

(技術資料)

新棒鋼精整ラインの設備概要

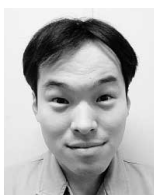
Overview of New Bar Conditioning Line



長谷川 淳士*1
Atsushi HASEGAWA



津野 知*2
Satoshi TSUNO



菅野 丈*2
Jou SUGANO

In February 2007, a new bar conditioning line was completed at the Kobe Works bar conditioning factory. A bar conditioning line is a process to guarantee bar steel quality in the production of special steel. The new line was built in response to recent demands for higher quality, and includes a newly established straightening machine, a magnetic leakage flux testing system, and an updated ultrasonic testing system. This new line serves to secure our productive capacity of steel with unprecedented quality and ensure the company's ability to meet the continuing demands of industry for steels of high grade quality.

まえがき＝神戸製鉄所棒鋼加工工場は、熱間圧延後の棒鋼製品（φ17～108mm）の真直性確保と表面疵（きず）や内部欠陥の探傷検査、および製品識別を実施している工場である。ライン構成は小径ラインが2ラインと太径ラインが1ラインの3つのラインである。このたび、太径ライン（φ38～108mm）のリフレッシュ工事を2006年8月に着手し、2007年2月に竣工した。本稿では、更新した新棒鋼精整太径ラインを構成する各種設備の特長と概要を述べる。

1. 新棒鋼精整太径ライン設備の特長

1.1 基本構想

本工場の目的は、老朽化した設備を更新することによる安定操業確保に併せ、表面・内部品質保証度と労働生産性の向上、および生産能力の向上による上方弾力性の確保である。

棒鋼加工工場の太径ラインは1984年に稼動しており、老朽化が進行していた。今回の太径ライン更新・増強工事では、以下の観点で実施した。

- 1) 処理速度、真直度を向上した高剛性高速矯正機への更新
- 2) 検出精度を高め、かつ作業性を改善した高性能探傷装置への更新
- 3) 分散配置していた設備のライン直結化
 - ・ 運転、監視作業の集約および運搬作業削減による労働生産性の向上
 - ・ 結束、解束作業削減による横持ちハンドリング疵の減少
- 4) ライントラッキングシステム強化による識別異常の防止

これらの更新・増強工事によって顧客満足度の大幅な向上が期待できる。また、ラインの生産能力が向上する

表1 新太径精整ライン仕様
Table 1 Specifications of new bar conditioning line

Product size range	φ17～108mm
Productive capacity	25,000t/month
Product length	3,500～8,000mm
Bundle weight	Max.3,000kg/bundle

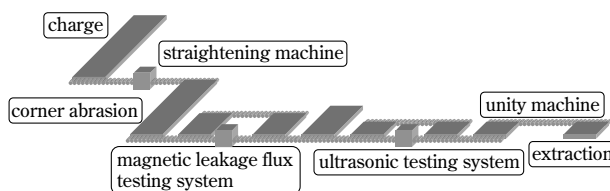


図1 新太径精整ラインレイアウト
Fig. 1 Layout of new bar conditioning line

ことによって検査加工リードタイムを短縮することができ、物流コストの削減も可能となる。

1.2 基本仕様

表1に新太径ラインの基本仕様、図1に太径ライン新設後の棒鋼加工工場のレイアウトを示す。

矯正機は速度向上によって矯正機と検査設備の生産性の差を解消することができ、ラインの直結化が可能となった。これにより、設備配置の改善とライン生産能力を22%向上させることができた。

2. 主要検査・加工設備の特長

2.1 高速矯正機

今回設置した矯正機は、2ロール式鼓矯正機であり、外観を図2に、設備仕様を表2に示す。

矯正機の剛性を高めて矯正速度の向上を図ることにより、後工程の検査設備を停止することなく材料を供給することが可能となった。また、矯正用ロールは小径用と太径用の2通りのロールタイプを有しており、これらを

*1 鉄鋼事業部門 神戸製鉄所 線材条鋼圧延部 *2 鉄鋼事業部門 神戸製鉄所 設備部

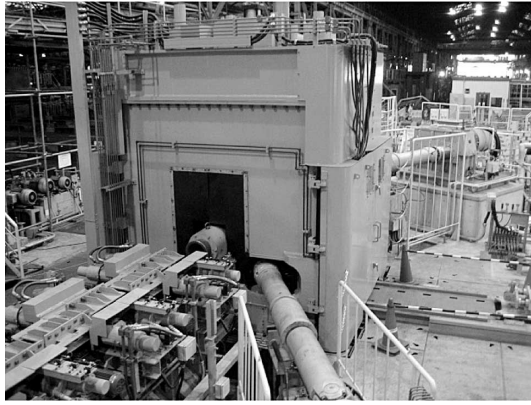


図2 新矯正機
Fig. 2 New straightening machine

表2 矯正機仕様
Table 2 Specifications of straightening machine

Type	Two-roll straightening machine
Speed	Max.120m/min
Straightness	1 mm/m
Roll degree	25-35°

使い分けることによって処理サイズ範囲を広げることができる。これにより、工場全体の生産スケジュールを柔軟に変更することが可能となった。

一方、矯正精度および生産性にかかわる矯正条件（ロール高さ、ロール角度、ガイド位置など）は従来、作業者のスキルに依存するところが多かった。そのため、鋼種や寸法の変化に応じて真直度などの矯正後品質を規格内に調整する作業に長時間を要していた。そこで今回、矯正条件の自動セットアップ機能を導入することにより、鋼種や寸法に適合した矯正条件を自動的にセットアップすることができ、安定した矯正と調整時間の短縮が可能となった。

2.2 表面疵探傷装置

今回設置した表面疵探傷装置は、従来と同様の漏洩磁束探傷装置（Magnetic Leakage Flux Testing System、以下MLFTという）であり、外観を図3に、設備仕様を表3に示す。今回、検出能力（探傷可能な疵深さ）を1.5倍向上することを目的に導入した。

MLFTでは、表面に疵がある材料を局部磁化させたとき、疵部から漏洩する磁束を探触子が検出して信号強度に変換する。疵の深さや長さに対してあらかじめ設定した値を超える信号のものは疵として検出される。

今回の更新では、高性能探触子の導入と探触子ピッチの短縮により、深さ0.10mm、長さ10mmの疵の検出を可能とした。また、探触子の個数を増やし、材料長手方向の探傷範囲を広くすることによって搬送速度も向上でき、最大150m/minで通過する被検査材を全周探傷できる。

2.2.1 疵手入れ材の再探傷化

疵手入れ後の材料の残存疵低減を目的に、MLFTでの設定値以上の疵個数をカウントした材料は、疵手入れ後再度MLFTにて探傷できるライン構成とした。従来、疵手入れ部のみの磁粉探傷（手探傷）をオフラインで実施

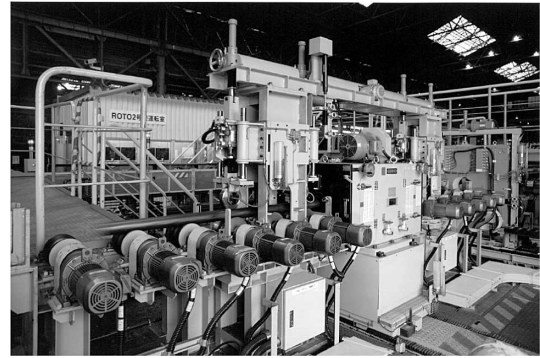


図3 新表面疵探傷装置
Fig. 3 New magnetic leakage flux testing system

表3 表面疵探傷装置仕様
Table 3 Specifications of magnetic leakage flux testing system

Type	Rotating type magnetic leakage flux testing system
Speed	Max.150m/min
Detection ability	$\phi 0.10\text{mm} \times 10\text{mm}$

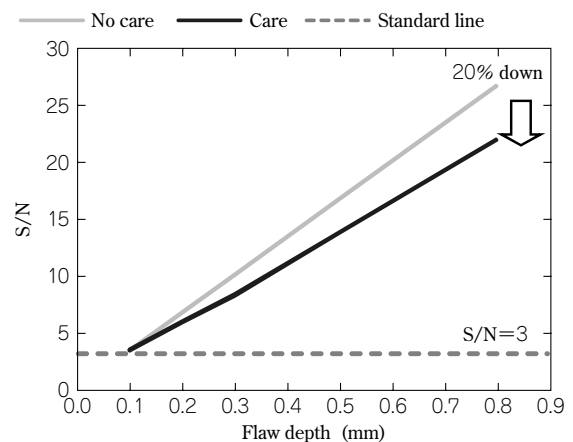


図4 疵取前後の信号強度
Fig. 4 Signal intensity of before and after care

していたが、再度自動探傷することにより、疵手入れ部周辺を含めた全長の残存疵を高い信頼性で確認することが可能となった。疵手入れ後の表面は凹凸があり、自動探傷時には疵手入れ部と探触子との間にギャップが発生するが、探触子が材料に追従する機構を採用することによって高い信号強度を得ることができた。図4に疵手入れ前後の信号強度を示す。疵手入れ後は信号強度が20%低下するものの、 $S/N \geq 3$ 以上は確保できるため再探傷は十分可能であることを確認した。

2.2.2 疵形状に対応した判定基準の導入

更新したMLFTは、信号強度が高いことから疵を過検出する傾向にある。このため、過検出を低減する判定基準を検討し、導入した。

従来の判定基準では信号強度のみで判定していたが、今回のMLFTでは信号強度（疵の深さ）だけでなく、疵長さによって判定する仕組を構築した。疵形状（へげ疵、割れ疵）による信号強度の違いを図5に、疵形状を図6に示す。疵形状によって信号強度が変化することから、へげ疵のように開口が大きく疵長さが短い疵に対しては、信号強度の設定値を高くして疵長さの設定値を短くする。一方、割れ疵のように開口が小さく疵長さが長い疵に対しては、信号強度の設定値を低くして疵長さの設

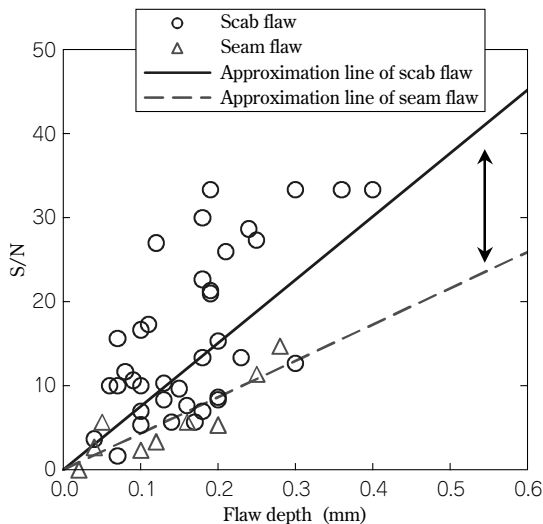


図5 疵形状による信号強度
Fig. 5 Signal intensity of flaw shape

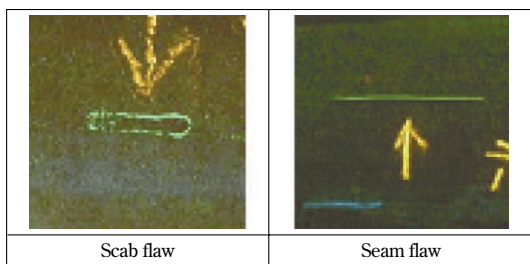


図6 へげ疵、割れ疵の疵形状
Fig. 6 Flaw shape of scab flaw and seam flaw

定値を長くすることとした。検出範囲の概要を図7に示す。疵形状に応じた判定を行うことにより、過検出を低減することができた。

2.3 内部欠陥探傷装置

今回設置した内部欠陥探傷装置は、従来と同様の超音波探傷装置 (Ultra Sonic Testing System, 以下USTという) であり (図8)、設備仕様を表4に示す。今回、検出能力 (探傷可能な最小欠陥サイズ) を2倍に向上させることを目的に探傷装置を導入した。

USTは材料の内部に超音波を発信し、欠陥部などから反射する超音波を探触子が検出してモニタに表示する。ある設定値以上の信号は欠陥として検出している。従来の探傷装置と比較して、①高性能探触子の導入、②素子のピッチの短縮、および③信号処理盤の高速化により欠陥検出能力が向上した。また、探触子内の素子個数を増加し、探傷範囲を材料長手方向に延長することによって搬送速度を向上させることができ、最大150m/minで通過する被検査材の全長探傷が可能となった。

USTは、欠陥検出を安定して行うためには媒質である水膜を安定させることが重要である。今回の更新では、2.3.2項で述べるカセット式 (図9) を採用することによって水膜を安定させ、安定した信号を確保することができた。図10より、新USTは旧USTと比較して平均で10%高い信号を検出していることが確認できた。

2.3.1 拡張式ホルダの採用

USTの斜角探傷は材料寸法によって超音波の入射角が変わるため、寸法に応じた探触子位置の調整が必要と

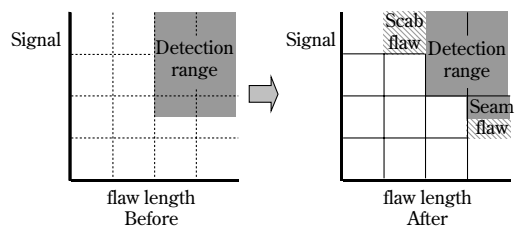


図7 更新前後の検出範囲
Fig. 7 Detection range of before and after improving



図8 新内部欠陥探傷装置
Fig. 8 New ultrasonic testing system

表4 内部疵探傷装置仕様
Table 4 Specifications of ultrasonic testing system

Type	Rotating type ultrasonic testing system
Speed	Max.150m/min
Detection ability	$\phi 150 \mu\text{m} \times 15\text{mm}$

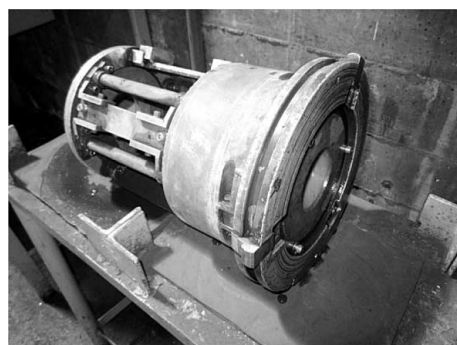


図9 探傷用カセット
Fig. 9 Testing cassette

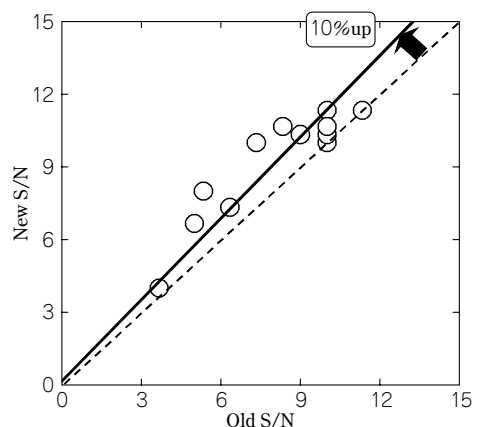


図10 新旧信号強度比較
Fig.10 Comparison of signal intensity between old and new UST

なる。従来の探傷装置では、寸法型替えのたびにホルダを外して探触子の位置を調整する必要があり、寸法型替え作業に長時間を要する問題があった。こうした問題を改善するため今回の探傷装置では、ホルダを取外すこと

なく探触子の位置を調整（拡張）する機構を備えた拡張式ホルダを採用した。これにより、ホルダ取替えによる寸法型替え準備時間を60%短縮することができた。

2.3.2 自動較正装置の導入

探傷装置は、被検査材の寸法変化によって探傷距離や超音波の入射角が変化する。このため、探傷する感度にばらつきが生じて探傷精度が低下する。これを防ぐため、被検査材の寸法に適した人工欠陥付きのテストピースを用い、感度を較正をする必要がある。

較正作業は従来、まず作業者が機側まで近寄って探傷装置の寸法替えを行い、続いて較正作業用テストピースを挿入して感度較正を実施していた。新設したUSTでは、感度較正のための作業時間を短縮することを目的に自動較正装置を採用した。自動較正装置は現寸法、次寸法、較正用の3種類のカセットを保有することができる。これらを台車に事前に装着しておくことにより、較正時には寸法を選択するだけで自動的に必要なテストピースを挿入して較正することができる。このような自動較正装置を導入することにより、較正時間は従来比55%低減することができた。

3. 搬送設備の改良

近年、品質の厳格化に伴い、従来は問題とならなかった規格内の軽微な疵であってもお客様から指摘されるようになってきた。棒鋼精整ラインで発生する冷間疵に対しても指摘されることがあったことから、今回の更新工事では以下の改良を実施した。

3.1 材料切出し方法の変更

給材テーブルから搬送ラインへ材料を1本ずつ切出す場合、従来はプッシャ式切出し方式であった。この方式では、材料の下からプッシャで突上げるため材料は跳ね上り、落下時に打痕疵（図11）がまれに発生していた。そこで今回、打痕疵防止を目的に、材料をすくい上げて搬送ラインに静置する機構である移載式切出し方式に変更することとした。概要を図12に示す。

3.2 矯正機入側ガイド

矯正機は、材料の振れ回りを防止するため、矯正機入側にガイドを設置している。従来はガイド幅が固定であったため、高速矯正時は材料寸法や鋼種によって振れ回りが大きくなり、材料とガイド端部が強接触して打痕疵が発生することがあった。今回、材料の寸法に応じて矯

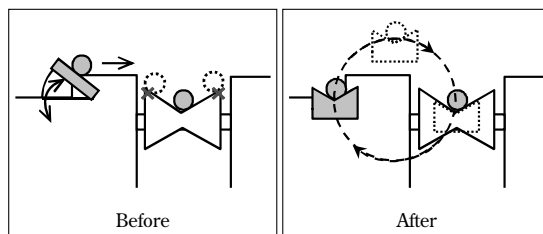


図12 材料切出し方法
Fig.12 Charge method of bar

正機入側のガイド幅を変更できる機構とすることによって材料の振れ回りを抑制することができ、打痕疵の低減と高速矯正が可能となった。

4. 自動荷札、識別シール発行

棒鋼精整ラインの最終工程では、材料ごとに荷札と識別シールをはり付けている。荷札や識別シールは従来、オフラインによって事前に発行し、材料が流れてきたタイミングで作業者がはり付けていた。そのため、はり付けミスによる品質異常が発生していた。今回、ラインのトラッキングシステムを強化することにより、材料が流れてくるタイミングに合わせてオンラインで荷札、識別シールを自動発行することとした。材料ごとに荷札と識別シールをタイムリーに必要枚数発行することにより、はり付けミスの発生を低減した。

むすび＝棒鋼加工工場の新太径ラインは立上げ後順調に稼動している。従来のラインと比較して、表面疵や内部欠陥の検出能力およびライン生産能力を向上させることができた。その結果、お客様からの品質不具合件数を1/2以下に低減することができた（図13）ことに加え、労働生産性を向上させることができた（図14）。今後これらの設備を極限まで有効利用して、さらなる品質改善、操業改善に努めていく考えである。

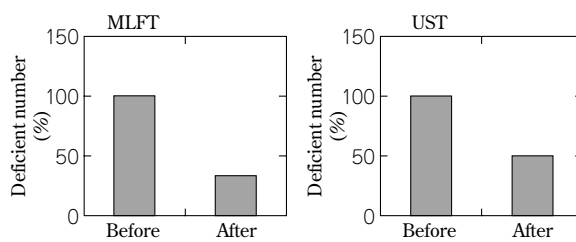


図13 品質保証度
Fig.13 Guarantee of quality

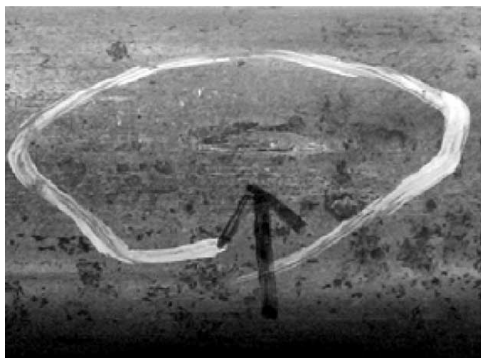


図11 打痕疵の疵形状
Fig.11 Flaw shape of dent flaw

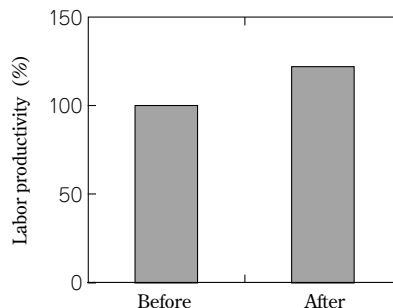


図14 労働生産性
Fig.14 Labor productivity