熱ホットスタンピング

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

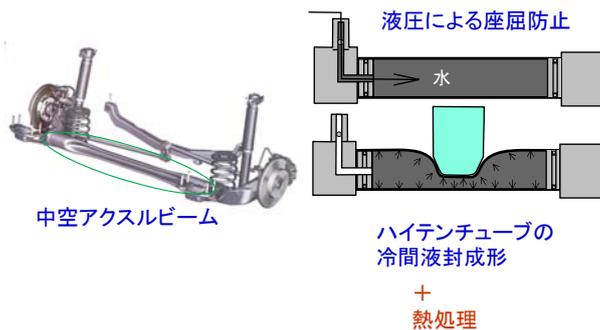


高強度部材の塑性加工技術

豊橋技術科学大学 森謙一郎



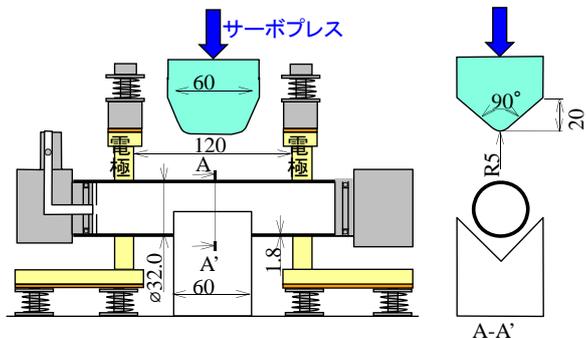
超高強度鋼中空部材の熱間ガスフォーミング



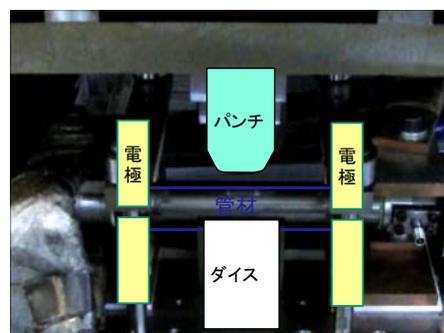
超高強度鋼中空部材の熱間ガスフォーミング

焼入れ用鋼管 直径32mm 肉厚1.8mm

(C:0.19%, Si:0.18%, Mn:1.28%, Cr:0.24%, B:0.0037%)



超高強度鋼中空部材の熱間ガスフォーミング



成形された管材



(a) $p_0=0.0$ MPa

(b) $p_0=1.5$ MPa



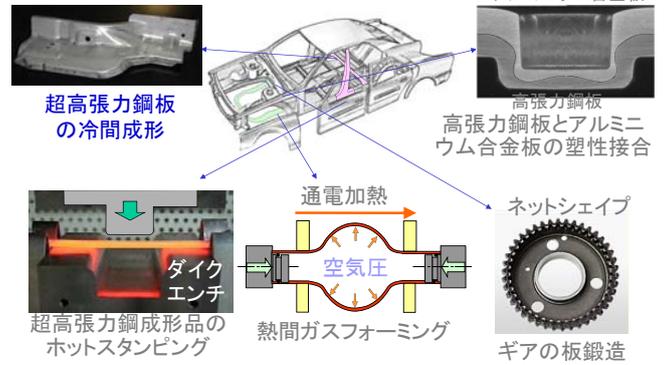
(c) 炉加熱 $p_0=0.0$ MPa

(d) 冷間

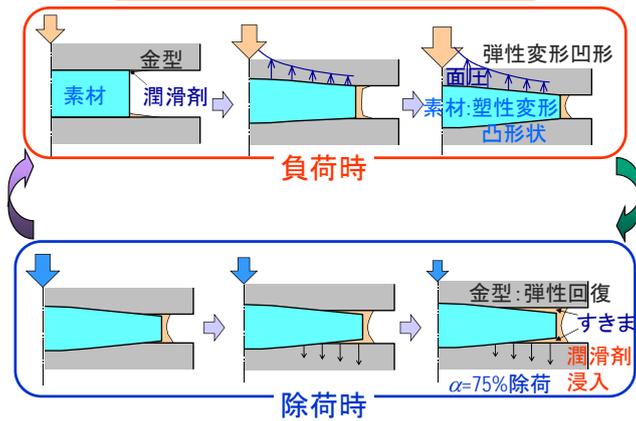
高強度部材の塑性加工技術



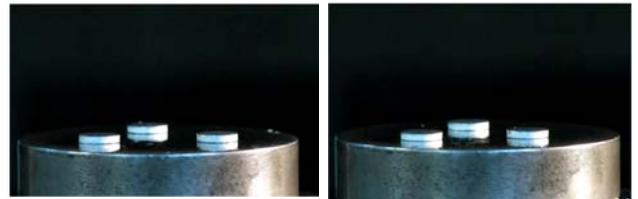
豊橋技術科学大学 森謙一郎



板鍛造における荷重振動による再潤滑



サーボプレスを用いた荷重振動鍛造

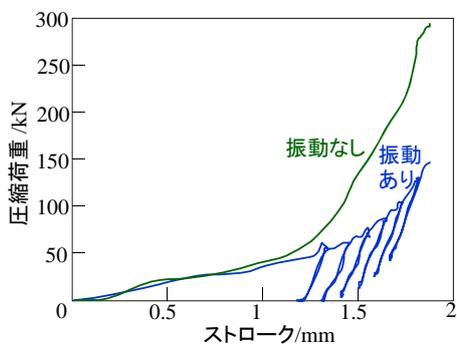


(a) 振動なし

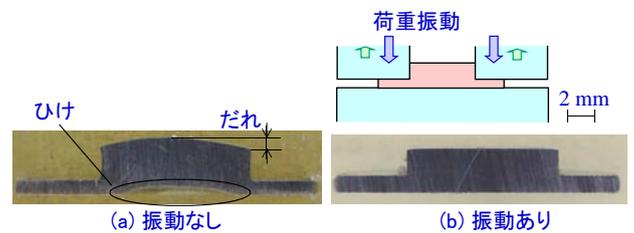
(b) 振動あり



荷重振動ありとなしにおける圧縮荷重の違い



ステンレス鋼の板鍛造

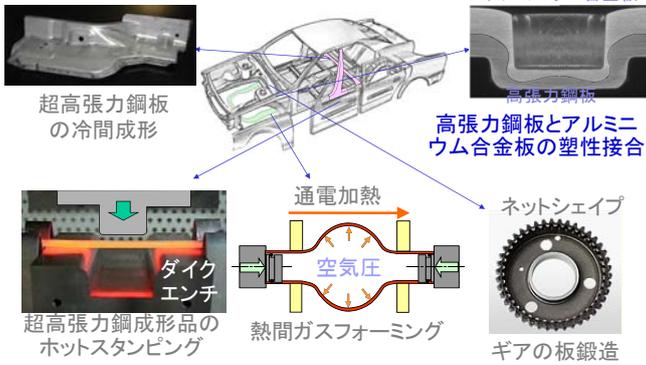


(a) 振動なし

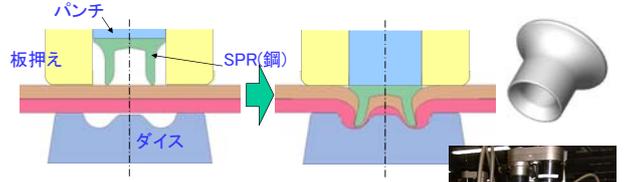
(b) 振動あり

高強度部材の塑性加工技術

豊橋技術科学大学 森謙一郎



セルフピアスリベッティング

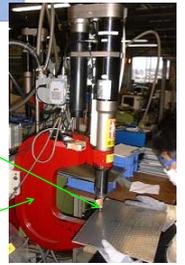


<工法のメリット>

- 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

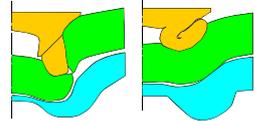
- ・高強度, 高硬度
- ・延性小

リベット硬度に近い

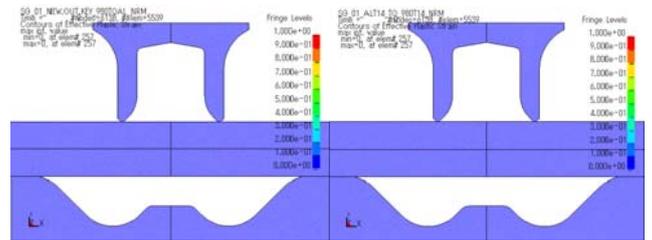
多種の不良が想定

・ダイヤ形状の最適化
(ダイヤ径, 深さ)

リベット割れ リベット折れ



有限要素シミュレーション



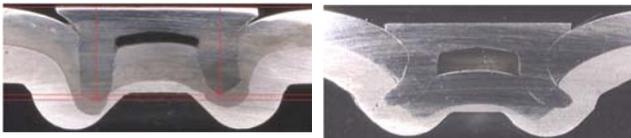
(a) 上板 SPFC980 t1.4,
下板 A5052 t1.5

(b) 上板 A5052 t1.5,
下板 SPFC980 t1.4

ダイヤ形状の最適化

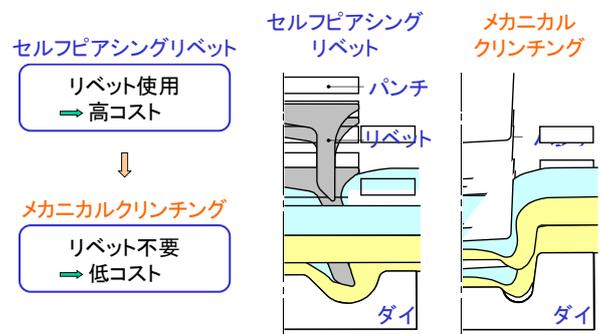
曲面ダイヤ

テーパードダイヤ形状



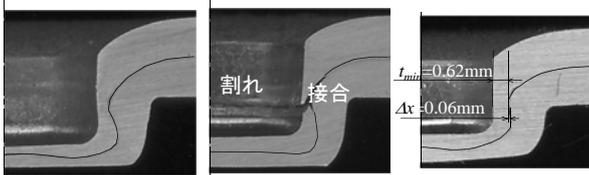
上板: SPFC980, 1.4mm, 下板: A5052, 1.5mm

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





従来ダイによる590MPa 高張力鋼板の接合



(a) 軟鋼,
従来ダイ

(b) 590MPa,
従来ダイ

(c) 780MPa,
改良ダイ

- 1) 高張力鋼板の冷間プレス成形における成形性向上
- 3) 超高張力鋼板のしごき加工における焼付き防止
- 4) 超高強度鋼部材のホットスタンピング
- 5) 超高強度鋼中空部材の熱間ガスフォーミング
- 6) 自動再潤滑機能を有する荷重振動板鍛造
- 7) アルミニウム合金板と高張力鋼板の塑性接合