

高穴広げ性高炭素熱間圧延鋼板「ハイパーバーリングエスシー<sup>®</sup>」High-Carbon Hot-Rolled Steel Sheet with Excellent Burring Formability “HBR<sup>®</sup>”

## 1. はじめに

近年、自動車の低燃費化とグローバル市場でのコスト競争力を両立させるため駆動系部品の分野では、(1) 動力伝達効率の向上(転がり抵抗低減)、(2) 高い耐久性の維持と重量の低減、(3) 部品の寸法精度向上や余肉低減などが技術開発課題となっている。また、自動車駆動系部品は、成形・接合・熱処理などの多くの工程を要するため、素材コストに比べて加工コストの占める割合が大きい。そこで、製造コスト削減に対して、一体化による部品点数および接合コスト削減などが積極的に進められている。たとえば、従来、オートマチックトランスミッションのクラッチハブ・ドラム部品の多くは、円筒部は低炭素熱間圧延鋼板を用いたプレス部品、ボス部は高炭素鋼による鋳・鍛造部品を個別に成形し、その後に電子ビーム溶接(EBW)により接合されていた。最近では、鋼板による一体成形化が進みつつあるが、素材の多くは加工性に優れた低炭素熱間圧延鋼板である。無段変速機(CVT)の油圧部品では、カップ成形した鋼板の円筒部を拡大しながら据え込みを行うことで部分増肉を可能にしている<sup>1)</sup>。このような複雑形状部品も、高炭素鋼板による一体成形および部分熱処理の場合、ボス成形や増肉加工に対する要求特性として、特にバーリング加工性が重要となる。

そこで、本稿では、これらの課題解決に対応した自動車駆動系部品用の一体成形化が可能な高加工性高炭素熱間圧延鋼板について紹介する。

2. ハイパーバーリングエスシー<sup>®</sup>の特性

## 2.1 ミクロ組織と機械的性質

Table 1 に、JIS S35C 相当の高穴広げ性高炭素鋼板の開発鋼および従来鋼の化学成分を示す。穴広げ性に対する影

Table 1 Chemical composition of steels

	(mass%)				
	C	Si	Mn	P	S
Developed steel	0.33	0.19	0.74	0.017	0.002
Conventional steel	0.34	0.18	0.76	0.017	0.002

2007年2月15日受付  
ハイパーバーリングエスシーまたはHBRはJFEスチールの登録商標である。

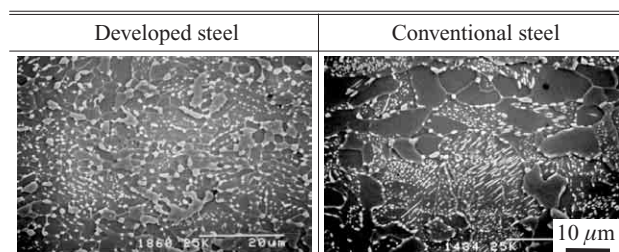


Photo 1 Microstructures of steels

Table 2 Mechanical properties of steels

	YP (MPa)	TS (MPa)	El (%)	λ* (%)	H <sub>v</sub>
Developed steel	386	488	38	80	150
Conventional steel	317	506	33	44	156

\*Clearance: 20%

YP: Yield point, TS: Tensile strength,  
El: Elongation, λ: Hole expansion ratio, H<sub>v</sub>: Vickers hardness

響の大きいS<sup>2)</sup>は、いずれも0.002 mass%である。ミクロ組織をPhoto 1に、機械的性質をTable 2に示す。開発鋼ではフェライト結晶粒が均一微細であり、セメントイトはほぼ100%の球状化で均一微細に分散している。一方、従来鋼ではセメントイトが不均一に分布しているとともにラメラ(層状)組織が残存している。開発鋼は穴広げ率(λ)が80%で、伸びは38%と高く優れた加工性を有する。穴広げ試験は、駆動系部品の適用板厚が大きいことと、加工状況から平底ポンチを用い、打抜きによるバリをダイ側として評価した。

Photo 2に、穴広げ試験時の打抜き穴の破断面近傍における断面ミクロ組織を示す。従来鋼は打抜き段階においてすでにバンド状のセメントイトラメラに沿ってボイドが連結し粗大なクラックとなっている。一方、開発鋼はボイドの発生がわずかに認められる程度である。

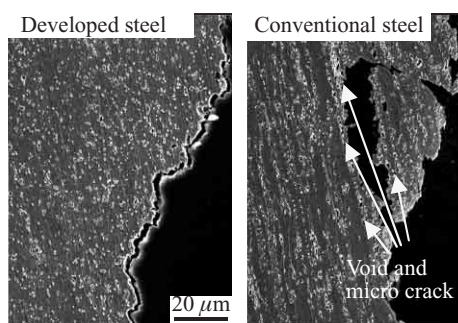


Photo 2 Microstructures of steels

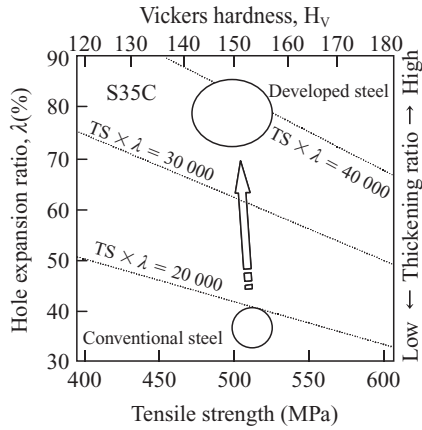


Fig. 1 Comparison of hole expansion ratio-strength balance of S35C hot rolled steels

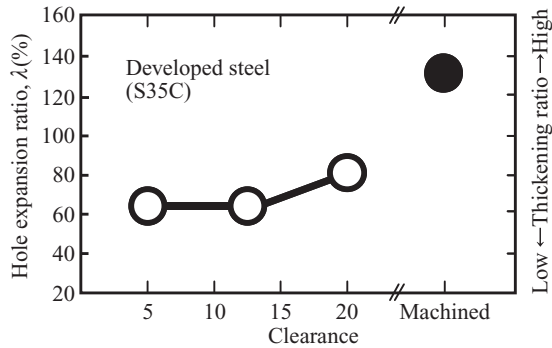


Fig. 2 Effect of clearance and machined on hole expansion ratio

高周波加熱による部分熱処理では、非熱処理部においても 440 MPa レベルの強度が要求される部品もあり、強度-λ バランスが重要となる。開発鋼は、Fig. 1 に示すように、 $H_V$  (ビッカース硬さ) : 170 以下で JIS S35C 冷間圧延球状化焼鈍材の硬度を満足するとともに、引張強さ (TS) は 440 MPa を確保しながら高い穴広げ性を有する。これにより、非熱処理部の高い耐久性が得られ、ゲージダウン (余肉低減) が可能になる。

穴広げ性は打抜きクリアランスの影響を受けることが知られている<sup>3,4)</sup>。高炭素鋼板も同様であり、Fig. 2 に示すように、クリアランス 5%、12.5% では  $\lambda = 60\%$  程度であるのに対し、クリアランス 20% では  $\lambda = 87\%$  に向上する。また、機械加工穴 (周方向にリーマ加工) では、端面へのダメージが極めて小さいことから  $\lambda = 147\%$  と優れる。

## 2.2 ボス部品模擬成形

Photo 3 は、ボス成形を模擬し、28 mmφ のブランクを

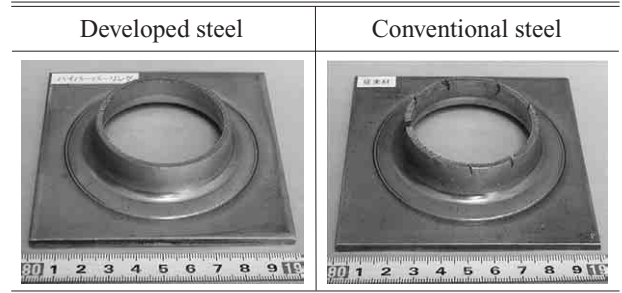


Photo 3 Hole expanded test piece (S35C)

打抜き、下方から 50 mmφ のポンチでバーリング加工 (バーリング率 : 79%) したサンプルの外観を示す。従来鋼では打抜き端面から粗大な割れが発生しているのに対して、開発鋼では割れは観察されない。このように、従来鋼では困難であった高炭素鋼板でのボス成形の可能性が大幅に高まり、一体成形や部分増肉への展開が容易になる。

## 2.3 適用例

プレス加工および冷間鍛造などによる増肉加工性に優れることから、部分増肉を有するクラッチハブ・ドラム、プラネタリーキャリア、CVT ピストン、リングギア一体型ドライブプレートなど、多くの部品への適用が検討される。現在、クラッチ部品用などに量産中であり、今後もさらに適用範囲が拡大していくものと期待される。

## 3. おわりに

自動車駆動系部品用として開発した「ハイパーバーリングエスシー<sup>®</sup>」は、熱間圧延での超急速冷却による組織制御により、穴広げ性および打抜き性に優れ、増肉加工などの差厚成形部品に最適である。

### 参考文献

- 1) 石原貞男ほか、塑性と加工、vol. 44, no. 507, 2003, p. 409-413.
- 2) 木下正行ほか、NKK 技報、no. 145, 1994, p. 1-8.
- 3) 平松昭史、J. of the JSTP、vol. 35, no. 404, 1994-9, p. 1093.
- 4) 穴広げ試験方法 JFST1001-1996、日本鉄鋼連盟規格、1996.

### 〈問い合わせ先〉

JFE スチール 薄板セクター部  
 TEL : 03-3597-3877 FAX : 03-3597-3035  
 JFE スチール ステンレス・特殊鋼営業部  
 TEL : 03-3597-3934 FAX : 03-3597-4035