

鋼片精整改善対策

Improvements of Billet Conditioning Processes

万城目 正 樹^{*(1)} 小 野 平^{*(2)} 吉 村 康 嗣^{*(3)} 三 上 博 季^{*(4)}
Masaki MANJOHME Taira ONO Kohji YOSHIMURA Hiroki MIKAMI

抄 録

棒鋼・線材製品の品質を左右する要因として、素材である鋼片の品質も重要な要素の一つとなっている。新日本製鐵では、鋼片の品質レベル向上、品質管理体制改善のための種々の施策を図ってきており、その事例として、(1)室蘭製鐵所 鋼片精整改善対策、(2)釜石製鐵所 鋼片表面疵検査設備の自動化、(3)君津製鐵所 鋼片精整一品管理体制の構築、の三つの改善施策を紹介した。

Abstract

Steel billet quality is one of important factors which influence the quality of bar and wire rod. In each Works of Nippon Steel Corporation, we have taken a lot of measures to improve billet quality and quality control system. In this paper, we introduce the following examples, (1) Improvement of billet conditioning processes in Muroran Works, (2) Automation of billet surface inspection in Kamaishi Works, (3) Construction of billet tracking system in Kimitsu Works.

1. 緒 言

棒鋼・線材の品質保証において、素材である鋼片の検査・精整工程の果たす役割は非常に大きい。素材に表面疵が残っていた場合、製品化後は疵が延伸されて、疵取りのコストが増大するとともに、全長の品質保証が難しくなってくるからである。そのため、各社とも鋼片精整工程での表面疵検出精度の向上対策に取り組んでおり、特に従来の人手による官能検査のばらつきを排除するため、機械化・自動化が進んできた。

更に、製鋼工程～棒鋼・線材製品出荷までの一貫品質保証体制を確立するため、中間工程である鋼片精整においても、鋼片 1 本毎の正確なトラッキング管理が重要となってきた。しかしながら、従来の人手による作業では多大な労力を要するため、自動化・システム化が発達してきた。

新日本製鐵でも各ミル鋼片精整工程における様々な設備改善、システム改善により、品質レベル・品質管理体制の総合的な向上を図ってきた。本稿ではその事例として、以下の 3 点の鋼片精整改善施策を紹介する。

- (1) 室蘭製鐵所 鋼片精整改善対策
- (2) 釜石製鐵所 鋼片表面疵検査設備の自動化
- (3) 君津製鐵所 鋼片精整一品管理体制の構築

2. 室蘭製鐵所 鋼片精整改善対策

2.1 緒言

棒鋼・線材製品は、多くは次加工工程(2・3次加工)を経て自動

車の重要保安部品等に使用される。2・3次加工工程での加工性および最終製品の用途に応じて、圧延素材への品質要求はますます多様化してきており、加えて部品素材としての全数全長保証の要求も高まり、その対応は非常に厳格化してきている¹⁾。

このような背景のもと棒鋼・線材製品の素材である鋼片の検査・精整の充実が重要である。更に、鋼片での検査結果を鋼片造り込み工程へフィードバックすることにより鋼片品位の向上が可能となり、製品の高品質確保が図れる。

表面疵検査回数を全量 2 回検査とし、棒鋼・線材製品と鋼片検査・精整結果のトレサビリティ向上を図り、また、従来の 2 倍の能力を持つ検査精整ラインを鋼片造り込み工程の直下に配置することにより、出鋼チャージの一括迅速検査・手入れによる検査成績の迅速フィードバックを目的に、室蘭製鐵所にて 2002 年 12 月に特殊鋼棒鋼・線材の鋼片検査・精整ライン、並びに、鋼片検査結果を基に鋼片造り込みを改善するシステムを導入した。本稿ではこの概要について述べる。

2.2 鋼片検査・精整ラインレイアウト

図 1 に従来の鋼片精整工程と改善後の工程を示す。従来は表面疵検査が手動マグナーの 1 回検査かつ官能検査であり、線材の厳格材に対してはラインを 2 回通材し 2 回検査を行っていた。

改善後の自動鋼片精整ラインのレイアウトを図 2 に示す。1 回目の表面疵検査を“自動マグナー”とし、自動検査による検査精度向上、高生産性化、及び疵画像データ保存を可能とした。また、自動マグナーでの疵位置情報をコンピューター経由“自動疵取装置”へ伝送し、1 回目の疵取りの自動化を図った。自動疵取装置で除去でき

* (1) 釜石製鐵所 製造部 設備グループ マネジャー
岩手県釜石市鈴子町 23-15 〒026-8567 Tel:(0193)22-9049
* (2) 室蘭製鐵所 圧延工場 棒線技術グループ マネジャー

* (3) 君津製鐵所 条鋼工場 線材管理グループリーダー
* (4) 君津製鐵所 条鋼工場 線材技術グループ マネジャー

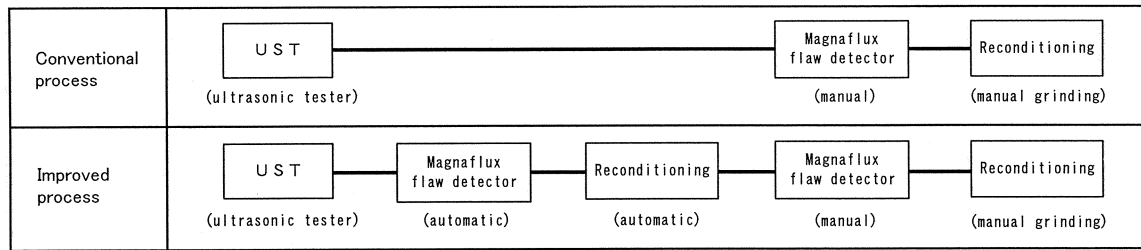


図1 改善前後の鋼片精整工程
Billet conditioning processes

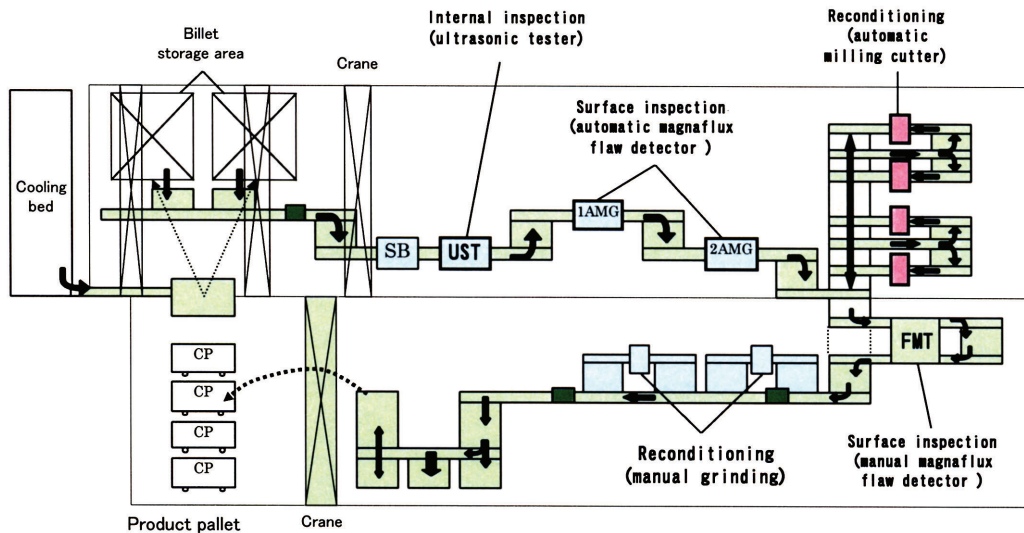


図2 自動鋼片精整ラインレイアウト(改善後)
Automatic billet conditioning line layout (new process)

ない深い疵の対応のため2回目の表面疵検査として“手動マグナー”を連続設置した。また、再検査での検出疵の手入をインライン化するため、2回目表面疵手入れとして“手動グラインダー”を設置した。

2.3 検査・精整設備概要

2.3.1 自動マグナー

自動マグナーの主仕様を表1に、設備概要を図3に示す。本自動マグナーは独自開発したものであり、ヨークコイル・リングコイル

表1 自動マグナー主仕様
Main specifications of automatic magnaflux flow detector

| | |
|------------------------|--|
| Inspection speed | 30 m/min |
| Detectability | Seam: depth ≥ 0.3 mm, length ≥ 5 mm Scab: depth ≥ 0.3 mm, length ≥ 5 mm |
| Magnetization | Ring coil of one set and yoke coil of 2 sets |
| Camera detector | CCD cameras of 3 sets per one billet surface |
| Data processing system | Parallel processing by several general-purpose computers |

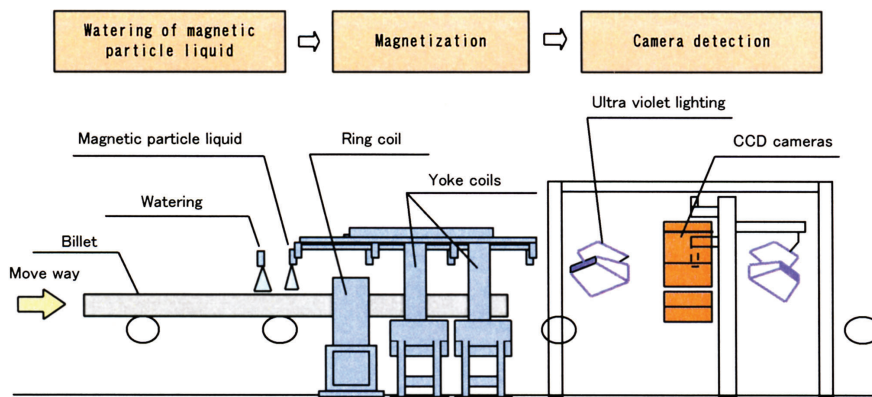


図3 自動マグナー設備概要
Equipment outline of automatic magnaflux flow detector

を併用した複合励磁方式により、銅片長手方向の表面疵、及び、これに垂直方向の表面疵の両方が検出可能である。また、銅片を途中で180度反転させ、4面のうち2面ずつを検査することにより、磁粉液の液だれを抑制し外乱防止を図っている。また、高強度紫外線ランプ、及び、高分解能CCDカメラを採用することにより、疵長さを従来の1/2の5mmまで検出可能とした。

2.3.2 自動疵取装置

自動疵取装置の主仕様を表2に、設備概要を図4²⁾に示す。フラ

表2 自動疵取装置主仕様
Main specifications of automatic milling cutter

| | |
|-----------------|---|
| Cutting method | Milling cut method of two surfaces at the same time |
| Cutting depth | Depth: 1.0 - 3.0 mm |
| Cutting control | Longitudinal way: Hydraulic driven motor, measuring by PLG |
| | Transverse way: AC servomotor |
| | Depth way: AC servomotor, measuring by automatic sensor |
| Cutting type | Staggering split chip type |

イス方式を採用することにより、切削面を鏡面とし再検査時の残疵検査精度の向上を図った。フライス方式とグラインダー方式の手入れ跡比較を写真1に示す。

2.4 鑄造直後全量検査システム

図5に改善前後の出銅から圧延までの工程フローを、図6に改善前後の銅片品質改善の特徴比較を示す。従来は出銅後検査までの工

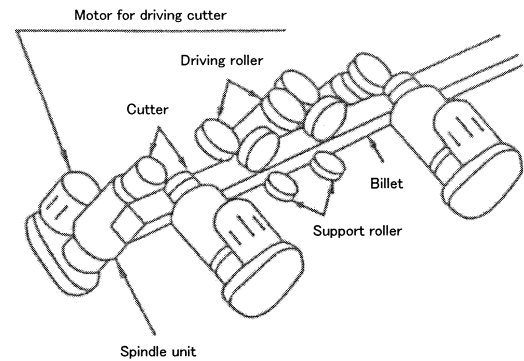


図4 自動疵取装置設備概要
Equipment outline of automatic milling cutter

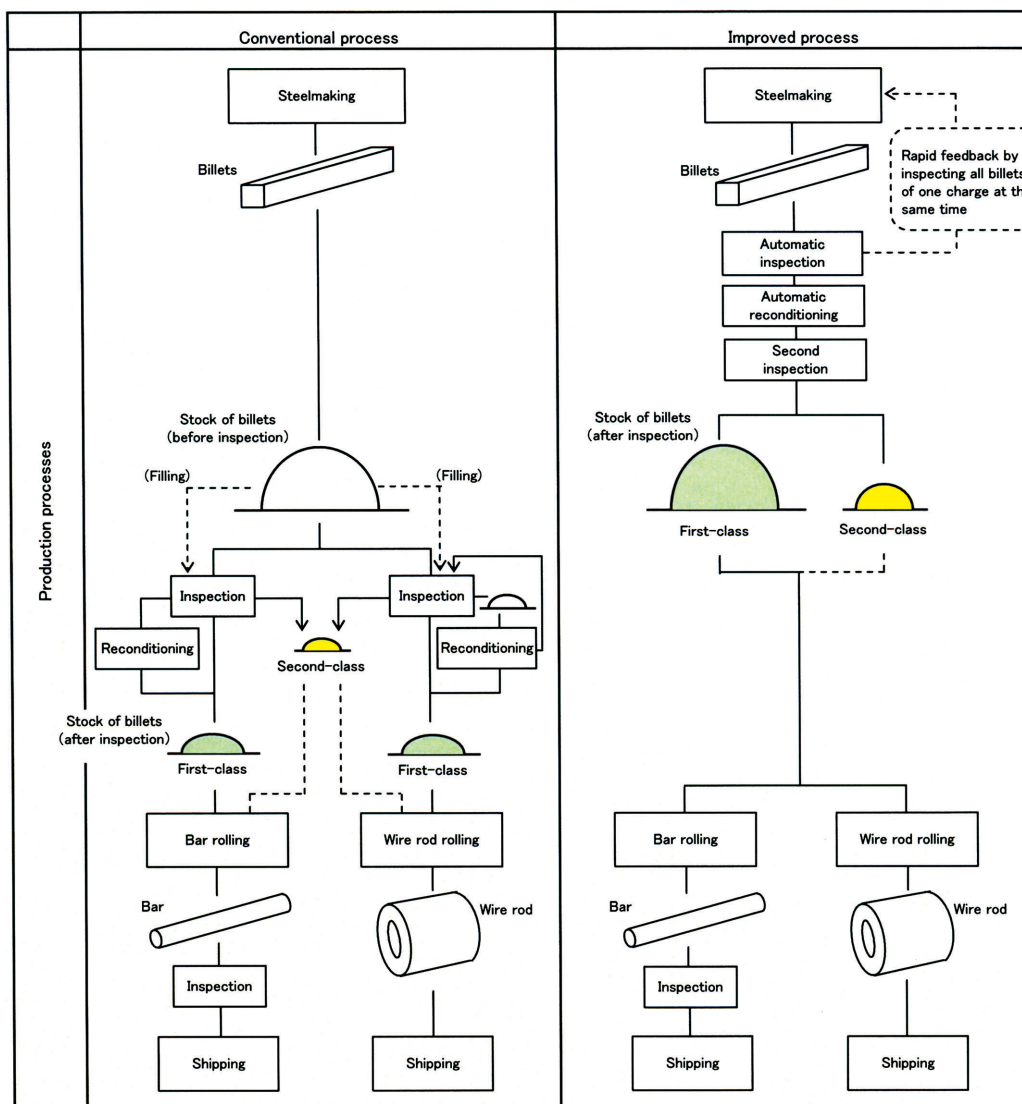


図5 改善前後の工程フロー
Special steel bar and wire production processes

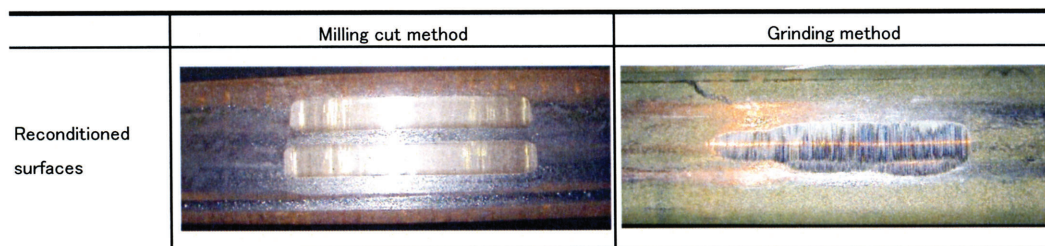


写真1 フライス方式とグラインダー方式の手入れ跡比較
Comparison of reconditioned surfaces between milling cut method and grinding method

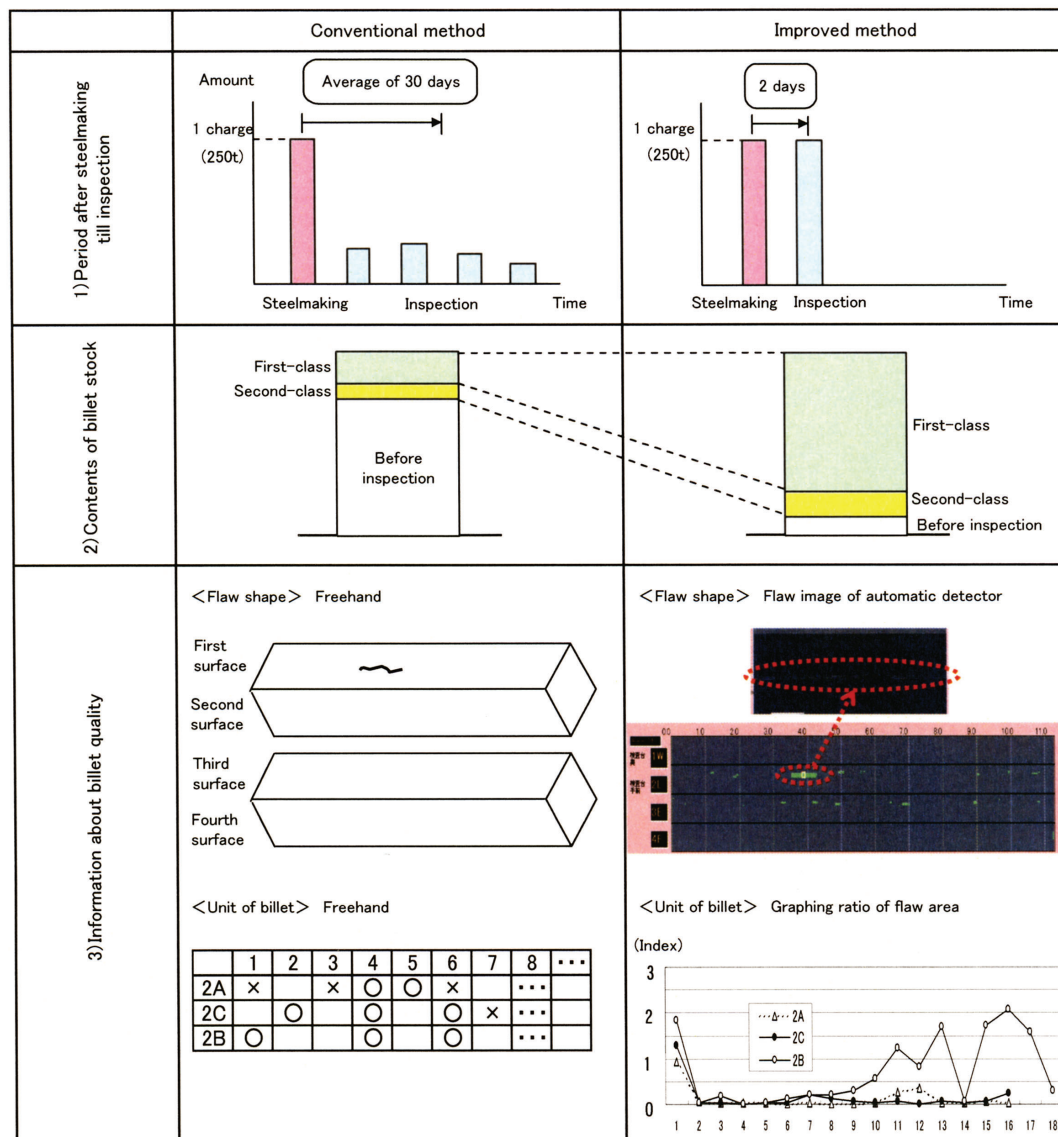


図6 改善前後の品質改善
Quality improvement methods

期が長く、造り込み操業条件と品質の突合せ解析が行いにくく、鋼片品質情報がオペレーター対応であり、疵形態、発生部位、発生率も正確に把握しづらかった。また、在庫ビレットはその殆どが未検査であり、顧客の注文量に合わせ検査を行うため、不合格発生時に補充が必要であった。

鑄造直後全量検査システム導入後は、出鋼後直ちに全量検査を行うことにより、鋼片検査結果の鋼片造り込み工程へのフィードバックが従来の平均30日から2日へ短縮を図れた。更に、疵形態の画像

保存化、発生部位、発生率の定量化を図った。これらの疵情報データを各製造部門、品質管理部門にて迅速に検索閲覧、及びトレンド管理出来る様に所内LAN回線を活用した品質管理システムを構築した。この品質管理システムでは、棒鋼・線材製品と鋼片検査・精整結果のトレサビリティ強化を図り、疵画像データを3年間保存し、顧客での加工工程での品質との突合せを可能とした。また、在庫ビレットを検査済みとすることにより、圧延以降のスケジュール安定、物流直行化を実現した。

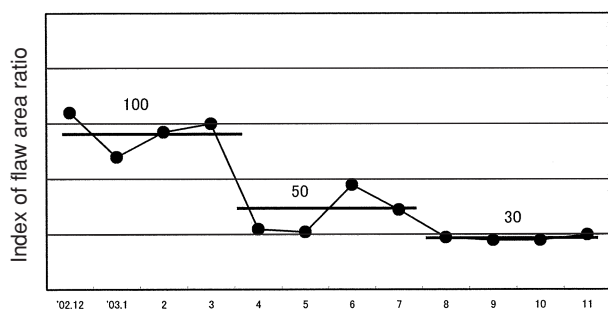


図7 疵面積率推移
Trend of flaw area ratio

表面疵発生度合いの指標として、銅片4面の表面積合計に対する疵有り部面積(5mmメッシュ角)の割合を疵面積率と定義した。この場合の対策後の疵面積率推移を図7に示す。鑄造直後全量検査システムを活用し絶えず品質改善PDCAを図り、安定した銅片造り込みを実施することにより疵面積率の大幅低減が図れた。

2.5 結言

以上の改善対策により、圧延素材である銅片の検査・精整精度の大幅向上、及び、銅片造り込みレベルの飛躍的向上が図れた。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造り込み、検査精度の向上に取り組んでいきたい。

3. 釜石製鐵所 銅片表面疵検査設備の自動化

3.1 概要

釜石製鐵所の従来の銅片表面疵検査は、走間磁粉探傷機を用いた検査であったが、目視の官能検査のため疵検出精度にばらつきがあり、疵の見逃しや逆に過検出による過剰研削の問題を抱えていた。そこで1999年9月に疵検出精度の向上、並びに労働生産性の改善等を目的に、銅片表面疵検査の自動化を図った。

3.2 検査装置の概要

釜石製鐵所の銅片表面疵自動検査装置(Automatic Magneto Graphy:

AMG)の概要を図8に、表面疵の検出機構を図9に示す。本装置は国内では初となる録磁探傷方式を採用しており、検査フローは以下の通りである。

- (1) 搬送ローラによって一定速度で進行している銅片をヨークコイルで帯磁させる。
- (2) 銅片の表面にゴム製の磁気テープを押し当て、疵部に発生した漏洩磁束を疵信号として磁気テープに記録する。
- (3) 1台の検査ステーションで対面の2面を検査し、2台を連続で通材させて4面全体の全長検査を行う。なお、2台の検査ステーションは検査ヘッドが互いに直行する形で配置されており、銅片を回転させることなく4面の検査が可能となっている。
- (4) 磁気テープに記録された疵信号をスキャニング装置で読み取り、信号処理によって基準値以上の疵の位置を特定し、スプレーガン方式のマーキング装置で疵位置に塗料を吹き付けてマーキングを行う。

3.2.1 装置の特徴

本装置の特徴を以下に述べる。

- (1) 疵深さの定量化が可能

録磁探傷方式を採用したことにより、疵深さの正確な判定が可能となった。図10に本方式による疵深さと疵信号との関係を示す。この図から分かるように、一定の深さまで疵深さと疵信号強度とはほぼ比例関係にあり、疵信号から深さの算定が可能である。疵の正確な深さを判定出来るようになったため、疵検出精度は飛躍的に向上し、有害疵の見逃しや過検出を大幅に抑制することが出来た。

- (2) 検査結果の再現性が高い

本方式では銅片表面の漏洩磁束を直接磁気テープに転写、記録するため、外乱の入る余地が少なく、他方式に比べて検査結果の再現性が高い。

- (3) 疵種類別の判定が可能

銅片の表面疵は、割れ疵やへげ状の疵など多岐にわたっており、疵種類毎に有害疵・無害疵の判定基準が異なっている。本装置では疵の幅や連続性から疵種類を推定、判別し、個別に有害性を評価す

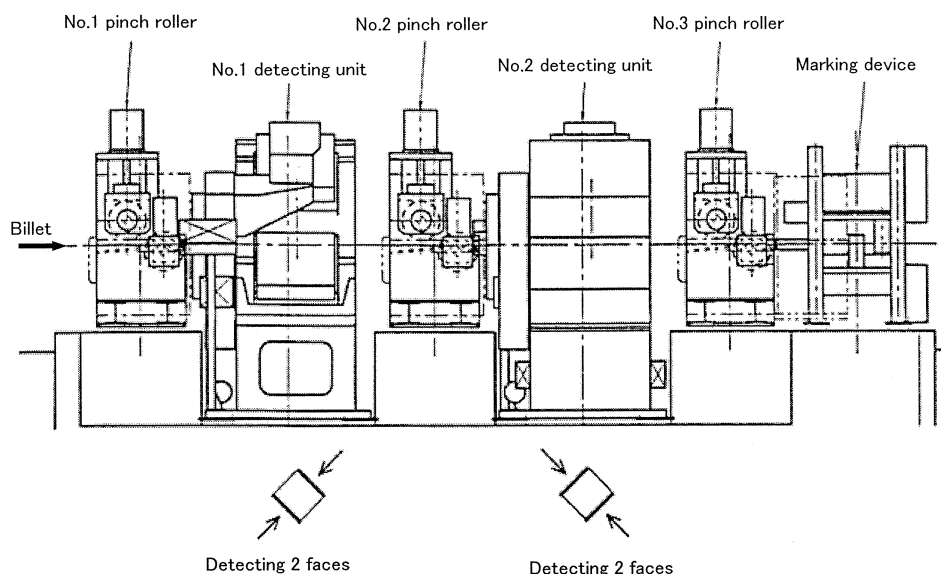


図8 銅片表面疵自動検査装置概要
Equipment outline of automatic magneto graphy

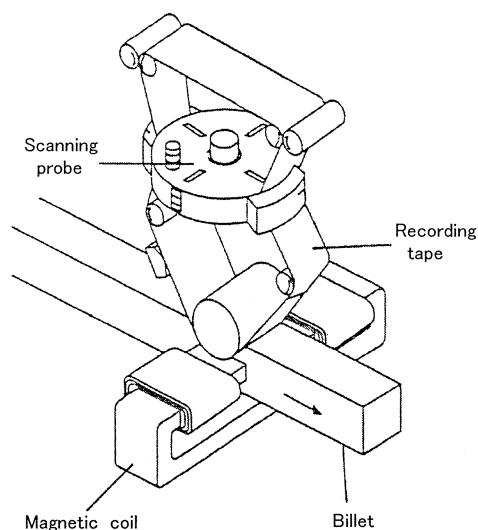


図9 表面疵検出機構
Construction of detecting unit

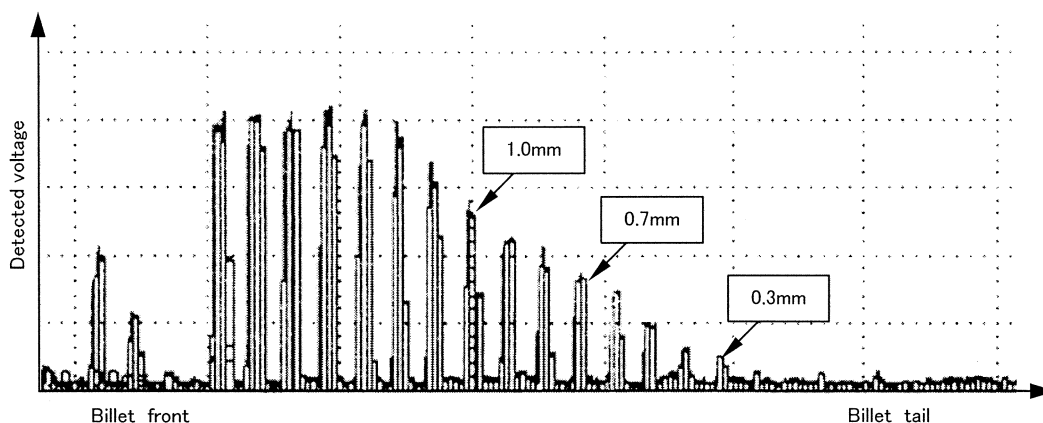


図10 疵信号出力例
Detecting result by depth of defects

るロジックを構築している。

(4) 高速検査が可能

従来の目視検査と比較して、約1.5～2.0倍の高速検査が可能であり、自動化による省力効果と合せて大幅な労働生産性の向上を図ることが出来た。

3.2.2 装置導入時の課題及び対策

録磁探傷方式の検査装置は前述のような長所を備えているものの、一方で鋼片コーナー部の疵検出性や磁気テープの寿命等に課題があり、過去に国外で導入した装置は、現在はいずれも休止状況にある。釜石製鐵所では装置開発メーカーの協力の下、種々の設備改善や磁気テープの品質向上策を図って課題を克服し、長期のトラブル稼働を達成している。本装置導入に当たったの対策実施内容を以下に述べる。

(1) 鋼片コーナー部の疵検出性改善

鋼片コーナー部は磁気テープの密着性が劣るため、疵信号が検出にくく、更にテープ接触部と非接触部の境界等でノイズが発生するため、平面部と比較してS/N比が極端に悪化する。改善策として、スポンジ製のソフトローラで磁気テープを鋼片に押し付けることにより、コーナー部の密着性を確保し、鋼片全周にわたる疵検出を可能とした。更に、鋼片の曲がり等によるスポンジローラ押し付

け量の変動を抑制するため、ガイドローラ機構で常に押し付け量を一定に保持することで、鋼片全長で精度の高い安定した疵検査を実現することが出来た。

(2) 磁気テープ寿命改善

(i) 鋼片と磁気テープとの走行速度同期化

検査ステーションの構造から、鋼片の搬送にはVローラを採用している。このVローラは常に一定の設定速度で駆動しているものの、鋼片の接触位置やローラの摩耗によって、実際の鋼片の走行速度は大きく変動していることが判明した。従って、磁気テープの走行速度を設定速度に制御しても、鋼片との速度差が生じ、このときの摩擦によってテープの損傷を早めていた。そこで対策として、鋼片の実際の走行速度を常時計測し、リアルタイムでテープ速度を制御することで完全に同期化させ、磁気テープの寿命を大幅に改善した。

(ii) 磁気テープ厚さの最適化

磁気テープの寿命改善策として、テープの厚みを増して強度アップを図るのが有効と推察したが、テープ厚さに反比例して、疵信号は劣化する傾向が認められた。そこで、何種類もの厚さのテープで実機試験を繰り返し、有害疵の見逃しが発生しない限界のテープ厚さを追及し、最終的に初期使用テープの約1.5倍まで増厚してテープ

寿命の改善を図った。

(iii) 寿命改善効果

前述の(i)，(ii)の対策，並びにその他の小改善も含めて，磁気テープの寿命は導入当初の5倍まで改善し，ランニングコストの大幅な削減を達成出来た。

3.3 まとめ

銅片表面疵検査の自動化により，疵検出精度の向上や検査コストの削減を達成した。更に本装置の疵位置判定結果をマッピングデータとして活用することで，今後疵取装置の自動化等への発展も考えられる。今後も絶えず銅片精整工程全体の品質保証レベルの向上を図り，需要家の信頼を裏切らない製品造りに貢献していきたい。

4. 君津製鐵所 銅片精整一品管理体制の構築

4.1 概要

君津製鐵所銅片ラインは，自所線材ライン向け銅片の他，釜石製鐵所線材工場向けや他社向けなど，多種多様な銅片を製造している。そのため，銅片精整ラインでの銅片の取扱は大量かつ極めて複雑であり，操業開始以来，確実な現品識別管理や効率的な輸送と保管を重要な課題と認識してきた。更には1980年代後半より，線材の品質要求の厳格化に伴うビレット単位の一貫品質管理が不可欠となってきた。しかしながら，それらはいずれも人手に頼らざるを得

ない煩雑な作業であり，自ずと多くの要員と労力を要するものであった。

君津製鐵所では，1990年代前半のビレット刻印機とその読取装置の開発を皮切りに，銅片精整の自動化・機械化，並びに識別管理体制の充実を進め，製銅及び線材との相互の情報受渡しによる一貫トラッキング体制を構築してきた。その概要について報告する。

4.2 ビレット刻印機並びに自動読取装置

4.2.1 背景

君津製鐵所銅片ラインのレイアウト概略を図11に示す。物流の複雑な銅片精整において，現品を識別しつつの一品管理作業は人手に頼らざるを得ず，現品管理精度の面でも課題があった。そのため銅片精整でのビレット現品識別管理は，特殊なケースを除いては出銅チャージ単位での管理を行なうに留まっており，銅片精整工程は製銅～線材一貫で一品トラッキング体制を構築する上での障壁となっていた。

4.2.2 対策の概要

1991年4月，線材向けビレットの一品管理作業を合理的に実行するため，ビレット刻印機及びその自動読取装置を導入した。その概要は以下の通りである。

ビレット圧延後，ビレット刻印機(図12)にて現品識別管理番号8桁を熱間で刻印する。その後のショットブラストやマグナフラック

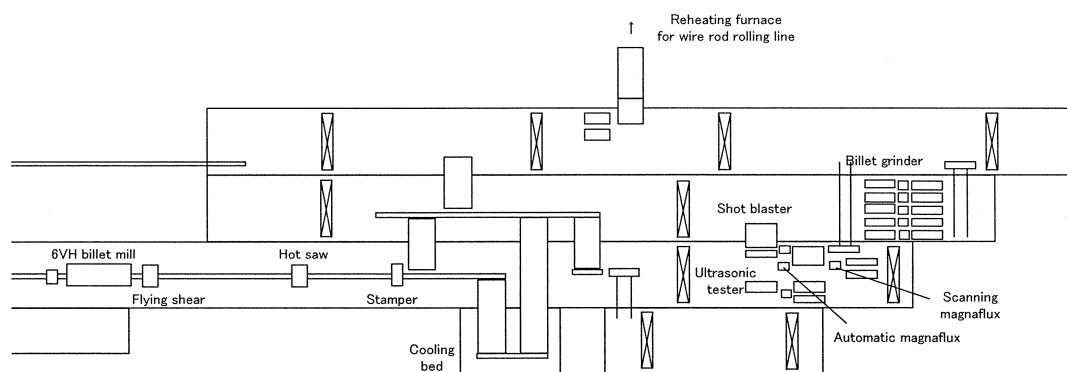


図11 銅片ラインレイアウト(銅片圧延～銅片精整)
Layout of billet rolling and conditioning line

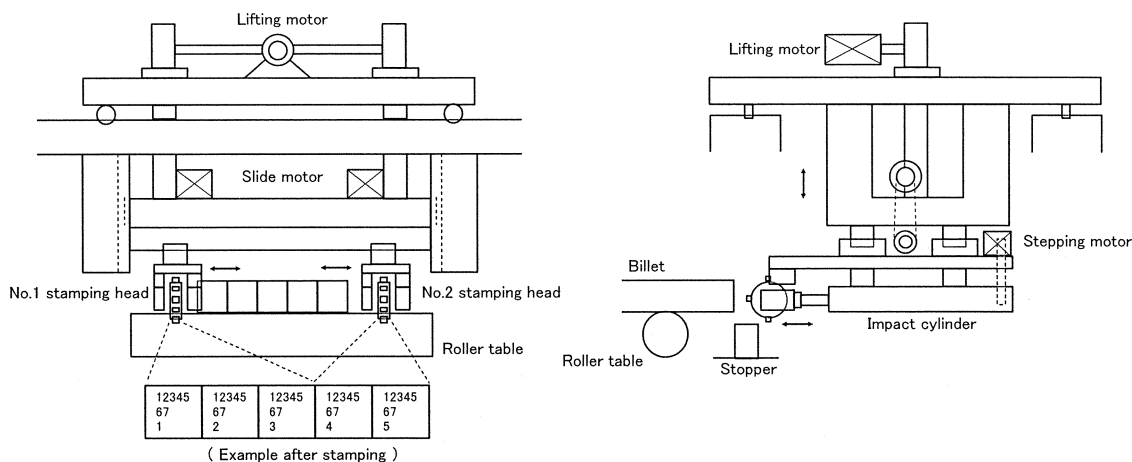


図12 ビレット刻印機
Billet stamper

スなどでの過酷な環境に耐えるため、耐熱ラベルなどの貼付方式とせず刻印方式を採用した。

鋼片精整工程の入側であるマグナフラックスの前面に自動読取装置(図13)を設置し、ショットブラスト後のビレット一品毎にビレット番号を読取って、マグナフラックスによる検査実施順位を把握する。更にその情報は、次工程である超音波探傷やグラインダーでのトラッキングガイダンスとなる。線材加熱炉の入側にも自動読取装置を設置し、ビレット一品毎の加熱炉装入順位を把握して線材圧延工程でのトラッキング情報に取り込む。

この設備対策により、鋼片圧延～線材圧延の一貫工程で現品情報の一品トラッキングが可能となった。追って、鋼片圧延ライン入側に鋳片番号読取装置(製鋼工程出側には鋳片番号のペイント印字装置)を導入し、人手に頼っていた鋳片一品情報の取込を機械化した。更に線材倉庫にも置場一品トラッキングシステムを導入することにより、製鋼～鋼片圧延～鋼片精整～線材圧延～線材出荷の一貫工程における一品トラッキング体制が完成した。

4.3 鋼片置場管理システム

4.3.1 背景

ビレット刻印機・読取装置の導入により、鋼片精整内作業での一品トラッキング体制が構築された。しかしながら、鋼片の置場管理は従来通りの出鋼チャージ単位であり、検査や手入などの次工程で読取を行なうまではシステム上の現品情報は不明であった。そのため、置場における現品の一品単位での認識は引き続き人手に頼っており、多くの要員を必要とする非効率的な作業が残されていた。

4.3.2 対策の概要

1993年12月、鋼片精整ヤード内において置場一品管理の機械化を実現するため、現品トラッキングの起点となる冷却床において、ビジネスコンピュータによるトラッキングシステムを構築、そしてその情報を置場管理に活用するためのクレーン端末を設置した。その機能概要は以下の通りである。

ビレットの置場への受入・移動の作業都度、吊り本数単位で移動実績をクレーン端末に入力することにより、圧延直後の置場受入時の一品情報をトラッキングする。従来はこの情報がないため、下回り要員が現品を確認してクレーンに合図するという作業を行っていた。更に置場の一品情報を活用し、マグナフラックスによる検査後にビレット一品毎の合否情報に従って自動仕分を実施する。現品トラッキング精度を維持するため、クレーン端末には誘導無線による位置検出装置を、各工程には現品確認バックアップ用のITVカメラと運転室モニターを設置した。

この設備対策により、製鋼～鋼片圧延～鋼片精整～線材圧延～線材出荷の一貫工程における一品トラッキングを、途切れることなく全て自動で行なう体制が確立した。鋼片精整における現品管理システム構成の概略を図14に示す。

4.4 その他

君津製鐵所では、鋼片精整における検査情報・品質情報を合理的に管理する体制についても検討してきた。1997年には室蘭製鐵所と同様の自動マグナフラックスを導入し、鋼片疵検査と疵部マーキングを自動で行なうのみならず、ビレット番号読取装置を活用して、

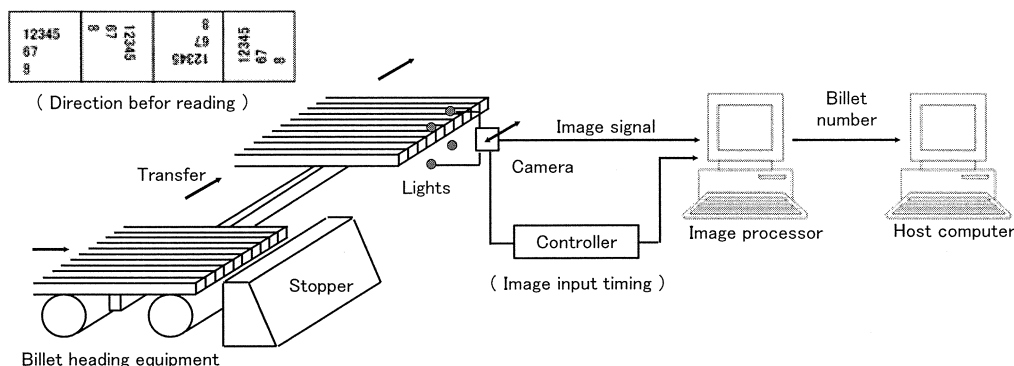


図13 自動読取装置
Reading system diagram

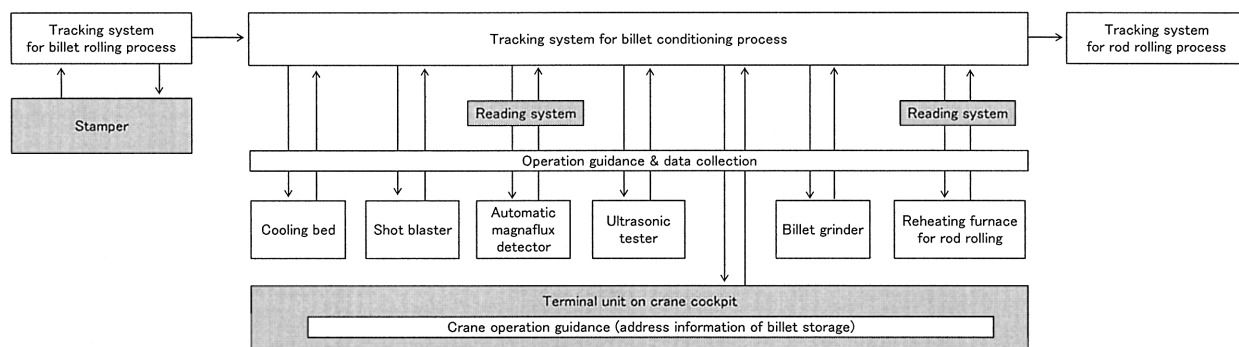


図14 鋼片精整工程における現品管理システム構成
Diagram of tracking system for billet conditioning line

検査基準の制御及び検査実績をビジネスコンピュータへ取込む体制を構築した。更に超音波探傷についても同様に、検査基準の制御及び検査実績情報の取込みを導入したほか、ビレットグラインダーの稼動状況をビレット単位で把握して、ビレットの品位に関する情報を自動的に管理できるしくみも確立した。

4.5 まとめ

君津製鐵所銅片精整の最近の一品管理体制及び品質管理体制の構築について述べた。線材全長の品質を管理できる最終工程である銅片精整において、品質情報のトラッキングとその自動管理体制確立の意義は極めて大きい。今後この体制を十分に活用し、線材の品質の高度化と顧客の信頼の更なる向上に努めていきたい。

5. おわりに

銅片精整工程における設備改善・システム改善事例について述べた。新日本製鐵では今後もますます高度化してくる需要家からの品質改善要求にこたえていくため、更なる品質管理レベルの向上、品質保証体制の改善に取り組んでいく。

参考文献

- 1) 坂口 登:第157, 158回西山記念技術講座. 日本鉄鋼協会編, 1995-5, p.167
- 2) 坂口 登:第157, 158回西山記念技術講座. 日本鉄鋼協会編, 1995-5, p.171