

(技術資料)

# 線材ミル互換体制確立による特殊鋼供給能力の向上

## Capacity Improvement of Special Steel Supply by Establishing a Compatible System for a Wire Rod Mill



白野 剛\*1  
Goh SHIRANO



久保田吉彦\*1  
Yoshihiko KUBOTA



酒井英典\*1  
Hidenori SAKAI

The wire rod manufacturing of our company has been carried out in two mills; the No.7 wire rod plant mainly manufacturing special steel for cars, and the No.8 plant mainly manufacturing high-level mass production steel, e.g. steel cord. To meet the rise of demand in recent years for special steel by the automobile industry, and to make more effective use of the No.8 mill, from 2004 to 2008 we promoted the interchangeability of production functions and expanded the mill. We improved inspection accuracy and the throughput of the billet conditioning yard, along with the production of large diameter coils; these changes resulted in an expansion of the interchangeable amount by 135% compared with 2004.

まえがき＝当社の線材は、自動車用特殊鋼を主体とした神戸製鉄所第7線材工場、スチールコードに代表される高級量産鋼を主体とした加古川製鉄所第8線材工場の2工場で機能分担し、製造してきた。近年の自動車用特殊鋼の需要の高まりを受け、生産能力の高い第8線材工場の有効活用を図ることによって需要の増加に対応するとともに、第7線材工場と第8線材工場の間での生産機能の互換体制を構築する取組を推進した。この取組を進めるにあたり、第8線材工場における関連設備を対象とした種々の改造・更新を行ってきた。本稿ではこれまでの取組と成果を概説する。

### 1. 鋼片加工工程の強化

#### 1.1 概要

鋼片加工工程は製銑～製鋼～分塊圧延工程を経て製造された鋼片の表面疵（きず）や内部欠陥の検査、およびそれらの手入れを行う工程である。第7線材工場と第8線材工場との間での生産機能の互換性を拡大するにあたり、鋼片の表面および内部の検査精度向上と手入れ負荷の増大に対応した能力増強を実施した（表1）。

表1 鋼片加工工場改善項目

Table 1 Improvement at billet conditioning yard

Process	Improvement item
Automatic MT line	Shortening sending pitch
Stationary MT line	Updated stationary MT line
	Expanded buffer area
UT	Updating
Care line	Updating

■ : Improvement of inspection accuracy  
 □ : Improvement of capability

#### 1.2 鋼片検査精度向上

第8線材工場においては鋼片検査精度が特殊鋼の製造能力を向上させる上でのネックとなっていた。そこで、第8線材工場の鋼片加工工場における表面および内部の品質保証能力を向上させるべく、2004～2008年にかけて以下の設備改善を実施した。

##### 1) 静止目視磁粉探傷ライン導入（2004年）

冷間圧造用鋼（以下、CH鋼という）厳格材の生産にあたり、第7線材工場の鋼片加工工場では鋼片の表面疵検査に静止目視磁粉探傷装置（MT）を用いている。一方、第8線材工場の鋼片加工工場では静止目視MT装置を有しておらず、表面疵の検出には走間目視MTを用いていた（表2）。走間目視MTは、静止目視MTと比較して表面疵の見逃しが多く、線材圧延後も有害欠陥となる深い疵（直径で0.3mm以上）が微細な疵に紛れる場合があり、十分な検出を保証することができない（表3）。

表2 工程増強後の品質保証  
 Table 2 Updated process for quality assurance

Plant	Process
No.7 wire rod mill (Kobe Works)	(SB) □ (Auto MT) □ (Fraise cutter) □ (Stationary MT) □ (Chipping)
No.8 wire rod mill (Kakogawa Works)	before improvement (SB) □ (Auto MT) □ (Servo grinder) □ (Continuous MT) □ (Servo grinder)
	after improvement (SB) □ (Auto MT) □ (Servo grinder) □ (Stationary MT) □ (Servo grinder)

表3 残存疵調査結果

Table 3 Residual defect after inspection of processed billet

Plant	Residual defect index		Remarks
	d < 0.3mm	d ≥ 0.3mm	
No.7 wire rod mill (Kobe Works)	100.0	0.0	
No.8 wire rod mill (Kakogawa Works)	95.9	4.1	Key factor : Crack overlooking

\*1 鉄鋼事業部門 神戸製鉄所 線材条鋼圧延部

そこで、鋼片加工工場の手入後鋼片の表面品質保証精度を向上させるべく、以下に示す仕様の静止目視 MT ライン (図 1) を新設した。

- ・設備スペック (工程保証)
- 対応寸法 : □155mm
- 表面性状 : ショットブラスト肌
- 温度 : 80°C 以下
- 搬送速度 : 30m/min
- 0.3mm 以上の疵残存指数 : 0.0

## 2) 超音波探傷器の更新 (2006年)

超音波探傷器 (UT) は、非金属介在物に代表される内部欠陥を探傷する設備である。鋼片の 4 面から探傷を行い、その結果を合成することによって鋼片全断面の疵検出を可能としている (図 2)。第 8 線材工場の鋼片加工工場に設置されている UT は 85 年に稼動した設備であり、老朽化が進んでいた。また、90 年代半ば以降、高検出能力を有する最新鋭機が開発され、世の中のスタンダードとなりつつある中、内部の品質保証精度の改善が必要であった (表 4)。

そこで、超音波ビームのフォーカスを上げ、ピーク強度が上がることによって空間分解能を向上させた UT への更新を実施し、内部品質保証精度の向上を図った (図 3)。

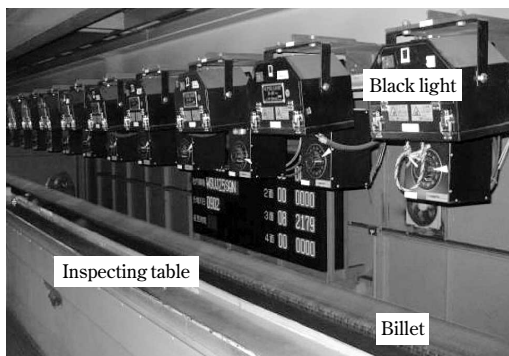


図 1 静止目視 MT 検査室  
Fig. 1 Stationary MT inspecting room

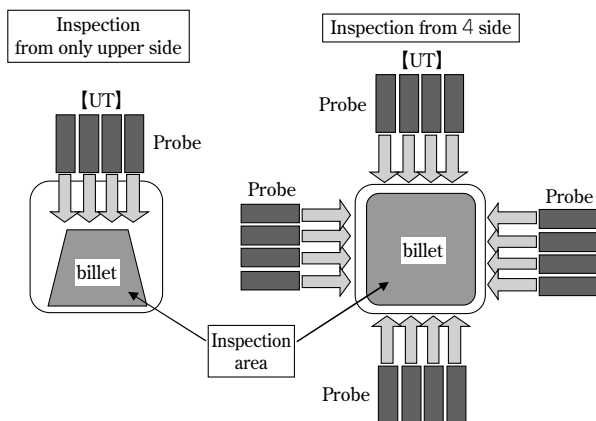


図 2 UT の探傷範囲  
Fig. 2 Inspection area of UT

表 4 改善前後の疵検出性能  
Table 4 Capability of defect detection

Item	Equipment	Before improvement	After improvement
Internal defect	UT	$\phi 0.5\text{mm} \times 10\text{mm}$	$\phi 0.35\text{mm} \times 10\text{mm}$

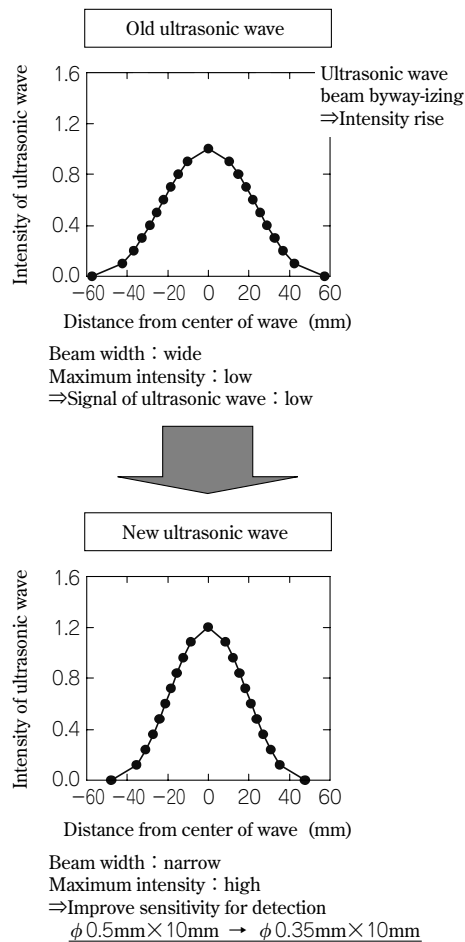


図 3 検査限界レベルの改善  
Fig. 3 Improvement of ultrasonic wave intensity

- ・設備スペック
- 対応寸法 : □155mm
- 表面性状 : ショットブラスト肌
- 温度 : 80°C 以下
- 搬送速度 : 30m/min
- 疵検出能 :  $\phi 0.35\text{mm} \times 10\text{mm}$

## 1.3 鋼片手入れ能力増強

第 7 線材工場と第 8 線材工場との間での生産機能の互換性を拡大することにより、第 8 線材工場では特殊鋼生産体制へのシフトが推進される。その結果、手入れ負荷の高い品質厳格材の比率が増加し、鋼片加工工程における生産負荷の増大が見込まれた。そこで、鋼片加工工程の能力を増強すべく、2006 年から 2007 年にかけて以下の設備改善を実施した。

### 1) 疵取ライン研削台車更新 (2007年)

研削台車は、疵取ラインにおいて鋼片表面疵研削用サーボラインダに鋼片を供給する設備である (図 4)。手入れ負荷の増大が見込まれるなか、これまで使用していた台車は稼動から 15 年が経過していた。このため、設備老朽化によるトラブル休止時間の増加や、鋼片寸法変更 (1999 年に鋼片寸法を □115mm から □155mm に変更し、7 線材と 8 線材で統一) 対応として実施した搬送速度ダウン (鋼片のサイズアップに伴い、設備強度不足への対応のために搬送速度を落として操業していた) による生産性の低下が発生していた。こうした状況を改善すべ

く、設備の改造／更新を実施した（図5）。

・改造／更新内容

老朽化対応：全面更新  
 強度不足対応：台車部材強度の増強，  
 2輪駆動→4輪駆動化による連結  
 部衝撃の緩和

保守性向上対応：動力の見直し（油圧→電気）

・設備スペック

対応寸法：□155mm  
 搬送速度：60m/min → 75m/min

2) 自動磁粉探傷ライン間ピッチ短縮（2007年）

互換拡大により自動磁粉探傷ラインに対しても処理余力の逼迫が予測される。これに対応すべく、自動磁粉探傷ラインの間ピッチ（送りピッチ）短縮，および搬送速度の高速化による生産能力の増強を実施した（図6）。

・設備スペック（改造内容）

対応寸法：□155mm

搬送ローラテーブル分割：ライン上に同時に存在し  
 得る鋼片の本数4本→6  
 本

鋼片搬送速度増強：30m/min → 40m/min  
 （モータ増設）

3) バッファ増設（2007年）

鋼片加工の探傷ラインおよび疵取ラインの処理能力を比較すると、疵取ライン170t/hに対し給材側では自動探傷ラインが150t/h，また静止MTラインは100t/hであり，トータル250t/hになる。したがって疵取ラインが全体のボトルネックとなっている（図7）。

しかし、疵取ライン自身の生産性のネックは、探傷ラインに起因する材料待ちである。この材料待ちは、自動探傷側の負荷変動に対して既設のバッファでは平準化ができないために発生していた。このため、疵取ラインを増強するより、バッファを増設する方が有効であった。そこで、一時的な材料待ちを低減すべく、バッファの増設を実施した（図8）。

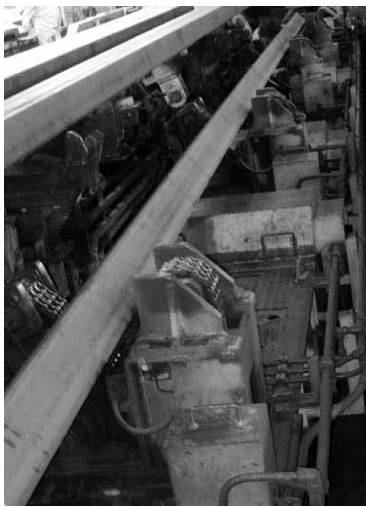


図4 研削台車  
 Fig. 4 Grinding cart

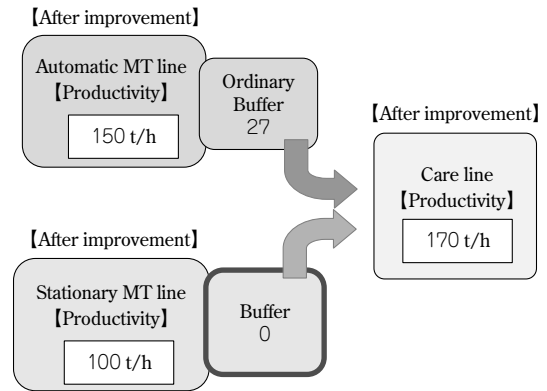


図7 探傷工程と手入れ工程の処理能力バランス  
 Fig. 7 Capacity balance between inspection process and care process

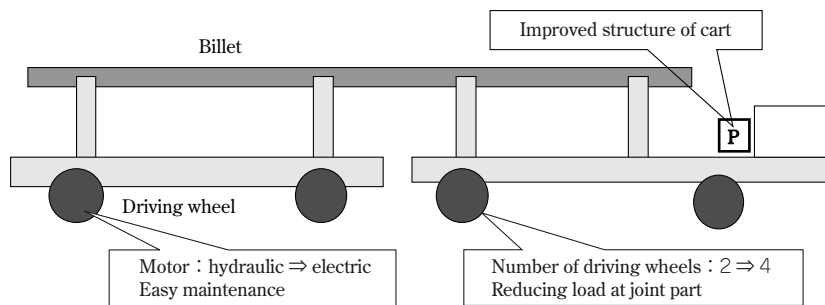


図5 研削台車改造内容  
 Fig. 5 Improving points of grinding cart

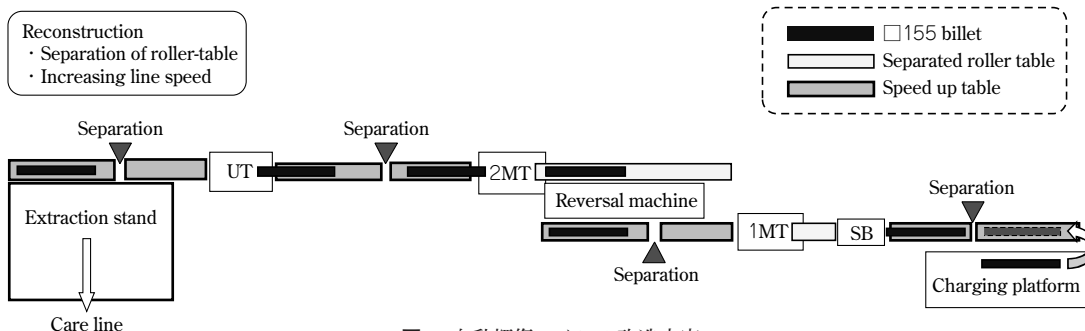


図6 自動探傷ラインの改造内容  
 Fig. 6 Updated automatic MT line

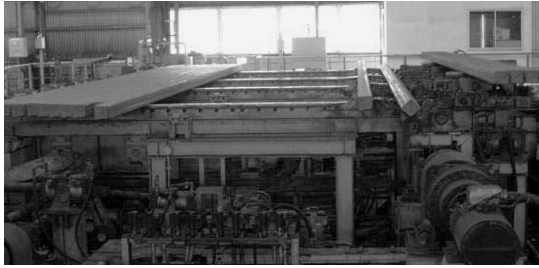


図8 静止MTラインバッファ  
Fig. 8 Line buffer at stationary MT

## 2. 製品荷姿の改善（コイル大径巻化）（2007～2008年）

CH鋼主体の第7線材工場では世界最大のコイル巻径を採用しており、コイル高さが低い（図9）。当社系列のCH二次加工メーカーは、第7線材工場のコイル形状に合わせて酸洗設備や熱処理設備を設計・導入している。このため、第7線材工場で製造されたコイルの使用時は処理効率が上がり、生産性やコスト面で優位に立つことができる（図10）。一方、第8線材工場では従来、スチールコードやPC用鋼など国際市場向け品種や熱処理不要の普通線材が主体であったことから、国際標準レベルのコイル巻径を採用しており、φ8.0mm以上のサイズのコイル高さは、第7線材工場に比べて高くなっている（図11）。このため、このサイズ域においては、コイル巻径の違いが互換性拡大の制約となっていた。

この問題を解消すべく、第8線材工場の巻線機（レイングヘッド）を、φ1,225mm用のパイプとφ1,100mm用のパイプを切替えて使用できるよう改造することによって大径と従来径の両コイルの製造を可能とした。また、それと同時に、巻取後のリングを搬送・冷却するステルモアコンベヤの拡幅などのコイル大径化対応（図12）を実施した結果、第7線材工場と同等レベルのコイル高さの製造が可能になった。

・設備スペック

《レイングヘッド改造更新》（図13）

対応コイル径：φ1,100mm（従来径），  
φ1,225mm（大径）

《ステルモアコンベヤ拡幅》（図14）

コンベヤ幅：1,350mm → 1,600mm

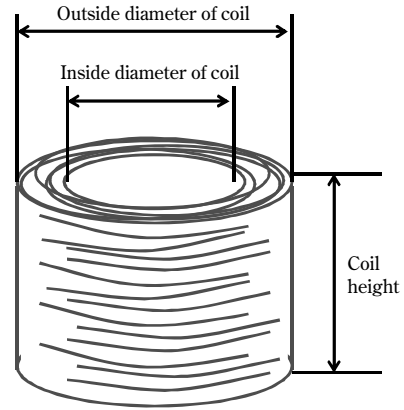


図9 コイル高さとかイル径  
Fig. 9 Height and diameter of coil

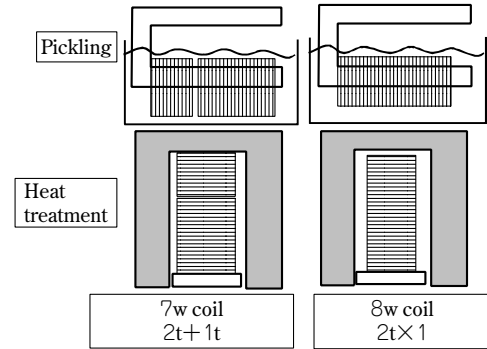


図10 7線材コイルと8線材コイルの生産性比較  
Fig.10 Comparison of productivity between No.7 wire rod mill (7w) coil and No.8 wire rod mill (8w) coil

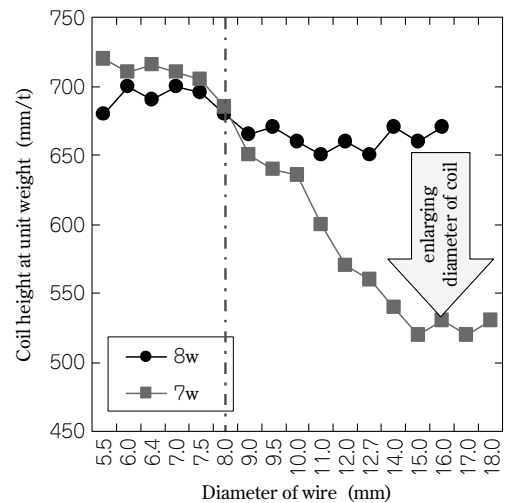


図11 コイル1トンあたりの高さ（平均）  
Fig.11 Coil height per 1ton (ave.) of 8w and 7w

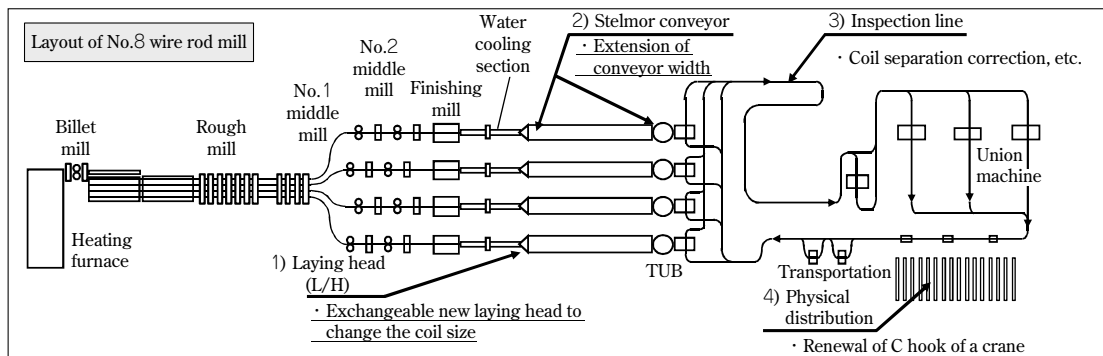


図12 工事内容（全体図）  
Fig.12 Contents of construction (overall view)



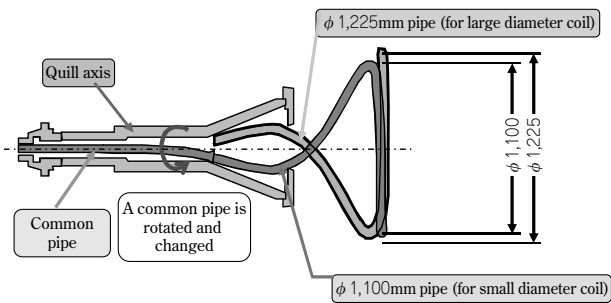


図13 大径／中径切換式巻線機  
Fig.13 Updated laying head

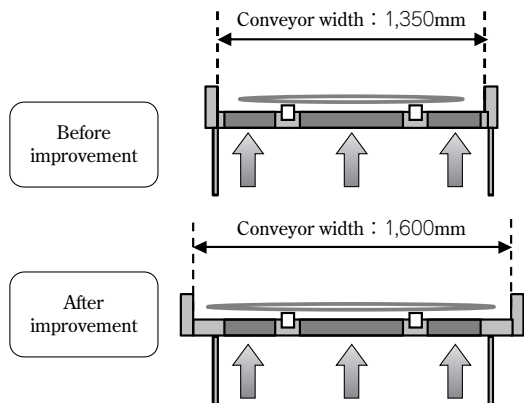


図14 ステルモアコンベア幅の拡張  
Fig.14 Extension of stelmor conveyor width

### 3. 圧延サイズ拡大（2008年）

従来、第7線材工場および第8線材工場での圧延可能製品サイズはそれぞれ、 $\phi 5.5\sim 22.0\text{mm}$ 、 $\phi 5.0\sim 16.0\text{mm}$ であった。前章で述べたように、 $\phi 16.0\text{mm}$ より大きいサイズ域では圧延可能サイズが互換拡大の制約となっていた。この制約を解消し、さらなる互換拡大を図るべく、第8線材工場において新規圧延シリーズの設定（新規カリバ配列の設計）により製品サイズの拡大（ $\phi 16.3\sim 18.0\text{mm}$ ）を実施した。

・サイズ拡大

拡大サイズ： $\phi 16.3\text{mm}$ 、 $\phi 16.7\text{mm}$ 、 $\phi 17.0\text{mm}$ 、 $\phi 17.5\text{mm}$ 、 $\phi 18.0\text{mm}$

シリーズ編成： $\phi 16.3\text{mm}$ は既設の $\phi 8.3\text{mm}$ シリーズに統合、 $\phi 16.7\text{mm}$ 以上はシリーズを新設（ $\phi 17.0\text{mm}$ シリーズ）

### 4. 精整ライン冷却設備新設（2008年）

従来よりも太いサイズの線材を圧延した場合、細い線材のときよりコイルが冷えにくいため、精整ラインが高温となる。そうした作業環境を軽減すべく、精整ラインに冷却設備を新設した（図15）。精整ラインの検査工程の中で最も上流側に位置する端切り作業場前にコイル冷却ファンと天井排気ファンを設置し、コイルが通過する間の約5分間強制風冷した。これにより、精整ラインで

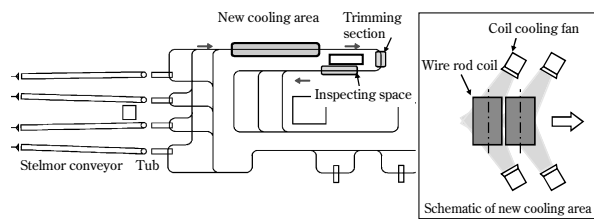


図15 精整ライン冷却設備概要  
Fig.15 Cooling system of inspection line

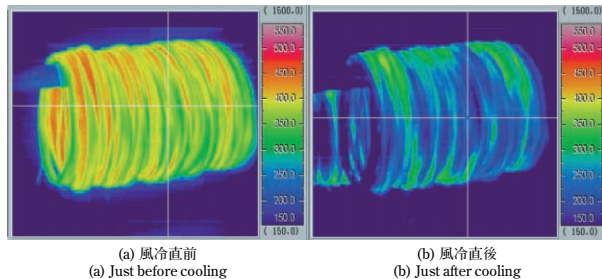


図16 風冷前後のコイル温度分布  
Fig.16 Temperature distribution of coil before and after cooling

は、太いサイズの線材においても従来並みの材料温度が実現できた（図16）。

・設備スペック

コイル冷却ファン：50台

天井排気ファン：12台

冷却速度（参考）： $40^\circ\text{C}/\text{min}$

むすび＝本稿で述べた設備改造／更新に加え、第8線材工場の品質管理項目の見直し、品質改善の仕組づくりなどの品質改善活動を実施することにより、これまで第8線材工場で作ることのできなかつた懸架ばね用鋼や、表面疵に対する要求の厳しい自動車用厳格CH用鋼の生産機能の互換を達成した（図17）。これによって安定して互換量を拡大することが可能となり、需要の高まっていた特殊鋼の増産体制を確立することができた。

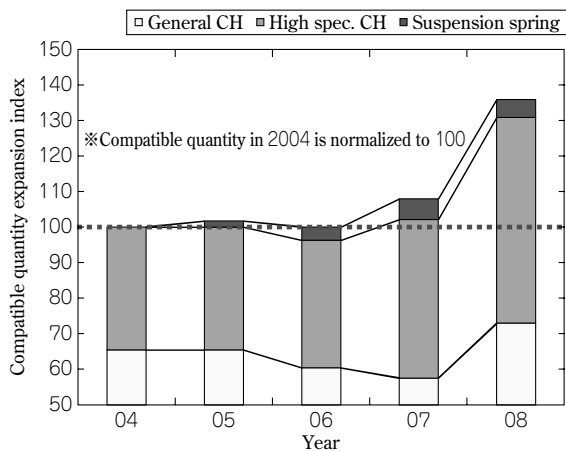


図17 互換拡大量推移（2004～2008）  
Fig.17 Transition of compatible products in 8w and 7w