

高強度鋼板の局部通電加熱せん断加工

豊橋技術科学大学 森 謙一郎

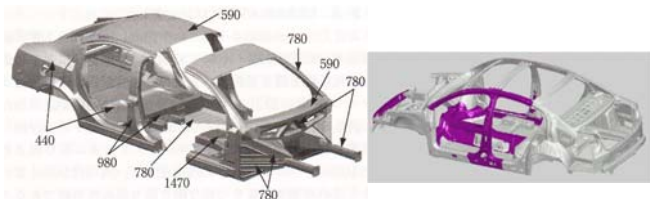
<http://plast.me.tut.ac.jp/>

高強度鋼板において、せん断加工される部分を局部的に急速通電加熱して、変形抵抗を減少させてせん断加工を行う。超高張力鋼板、ダイクエンチされた鋼板において穴抜き加工を行い、加工荷重低減、切口面性状向上、遅れ破壊防止などの結果を示す。また、ホットスタンピングの適用範囲を広げるために、1ショットホットスタンプにおいて高強度中・小型部品を成形した例についても報告する。

高強度鋼板の局部通電加熱せん断加工

豊橋技科大 森謙一郎

自動車の燃費向上: 車体に軽量化 超高張力鋼板の増加

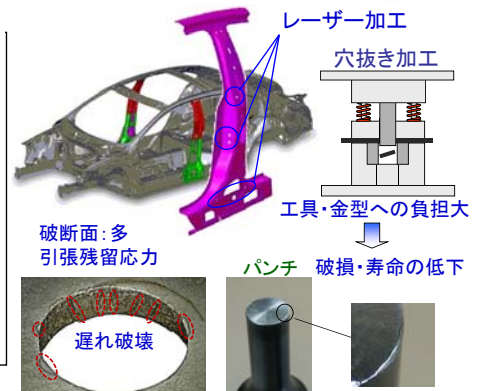
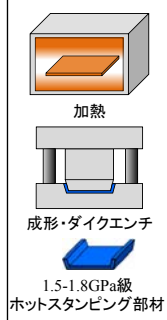


ULSAB-AVC
(Ultra Light Steel Auto Body -
Advanced Vehicle Concept)

フォルクスワーゲン パサート,
骨格部材の16%がホットスタ
ンピング

超高強度鋼部材のホットスタンピングと穴加工

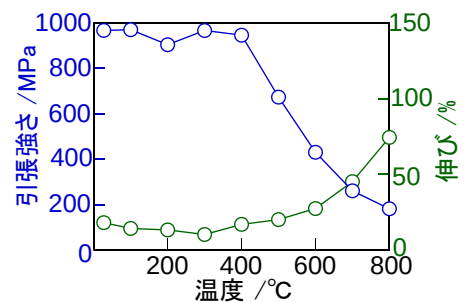
ホットスタンピング



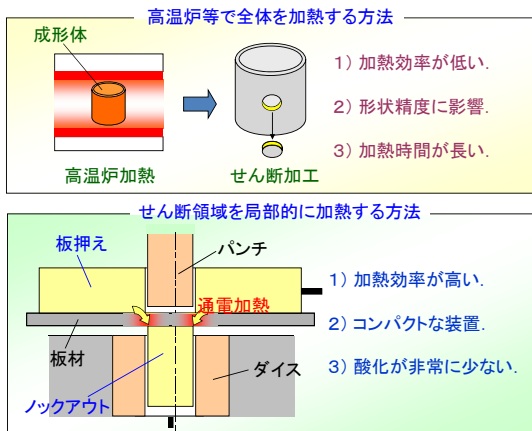
- 1) せん断領域局部加熱穴抜き加工
- 2) 部分通電加熱小穴抜き加工
- 3) 1ショットホットスタンピング

980MPa級超高張力鋼板の高温引張特性

加熱によって軟化

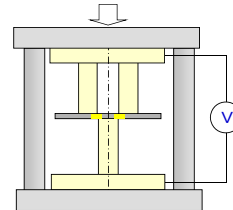


温・熱間穴抜き加工における問題点と局部加熱法



局部加熱実験

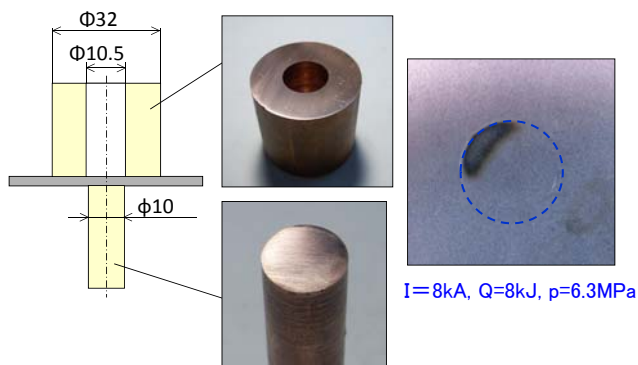
冷間プレス成形用超高張力鋼板SPFC980
板厚2.0mm



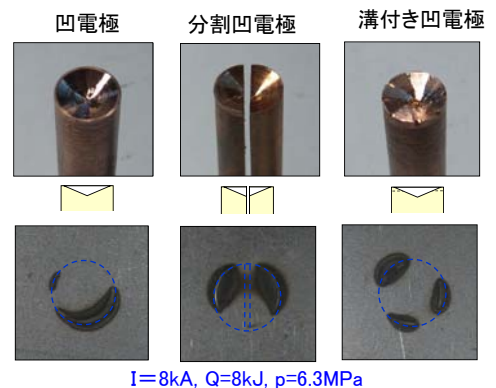
実験条件

通電電流 I / kA	8
投入電力量 Q / kJ	1~15
接触面圧 p / MPa	3.8~17.8

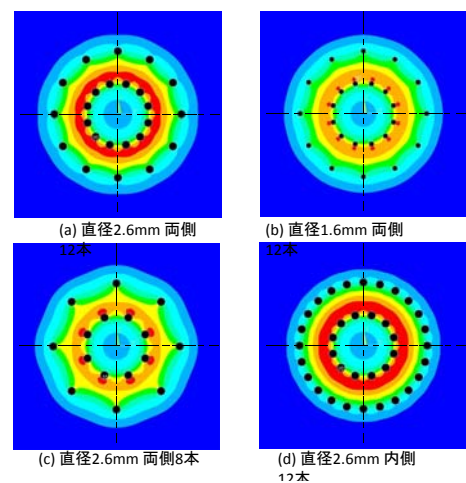
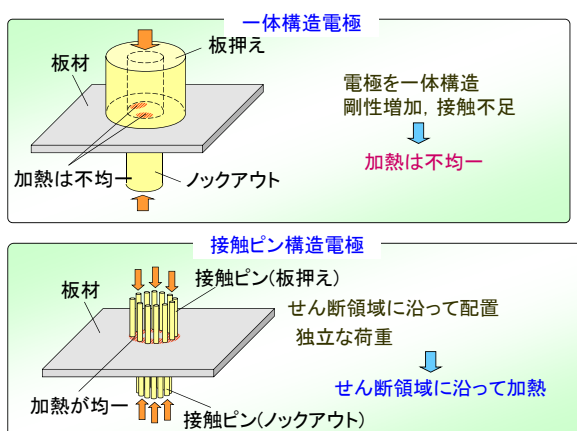
フラット形状電極を用いた局部加熱実験



電極形状の違いによる加熱領域



局部加熱における問題点と対策

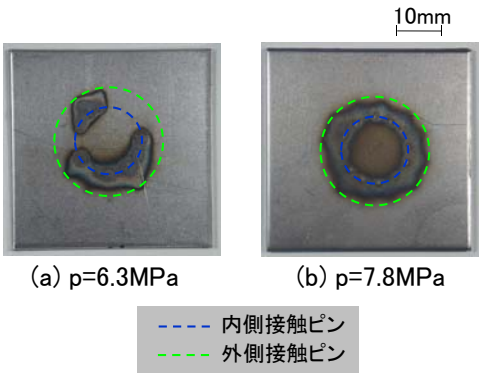


接触ピンを用いた局部加熱実験条件

・試験片
980MPa級超高張力鋼板
板厚2.0mm

通電電流 I / kA	4, 6, 8
投入電力量 Q / kJ	8~20
接触ピン面圧 p / MPa	6.3~11.3

$I=8\text{kA}$, $Q=16\text{kJ}$ における加熱後の試験片



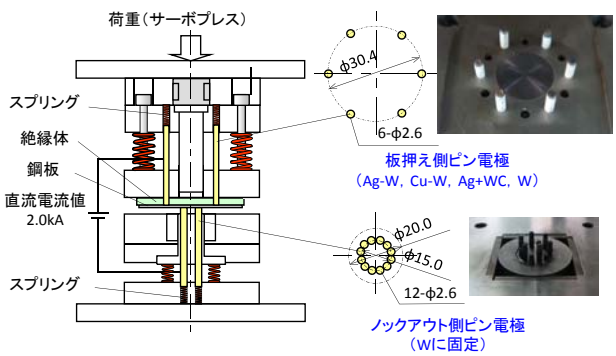
ピン電極材質評価条件

・板押え側ピン電極材質

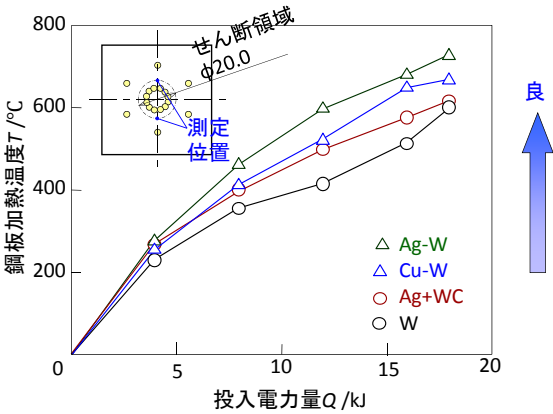
材質	電気抵抗率 Ωm	熱伝導率 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	硬さ HV	密度 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Ag-W	3.25×10^{-9}	233	210	14.8
Cu-W	3.59×10^{-9}	258	225	14.2
Ag+WC	4.66×10^{-9}	120	250	12.8
W	5.56×10^{-9}	200	450	19.3

ノックアウト側ピン電極: W
SPFC980, 板厚 $t=1.4\text{mm}$

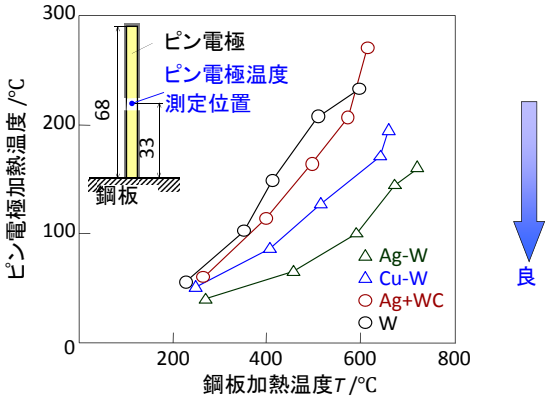
ピン電極材質評価実験装置



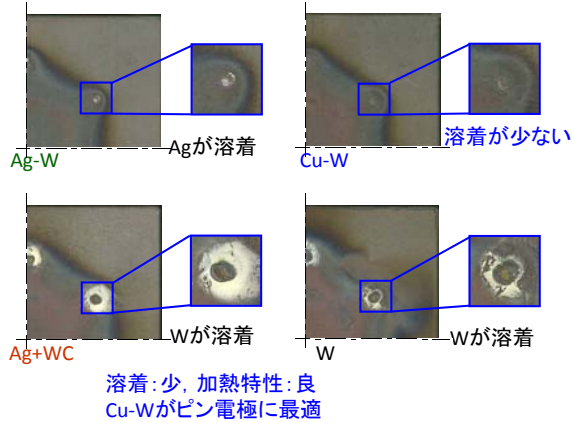
電極ピン材質の違いによる加熱特性



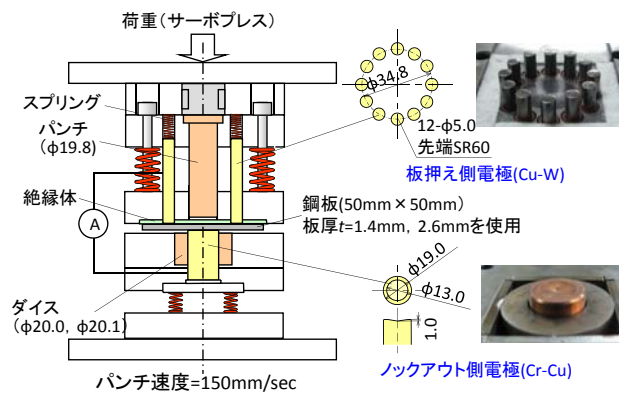
ピン電極加熱温度に及ぼす鋼板加熱温度



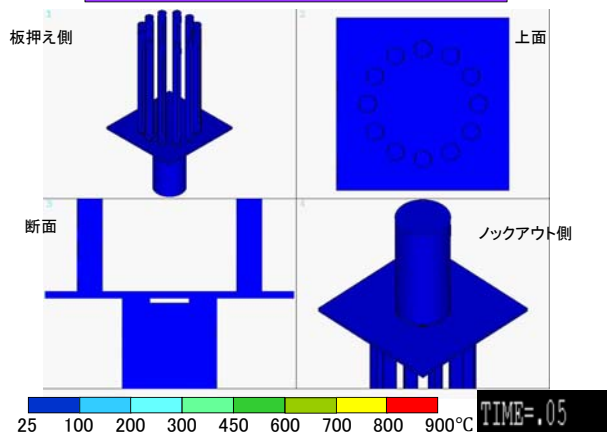
ピン電極材質の違いによる加熱後鋼板 ($T=800^{\circ}\text{C}$, 4分の1サイズ)



局部通電加熱せん断加工装置

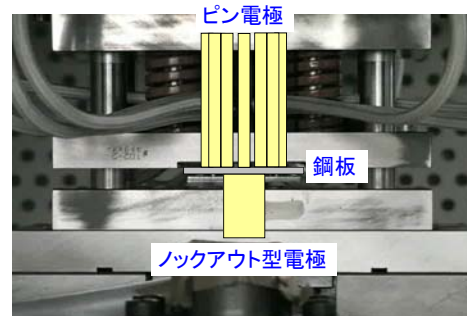


通電加熱の温度分布計算結果



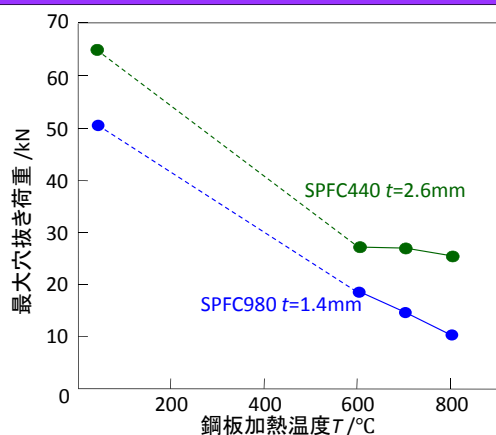
局部通電加熱せん断加工

加熱のための鋼板加圧 → 加熱 → せん断加工

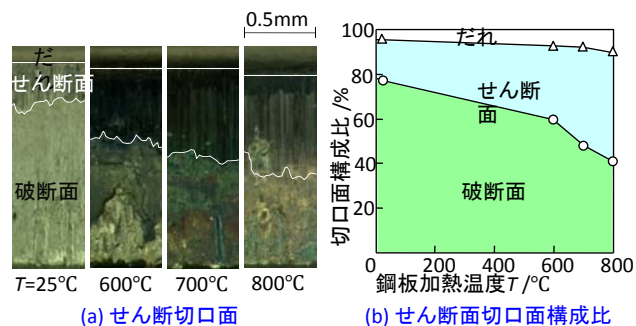


SPFC440, $t=2.6\text{mm}$, $T=800^{\circ}\text{C}$
パンチ速度 150mm/s, クリアランス $c=6\%t$

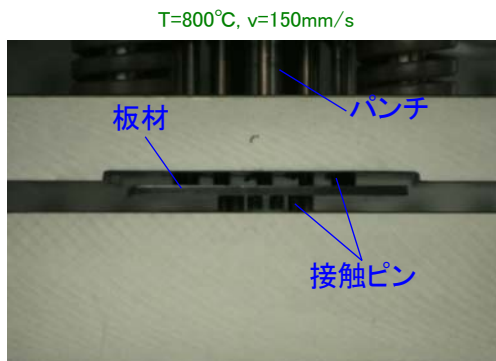
最大穴抜き荷重に及ぼす鋼板加熱温度の関係



SPFC980, $t1.4\text{mm}$ 鋼板での穴抜き加工後切口面



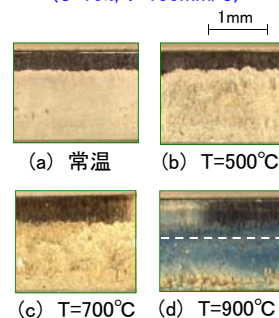
接触ピンを用いた局部加熱穴抜き動画



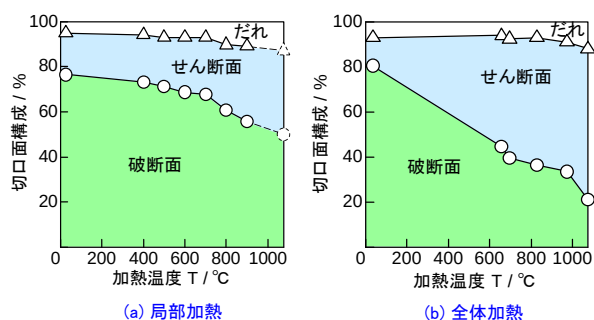
局部通電加熱穴抜き実験結果

局部加熱穴抜き後の板材
($c=10\%$, $v=150\text{mm/s}$, $T=800^{\circ}\text{C}$)

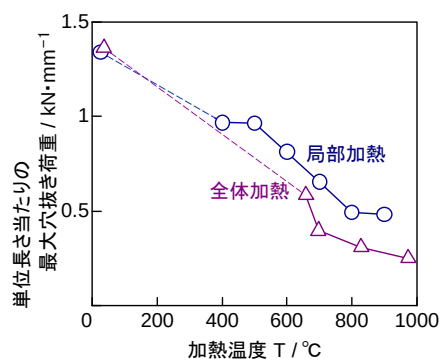
切口面性状の変化
($c=10\%$, $v=150\text{mm/s}$)



$c=10\%$, $v=150\text{mm/s}$ における切口面構成の比較



$c=10\%$, $v=150\text{mm/s}$ における最大穴抜き荷重の比較

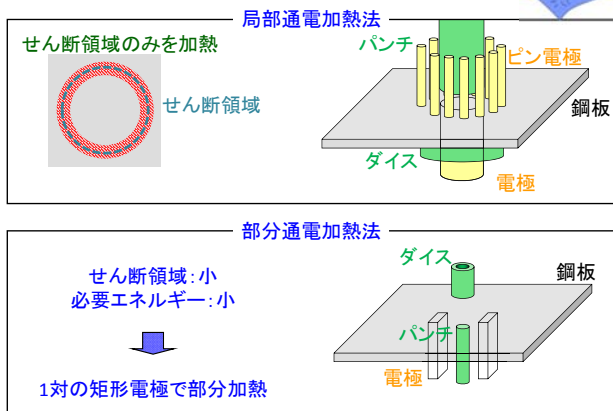


まとめ

- ・ せん断領域に沿ってピン電極を配置することによって、せん断領域の温度分布を均一にできた。
- ・ Cu-Wは少ない溶着、良好な加熱特性であり、ピン電極としては最適であった。
- ・ 加熱温度の上昇とともに加工荷重が低下し、切り口面のせん断面が増加した。

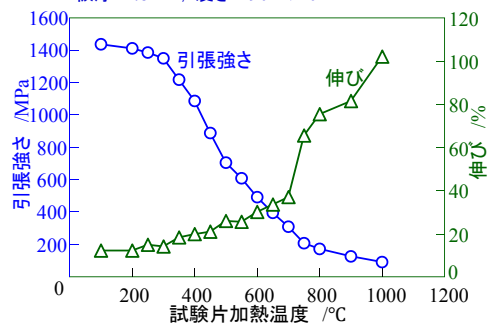
- 1) せん断領域局部加熱穴抜き加工
- 2) 部分通電加熱小穴抜き加工
- 3) 1ショットホットスタンピング

局部通電加熱法と部分通電加熱法の違い

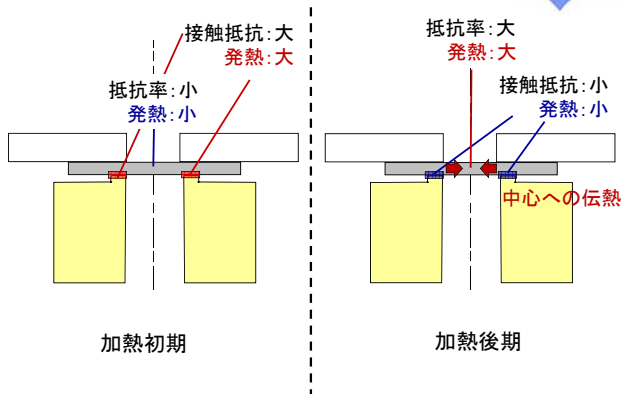


ダイクエンチされたアルミめっき鋼板の高温引張試験結果

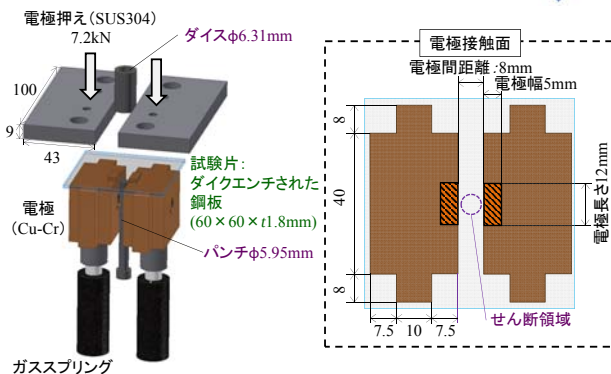
ホットスタンピング用鋼板
C: 0.22, Mn: 1.2, Cr: 0.15, B: 0.002 mass%
板厚: 1.8mm, 硬さ: 490HV20



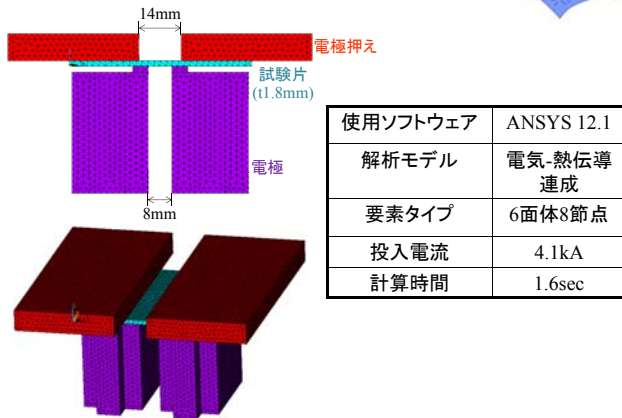
局部通電加熱における温度挙動



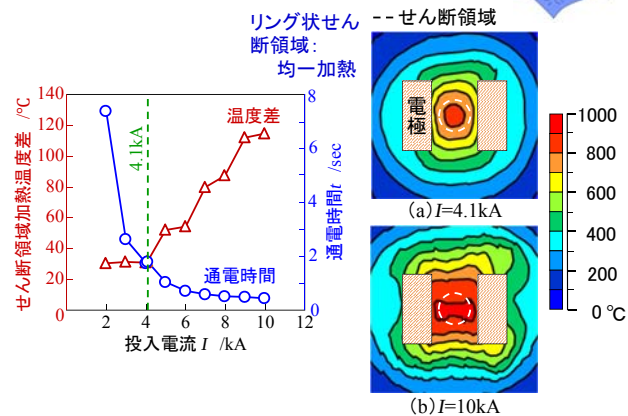
部分通電加熱小穴抜き加工用工具



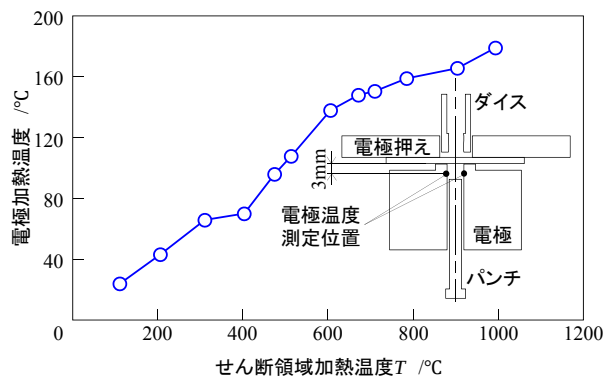
部分通電加熱の温度分布シミュレーション条件



投入電流による加熱温度分布の影響 (Q=7kJ)



電極加熱温度とせん断領域加熱温度の関係

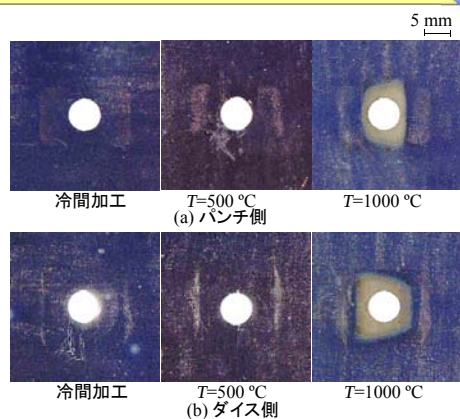


部分通電加熱小穴抜き加工 ($I=4.1\text{kA}$, $T=800^\circ\text{C}$)

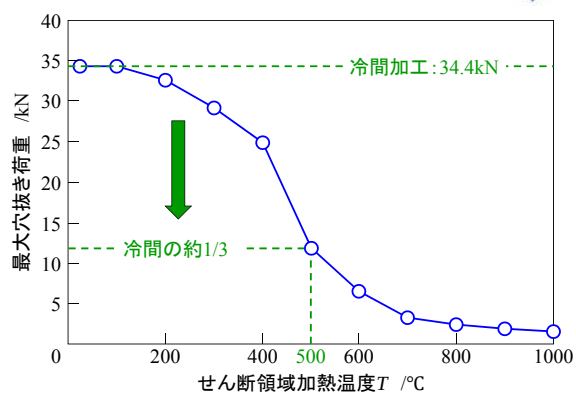
電極を試験片へ加圧 → 加工領域付近加熱 → 小穴抜き加工



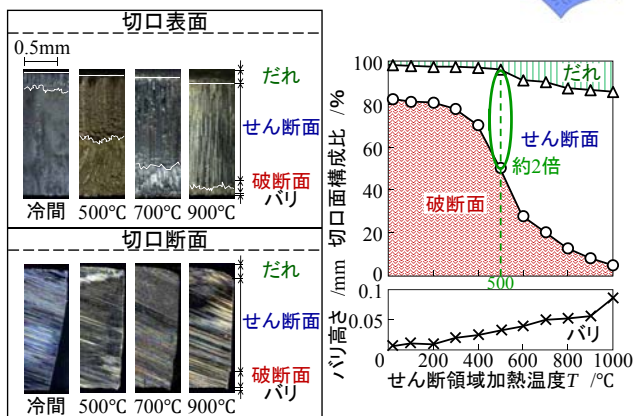
局部通電加熱小穴抜き加工された板材



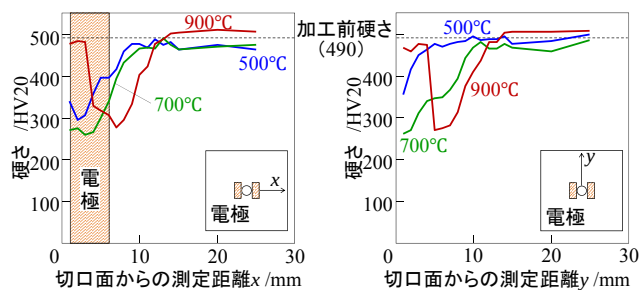
部分通電加熱小穴抜き加工荷重



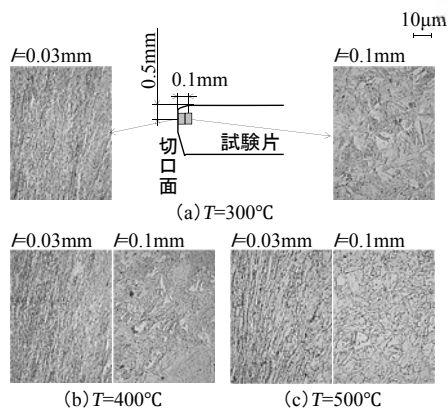
切口面構成



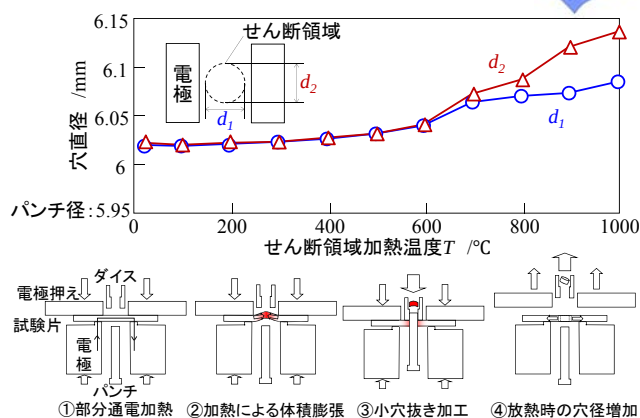
部分通電加熱小穴抜き加工後の半径方向硬さ分布



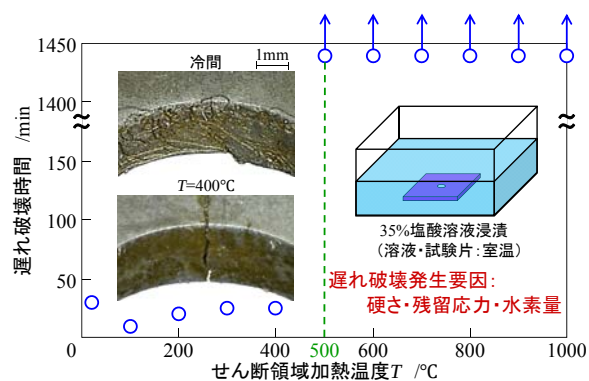
部分通電加熱小穴抜き加工後の切口面近傍組織



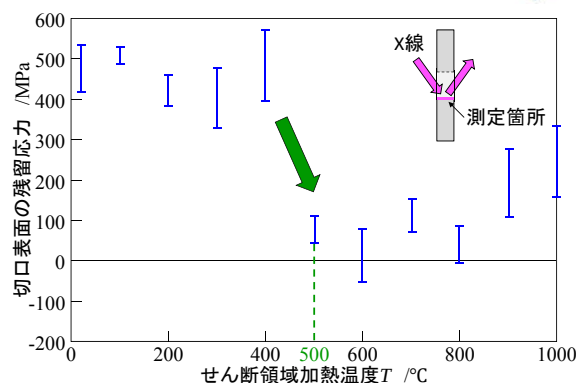
部分通電加熱小穴抜き加工後の穴直径



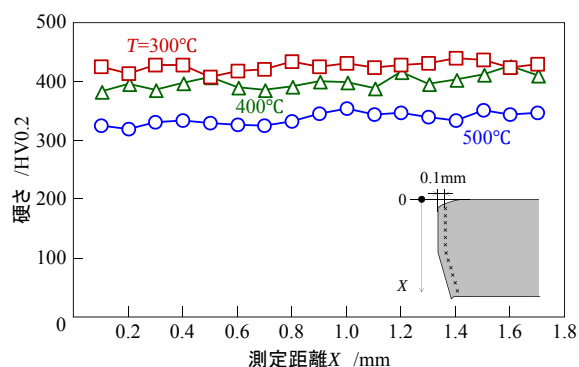
酸性溶液浸漬による遅れ破壊加速実験



切口表面の残留応力とせん断領域加熱温度の関係



切口面近傍の硬さ分布

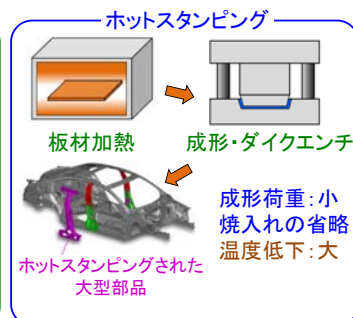
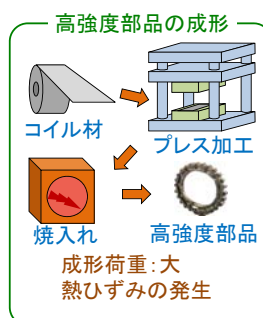


まとめ

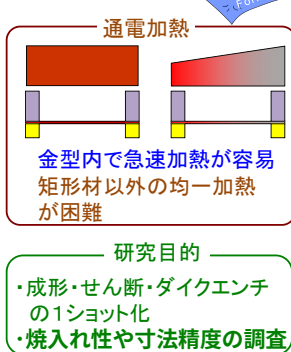
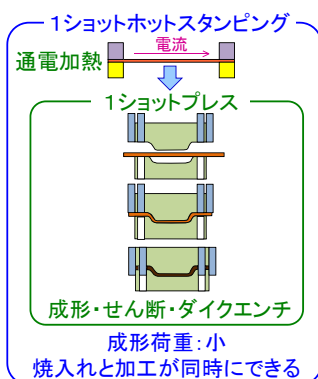
- 投入電流を最適化することによって、矩形電極でもリング状のせん断領域を均一に加熱できた。
- 加熱温度の上昇とともに穴抜き荷重が低減し、せん断面比率が増加した。
- 加熱温度 500°C 以上では、切口面の硬さおよび残留応力が低下するため遅れ破壊を防止できた。

- 1) せん断領域局部加熱穴抜き加工
- 2) 部分通電加熱小穴抜き加工
- 3) 1ショットホットスタンピング

成形・せん断・ダイクエンチを一体化した
超高強度鋼部品の 1ショットホットスタンピング



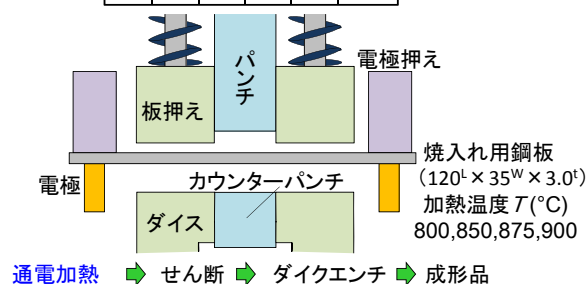
研究目的



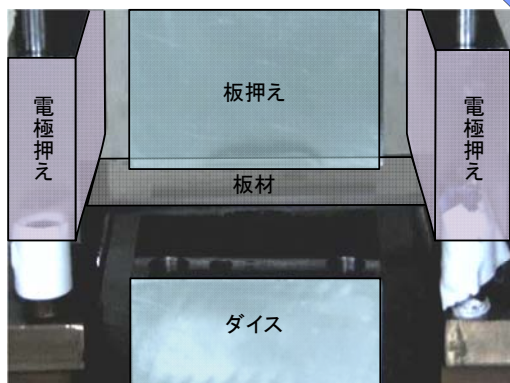
せん断・ダイクエンチを 一体化したホットスタンピング

焼入れ用鋼板の主要組成

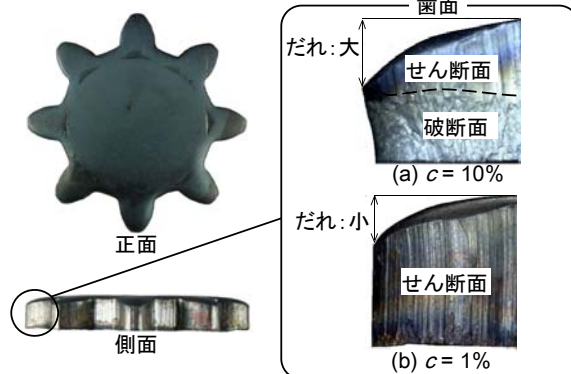
C	Si	Mn	Cr	Ti	B
0.22	0.15	0.45	0.30	0.02	0.0035

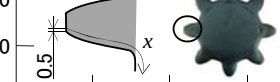


1ショットホットスタンピング

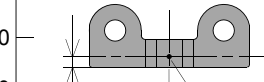


T=900°C, t=3.0sにおける1ショットホット
スタンピング加工された超高張力鋼ギア





C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
0.28	0.60	0.43	0.23	0.02	0.25	13.26



- 矩形板材を急速通電加熱し、成形、せん断、ダイクエンチを1ショット化して小型超高強度鋼部品を製造した。
- 1ショットホットスタンピングによって、540HV2のギアおよび580HV2エンジン取付部品を製造した。