

TS1800MPa 級ホットスタンプ用鋼板の開発

匹田和夫¹⁾ 西畑敏伸²⁾ 菊地祐久³⁾
 鈴木貴之^{**} 中山伸之^{***}

1. はじめに

近年、自動車の軽量化に伴う使用材料の高強度化のため、ホットスタンプ工法の適用が増加している。ホットスタンプ工法とは、専用の鋼板をオーステナイト温度域に加熱した後、所望形状の金型を用いて成形と同時に焼入れを行う工法である(図1)。ホットスタンプ工法は、高温で成形を行うためプレス荷重が低く、成形後に高強度でありながら形状凍結性に優れるという特徴がある。

現行のホットスタンプ材の鋼中C量は約0.21%、強度レベルはTS1500MPa級である。昨今の軽量化ニーズに応えるために更なる高強度化を行い、現行材より単純にC量を増加させた場合、靱性が不足し十分な性能が得られないことが判明した。よって、靱性向上のためにホットスタンプ後の旧オーステナイト粒を微細化し、焼入性を向上したTS1800MPa級ホットスタンプ材(以下、開発材と記載)の開発を行った⁽¹⁾⁽²⁾。本報告では開発材の諸特性について紹介する。

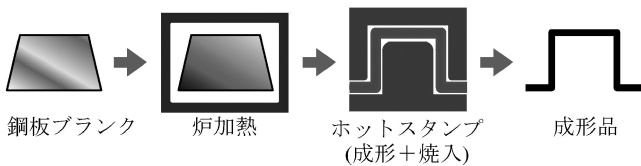


図1 ホットスタンプ工法模式図。

2. 開発材の諸特性

(1) 機械特性

一般的なTS1500MPa級ホットスタンプ材(以下、現行材と記載)と開発材のホットスタンプ後の機械的性質を表1に示す。開発材はTS1800MPa級の強度が得られ、伸び(EL)は7.6%で現行材と大きな差は見られなかった。

(2) ミクロ組織

現行材と開発材のホットスタンプ後のミクロ組織と破断面観察結果を図2に示す。これより、現行材に比べ開発材の組

表1 ホットスタンプ後引張特性。

	YS (MPa)	TS (MPa)	EL (%)
開発材	1267	1882	7.6
現行材	1162	1545	8.0

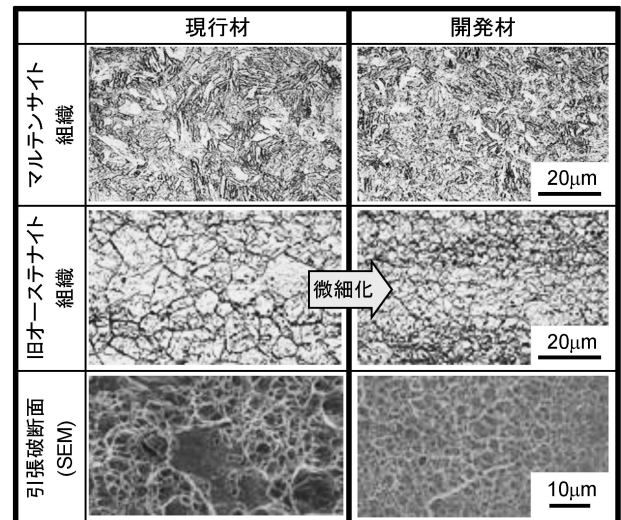


図2 ミクロ組織と破断面。

* 新日鐵住金株式会社

1): 技術開発本部 鉄鋼研究所 薄板研究部 主幹研究員

2): 技術開発本部 鉄鋼研究所 接合研究部 主幹研究員

3): 鹿島製鉄所 薄板商品開発室 主幹

** AISIN高丘株式会社 技術開発室 主担当

*** マツダ株式会社 ボデー開発部 アシスタントマネージャー

Development of TS1800MPa Grade Hot Stamping Steel Sheet; Kazuo Hikida*, Toshinobu Nishibata*, Hirohisa Kikuchi**, Takayuki Suzuki***, Nobuyuki Nakayama**** (*Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation. **AISIN TAKAOKA CO., Ltd.. ***Mazda Motor Corporation)

2012年10月29日受理

織が微細であることが分かる。

(3) 焼入性

開発材の CCT (連続冷却変態) 線図を **図 3** に示す。開発材の A_{C3} 点は 822°C 、マルテンサイト変態を生じるために必要な臨界冷却速度は $20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ であり、現行材とほぼ同じホットスタンプ条件にて製造可能である⁽³⁾。

(4) 靱性

ホットスタンプを行った板厚 (t) 1.4 mm の材料を 3 枚重ねた積層試験片を用いてシャルピー衝撃試験を行い、靱性の調査を行った。**図 4** に試験結果を示す。現行材に比べ開発材の衝撃値は相対的に低いが、 -40°C において延性破面を示した。

(5) 溶接性

図 5 に適正電流範囲 (1.6 t, 電極 DR40-16 f60, 溶接時間: 20 cycles, 保持時間: 10 cycles 1 cycle = $1/60$ s) を示す。現行材と開発材共に適正電流範囲は約 2 kA あり、大きな差は見られなかった。またナゲットの成長についても開発材と現行材は同様の傾向を示した。溶接条件の観点から、現行材と同等の条件で開発材の溶接組立が可能であることを確認した。

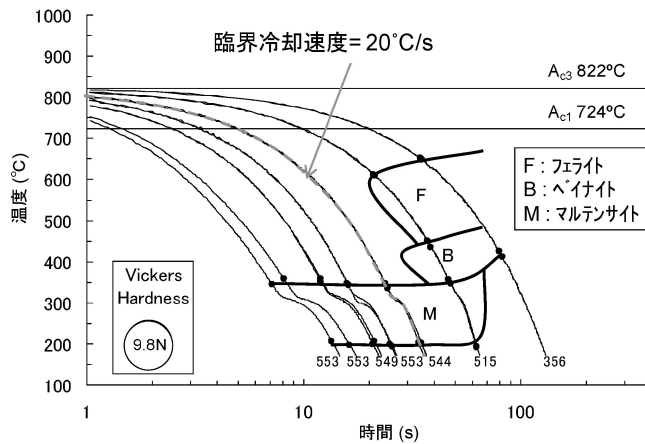


図 3 開発材の CCT 線図。

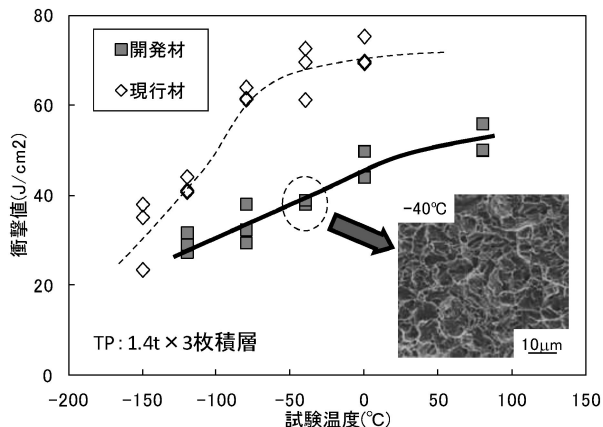


図 4 シャルピー衝撃試験結果。

(6) 遅れ破壊特性

材料強度・拡散性水素量・引張りの残留応力が同時に一定条件を満たした場合に遅れ破壊 (水素脆化) が発生する恐れがある。高強度化に伴い、遅れ破壊を起こすことが懸念される。鋼中の拡散性水素量は使用環境によって変化 (増減) するが、残留応力は設計や生産プロセスの最適化によって制御 (低減) 可能である。

図 6 に各種試験後のホットスタンプ材から検出された拡散性水素の量を示す。図 6 左は耐遅れ破壊特性の評価試験として一般的に用いられる塩酸浸漬試験後の結果を示しており、100時間浸漬後、現行材・開発材共に水素量が 0.1 ppm を超えた。図 6 中央は塩水噴霧試験後の水素量を示す。水素量は 0.05 ppm 程度であった。図 6 右は自動車の製造プロセス (塗装工程) における水素量を調べたものであり、化成処理・電着塗装で 0.07 ppm 程度の水素量を示した。ちなみに塗装後の焼付け処理によって水素量は減少した。

以上の結果から、耐遅れ破壊特性の評価に用いられている塩酸浸漬で鋼中に侵入する水素量は腐食試験や塗装工程に比べても多く、塩酸浸漬は十分に過酷な試験方法であるといえる。

ホットスタンプを行った材料の表面に 4 点曲げ治具を用いて歪を与え、その状態のまま塩酸 (pH1, 30°C) に 100 時間浸漬した後、割れの有無を確認し、耐遅れ破壊特性の評価を

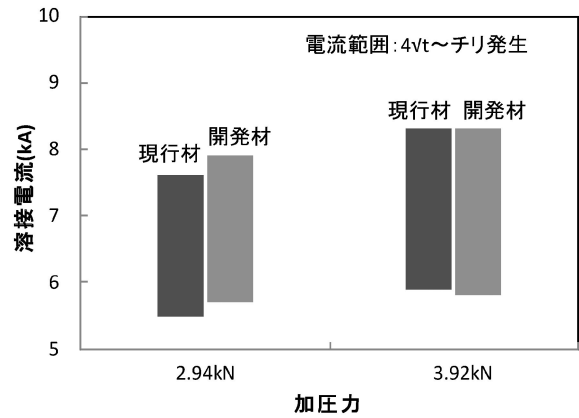


図 5 適正電流範囲と加圧力の相関。

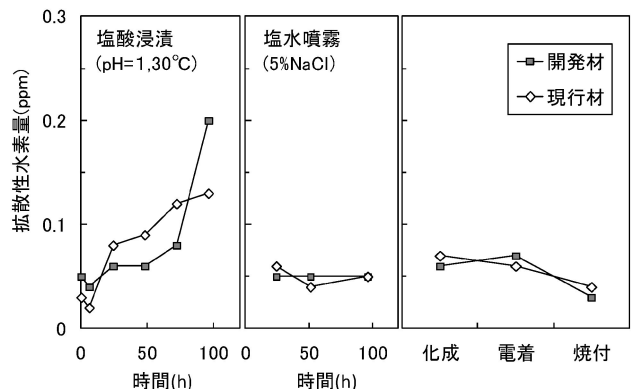


図 6 各環境での拡散性水素量。

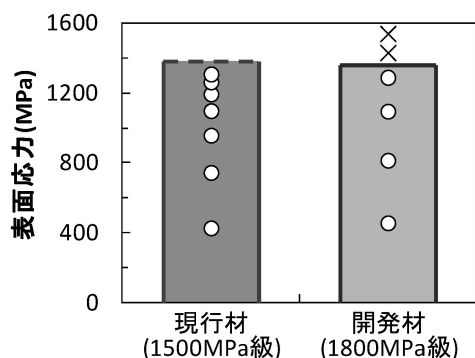


図7 4点曲げ遅れ破壊試験結果。
(○：ワレ無し，×：ワレ発生)

行った。

遅れ破壊試験結果を図7に示す。表面応力は4点曲げ時の負荷表面ひずみ量をS-Sカーブより応力に換算した値である。また100時間酸浸漬後も割れが発生しなかった場合は○、割れが発生した場合は×で示した。現行材は1312MPaでも割れなし、開発材は1293MPaまで割れなし、1434MPaで割れが発生した。この値は表1に示した開発材の降伏応力に相当する。

3. 開発材の部品特性

(1) 動的3点曲げ試験

図8に示すM字形状の一定断面を持つ長さ1000mmの部品を試作設備で成形し、動的3点曲げ試験を行った。支点間距離は800mm、中央の圧子の半径はR150、試験速度は8km/hとした。板厚1.6mmの現行材に対し、同板厚の開発材ではピーク荷重が26.5%向上した。また板厚1.4mmの開発材を用いた場合、板厚1.6mmの現行材と同等のピーク荷重を示し、12.5%(1ゲージダウン分)の軽量化が可能である(図9)。

-40℃でも同様に動的3点曲げ試験を実施し、室温の試験と同等の結果を確認した。2.(4)のシャルピー衝撃試験では現行材に対し開発材の靱性が劣る結果であったが、部品レベルの評価において特に問題のないことを確認することができた。

4. 実用化状況

本開発材は国内で基本特許を取得している⁽⁴⁾。また、本開発材を用いて2011年から量産を開始し、「マツダCX-5」のバンパービームに適用されている。図10に適用部品例を示す。

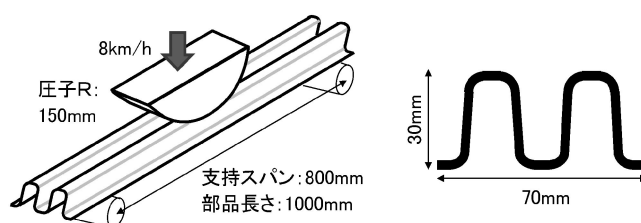


図8 M字試作品形状および動的3点曲げ試験条件。

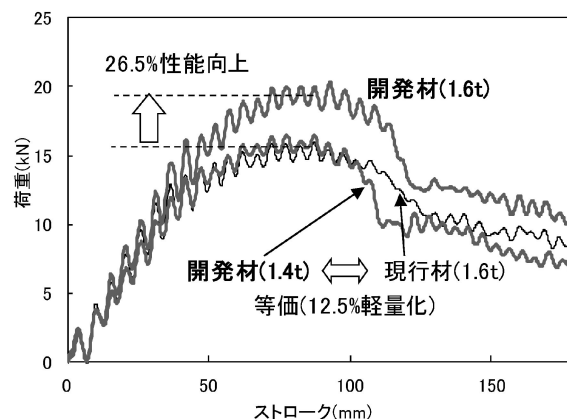


図9 動的3点曲げ荷重-ストローク曲線。

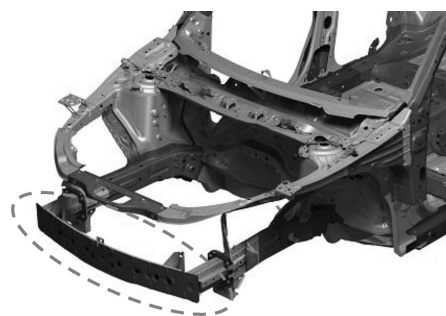


図10 TS1800MPa級ホットスタンプ用鋼板の適用例。

5. まとめ

本報告ではTS1800MPa級ホットスタンプ用鋼板の特徴および諸性能を紹介した。昨今、燃費向上と衝突特性向上の両立のための高強度化ニーズは急速に拡大しており、そのニーズを満足する一助となる本開発材は有望と考える。

文献

- (1) 西畑敏伸, 小嶋啓達, 小澤正史, 中嶋勝司: CAMP-ISIJ, **21** (2008), 597.
- (2) 鈴木貴之, 新家年雅, 中嶋勝司, 西畑敏伸, 小嶋啓達: CAMP-ISIJ, **21** (2008), 598.
- (3) 西畑敏伸, 小嶋啓達: 鉄と鋼, **96** (2010), 378-385.
- (4) 特許第4513608号.