

高加工性高炭素熱間圧延鋼板「スーパーホット®-F」

High Carbon Hot Rolled Steel Sheet with Excellent Formability “SUPERHOT®-F”

1. はじめに

機械構造用炭素鋼（SC 材：JIS G 4051：2009）に代表される高炭素鋼板は、自動車の駆動系部品をはじめとする種々の構造部品の素材として広く用いられている。こうした構造部品は肉厚差の大きい複雑な形状のものが多く、その製造には成形から熱処理まで多くの工程を要している。

一方、部品の小型化・軽量化と部品製造コストの低減は弛みなく追求されている。自動車の駆動系部品においても、棒鋼素材の熱間鍛造品などを鋼板素材の板金部品へと転換することによる部品の一体化・軽量化や製造工程の短縮が活発に検討されている¹⁾。近年の冷間加工技術および加工機械の進歩は著しく、板鍛造と呼ばれる局部増肉をともなう板金成形も急速に実用化が進みつつある²⁾。

JFE スチールでは、上記の状況を踏まえ、構造部品の板金一体成形化用途に適した高加工性高炭素熱間圧延鋼板を開発し、「スーパーホット®-F」シリーズとして製品化した。以下、スーパーホット®-F の開発経緯ならびに製品特長を紹介する。

2. 製品設計

2.1 要求される特性と開発方針

難成形形状を有する機械構造部品の素材となる鋼板は、加工性（プレス成形性、軟質性、打抜性など）を筆頭に、焼入れ性、板厚精度、表面性状などの多くの材料特性にバランスよく優れることが必要である。そこで、すでに量産中の製品である高機能高炭素熱間圧延鋼板「スーパーホット®」シリーズをベースとして、加工性のよりいっそうの向上を目標に製品化を進めた。

2.2 対象鋼種と成分設計

対象とする鋼種には、多くの機械構造部品に要求される熱処理後の硬さレベルと良好な加工性の両立を勘案し、0.3～0.5mass% の C を含有する SC 材として、S35C および S45C の 2 種を選定した。スーパーホット®-F の化学組成の一例を表 1 に示す。広範な対象への適用を前提に、合金元素の含有量は JIS に規定された範囲内におさめ、鋼板特性の異方性を増大させるような特殊元素の添加は控えた。

表 1 開発鋼「スーパーホット®-F」の化学組成

Table 1 Chemical composition of “SUPERHOT®-F” steels

Designation	(mass%)				
	C	Si	Mn	P	S
S35C	0.35	0.17	0.72	0.017	0.004
S45C	0.46	0.20	0.75	0.010	0.002

2.3 加工性向上のための組織制御

高炭素鋼板に優れた加工性を付与するためには、球状化焼鈍後の鋼板のマイクロ組織（構成相、形態、分布）を適切に制御する必要がある。プレス成形性の観点からは、等軸かつ整粒のフェライトを母相とし、球状かつ微細なセメンタイトがフェライト粒界に均一に分散している組織が好ましい³⁾。このようなマイクロ組織の高炭素熱間圧延鋼板を得るためには、球状化焼鈍時の適切な高温保持のみならず、熱間圧延後の冷却過程において、制御冷却による組織調整を行うことが不可欠となる。

スーパーホット®-F の製造に採用した制御冷却の概念図を図 1 に示す。通常の冷却では仕上圧延後の鋼板の冷却速度が遅いため、熱間圧延鋼板の組織は初析フェライトとパーライトの粗大混合組織となり、球状化焼鈍を施しても粗大なセメンタイトが不均一に分散した組織となってしまう。これを回避するため、仕上圧延後に急速冷却して初析フェライトの生成を抑制し、熱間圧延鋼板の組織を微細パーライトに調製する。このような制御冷却によって得られたスーパー

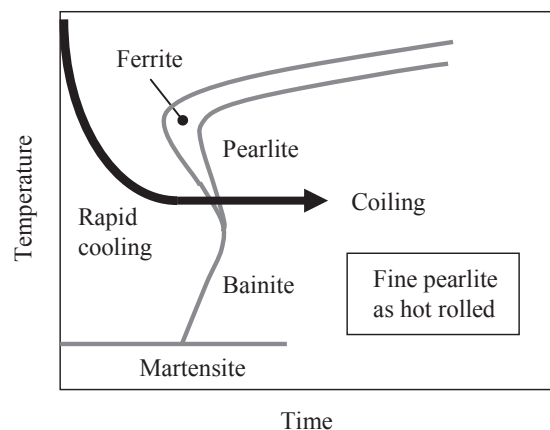


図 1 熱間圧延後の制御冷却模式図

Fig. 1 Schematic diagram of controlled cooling after hot rolling

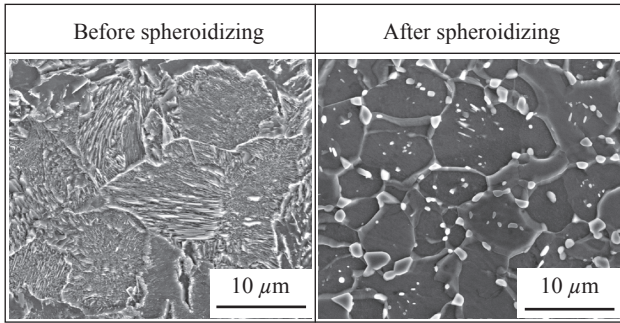


写真1 S35C 熱間圧延鋼板のミクロ組織

Photo 1 Microstructure of S35C hot rolled steel sheets

表2 開発鋼板「スーパーホット®-F」の機械的特性

Table 2 Mechanical properties of "SUPERHOT®-F" steel sheets

Designation	YP (MPa)	TS (MPa)	El (%)	HV
S35C	312	472	38	147
S45C	339	499	34	157

Test piece: JIS No. 5 Thickness: 4.0 mm

YP: Yield point TS: Tensile strength El: Elongation

HV: Vickers hardness

ホット®-Fのミクロ組織を写真1に示す。熱間圧延のままの状態では微細パーライトの単一組織が、球状化焼鈍後には微細な球状セメントイトが均一に分散した組織が形成されている。

3. 材料特性

板厚4.0 mmのスーパーホット®-Fの機械的特性値（球状化焼鈍後）を表2に示す。いずれの鋼種も高炭素鋼板でありながら普通鋼の汎用熱間圧延鋼板と比較して遜色ない水準の機械的特性値を有しており、冷間での厳しい成形加工にも耐え得る素材となっている。

4. 対象部品

スーパーホット®-Fは、自動車の駆動系部品、特に自動変速機を構成する回転体部品を主たる適用対象と想定している。具体的には、AT (Automatic transmission) のクラッチハブ/ドラム、CVT (Continuously variable transmission) のピストン/シリンダのような部品である。多くの自動車メーカー、部品メーカーでのトライアル評価を経て、2012年秋から実車部品への初採用が内定している。

クラッチドラムの形状を想定して作製した模擬部品の外観を写真2に示す。外周部に歯形状を有する円筒状部品（外径：124.5 mm）であり、S35Cの熱間圧延鋼板を用いて6工程のプレス成形により加工した。外周部の歯形状もしごき加工によって冷間成形している。JFE スチールで確立した多

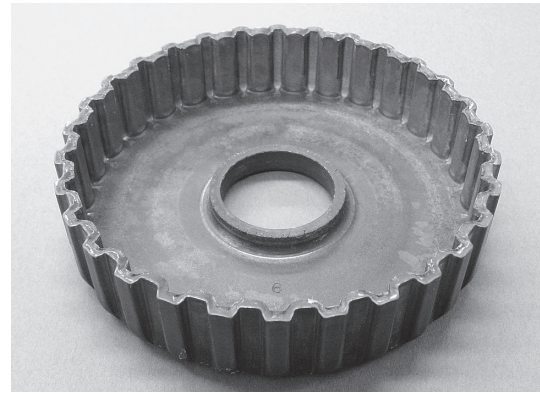


写真2 S35C 熱間圧延鋼板によるクラッチドラム模擬部品（試作：トヨタエイテック株式会社）

Photo 2 Clutch drum model formed with S35C hot rolled steel sheet (by Toyo Advanced Technologies Co., Ltd.)

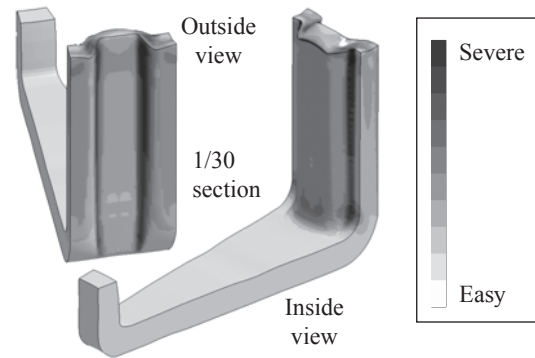


図2 有限要素法 (FEM) による歯成形解析

Fig. 2 Finite element method (FEM) simulation for tooth forming

段成形解析手法に素材鋼板の機械的特性データを取り入れて活用し（図2）、板金成形化とあわせて部品の形状精度の向上も達成した一例である。

5. おわりに

スーパーホット®-Fは、厳しい冷間加工により成形される機械構造部品の素材鋼板として好適である。多くのお客様で各種部品への適用評価が継続されており、今後の採用拡大が期待されている。

参考文献

- 1) 中村展之ほか. あたりあ. 2009, vol. 48, no. 1, p. 29-31.
- 2) 鈴木敬. 塑性と加工. 2010, vol. 51, no. 594, p. 633-637.
- 3) 中村展之ほか. 塑性と加工. 2010, vol. 51, no. 594, p. 628-632.

<問い合わせ先>

JFE スチール 薄板セクター部

TEL: 03-3597-3185 FAX: 03-3597-3035

JFE スチール ステンレス・特殊鋼営業部

TEL: 03-3597-3628 FAX: 03-3597-4035