
条鋼研究 10 年の歩み

Recent Activities in Research of Shapes, Bars, and Wire Rods

天野 虔一(Keniti Amano) 星野 俊幸(Toshiyuki Hoshino) 川端 文丸(Fumimaru Kawabata)

要旨：

形鋼製品と線棒製品からなる条鋼に関する 10 年間の主要研究テーマは、形鋼分野では極厚 H 形鋼開発のための新 TMCP の研究、棒線分野では、非調質化のための棒線の TMCP の研究、軸受鋼の転動疲労寿命に関する研究、機械構造用鋼の高機能化の研究、および棒線の高強度化の研究である。これらの研究から、種々の特徴ある条鋼製品が開発された。形鋼分野では、フランジ厚 80 mm に達する超高層ビル柱用の極厚 H 形鋼がある。棒線分野では新たに開発した TPCP (thermo mechanical precipitation control process) による、非調質鋼、低コストの新軸受鋼、切削性と冷間鍛造性にすぐれた黒鉛鋼などが特徴ある新鋼種である。

Synopsis：

The main research issues of H-shapes, bars and wire rods steels based on the market needs are a new TMCP for H-shapes, an advanced TMCP and micro alloying for bars, a fatigue control of bearing steel, a metallurgy of carbon steels, and strengthening of bars. These researches have enabled the development of many useful H-shapes and bar and wire steels. The outcome of the development includes 80 mm thick heavy gauge H-shapes, new non-heat-treated high strength bars produced by the newly developed TPCP (thermo mechanical precipitation control process), a new bearing steel at a low production cost, graphitized steel, which has an excellent machinability and cold forgeability.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Recent Activities in Research of Shapes, Bars, and Wire Rods



天野 虔一
Keniti Amano

技術研究所 厚板・条鋼研究部門長・工博



星野 俊幸
Toshiyuki Hoshino

技術研究所 厚板・条鋼研究部門 主任研究員(課長)



川端 文丸
Fumimaru Kawabata

技術研究所 厚板・条鋼研究部門 主任研究員(課長)・工博

要旨

形鋼製品と線棒製品からなる条鋼に関する 10 年間の主要研究テーマは、形鋼分野では極厚 H 形鋼開発のための新 TMCP の研究、棒線分野では、非調質化のための棒線の TMCP の研究、軸受鋼の転動疲労寿命に関する研究、機械構造用鋼の高機能化の研究、および棒線の高強度化の研究である。これらの研究から、種々の特徴ある条鋼製品が開発された。形鋼分野では、フランジ厚 80 mm に達する超高層ビル柱用の極厚 H 形鋼がある。棒線分野では新たに開発した TPCP (thermo mechanical precipitation control process) による、非調質鋼、低コストの新軸受鋼、切削性と冷間鍛造性にすぐれた黒鉛鋼などが特徴ある新鋼種である。

Synopsis:

The main research issues of H-shapes, bars and wire rods steels based on the market needs are a new TMCP for H-shapes, an advanced TMCP and micro alloying for bars, a fatigue control of bearing steel, a metallurgy of carbon steels, and strengthening of bars. These researches have enabled the development of many useful H-shapes and bar and wire rods steels. The outcome of the development includes 80 mm thick heavy gauge H-shapes, new non-heat-treated high strength bars produced by the newly developed TPCP (thermo mechanical precipitation control process), a new bearing steel at a low production cost, graphitized steel, which has an excellent machinability and cold forgeability.

1 緒言

条鋼と分類される形鋼と線材棒鋼分野の市場ニーズと対応する研究課題およびその研究を通じて開発された高性能条鋼製品をここ 10 年間について Fig. 1 に示す。形鋼では、超高層ビル柱用の極厚 H 形鋼開発のための新 TMCP 技術開発が研究テーマの主体であった。一方、線材棒鋼分野での、ここ 10 年間の主要研究テーマは、(1) 非調質化のための TPCP (thermo mechanical precipitation control process) の研究、(2) 軸受鋼の転動疲労寿命に関する研究、(3) 機械構造用鋼の高機能化の研究、(4) 棒線の高強度化の研究でありそれぞれ特徴ある新商品が開発された。以下に代表的な開発鋼を概説する。

2 形鋼の研究

形鋼分野は主として形状機能を中心に発展してきており、鋼材としての性能追求の歴史は浅い。形状機能を追求した形鋼製品として外法一定のスーパーハイスレンド® H 形鋼が挙げられる¹⁾。ところが、米国の North Ridge 地震や阪神淡路大震災での形鋼部材の破壊事例を契機に、形鋼にも厚鋼板に匹敵する耐震性能が求められている。特にフランジ厚が 80 mm におよぶ極厚 H 形鋼は、溶接箇所²⁾

減少による建築物の安全性向上や製造納期短縮などの長所から、高層建築物の柱材としての適用が増加している。

形鋼製造プロセスは、形鋼の形状の複雑さから厚鋼板のように十分な材質制御圧延が可能とは限らない。この不利を克服するために、従来の TMCP を見直した先進的な材質制御の研究が行われ、FIM (fine inclusion metallurgy) 技術を用いた SN490 級 VN 鋼 (リパータフ (RT) 325 および 355) と SA440 級極低 C ベイナイト型 RT440 が開発された。

HT490 級の RT325 および 355 鋼は、析出窒化物である VN からフェライト変態促進現象²⁾ (Photo 1) を工業的に利用して新たに開発した第 3 世代の TMCP 法 (Fig. 2) で製造可能となった。この技術により極厚化が可能となり、制御圧延が十分に利用できなかった R 部の靱性も向上した³⁾。一方、HT590 級は厚鋼板の極低 C ベイナイト鋼⁴⁾を基本とし析出強化を併用したベイナイト組織制御技術により開発された。

3 棒線分野の研究

3.1 プロセスの省略および簡略化

機械構造用鋼や軸受鋼などの特殊鋼は、需要家での複雑な 2 次、3 次加工を経て最終製品となる場合が多い。したがって、加工プロセスの省略および簡略化が可能な鋼の開発は、棒線製品の中心的研究課題の一つである。

* 平成10年12月9日原稿受付

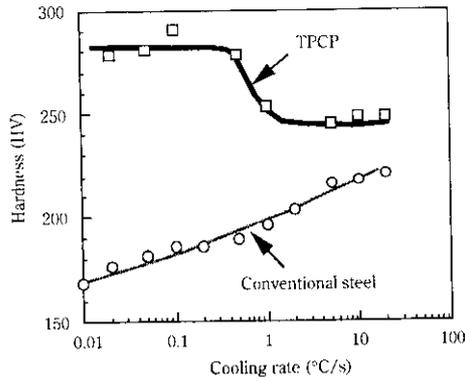


Fig. 4 Relation between cooling rate and hardness of conventional and newly developed ultra low carbon bainitic steels

Table 1 Mechanical properties of TPCP and quench-tempered SCM435 steels of 170 mm in diameter

Steel	YS (MPa)	TS (MPa)	El (%)	uE + 20 (J/cm ²)
TPCP	717	847	25	320
SCM435-QT*	605	788	22	146

*Quenching: 870°C × 1 h → oil-quenching, Tempering: 600°C × 1 h

でない。

当社は、従来鋼の問題点を克服するため、当社の極低 C 鋼に関する知見⁹⁾を基礎に検討し、TPCP と称する組織制御技術を開発し、この TPCP 法の適用により新たな非調質鋼を開発した。TPCP 法の基本概念は、マイクロ組織の冷却速度依存性が極めて小さい鋼組織を選択し、強度制御を従来のような冷却速度ではなく析出の制御で行なおうとするものである。このような TPCP 法に対しては、広範囲の冷却速度で同一なマイクロ組織の得られる極低 C 鋼の適用が適切であり、用途および要求される強度水準に応じて析出強化元素の種類および添加量を選択するとともに熱間加工条件を選択して析出制御を行なえば、広い冷却速度領域において安定した強度を確保できる。この TPCP 法は、熱間鍛造型および直接切削型のどちらにも適用できるが、以下に直接切削型への適用例を述べる。

90 mmφ を越えるサイズのシャフトおよびピン材などにおいては、SCM435 などの合金鋼が用いられるのが一般的であるが、これらの非調質化は従来は困難とされていた。これら合金鋼の調質材と同等の特性を得るために基本組織を極低 C ベイナイト組織とし、適切な析出強化元素を添加して TPCP 法を適用した。Fig. 4 に TPCP 法適用時の冷却速度と硬さとの関係を示す。TPCP 法の適用により 0.01~0.1°C/s の極めて広い冷却速度範囲においてほぼ一定の硬さに制御できる。また、Table 1 に TPCP 法を適用して製造し

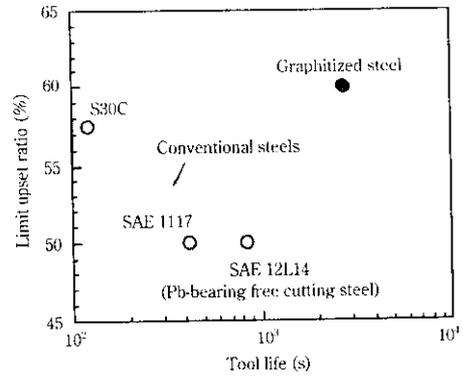


Fig. 5 Relation between tool life in turning test and limit upset ratio in cold forging test

た 170 mmφ 棒鋼の機械的特性を SCM435 調質材と対比して示す。TPCP 法の適用により熱間圧延までも SCM435 調質材と同等な特性が確保できる。また、極低 C 化の結果、外周旋削性にも極めて優れていることも特徴である。

3.4 黒鉛鋼

自動車や産業機械などの主要部品は、機械構造用炭素鋼および合金鋼を用いて種々の鍛造および機械加工などを組み合わせて成形される。従来、熱間鍛造と切削加工の組み合わせが主流であったが、製造コストの低減のために、冷間鍛造と切削加工の組み合わせが増加しつつある。しかし、両特性を同時に満足させることは極めて困難である。

通常セメントイトとして存在する鋼中の C をより軟質な黒鉛に変化させれば両特性を改善することが可能¹⁰⁾であるが、一般にセメントイトの黒鉛化にはきわめて長時間の処理が必要であり実用化の障害となっていた。鋼中に BN を形成させることにより著しく黒鉛化が促進されることを見出し¹¹⁾、黒鉛鋼の実用化に至った。Fig. 5 に従来鋼および黒鉛鋼の切削時の工具寿命および冷間鍛造性との関係を示す。黒鉛鋼は被削性および冷間鍛造性の両特性に優れている。また、Pb 快削鋼と同等以上の被削性を有することから、有害な Pb を用いない快削鋼としても有望である。

4 結 言

条鋼製品に対する要求はますます多様化するともに、鋼材メーカーから最終需要家までのトータルのプロセスの中で、コストが最少となる観点での商品開発が要求される。顧客と連携を密にした新製品開発、および顧客の立場にたった評価技術の重要性が増大し、それに伴った研究テーマの設定がますます重要になるであろう。

参 考 文 献

- たとえば、志賀勝利、上井彌彦、朝生一夫、阿部英夫、橋本順次、山口 勝：川崎製鉄技報、23(1991)1, 1
- 大森章夫、大井健次、川端文丸、天野俊一：鉄と鋼、84(1998)、797
- 木村達己、川端文丸、天野俊一、奥井隆徳、内田 清、三浦啓徳：材料とプロセス、11(1998)、1003
- 岡津光浩、林 透、天野俊一：川崎製鉄技報、30(1998)3, 131
- 相澤輝久、中野昭三郎、中川康弘、山本義治、三浦隆義、山中榮輔：川崎製鉄技報、23(1991)、2, 98-104
- たとえば、安本 聡、厚見卓彌、星野俊幸、天野俊一：材料とプロセス、10(1997)、1363
- 星野俊幸、天野俊一、山本義治、太田敦彦、後藤将夫：まてりあ、37(1998)、516-518
- 岩本 隆、星野俊幸、松崎明博、天野俊一：材料とプロセス、9(1996)、1408
- 岩本 隆、太田裕樹、星野俊幸、天野俊一、下村順一：鉄と鋼、84(1998)、67