

# 加工性に優れる自動車骨格部材用 TS980 MPa 級電縫鋼管の開発

荒谷昌利<sup>\*1)</sup> 石黒康英<sup>\*1)</sup> 園部 治<sup>\*2)</sup>  
郡司牧男<sup>\*3)</sup> 佐藤昭夫<sup>\*4)</sup>

## 1. はじめに

近年、地球温暖化抑制のため、CO<sub>2</sub> 排出量削減の必要性がますます強く叫ばれている。CO<sub>2</sub> 排出量削減に対しては、自動車車体軽量化による燃費向上が有効な手段であり、これに対応すべく自動車部材用の鋼材として、様々な特徴を有す高強度鋼板の適用が増加している。また、自動車乗員の安全性確保の観点から、骨格部材を中心に、TS780 MPa を超える超高強度鋼板の適用検討が進められている<sup>(1)(2)</sup>。一方で、アーク溶接やスポット溶接代がなく、軽量化と高剛性化に対して有利な閉断面構造を有す鋼管素材の適用も、ハイドロフォームによる異形断面成形技術の発展とともに増加している<sup>(3)(4)</sup>。しかしながら、高強度鋼管の適用は電縫溶接性確保のための鋼成分制約、電縫造管歪みによる延性低下など、高強度薄鋼板とは異なる鋼管固有の課題があった。そのため、これまで高強度鋼管の自動車部材への適用は TS780 MPa 以下のグレードに留まっており、適用部材も比較的厚肉素材が中心の足回り部材が主であった。足回り部材に比べて素材厚が薄く、高強度でありながらプレス成形性が要求される骨格部材に対しては、高強度冷延鋼板が使用されており、鋼管素材の適用例は極めて少なかった。

本報告では、自動車骨格部材への鋼管素材の適用を目的に、「高加工性高強度冷延鋼板」と、造管歪みによる鋼板の加工性低下を極力抑える「低歪造管技術」の組み合わせにより、加工性に優れる自動車骨格部材用 TS980 MPa 級電縫鋼管を開発したので紹介する。

## 2. 高加工性 TS980 MPa 級電縫鋼管の開発コンセプト

骨格部材用鋼材に要求される特性としては、(1)プレス成形性、(2)スプリングバック特性、(3)スポット溶接性、(4)耐遅れ破壊特性がある。

JFE スチールではこのような要求特性を満足するために、独自開発した世界最高速の冷却能力を有する WQ-CAL を活用することで TS780 MPa 級から TS1470 MPa 級までの超高強度冷延鋼板を開発した<sup>(5)</sup>。WQ-CAL の熱サイクルを図 1 に示す。焼鈍条件により鋼の組織形態 (DP (Dual Phase) 組織、マルテンサイト単相組織) を制御することができ、適用部材に応じた材料選択が可能である。

鋼管を自動車部材に適用する場合、曲げ加工、ハイドロフォームなどの加工を伴うことが多いため、本開発の TS980 MPa 級鋼管の素材としては、特に曲げおよび張り出し成形性を重視した DP 鋼板を選択した。表 1 に、鋼板の引張特性を示す。TS980 MPa 級としては極めて高い延性を有す鋼板

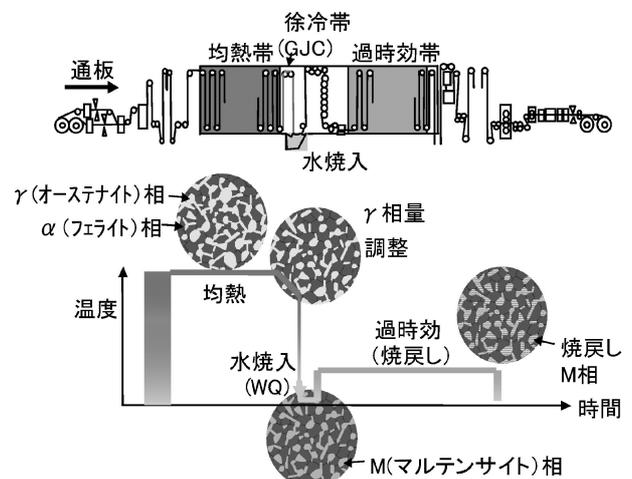


図 1 WQ-CAL の設備工程と熱サイクル。

\* JFE スチール株式会社  
スチール研究所鋼管・鋳物研究部：1)主任研究員  
知多製造所：2)商品技術部主任部員 3)製造部主任部員  
4)東日本製鉄所商品技術部主任部員  
Development of 980 MPa Grade Steel Tube for Automotive Body Parts with Excellent Formability; Masatoshi Aratani, Yasuhide Ishiguro, Osamu Sonobe, Makio Gunji, Akio Sato (JFE Steel Corporation)  
2009年11月2日受理

である。

しかしながら、造管工程時に付与される加工歪みによる延性低下は不可避である。特に、低強度クラスの材料に比べて延性が低い高強度材においては、造管工程で加工性の低下を抑制することが極めて重要である。これに対し、JFE スチールは、独自に開発した CBR 成形法(Chance-Free Bulge Roll Forming)を活用した<sup>(6)</sup>。CBR 成形法の特長の一つは、従来の造管方法であるブレイクダウン成形法に比べ、造管工程で素材に付与される加工歪みが少なく、管円周方向の残留応力低減、材料加工硬化および延性低下の抑制が可能である点にある。図2に CBR 成形ミルおよびブレイクダウン(従来)成形ミルの工程を示す。

図3(a)には CBR 成形ミルにおけるケージロール成形域で

表1 TS980MPa 級 WQ ハイテン鋼板の引張特性。

| 鋼管素材          | 板厚 (mm) | YS (MPa) | TS (MPa) | EL (%) |
|---------------|---------|----------|----------|--------|
| 980 MPa 級冷延鋼板 | 2.0     | 695      | 990      | 18     |

引張試験片：JIS 5 号

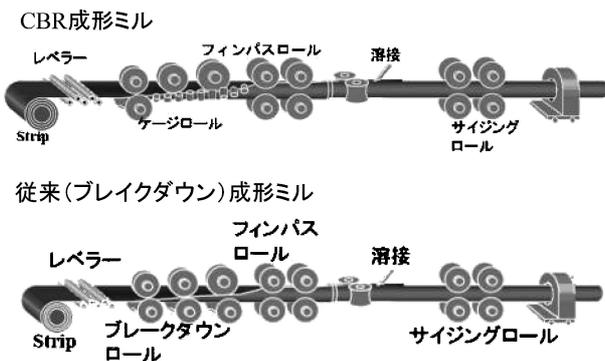
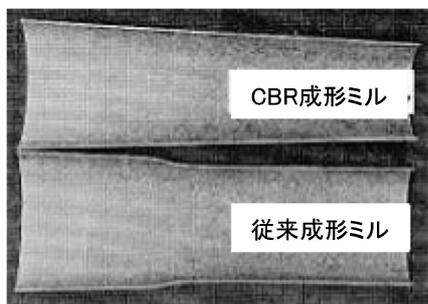


図2 CBR 成形ミルと従来成形ミルの工程。



(a) CBR成形ミルのケージロール成形域における帯板の成形状態(センターベンドロールを外した状態で撮影)



(b)

図3 CBR 成形ミルのケージロール成形域における帯板の成形状態。

の帯板の変形状態を示す。写真は材料が中止めの状態で上センターベンドロールスタンドを取り外し撮影したものである。また、図3(b)には、CBR 成形ミル(ケージロール成形域)と従来成形ミル(ブレイクダウンロール成形域)における帯板の成形状態の比較を示す。CBR 成形ミルでは、帯板のエッジ部分を多くのケージロールにより短い間隔で連続的に拘束することにより、長手方向断面において滑らかな形状に変形させ帯板への付加的歪みを最小限に抑制している。それに対し、従来成形法は、帯板の幅方向の曲げ成形の際に、ブレイクダウンロール間隔が広いために、エッジ部の成形が不連続となり、帯板への付加的歪みが大きくなる。したがって、CBR 成形法を活用することで、TS980 MPa 級冷延鋼板の優れた加工性を、造管工程で極力低下させることなく、本強度クラスでは極めて高い延性を有す TS980 MPa 級鋼管を開発することに成功した。

### 3. 高加工性 TS980 MPa 級電縫鋼管の特性

表2には、CBR 成形法および従来成形法で造管した TS980 MPa 級鋼管の機械的特性の比較を示す。CBR 成形材は従来成形材に比べて EL が大きく、造管工程での延性低下が抑制されていることがわかる。このように、CBR 成形法の活用により素材が有する高い加工性が維持され、高強度鋼管の適用範囲拡大につながる事が期待される。

以降、TS980 MPa 級鋼管の加工例を紹介する。図4には、骨格部材を模擬したハイドロフォーム加工例を示す。鋼管をプリプレスした後に、内圧 200 MPa、拡管率 8% (加工前後の管周長差/加工前の管周長×100)、コーナー曲げ半径 R が 12 mm の矩形断面形状への成形が可能である。図5に

表2 TS980MPa 級鋼管の機械的特性(造管法による比較)。

| 鋼管素材                | YS(MPa) | TS(MPa) | EL(%) |
|---------------------|---------|---------|-------|
| 980 MPa 級冷延鋼板       | 695     | 990     | 18    |
| 980 MPa 鋼管(CBR 成形法) | 886     | 1017    | 14    |
| 980 MPa 鋼管(従来成形法)   | 919     | 1123    | 11    |

鋼管サイズ：φ 48.6×t 2.0 mm

素管：φ 48.6mm × t 2.0mm (t/D=4.1%)

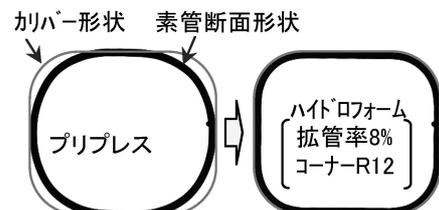


図4 TS980 MPa 級鋼管のハイドロフォーム加工例。

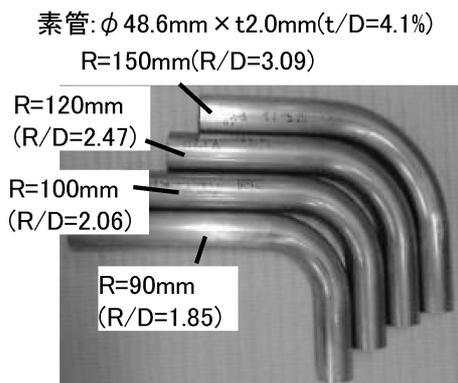


図5 TS980 MPa 級鋼管の回転引き曲げ加工例。

- ・丸管:  $\phi 89.1\text{mm} \times t1.4\text{mm}$  ( $t/D=1.6\%$ )
- ・角管:  $\square 100 \times 50 \times t1.4$



図6 TS980 MPa 級鋼管の角管リロール加工例。

は回転引き曲げ加工例を示す。最小曲げ半径  $R$  が  $90\text{mm}$  (曲げ半径/管外径比 ( $R/D$ ) =  $1.85$ ) の場合にも、割れ、しわの発生なく曲げ加工が可能である。図6には、角断面形状のバンパーを模擬した角管リロール加工例を示す。このように、開発した TS980 MPa 級電縫鋼管はその高い加工性から、パイプ特有の加工技術を用い、自動車の骨格部材やバンパー用途としての適用が可能である。またパイプ特有の閉断面構造を活用し、高剛性化、軽量化、および板プレス品にて必要とされる溶接工程などの削減が可能である。

#### 4. 本開発鋼管の適用事例

本開発鋼管は、図7に示すように、自動車のフロントピラーのリンフォースメントとして採用された。自動車の骨格部材用ハイドロフォーム成形部品に TS980 MPa 級の超高強度鋼管が採用されたのは世界で初めてである。図8にはフロントピラーの断面図の比較と開発鋼管を適用した場合の運転手の前方視界を示す。従来の薄鋼板のプレスと溶接による構造に比べて、TS980 MPa 鋼管を適用することで、フロントピラーの幅を狭くすることができ、運転者の前方視界が大幅に改善されたと報告されている<sup>(7)</sup>。このように、骨格部材の鋼管化が、自動車部材の軽量化だけでなく、安全性向上、さら



図7 TS980 MPa 鋼管のフロントピラーリンフォースメントへの適用例。

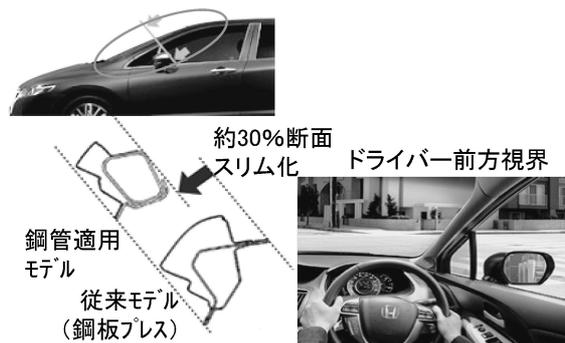


図8 フロントピラーの断面比較とドライバー前方視界。

には意匠性の向上への重要かつ有効な手段の一つであることが自動車メーカーに実証された例であり、今後の適用拡大が期待される。

#### 5. 特 許

特許第4265152号, 4265153号, 2745440号など国内外出願済。

#### 文 献

- (1) 実川正治, 細谷桂弘: NKK 技報, No. 179, (2002), 36-44.
- (2) 安田 顕, 古君 修, 清野芳一: 川崎製鉄技報, 32(2000), 1-6.
- (3) 真鍋健一: CAMP-ISIJ, 16(2003), 1158.
- (4) 豊田俊介, 河端良和, 鈴木孝司: JFE 技報, No. 9, (2005), 30-35.
- (5) 松岡才二, 長谷川浩平, 田中 靖: JFE 技報, No. 16, (2007), 16-20.
- (6) 豊岡高明, 橋本裕二, 郡司牧男: 川崎製鉄技報, 32(2000), 49-53.
- (7) 長谷川芳春, 藤田浩史, 遠藤岳晴, 藤本雅昭, 田辺順也, 吉田正樹: Honda R&D Tech Rev, 20(2008), 106-113.