

製品精整の高精度化

Advanced High Precision of Bar Inspection and Conditioning

小 野 平^{*(1)}
Taira ONO

大 山 修^{*(2)}
Osamu OYAMA

抄 録

特殊鋼棒鋼は顧客での2・3次加工を経て自動車の重要保安部品等へ使用されるため、圧延後出荷前に製品1本毎に厳格な検査、精整が必要であり、また、トレサビリティの確保も非常に重要である。この様な背景のもと、室蘭製鐵所では自動仕分倉庫を活用した圧延と製品精整の直結化、表面疵検査の自動化、精度向上等を図ってきた。これらの改善により、ハンドリング回数減による取扱疵低減、官能検査の自動化による表面疵検査精度向上等の品質向上を達成した。また、2005年に設立した(株)NS棒線でも高精度表面疵検査装置を導入し、室蘭製鐵所と同レベルの製品検査体制を構築した。これらの品質向上対策の概要について紹介した。

Abstract

Special steel bars are worked secondly and thirdly by customers, and used in the critical safety components of automobiles, among other applications. So it is necessary to inspect and condition rolled bars accurately piece by piece before shipping, and it is very important to manufacture bars keeping their traceability. To meet these needs, Muroran Works has directly linked rolling and finishing processes by utilizing an automatic bar buffer warehouse, and has automated surface inspection of bars and improved their detectability. These improvements have reducing the scratches by cutting the number of times the bars are handled, have advanced surface inspecting accuracy by automating manual inspection, and have enhanced bar quality. NS Bar & Wire Co. LTD, established in 2005, has adopted a high precise surface inspecting equipment and has built as high bar quality assurance system as Muroran Works has. An overview of these quality improvements is presented below.

1. 緒 言

特殊鋼棒鋼は顧客での2・3次加工を経て自動車の重要保安部品等へ使用されるため、圧延後出荷前に製品1本毎に厳格な検査、精整が必要である。また、棒鋼製品の取り扱い数量も、月間80万本程度(室蘭製鐵所棒鋼工場)と多く、トレサビリティの確保も非常に重要である。この様に、圧延素材への品質要求はますます多様化、厳格化してきており、加えて部品素材としての全数全長保証の要求も高まり、その対応は非常に高度化してきている。

この様な背景のもと棒鋼の検査、精整の精度向上が望まれており、室蘭製鐵所では自動仕分倉庫を活用した圧延と製品精整の直結化、表面疵検査の自動化、精度向上等を図ってきた。これらの改善により、ハンドリング回数減による取扱疵低減、官能検査の自動化による表面疵検査精度向上等の品質向上を達成している。

一方で自動車をはじめとして棒鋼使用量が拡大しており、新たな生産拠点として(株)中山製鋼所構内に(株)NS棒線を2005年に設立した。室蘭製鐵所での成果を展開し高精度表面疵検査装置を導入したことで室蘭製鐵所と同レベルの製品検査体制を構築している。これらの品質向上対策の概要について、室蘭製鐵所の事例を中心に紹介する。

2. 棒鋼自動仕分倉庫システム¹⁾

2.1 圧延～精整～出荷直結化の課題と対応技術

特殊鋼棒鋼は、高度な品質保証を要求されるため、熱間圧延後冷間にて検査手入(精整)が不可欠である。

従来は、上記精整工程では、圧延と下工程(精整、出荷)の処理速度差が大きいことから、図1、2に示すように、圧延された棒鋼を仮結束、表示して一旦置場に仮置きし、クレーン操作により、1束ずつ上部の鋼材から順に精整を行い、更に、揚港(需要地)ごとに編成して出荷していた。

圧延～精整間直結化の課題の内、最も難しい課題は、圧延～精整間処理速度差の吸収である。精整工程は棒鋼1本ごとの処理のため、圧延に比べて処理速度が低く、単純に圧延と直結するためには多数の精整設備を構える必要があり、設備費、要員共に膨大となり、現実的には無理とされていた。そこで、圧延～精整～出荷「完全直結化技術」を開発した。これは、圧延と精整工程間に自動仕分倉庫を設置し、倉庫のバッファー機能により時々刻々と変化する両工程の速度差を吸収するものである。更に、自動仕分倉庫の自在入出庫機能により、需要地別出荷に適した順序で出庫、精整処理を可能とし、出荷前編成の省略を図った。

^{*(1)} 室蘭製鐵所 圧延工場 棒線技術グループ マネジャー
北海道室蘭市仲町12番地 〒050-8550 TEL:(0143)47-2746

^{*(2)} 棒線営業部 棒線商品技術グループ マネジャー

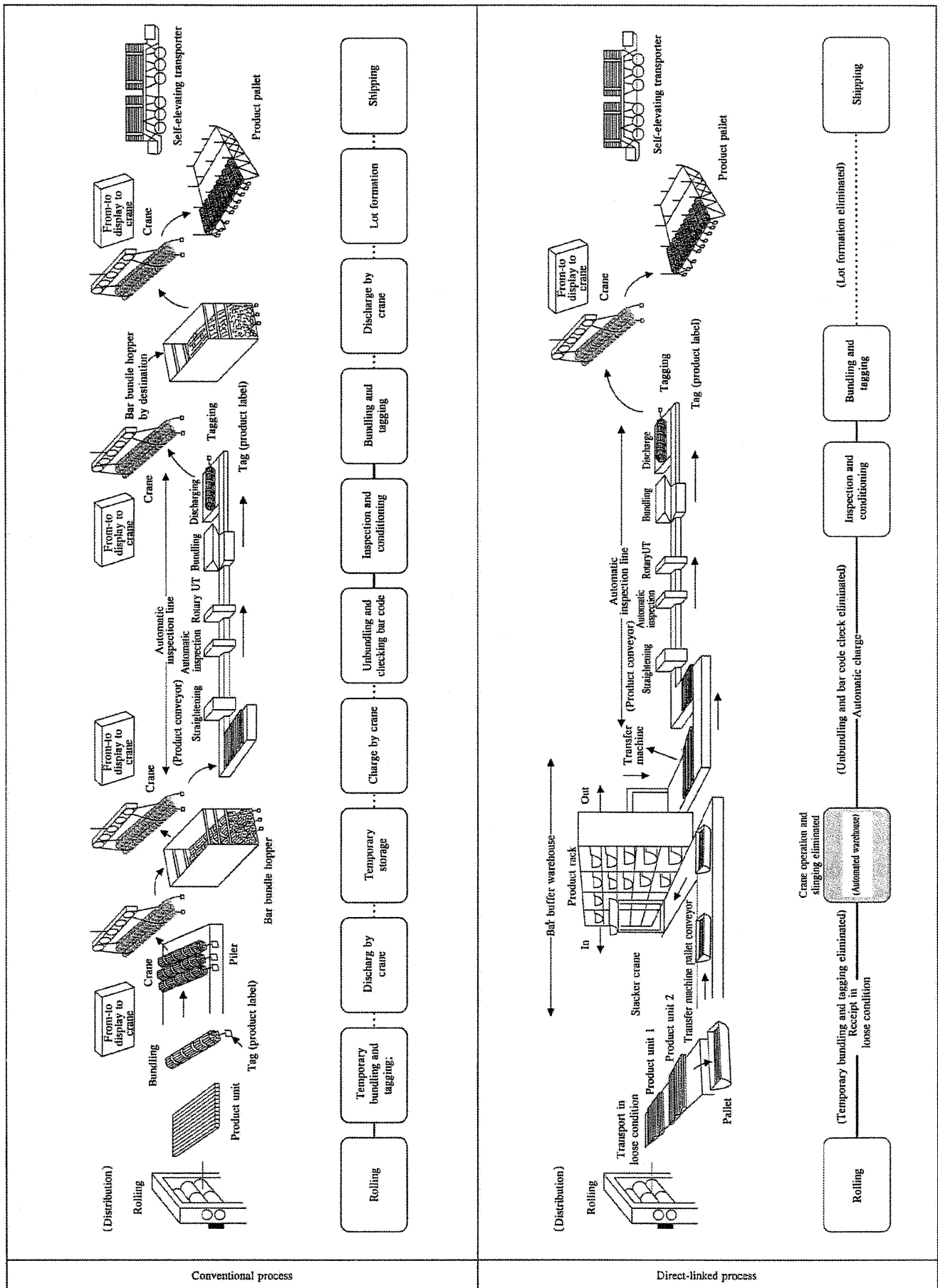


図1 特殊鋼棒鋼の製造工程
Special steel bar production processes

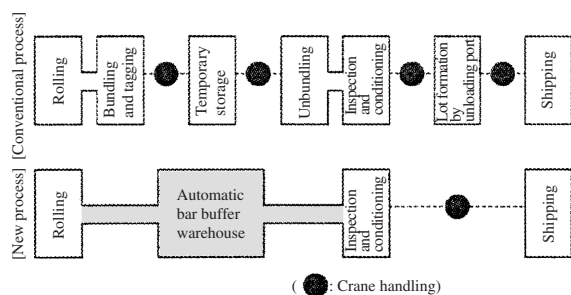


図2 特殊鋼棒鋼の工程フロー
Special steel bar production process flow

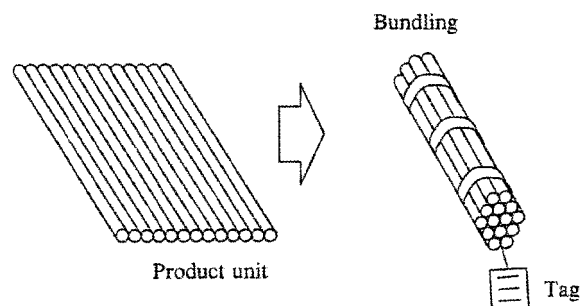


図3 従来の棒鋼製品保管方法
Conventional bar storing method

表1 棒鋼自動仕分倉庫システムの主仕様
Main specifications of automatic bar buffer warehouse

Item		Specification
Product	Size	Round bars: 19 - 120 mm ϕ Square bars: 42 - 90 mm
	Lenght	3.5 - 8.0 m
Number of racks		2,028
Unit weight		Maximum of 4.0 t and average of 3.2 t
Storage capacity		6,490 t
Receiving and retrieving rate (t/h)		Receiving rate of 150 t/h and retrieving rate of 110 t/h

開発した棒鋼自動仕分倉庫システムの主仕様を表1に示す。導入した自動仕分倉庫は、立体自動倉庫としては単位重量、保管容量とも大規模なものである。

2.2 圧延～精整～出荷「完全直結化技術」

本技術は、棒鋼自動仕分倉庫システムの基本技術である。すなわち、圧延、切断の後に、無結束のまま搬送、収納する自動仕分倉庫を有し自動仕分倉庫の後に検査手入れを行う精整ラインを配置することにより、圧延後の仮結束、表示及び天井クレーンによる仮置きを省略し、また精整ラインへの天井クレーンによる給材及び給材後の解束を省略し、更に自動仕分倉庫の自在出庫機能を活用して出荷順を考慮した精整ライン給材を行うことにより精整後の向先別ロット編成を省略する(図1参照)。これにより、圧延～出荷工程の完全直結化の最大の課題である圧延～精整間処理速度差を吸収することができた。

2.3 無結束収納保管技術

従来棒鋼製品は、図3に示すように、長尺、多本数を1ハンドリ

ングとしているため、1ハンドリングごとに仮結束して搬送、保管していた。このため、仮結束、解束作業、及び表示作業が必要、更に結束、表示用の資材も必要であり、コストアップの要因となっていた。そこで、無結束収納保管技術を開発した。この技術は、図4に示すように、搬送移載中の疵発生防止を図る“無結束棒鋼移載機”と、ロット境界管理の自動化を図る“カセットナンバチェッカー”、“棒鋼高速カウンター”からなる。

2.3.1 無結束棒鋼移載機

棒鋼製品は、前述したように長尺、多本数を1ハンドリングとするため、無結束で搬送、保管するためには、保持枠が必要である。そこで、図5に示すように移載機にてカセットへ移載し、搬送及び自動仕分倉庫へ保管することとした。この方法の問題点は、カセットへ装入、取出し時に移載機と棒鋼、棒鋼とカセットの接触による疵が発生することである。そこで、図6に示すように、移載機アームを楕円形とすることによりフォーク開閉時のアーム内幅を変え、移載機昇降時に棒鋼とカセット支柱または精整ライン給材受け支柱との接触を回避し、搬送疵発生防止を図る無結束棒鋼移載機を採用した。これにより、無結束材を搬送疵の発生無く移載することが可能となった。

2.3.2 カセットナンバチェッカー

無結束収納保管のもう一つの課題は、ロット境界管理の完全自動化である。無結束のため表示の取付けができないので、製品の入ったカセットのデータ管理は、コンピュータトラッキングのみで行う必要がある。この際、万一、トラッキング異常が発生した場合でも、カセットのデータ管理をバックアップできるように、カセットナンバチェッカーを開発した。カセットナンバチェッカーは、図7のように、カセットにナンバごとのバーコードプレートを取

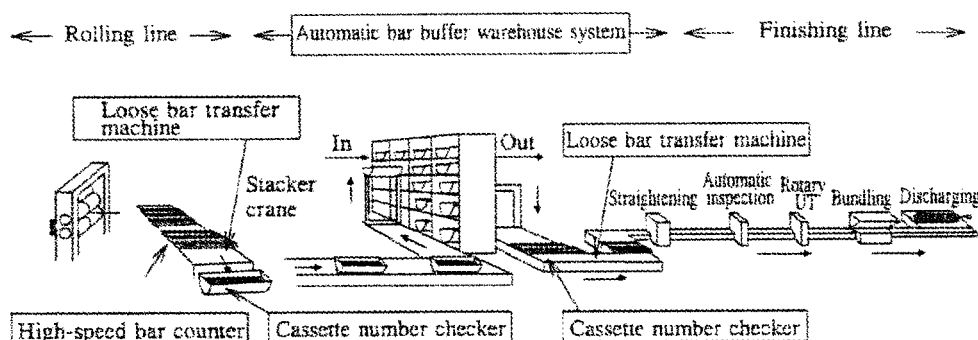


図4 無結束収納保管技術
Loose bar storing technology

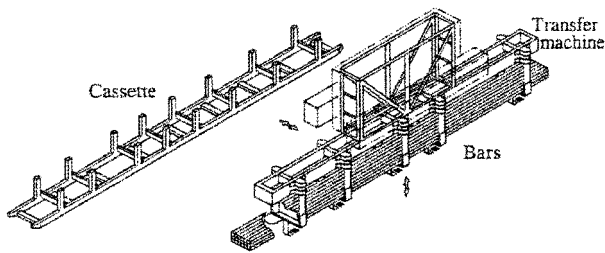


図5 無結束棒鋼移載方法
Loose bar transfer method

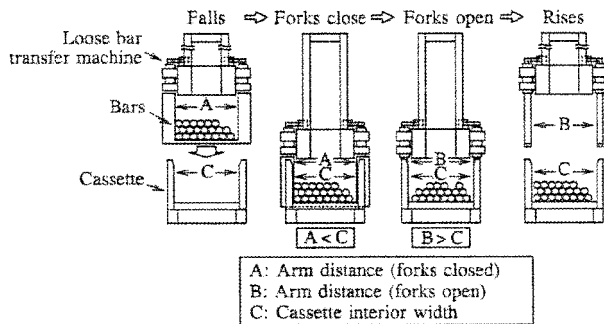


図6 無結束棒鋼移載機
Loose bar transfer machine

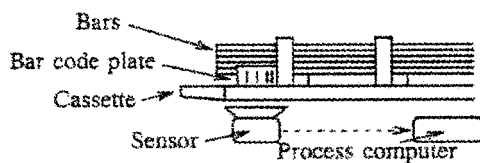


図7 カセットナンバーチェッカーの設備概要と検出率
Equipment outline and detection rate of cassette number checker

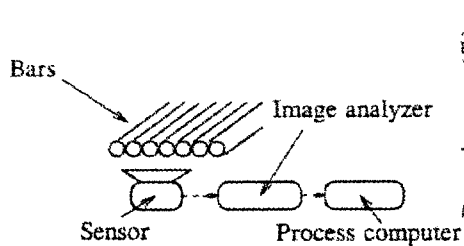
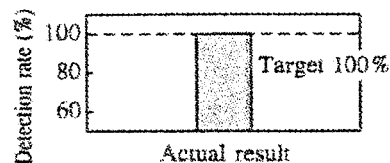
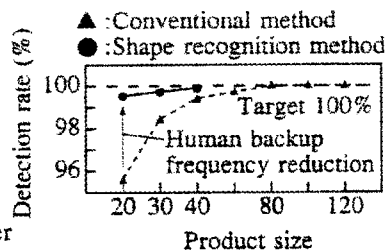


図8 棒鋼高速本数カウンターの設備概要と検出率
Equipment outline and detection rate of high-speed bar counter



り付け、そのバーコードプレートを自動仕分倉庫の入出側にて自動チェックするものである。読取り精度は、6か月の連続運転で100%を達成している。

2.3.3 棒鋼高速カウンター

無結束材のロット境界管理を確実に行うためには、前述したカセットのデータ管理と共に本数管理も極めて重要である。従来から棒鋼の端面を画像解析し、本数を自動計測する本数カウンターがあったが、棒鋼端面のつぶれ等により誤計数が発生し、信頼性が低かった。そのため図8に示すように、形状認識法を採用することにより、検出率をアップし、人間のバックアップ頻度低減を図ることが可能となった。

3. 高精度表面疵検査装置

3.1 製品精整の概要

棒鋼製品は熱間圧延後、自動仕分倉庫に保管され冷却後、自動探傷ラインにて1本毎に検査、手入れを実施する。自動探傷ラインでは、2ロール矯正機にて曲がり矯正を行い、超音波探傷機にて内質検査、表面疵検査装置にて表面検査を実施し、検査合格材のみ結束して出荷する(表面の浅い疵については手入れ後、検査合格材と合流させる)。

室蘭製鐵所棒鋼工場には、表2に示すように、自動探傷ラインを3ライン有し、表面疵検査基準、製品サイズ等により通材ラインを

表2 自動探傷ラインの主仕様
Main specifications of automatic finishing lines

		Surface inspection		Product size
		Type	Detectability	
Nippon Steel's Muroran Works	No. 1 automatic finishing line	MLFT	Depth ≥ 0.10 mm	Bar 19 - 60 mm ϕ
	No. 2 automatic finishing line	MLFT	Depth ≥ 0.15 mm	Bar 19 - 80 mm ϕ
	No. 3 automatic finishing line	Automatic magnaflux flaw detector	Depth ≥ 0.10 mm	Bar 40 - 120 mm ϕ
NS Bar & Wire Co., Ltd's automatic finishing line		MLFT	Depth ≥ 0.10 mm	Bar 19 - 65 mm ϕ

選定している。表面疵検査は、No.1及びNo.2自動探傷ラインが漏洩磁束探傷方式、No.3自動探傷ラインが自動マグナー方式である。また、(株)NS棒線にはNo.1自動探傷ライン仕様で探傷可能サイズ範囲を拡大した設備を導入し、既設ラインに対し検査保証レベルを向上させた。これらの表面疵検査装置の特徴について述べる。

3.2 漏洩磁束探傷方式

漏洩磁束探傷方式は、棒鋼製品の一般的な表面疵探傷方式であり、ヨークコイルにて磁化し、疵部から漏洩する磁束をピックアップコイルにて検出する方式である(図9参照)。ヨークコイル、ピックアップコイルとも棒鋼の外周を回転する。表面疵を検出した場合は、探傷機の下流にあるマーキング装置にて、疵部にマーキングを実施し、オペレーターが手入れを実施する。

従来、漏洩磁束探傷機(Magnetic Leakage Flux Testing: MLFT)の表面疵検査精度は、深さ0.15mmであった。探傷精度向上を図るため、検出プローブを小型化し、プローブ面積に占めるきず面積の割合を増した場合、探傷ノイズベースのS/N(ノイズベースに対する信号レベルの割合)は向上する。一方、プローブ小型化により検出感度(信号レベル)は低下し、電気ノイズベースのS/Nが悪化するため、プローブ小型化のみではS/N向上を達成出来ない。

従って、プローブ小型化による感度低下分の改善として、励磁ヨーク材質改善による励磁力向上、及び、プローブ材質改善によるプローブ感度向上を図り、探傷精度深さ0.10mm化を達成した。励磁ヨーク材質は、従来より鉄損が小さい鋼板を採用し、コイル発熱の抑制により励磁力を向上し改善を図った。プローブ材質は、レーザーを用いた機械加工技術の進展により従来より微小形状の加工が可能となり、高透磁率材質を使用でき、プローブ感度向上を図れた。これにより、従来オペレーターによる目視検査にて対応していた表面疵スペック0.10mmの製品についても自動検査が可能となり、表面疵保証レベルの向上が図れた。

3.3 自動マグナー方式

自動マグナー方式は、軸通マグナーにて磁粉液を散布しながら通電し、疵部から漏洩する磁束により磁粉を付着させる。その後、疵部に付着した磁粉にレーザーを照射し、励起発光した反射光を光導棒にて検出するもので、独自開発した方式である。

図9に本方式の疵検査部分を示す。紫外線スポットレーザーを回転させたポリゴンミラーを経由し疵部に磁粉を付着させた棒鋼に照射する。疵部の磁粉に紫外線が照射されることにより、励起発光した反射光をアクリル製のパイプレシーバーにて検出し、パイプレシーバーの両端のフォトマル(光電子増倍管)にて光エネルギーを電気エネルギーに増幅して変換し、信号として検知する。表面疵を検出した場合は、前述のMLFTと同様、探傷機の下流にあるマーキング装置にて、疵部にマーキングを実施し、オペレーターが手入れを実施する。

本自動マグナーの検出精度は、MLFTと同等深さの0.10mmである。MLFTに対しタイムサイクルが長く生産性は低い、被検査材の表面の肌荒れ等の微小欠陥の過検出がほとんど無い長所があり、従来のオペレーターによる目視検査にて対応していた製品の自動検査化が図れ、表面疵保証レベルの向上に貢献している。

4. 結 言

以上の改善対策により、室蘭製鐵所における棒鋼製品の出荷品質の大幅向上、及び、デリバリーサービスの向上が図れた。また、(株)NS棒線へ最新探傷ラインを導入し、室蘭製鐵所と同一の検査保証能力を持たせたことで、効率的な生産体制を構築した。

一方、顧客からの品質要求は年々高度化しており、本改善対策をベースに更なる品質保証体制の強化に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 小野 平 ほか:新日鉄技報.(358),6(1996)

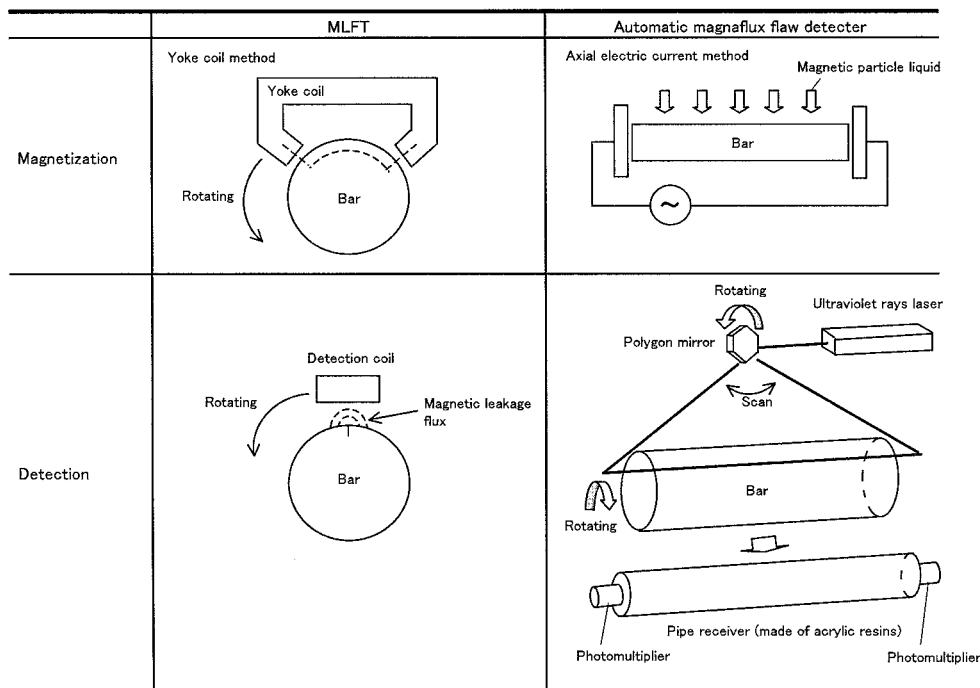


図9 漏洩磁束探傷と自動マグナーの検出原理
Inspection principles of MLFT and automatic magnaflux flow detector