

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 3 月 26 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21360360

研究課題名（和文）

局部通電加熱を用いた超高張力鋼板の高品質せん断加工法の開発

研究課題名（英文）

Development of shearing process of ultra-high strength steel sheets using local resistance heating

研究代表者

森 謙一郎（MORI KENICHIRO）

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：80127167

研究成果の概要（和文）：

超高張力鋼板やダイクエンチされた鋼板を局部通電加熱してせん断加工を行った。加熱条件を最適化してせん断加工される円形の領域を均一温度に加熱し、直後に加工を行った。ダイクエンチされた超高張力鋼板を 500°C に加熱することによって、加工荷重を冷間加工の約 1/3、せん断面を約 2 倍にでき、遅れ破壊の発生も防止できた。

研究成果の概要（英文）：

Ultra-high strength steels sheets and die-quenched steel sheets were sheared by local resistance heating. Uniform temperature in the circular shearing zone was obtained by optimizing heating conditions, and the zone was punched just after the heating. For heating at 500 °C of the die-quenched sheet, the punch load and the burnished surface area were about 1/3 smaller and 2 times larger than those for the cold punching, respectively, and the occurrence of delayed fracture around the punched hole was prevented.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
2010 年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2011 年度	2,500,000	750,000	3,250,000
年度			
年度			
総計	12,100,000	3,630,000	15,730,000

研究分野：

科研費の分科・細目：材料工学，材料加工・処理

キーワード：超高張力鋼板，穴抜き加工，  
局部通電加熱，急速加熱，低加熱エネルギー  
荷重低減，切口面性状向上，金型寿命向上

1. 研究開始当初の背景

(1) 自動車の燃費向上を目的として自動車の軽量化が望まれており、引張強さが 1GPa を越える超高張力鋼板の自動車部品への適用が増加している。

(2) 超高張力鋼板は高強度であるため、せん断加工において金型寿命・破損などが大きな問題となっている。特に、加工硬化した冷間成形された超高張力鋼板やダイクエンチ成形体は非常に高強度であるため、トリミング

や穴抜き加工においては金型寿命が短くなり、実加工ではレーザー切断が多く適用されているが、生産性が低く産業界からはせん断加工の適用が強く望まれている。

## 2. 研究の目的

(1) 超高強度鋼板のせん断加工において、局部通電加熱して鋼板を軟化させて加工を行い、加工荷重を低下させて金型寿命を向上させる。

## 3. 研究の方法

(1) 超高張力鋼板、ダイクエンチされた鋼板において、せん断加工領域に電極を配置して急速通電加熱し、直後に穴抜き加工を行った。

(2) 電極の形状、配置、電流などを変化させて、円形の領域を均一温度に加熱できる最適条件を見つけた。

## 4. 研究成果

(1) 超高張力鋼板は高強度であるため、加熱を行って変形抵抗を減少させてせん断加工を行った。せん断加工では、板材全体を加熱する必要はなく、せん断される領域だけを加熱すればよいため、図 1(a) に示すように板押えとノックアウトに電極を配置してリング状のせん断領域を通電してジュール発熱によって加熱し、比較的大きな穴、トリミングなどにはこの加熱方法を用いた。一方、ボルトを通すような小穴では、ノックアウトに電極を配置する十分なスペースを確保できない。そこで、図 1(b) に示すように穴付近に 1 対の電極を配置して通電を行い、その付近を加熱する。小穴ではリング状のせん断領域だけでなく、穴付近を加熱してもエネルギーは小さい。

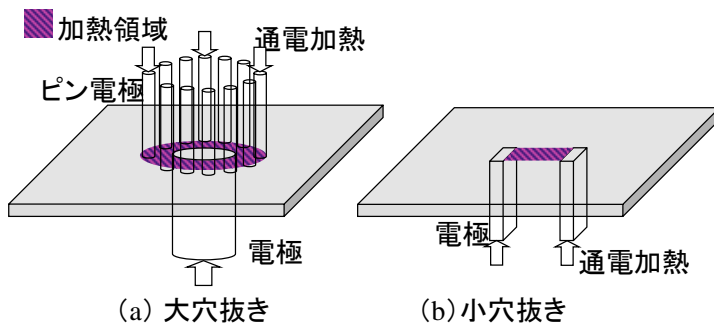


図 1 超高張力鋼板の局部通電加熱

(2) 穴付近に 1 対の電極を配置して通電を行うと、電流は広がって温度は不均一に分布するが、図 2 のような最適な加熱条件を見ることができた。電極間距離をできるだけ短

くし、電流  $I=10\text{kA}$  では電極付近の温度が大きくなってせん断領域の温度は不均一であるが、 $I=4.1\text{kA}$  では温度分布は同心円状になってせん断領域の温度はほぼ均一になっている。

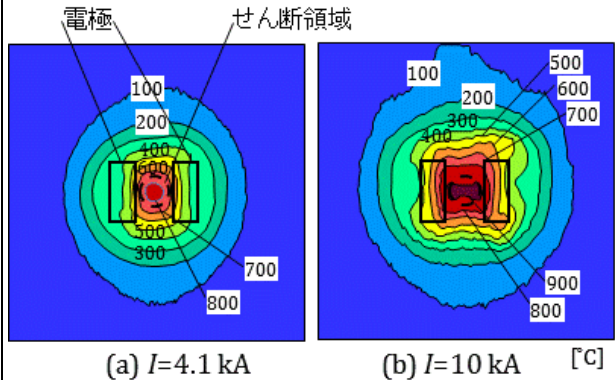


図 2 鋼板の局部通電加熱結果

(3) 超高張力鋼板を加熱することによって変形抵抗が減少し、図 3 に示すようにせん断領域加熱温度とともに穴抜き荷重は減少する。加熱温度  $500\text{ }^\circ\text{C}$  において、穴抜き荷重は冷間加工の約  $1/3$  になった。

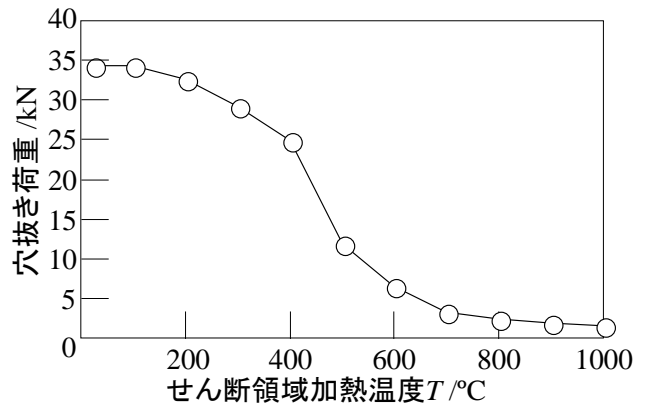


図 3 穴抜き荷重とせん断領域加熱温度の関係

(4) 超高張力鋼板を加熱することによって延性が増加し、図 4 に示すようにせん断領域加熱温度とともに、粗い破断面が小さくなって高品質なせん断面が大きくなっている。加熱温度  $500\text{ }^\circ\text{C}$  において、冷間加工の約 2 倍のせん断面が得られている。

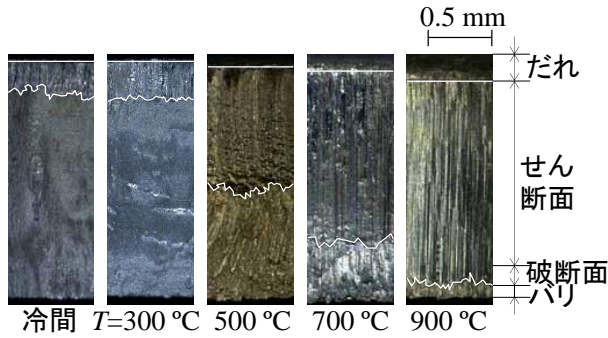


図4 各種加熱温度における穴の切口表面

(5) ダイクエンチされた高強度鋼成形品を冷間せん断加工すると、遅れ破壊が問題となる。加熱してせん断加工を行うと、切口面付近の引張残留応力および硬さ低下が低下して、図5に示すように遅れ破壊の発生を防止できた。加熱温度 500°C 以上では遅れ破壊が観察されなく、局部通電加熱が加工荷重低減、表面性状向上だけでなく、遅れ破壊の防止にも有効である。

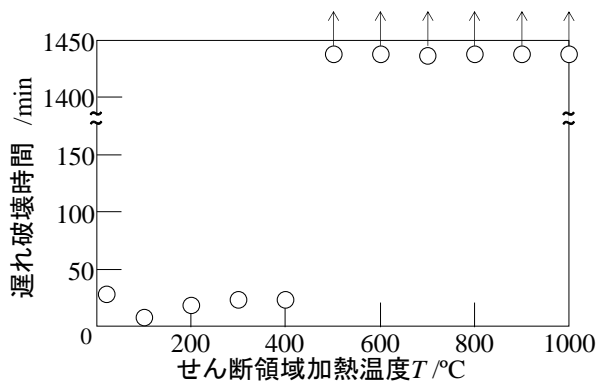


図5 遅れ破壊時間とせん断領域加熱温度の関係

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① K. Mori, T. Maeno, Y. Maruo, Punching of small hole of die-quenched steel sheets using local resistance heating, *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 査読有, 61-2 (2012), 印刷中.
- ② K. Mori, T. Maeno, S. Fuzisaka, Punching of ultra-high strength steel sheets using local resistance heating of shearing zone, *Journal of Materials Processing Technology*, 査読有, 212-2

(2012), 534-540.

[学会発表] (計 4 件)

- ① 山田弘明, 森謙一郎, 前野智美, 家田和典, せん断・成形・ダイクエンチを一体化した 1 ショットホットスタンピング, 第 62 回塑性加工連合講演会, 平成 23 年 10 月 27 日, ホテル日航豊橋
- ② 森謙一郎, 丸尾佳広, 前野智美, ダイクエンチ鋼板の局部通電加熱小穴抜き加工, 平成 23 年度塑性加工春季講演会, 平成 23 年 5 月 29 日, 早稲田大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

森 謙一郎 (MORI KENICHIRO)  
豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号：80127167

### (2)研究分担者

安部 洋平 (ABE YOHEI)  
豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・講師  
研究者番号：60402658

前野 智美 (MAENO TOMOYOSHI)  
豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・助手  
研究者番号：80505397

(3)連携研究者

なし