

「ユニハイテン[®]」の適用による外板パネルの軽量化Weight Reduction of Body Exposed Panels by Applying UNI HITEN[®]

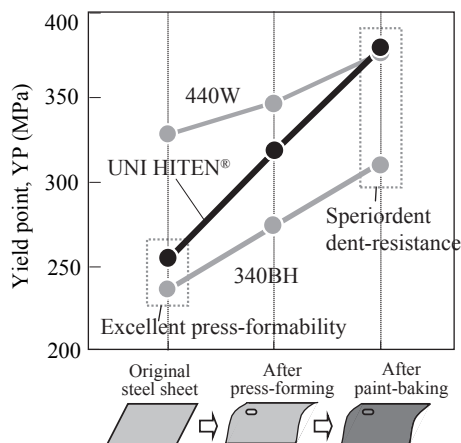
1. はじめに

ドア、フードなどの自動車外板パネルには、従来、耐デント性（凹みにくさ）確保の観点から引張強さで 340 MPa 級の焼付硬化型钢板（以下、340BH）が適用されてきた。これらの部品では、優れた耐デント性に加えて美しいボディデザインを実現するために優れた耐面ひずみ性（優れた意匠面品質の確保）も求められる。しかしながら、一般に、鋼板の高強度化と耐面ひずみ性の改善は相反する特性¹⁾であり、これらの部品でさらなる高強度化、薄肉化を図るのは難しかった。

JFE スチールでは、外板部品の高強度化を実現する鋼板として、440 MPa 級の新たな焼付硬化型钢板「ユニハイテン[®]」を開発した。本鋼では、複合組織鋼（以下、DP 鋼）を活用することで、耐面ひずみ性を従来鋼並みに改善しつつ、耐デント性を約 20% 向上させた。また、高強度鋼の実用化に際して、面ひずみの迅速定量化手法も確立した。「ユニハイテン[®]」の適用により、外板パネルのさらなる軽量化の進展が期待される。

2. ユニハイテン[®] のコンセプト

従来の 340BH 相当の優れたプレス意匠面品質を確保する



440W: Conventional 440 MPa grade steel sheet
340BH: Conventional 340 MPa grade bake-hardenable steel sheet

図1 各鋼板の自動車製造工程での降伏強度 (YP) の変化
Fig. 1 Change in yield point (YP) during car-making process

には、素材の降伏強度（以下、YP）は従来鋼並みに低く抑える必要がある。一方、プレス品の耐デント性はプレス+焼付塗装後の降伏強度（以下、YP'）と板厚に依存し²⁾、外板パネルを 0.05 mm 薄肉化するには、YP' を従来鋼より 50 MPa 増加させる必要がある。

ユニハイテン[®]では、フェライト+マルテンサイト系の DP 鋼をベースに組織制御することで、340BH 相当まで YP を低減し、YP' を従来鋼より 0.05 mm 薄肉化可能なレベルまで上昇させた（図1）。さらに、優れた張出し成形性、耐時効性、化成処理性、耐食性、美しいめっき外観品質といった外板に求められる諸特性も付与した。

3. ユニハイテン[®] の特性

3.1 ミクロ組織

写真1に340BHとユニハイテン[®]のミクロ組織を示す。340BHはフェライト単相鋼であり、焼付硬化量を確保するために微量の固溶Cを残存させていた。これに対してユニハイテン[®]ではC量を増加し、フェライトに微量のマルテンサイトを均一・粗大に分散させた。これにより、YPの大幅な低減、高い焼付硬化量、非時効性という諸特性の付与に成功した³⁾。

3.2 機械的特性

表1に340BH、440 MPa 級一般加工用鋼板（以下、440W）、ユニハイテン[®]の代表的な機械的特性を示す。ユニハイテン[®]は、440 MPa 級の鋼板でありながら、従来の340BHに近い低いYPを示す。また、440Wと比べて高い伸び（以下、EI）、加工硬化指数（以下、*n* 値）を示す。

さらに、加工硬化量、焼付硬化量が高く、部品の耐デント性の指標となる YP' は 340BH より格段に向上している。

図2にユニハイテン[®]と340BHの耐時効性を調査した結

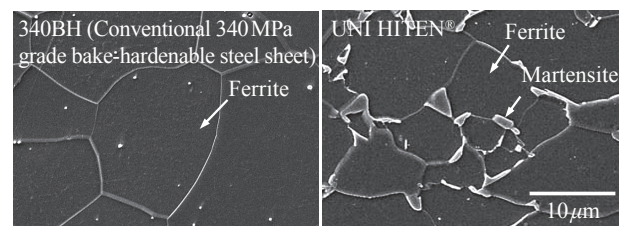
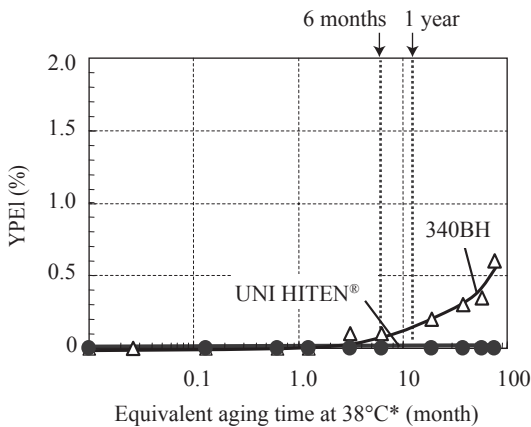


写真1 340BHとユニハイテン[®]の走査電子顕微鏡写真³⁾
Photo 1 Micrographs of 340BH and UNI HITEN[®] by scanning electron microscopy

表 1 各種鋼板の機械的特性例³⁾
Table 1 Typical mechanical properties of steel sheets

Steel	YP (MPa)	TS (MPa)	El (%)	n_{6-12}	WH (MPa)	BH (MPa)	YP' (MPa)
340BH	242	354	41	0.21	33	35	310
440W	322	457	36	0.20	10	36	368
UNI HITEN [®]	257	455	37	0.23	62	57	376

JIS Z 2201(2011) No. 5 specimen t : 0.75 mm Pre-strain: 2%
 340BH: Conventional 340 MPa grade bake-hardenable steel sheet BH Condition: 170°C×20 min
 440W: Conventional 440 MPa grade steel sheet
 YP: Yield point TS: Tensile strength El: Elongation
 n_{6-12} : n -Value between 6% and 12% in tensile strain
 WH: Amount of work-hardening BH: Amount of bake-hardening YP'=YP+WH+BH



340BH: Conventional 340MPa grade bake-hardenable steel
 YPEI: Yield point elongation
 *Aging temperature: 70°C

図 2 340BH とユニハイテン[®] の促進時効試験結果³⁾
 Fig. 2 Aging behavior of 340BH and UNI HITEN[®]

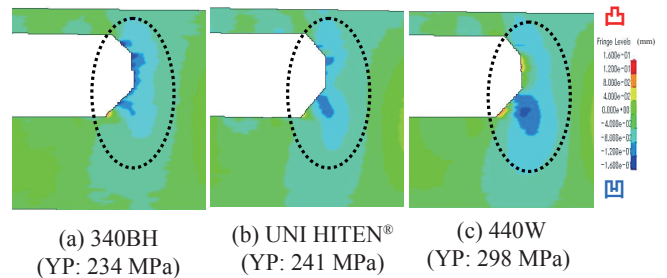
果を示す。なお、時効試験は 70°C で行い、時効時間は 38°C の等価時間に換算して示した⁴⁾。微量のマルテンサイトを分散させたユニハイテン[®] では、340BH より高い焼付硬化量を示すにもかかわらず、優れた耐時効性を示す。

3.3 プレス成形性

340BH 用のドアアウト用の金型を用いて、340BH、ユニハイテン[®] についてプレス成形試験を実施した。その結果、高い El, n 値を有するユニハイテン[®] は、割れ、シワが発生することなく成形できた。

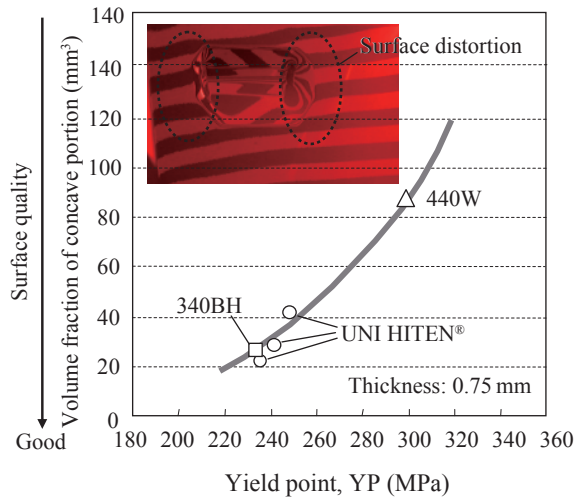
次に、ドアの取手部周辺を模擬したプレス金型を用いて耐面ひずみ性の評価を実施した。成形品の面形状を測定し、面ひずみの発生量を凹み部分の体積で比較した結果を図 3、4 に示す。面ひずみ量は YP と相関があり、ユニハイテン[®] の面ひずみ量は 440W より大幅に低減され、340BH に近いレベルに抑えられている。

JFE スチールでは、材料開発に加えて、面ひずみの発生量を迅速に測定し、マッピングする新たな定量手法⁵⁾ や CAE (コンピュータ解析) での予測手法を確立した。これ



340BH: Conventional 340 MPa grade bake-hardenable steel
 440W: Conventional 440 MPa grade steel sheet
 YP: Yield point

図 3 取手周りの面ひずみの定量評価結果³⁾
 Fig. 3 Quantitative mapping of surface distortion around doorknob



340BH: Conventional 340 MPa grade bake-hardenable steel
 440W: Conventional 440 MPa grade steel sheet

図 4 取手周りの面品質に及ぼす降伏強度 (YP) の影響³⁾
 Fig. 4 Effect of yield point (YP) on the surface quality around doorknob

らの技術は、ユニハイテン[®] の部品適用において金型設計を迅速・高精度化するのに有効である。



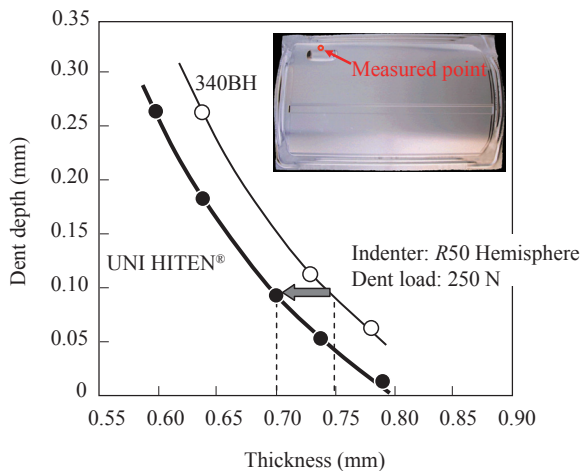
写真2 ユニハイテン®の適用事例（ドアパネル）
Photo 2 Application of UNI HITEN® to door panel



写真3 ユニハイテン®の適用事例（フードパネル）
Photo 3 Application of UNI HITEN® to hood panel

3.4 耐デント性

図5にユニハイテン®, 340BHの耐デント性を実ドアパネルで評価した結果を示す。YP'の高いユニハイテン®の残留凹み量は340BHと比べて大幅に低減されている。ユニハイテン®では耐デント性を従来鋼と同等に維持して0.05 mmの薄肉化（約7%の軽量化）が可能である。



340BH: Conventional 340 MPa grade bake-hardenable steel

図5 ドア成形パネルにおける板厚と残留凹み量の関係³⁾

Fig. 5 Relationship between thickness and dent depth of pressed parts

4. ユニハイテン®の適用例

ユニハイテン®は、2011年1月発売の軽自動車のドアアウト（写真2）、2011年10月発売のピックアップトラックのフードアウト（写真3）に採用された。ドアアウトでは、鋼板の薄肉化により1.1 kg/台の軽量化を達成した。

5. おわりに

近年のCO₂削減ニーズから、従来の骨格部品の高強度化に加えて、従来進展しなかった外板パネルの高強度化も今後加速する可能性がある。ユニハイテン®は、その重要な切り口の一つになると予想される。

今後も成形性と部品性能を両立した素材の開発と、高強度鋼の適用を支える成形技術の開発の両者に取り組んでいく予定である。

参考文献

- 1) Yoshida, M.; Shimomura, T. Proc. of 13th. IDDRG. 1984, p. 46.
- 2) 袖島善之ほか. 塑性と加工. 1980, vol. 21, no. 229, p. 168.
- 3) 小野義彦ほか. まてりあ. 2012, vol. 51, p. 22.
- 4) Hundy. B.B. J. Iron&Steel Inst. 1954, vol. 178, p. 34.
- 5) 佐藤健太郎ほか. 第277回塑性加工シンポジウム. 2009.

<問い合わせ先>

JFE スチール 薄板セクター部
TEL : 03-3597-3735 FAX : 03-3597-3035