

# ボロン鋼

## Boron-Added Steel

小山隆治/Ryuji Koyama・小倉製鉄所 条鋼技術室

塚本 孝/Takashi Tsukamoto・小倉製鉄所 条鋼技術室 参事

### 要 約

現在、産業界を取り巻く状況は依然厳しく、製品市場の低迷から素材に関して一層のコスト圧縮が求められている。自動車ボルト用鋼の分野でも、同様に素材コストの低減が求められている。これらの要望に対応するため、最近ではボロン鋼の適用が盛んになっている。ボロン鋼の特徴は、ワイヤー製造工程中の球状化焼鈍や伸線を省略できることである。このことは、ボロン鋼の炭素や合金元素の量が従来の炭素鋼、低合金鋼に比べ低くなっており、その結果冷間鍛造性が高いことに起因する。

### Synopsis

Recently, reduction in materials costs is needed due to serious industrial depression. One field where this is required is steel wire rod for bolts. In response to such demand, the application of boron-added steel has become popular. It frees the wire production process from spheroidizing annealing and drawing. This effect is due to high cold-forgeability of boron-added steel because the steel's carbon and some alloy element contents are lower than those of conventional carbon steel and low-alloyed steel.

## 1. 緒 言

現在、経済状況の低迷から、素材のコストダウンが強く求められている。自動車ボルト用鋼の領域では、素材コス

トの低減のため炭素鋼、低合金鋼をボロン鋼化する試みが盛んに行われている。

第1表にボルトの製造状況を示す。使用頻度の高い強度区分7T～10Tクラスでは、主として炭素鋼および低合金

第1表 ボルトの製造状況  
Table 1 Production condition of bolts

Steel grade Strength	Mild steel	Carbon steel	Microalloyed steel	Boron-added steel	Low-alloyed steel
4T 5T 6T					
7T 8T					
9T 10T 11T over 12T					
Wire production process	R → D	R → SA → D (Quench-tempered)	R → D	R → SA → D or R → D → SA → D Quench-tempered	R → SA → D Quench-tempered

R : Rolling  
SA : Spheroidized annealing  
D : Drawing

## 製品・技術紹介

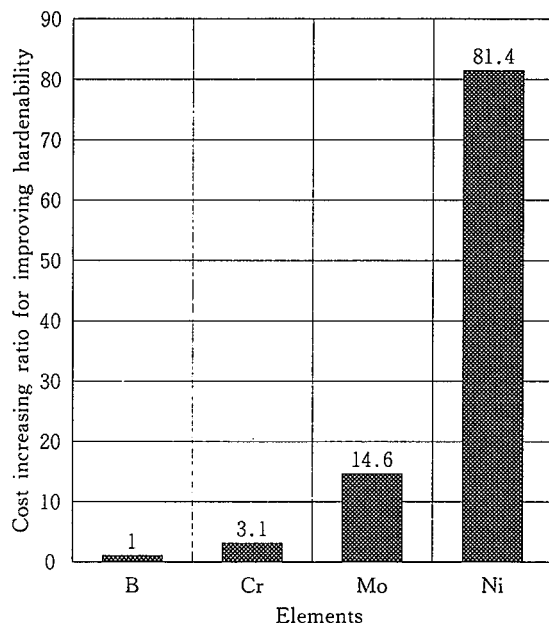
鋼が使用されている。

ボロン鋼の特徴は、これらの鋼種に比べワイヤー加工工程が簡略化できることである。10Tクラスを例にとると、現用鋼である低合金鋼のワイヤー製造はSA（球状化焼鈍）1回、伸線2回を行う1SA-2Dであるのに対して、ボロン鋼の場合1SA-1Dもしくは1Dのみでワイヤー製造が可能である。

本稿では、ボロン鋼のうちボルト用などのCHQ線材を中心に紹介する。

## 2. ボロン鋼の特徴

低炭素鋼にボロンを添加すると、焼入れ性が顕著に向上することが広く知られている。第1図にボロンと他の元素の焼入れ性向上効果の比較を示す。ボロンは微量添加で焼入れ性を大きく改善するため、他の元素に比べ低いコストで焼入れ性を付与できることがわかる。



第1図 焼入れ性を付与するためのコスト比較

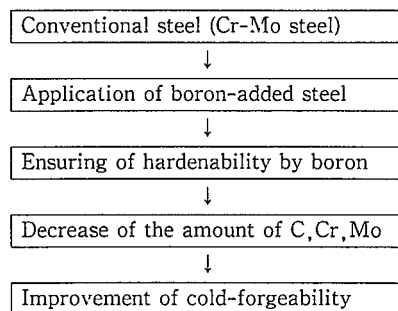
Fig.1 Comparison of cost for improving hardenability

また、ボロン鋼の特徴として、加工性に優れることが挙げられる。ボロン鋼は合金元素量を抑え、ボロンにより焼入れ性を確保する成分系のため、加工性が高い。このためワイヤー製造時、強度低下のための工程（伸線—球状化焼鈍）を簡略化することが可能である。第2図にボロン鋼適用の経緯を示す。現用鋼（Cr-Mo鋼）をボロン鋼で置き換える場合を考える。ボロンにより焼入れ性を確保したことでC、Cr、Mo等の低減が可能である。炭素量や合金量が少なくなったことで、圧延後のロッド強度が低下し、その後のワイヤー製造工程が簡略化できる。

また、C量および合金元素量の低減により、鋼の延性や靱性も向上する。第3図にボロン鋼と比較鋼（マンガン鋼）

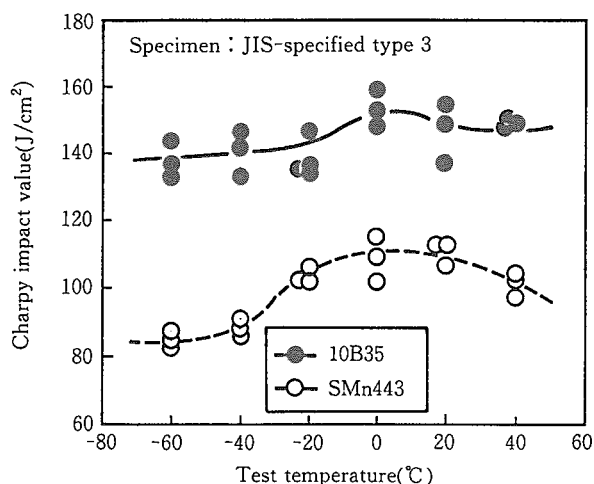
のシャルピー衝撃値の比較を示す。第3図より、ボロン鋼は比較鋼に比べ全ての測定温度範囲で靱性に優れていることがわかる。

一方ボロン鋼の短所として、炭素量および合金元素量が低いため、焼戻し温度が低くなることが挙げられる。第4図にボロン鋼とマンガン鋼の焼戻し曲線をそれぞれ示す。



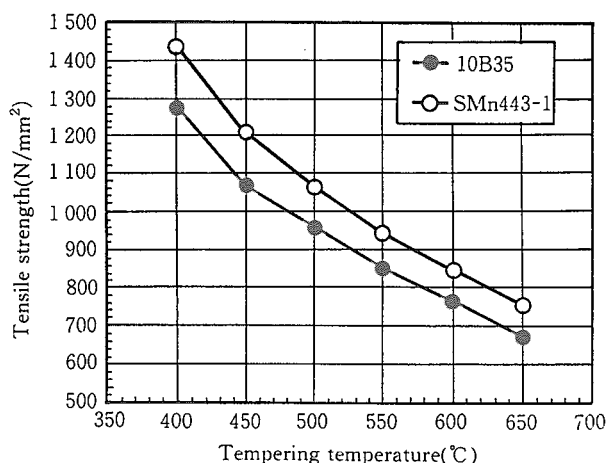
第2図 ボロン鋼適用の経緯

Fig.2 Detail of application of boron-added steel



第3図 シャルピー衝撃遷移曲線 (TS=1 200N/mm²)

Fig.3 Impact value transition curve (TS=1 200N/mm²)



第4図 ボロン鋼とマンガン鋼の焼戻し曲線

Fig.4 Tempering curve of boron added steel and conventional steel

この図より、ボロン鋼とマンガン鋼を同一強度に調質するためには、ボロン鋼の焼戻し温度をマンガン鋼に対して約50℃低くする必要があることがわかる。10T以上の強度レベルでは、焼戻し温度が低いことから遅れ破壊の危険が出てくるため、材料設計の際注意が必要である。

### 3. ボロン鋼の種類・用途

第1表に示すように、ボロン鋼は現在7Tクラスから10Tクラスまでのボルトに適用されている。これらは大別すると8Tおよび10Tのグループに分けられ、第2表に示す鋼種が主として適用されている。

### 4. ボロン鋼のワイヤー製造工程

第3表に現用鋼とボロン鋼とのワイヤー製造工程の比較を示す。8T、10T共、ボロン鋼適用により第3表に示すように工程省略が可能であり、省略分のコストダウンが見込める。また引張り強さはロッドサイズに依存し、5.5mmφでは最大600N/mm<sup>2</sup>に達することもある。ワイヤー伸線後の引張り強さはさらに増加するため、制御圧延などによりロッド引張り強さをさらに低目に調整する必要がある。

### 5. 製品例（製品サイズ・適用例）

ボロンによる焼入れ性向上効果は、ジョミニー曲線の端部からの距離が近いところにおいて顕著である。したがっ

て径の深い材料では焼きが入らない可能性がある。ボロン鋼を使用した場合の製品サイズは、この焼入れ深さの観点から、第4表に示すように最大M14ボルト程度までとしている。

適用例としては、8T (10B22) は汎用ボルト、10T (15B25) はエンジンボルトとして各々使用されている。

第4表 適用サイズ

Table 4 Application size

Steel grade	Size	Example of application
10B22	M6～M14	For a wide use
15B25	M6～M14	For engine, etc.

### 6. 結 言

自動車ボルト用を中心に、当社のボロン鋼について紹介した。ボロン鋼は、ワイヤー製造工程の簡略化により、コストダウンを可能にすることを特徴とする。実用化状況は、10B22系で約700t/Mを量産中である。

工程省略による素材のコストダウンはボルト用鋼に限らず多くの鋼種に共通のトレンドであり、今後さらに多くの鋼種、部品に対して検討が進められてゆくと考えられる。今後の開発課題としては、冷間鍛造時の金型寿命の向上のため、さらなる素材強度の低減が求められている。そのため、制御圧延・制御冷却を適用しての製造条件の確立が必要である。

第2表 ボロン鋼の種類・用途

Table 2 Types and uses of boron added steel

Classification	Steel grade	Chemical composition (mass%)				Use
		C	Si	Mn	B	
8T	10B22	.20	.10	.80	.0010	Upset bolt Flange bolt etc.
		/	/	/	/	
		.25	.35	1.10	.0030	
10T	15B25	.22	/	.90	.0005	Upset bolt Flange bolt etc.
		/	/	/	/	
		.28	.35	1.20	.0030	

第3表 工程比較

Table 3 Comparison of production process

Classification	Steel grade		Production process
8T	Conventional steel	S45C	Rolling→Drawing→SA→Drawing→Cold heading
	Boron added steel	10B22	Rolling →Drawing→Cold heading
10T	Conventional steel	SMn443	Rolling→Drawing→SA→Drawing→Cold heading
	Boron added steel	15B25	Rolling →(SA)→Drawing→Cold heading

問合せ先  
小倉製鉄所  
条鋼技術室  
☎093-561-8096 小山