自動車外板パネル用 440 MPa 級 DP 型溶融亜鉛めっき鋼板の開発

木村 英之¹⁾ 小野 義彦¹⁾ 中島 勝己¹⁾
岩間 隆史²⁾ 櫻井 理孝³⁾

1. はじめに

近年、自動車車体において、CO₂ 排出量低減のための軽量化と衝突安全性向上に対する要求から鋼板の高強度化が積極的に進められている。とくに構造骨格部材は高張力鋼板の適用比率が30%を超え、さらに増加する傾向にある⁽¹⁾。2012年欧州燃費規制等のCO₂ 排ガス規制の強化から、これまで340 MPaを超える高張力鋼板の実用化が進まなかった外板パネルにおいても更なる高強度化により軽量化を図ろうとする動きが高まりつつある。しかしながら、外板パネルには魅力的なデザインを実現するために優れたプレス成形性やドア取手周辺等に発生する微小な凹凸(面ひずみ)の抑制に対する要求が厳しいため、とくに耐面ひずみ性に優れた高張力鋼板が求められている。

このような背景から、従来の340BHと同等の成形性、耐面ひずみ性および薄肉化可能な高い耐デント性を有する440 MPa 級 DP 型溶融亜鉛めっき鋼板を開発したので紹介する。

2. 開発鋼のコンセプト

デントとはドアを指や手のひらで強く押した場合などに発生するくぼみを指し、塗装焼付後の降伏強度(YP')が高いほど耐デント性が向上する⁽²⁾。また、意匠性を左右する耐面ひずみ性は素材の降伏強度(YP)が低いほど良好となる⁽³⁾。これまでドア等には340BHが適用されてきたが、更なる高強度化にはSi、Mn、P等の固溶強化元素の多量添加が必要とな

図1 開発コンセプト。

りYPの上昇に起因した耐面ひずみ性の劣化が問題となる。そこで外板パネルに求められる特性、すなわち①低YP、②高El、③高WH (Work Hardening)、高BH (Bake Hardening)、④常温遅時効性を有するDual Phase (DP) 鋼に着目し、更なる低YP化を図るとともに材料特性の面内異方性を低減し、耐面ひずみ性の改善に特化した合金化溶融亜鉛めっき鋼板の開発を行った。以下に開発鋼の特長を示す。

- (1) 第2相の種類と分散形態の制御による低YP化(耐面ひずみ性向上)と高WH、高BH化(耐デント性向上)の両立(図1)
- (2) 熱延仕上げ後の急速冷却を活用した集合組織制御による材質等方性の付与(耐面ひずみ性改善)

3. 開発鋼の特性向上機構

(1) 高WHおよび高BH化

DP鋼の特長である高WH、高BHを安定して得るために焼入性の評価指標であるMn当量⁽⁴⁾に着目した。図2に示すように高Mn当量化は焼鈍後冷却中のパーライト(P)の生成を抑制し、第2相分率を増加させるため、WHは高位安定化する。また、高Mn当量化によりフェライト中の固溶Cが減少するため、BH量はやや低下するが50 MPa以上の高

* JFE スチール

スチール研究所 1) 自動車鋼板研究部：主任研究員

2) 薄板加工研究部：主任研究員

西日本製鉄所 3) 薄板商品技術部自動車室：主任部員

Development of Hot dip Galvanized High Strength Steel Sheets with Dual Phase for Exposure Panel; Hideyuki Kimura, Yoshihiko Ono, Katsumi Nakajima, Takashi Iwama, Michitaka Sakurai (JFE Steel Corporation)

2007年10月31日受理

図2 WH, BH 量に及ぼす Mn 当量の影響.

図3 YP, TS に及ぼす第2相分率の影響(調圧後).

いBH特性を示す. これよりMn当量を適正值以上に制御することで高いWH+BH性が得られ, 耐デント性の向上に有効である.

(2) 低YP化

従来DP鋼は焼入元素としてMnを主体に設計されていたが, Mnは固溶強化能が比較的高いため低YP化の観点からCrに着目した. 図3に高Mn系, 高Cr系の両DP鋼におけるYP, TSと第2相分率の関係を示す. 高Cr系はTS440MPaを確保しつつ, 高Mn系に比べてYPの最小値が約15MPa低い. 高Cr系はフェライトの軟質化に加えて, 図4に示すようにマルテンサイト(M)の分散形態が均一かつ粗大なため高Mn系に比べてYPが低いと考えられる. また, 第2相分率に対するTS, YPの変化量も非常に小さく材質安定性に優れている.

(3) r値の面内異方性低減(低 Δr 化)

面ひずみが問題となるドア取手周辺等の材料流入に対して, より均一な変形を得るためにはr値の面内異方性(Δr)の低減が有効と考えられる. 著者らはこの手段として熱延後の急速冷却を活用した集合組織制御に着目した. 図5に示すように熱延後の急速冷却を最大限に活用し, 熱延板をベイナイト単相とすることで焼鈍板の Δr を+側に大きくする{110}<001>(Goss方位)の集積が抑制され, かつ r_{45} を高め Δr を-側へシフトする{001}<110>への集積が高くなるため,

図4 高Mn系と高Cr系のマイクロ組織の比較(第2相分率: 約8%).

図5 焼鈍板の Δr に及ぼす熱延板組織の影響.

図6 面ひずみに及ぼす Δr の影響.

Δr が大幅に低減する. 図6に小型ドアモデルを用いた取手周辺部の面ひずみを評価した結果を示す. Δr の小さい急速冷却材(CR: 200 °C/s)は取手周辺部(点線囲い部)においても均一な変形が得られ, 本モデル型では面ひずみ(凹凸量)が軽減されることが確認された. このように低YP化に加えて Δr をも制御することで耐面ひずみ性の更なる改善効果が付与できた.

4. 開発鋼(ユニハイテン®)の特性

(1) 開発鋼のマイクロ組織, 機械的性質およびプレス成形性

開発鋼の組織を図7, 機械的性質を表1に示す. 開発鋼はフェライトを主体とし, マルテンサイトが均一分散した組織を呈し, 引張強度が440MPa以上でありながら降伏強度は340BHと同等レベルまで低く抑えられている. また, 開発鋼は延性, n値が高いため, 図8に示すように実プレス試験でも340BHと同等の成形余裕度を確保し, 優れた成形性を示した. さらに, 塗装焼付後の降伏強度(YP')は371MPa

図7 開発鋼のミクロ組織.

表1 開発鋼と340BHの代表的な機械的性質.

供試材	YP (MPa)	TS (MPa)	El (%)	n_{6-12}	YP' (MPa)
開発鋼	241	470	36	0.23	371
340BH	234	352	43	0.20	306

JIS 5号, 板厚0.75 mm

図8 実ドアパネルの成形品外観.

図9 開発鋼と340BHの耐デント性の比較.

と極めて高い.

(2) 開発鋼の耐デント性⁽⁵⁾⁽⁶⁾

実部品での性能を評価するため, 図8に示した実ドアパネルのドア取手上部における耐デント性を評価した結果を図9に示す. YP'の高い開発鋼は340BHに比べて残留へこみ量(デント深さ)が大幅に低減しており, ハーフゲージダウン可能な性能を有することが確認された.

図10 小型ドアモデルを用いた面ひずみの比較.

(3) 開発鋼の耐面ひずみ性⁽⁶⁾

面ひずみの生じやすい取手周辺について, 小型ドアモデルを用いて開発鋼の面ひずみを評価した結果を図10に示す. 開発鋼と同等の強度レベルを有する低炭素鋼板(440 W)ではYPが高いため, 取手周辺部(点線囲み部)で凹部(コントラストの濃い)の領域が大きく, 面ひずみが明瞭に観察される. これに対し, 開発鋼はYP'が高いにもかかわらずYPが低く抑えられており, 340BHと同等の優れた耐面ひずみ性を有している.

5. 440 MPa級DP型開発鋼の将来性

現在, 開発鋼は国内外のユーザーにおいて, プレス成形性および成形後の特性に対し, 良好な評価結果が得られており, 採用に向けた最終検討を進めている. 開発鋼は優れた耐デント性と耐面ひずみ性を兼ね備えた鋼板であり, 意匠性・デザイン性を損なうことなく鋼板の薄肉化が可能であるため, 車体軽量化に対して将来重要な役割を担っていくことが期待される.

6. 特 許

特開2004-197155等国内外出願21件.

文 献

- (1) 橋本俊一: 自動車技術, **54**(2000), 39-45.
- (2) 柚島善之ら: 塑性と加工, **21**(1980), 168-174.
- (3) 石井良男ら: 鉄と鋼, **69**(1983), S1471.
- (4) 橋口耕一ら: 川崎製鉄技報, **11**(1979), 68-76.
- (5) 細谷佳弘: ふえらむ, **11**(2006), 9-14.
- (6) 藤田 毅ら: JFE 技報, No. 16 (2007), 12-15.