
線材棒鋼工場新ブロックミル設備概要と操業

An Outline of the New Block Mill and Its Operating Results at Mizushima Works

野田 昭雄(Akio Noda) 金堂 秀範(Hidenori Kondoh) 小西 幸一(Kouichi Konishi)
小松 重之(Shigeyuki Komatsu) 福田 実(Minoru Fukuda)

要旨：

水島製鉄所では線材の高品質化，高生産化の要求に応えるため，既設棒鋼工場に線材仕上ブロックミルラインを増設し，新線棒工場として昭和59年9月に操業を開始した。新工場は1ストランドミルで直棒，バーインコイル，線材という多品種，多サイズ製造の操業を実現するため，線材の高速圧延と高速巻取りに関する設備の機能を付加し，各種プロセス制御の導入により超高速圧延を達成した。また素材受入から製品出荷まで全工程をコンピュータで生産管理し，ミルライン自動設定制御などにより高能率操業が実現している。過去1年の操業実績でも月間平均速度で100 m/s(5.5 mmφ)を超え，寸法精度も±0.2mmと安定した操業結果が得られている。

Synopsis：

To meet demands for higher quality and higher productivity of wire rods, Mizushima Works additionally installed a wire-rod finishing block mill line to the existing bar mill, and started the operation of this mill line as a new wire and bar mill in September 1984. This new plant realized the manufacture of multi-kind and multi-size products including straight bars, bars-in-coil and wire rods using a single strand mill. For this purpose, the new plant added equipment-functions related to high-speed rolling and high-speed winding of wire rods, and introduced various kinds of process control to achieve super-high speed rolling. The entire process ranging from raw material acceptance to product delivery was under computerized control, and high-efficiency operation was realized by the mill-line automatic setting control. The operational record of the new wire-rod and bar plant for the past year was satisfactory, showing monthly average speed exceeding 100m/s (5.5mmφ) and dimensional accuracy stabilized at ±0.2 mm.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

An Outline of the New Block Mill and Its Operating Results at Mizushima Works



野田 昭雄
Akio Noda

水島製鉄所 条鋼圧延
部線材棒鋼課 課長



金堂 秀範
Hidenori Kondoh

水島製鉄所 条鋼圧延
部線材棒鋼課 掛長



小西 幸一
Kouichi Konishi

水島製鉄所 条鋼圧延
部条鋼技術室



小松 重之
Shigeeyuki Komatsu

水島製鉄所 電気計装
部電気計装技術室 掛
長



福田 実
Minoru Fukuda

水島製鉄所 設備部設
備技術室

1 緒 言

近年、線材コイルは仕上圧延ノーズイスト型高速ブロックミルの出現により、表面品質と寸法精度の向上とともに、仕上圧延速度の向上によるコイルの大単重化が進行している¹⁾。当社の水島製鉄所の線材工場（昭和40年稼働）においても、高級鋼を安定的に生産しうるように既設棒鋼工場に線材圧延用ブロックミルラインを設置するリフレッシュ計画を進めてきた。当計画の特色は全連続ノーズイスト型であるため、高級鋼の生産には最適の設備構成となっていることである。しかし、1ストランド圧延であるため圧延速度を極めて大きく（世界最高）するとともに、高級鋼の小ロットを進続的に圧延するシステムの構築が必要であった。1981年秋より検討を開始し、1982年10月に設備およびシステムの建設に着手、1984年9月に操業を開始した。現在、稼働後1年を経過し、5.5mmφの圧延速度105m/sをはじめとして、計画時の目標をほぼ達成して順調に稼働している。

本稿では、新線材工場のブロックミル設備概要と操業実績を紹介する。

* 昭和60年11月11日原稿受付

要旨

水島製鉄所では線材の高品質化、高生産性化の要求に応えるため、既設棒鋼工場に線材仕上ブロックミルラインを増設し新線材工場として昭和59年9月に操業を開始した。新工場は1ストランドミルで直棒、バーインコイル、線材という多品種、多サイズ製造の操業を実現するため、線材の高速圧延と高速巻取りに関する設備機能を付加し、各種プロセス制御の導入により超高速圧延を達成した。また素材受入から製品出荷まで全工程をコンピュータで生産管理し、ミルライン自動設定制御などにより高能率操業が実現している。過去1年の操業実績でも月間平均速度で100m/s (5.5mmφ)を超え、寸法精度も±0.2mmと安定した操業結果が得られている。

Synopsis:

To meet demands for higher quality and higher productivity of wire rods, Mizushima Works additionally installed a wire-rod finishing block mill line to the existing bar mill, and started the operation of this mill line as a new wire and bar mill in September 1984. This new plant realized the manufacture of multi-kind and multi-size products including straight bars, bars-in-coil and wire rods using a single strand mill. For this purpose, the new plant added equipment-functions related to high-speed rolling and high-speed winding of wire rods, and introduced various kinds of process control to achieve super-high speed rolling. The entire process ranging from raw material acceptance to product delivery was under computerized control, and high-efficiency operation was realized by the mill-line automatic setting control. The operational record of the new wire-rod and bar plant for the past year was satisfactory, showing monthly average speed exceeding 100 m/s (5.5 mmφ) and dimensional accuracy stabilized at ±0.2 mm.

2 新ブロックミル設備の特徴

2.1 基本構想

線材製品の高品質化と生産性の向上を目的として、全連続ノーズイスト配列による高級鋼生産ミルである既設棒鋼工場へ線材仕上ミルラインを増設し集約する。この結果、新線材工場は1ストランドで5.5mmφの線材から73mmφの棒鋼まで製造する世界に例のない小ロット、多サイズ圧延ミルとなった。計画の狙いを以下に示す²⁾。

(1) 線材圧延では世界最高レベルの超高速圧延の実現による高生産性の達成。

- (2) 小ロット、多品種、多サイズ圧延に対応し、製造プロセスの自動化および製造条件変更の自動化。
- (3) 高品質製品の製造を保障するブロックミルでの圧下制御、ステルモア熱処理の多様化、無摺動搬送、および探傷機などによる品質保証体制の強化。

2.2 基本仕様

Table 1 に素材、生産品種、鋼種および生産能力を示す。

Table 1 Product specifications

Material	Carbon steel, alloy steel, stainless steel
Billet size	150 mm W ×150 mm H ×6 500~1 300 mm L
Billet weight	2 250 kg max.
Product size	
Wire rod	5.5-15 mm ϕ
Round bar	16-73 mm ϕ
Capacity	38 000 t/month

2.3 設備配置

Fig. 1 にブロックミルライン設備配置を示し、特徴を以下に列記する。

- (1) ブロックミルは既設設備、建屋を有効活用しポアリングヤードに隣設設置した。また土木基礎、建屋コストを総合評価し、ミルバスレベルは既設ミルに比較し約 3 m 高くし、半 2 階建構造を採用した。
- (2) 既設棒鋼ミルよりブロックミル間は 94 m 離れているため、材料の誘導性を保証するピンチロール、大型ルーバを設置している。
- (3) ブロックミルより巻取設備は高速誘導性と冷却能力より水平ストレートラインとし、水冷ボックス長は 50 m に設定した。
- (4) リフォーミングタブは 2 アームマンドレル方式でコイル集積落差は約 9 m あるため半地下構造とし、床上に配置されたコイルコンベアラインへ約 3 m コイルをリフトし接続している。
- (5) コイル精整設備は既設バーインコイル精整設備の有効活用を図り、移載機により新精整設備と結ぶことにより検査や結束などの作業を統合・共用化している。また精整作業のオンライン

処理化により、製品コイル置場は保有せずすべて圧延後倉庫へ出荷される。

3 主要設備の特徴

3.1 既設棒鋼ミル設備

既設棒鋼ミルは 16 から 73 mm ϕ までのバーインコイルおよび、直棒を圧延しており、線材圧延時は中間仕上圧延設備として機能する。Table 2 に仕様を示し、以下に特徴を列記する。

- (1) ウォーキングビーム式加熱炉により表面脱炭、内部拡散の制御が可能、および無摺動搬送によりすり疵の防止が可能。
- (2) H-V 配列の全連続ノーズツイスト圧、および張力制御による高寸法精度の圧延が可能。
- (3) 大断面ビレットによる 2 t コイルの製造。

3.2 ブロックミルと誘導設備

1 ストランドミルで線材・棒鋼コンパインド型ミルを成立させるには、既存のブロックミルの高速圧延性をさらに向上させ、また小ロット、多サイズ化に対応してロールチャンスフリーに近づくことが不可欠である。Photo 1 にブロックミルを示し、以下に特徴を列記する。

- (1) 超高速ミルとして 5.5 mm ϕ で 100 m/s、7 mm ϕ 以上のサイズで圧延能率換算 100 t/h の圧延速度を有し、通常型ミルの 2 ストランド分に相当する能力を有する。
- (2) 制御圧延に備え入口材料温度は 850°C での低温圧延が可能で高荷重型ミルである。
- (3) ブロックミル内の圧延温度を制御するスタンド間クーリングを設置している。
- (4) サイズ替えの短縮、圧下制御のため遠隔ロール圧下、ロールスキ制御の機能を有する。
- (5) 寸法精度および圧延疵防止を保障するため全スタンドにローラーガイドを採用。
- (6) 高速制御圧延をサポートするものとしてロールネックメタル温度、荷重などのセンサーを備え、監視を充実させている。
- またブロックミルは既設最終圧延機より 94 m の位置に設置されているため誘導設備には以下の配慮を行っている。

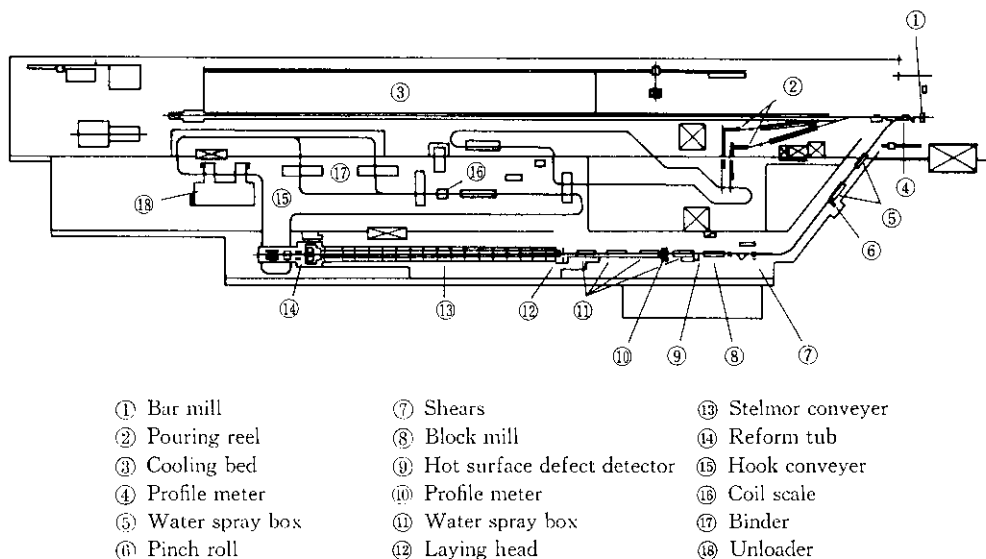


Fig. 1 Layout of the block mill

Table 2 Bar mill line facilities

Equipment	Specifications
Reheating furnace	Type : Walking beam type with 4 zones Billet : 150 mm□ × 13 000 mm Capacity: 150 t/h Maker : IHI Unit : 1
Roughing mill	Type : Horizontal mill × 3 Vertical mill × 3 Roll size: H ₁ & V ₂ stand 550 mmφ × 900 mm H ₃ & V ₄ stand 500 mmφ × 900 mm H ₅ & V ₆ stand 440 mmφ × 900 mm Motor : DC 450 kW (600/1 000 rpm) × 6 Maker : Hitachi Zosen Corp. Unit : 6
Intermediate mill	Type : Horizontal mill × 3 Vertical mill × 3 Roll size: 400 mmφ × 700 mm Motor : H ₇ & V ₈ stand DC 450 kW (600/1 000 rpm) H ₉ & V ₁₀ stand DC 600 kW (480/1 000 rpm) H ₁₁ & V ₁₂ stand DC 900 kW (480/1 000 rpm) Maker : Hitachi Zosen Corp. Unit : 6
Finishing mill	Type : Horizontal mill × 3 Vertical mill × 3 Roll size: 365 mmφ × 700 mm Motor : H ₁₃ , H ₁₅ & V ₁₄ stand DC 1 000 kW (480/1 000 rpm) V ₁₆ DC 900 kW (480/1 000 rpm) H ₁₇ & V ₁₈ stand DC 1 200 kW (480/1 200 rpm) Maker : Hitachi Zosen Corp. Unit : 6

- (1) 材料の誘導性を保証するためパスライン変更はすべて曲線とし円弧トラフを採用のうえ、中間にピンチロールを設置している。
- (2) 先尾端をカットするシャーは材料速度最大 15 m/s の高速カットに対応して、材料けり上げ刃とけり下げ刃の 2 種類を同軸に設置した固定デフレクター方式を採用し、タイミング制御の安定化を図っている。またサンプルはシュートの切り換えにより自動採取可能としている。
- (3) 高品質鋼製造のため誘導路曲線部はガイドローラー付きトラフ温度制御用水冷ボックス、長距離搬送に伴う材料表面スケール除去用デスケアラ、および張力制御用大型ルーバーなどを設置している。

Table 3 に設備仕様を示す。

3.3 巻き取りおよび調整冷却設備

3.3.1 巻き取り設備

高速圧延実現の成否は巻き取り設備によって決定されると言っても過言ではなく、稼動中の線材工場は全て例外なくこの巻き取り設備によって最高圧延速度が律速されている。当ラインには高速安定

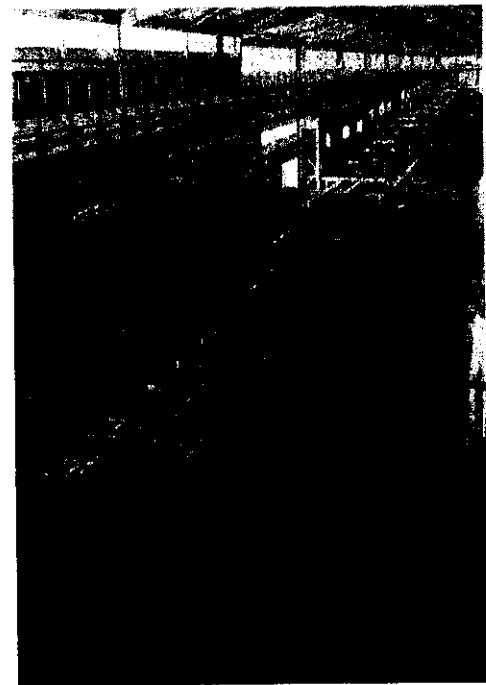


Photo 1 Block mill line

Table 3 Block mill line facilities

Equipment	Specifications
Pinch roll ahead of block mill	Type : Air pinch type Roll size: 158 mmφ Motor : DC 60 kW (1 900 rpm) Maker : SHI-Morgan Unit : 1
Shear	Type : Rotary type Motor : Crop shear DC 110 kW (500 rpm) Chopping shear DC 90 kW (850 rpm) Maker : SHI-Morgan Unit : 2
Block mill	Type : 10 stands on twist mill Roll size: #19~#20 stand 210 mmφ #21~#28 stand 158 mmφ Maker : SHI-Morgan Unit : 1
Main motor of block mill	Capacity: AC 6 000 kW (700/1 400 rpm) × 1 Control : AC-VVVF Digital ASR control Maker : Toshiba Unit : 1

巻き取りを実現するため以下の特徴を有している。

- (1) 高速誘導性を保証するため、ブロックミルより巻き取りレイングヘッドまでの誘導パイプの 5.5 mmφ の専用化を図るとともに、水冷ボックスとノズル取り換え時のパス芯狂いを防止するため水冷ボックスに自己センタリング機構を採用している。
- (2) 安定巻き取りの実現、すなわちリングパタンの乱れによる冷却むら、搬送トラブルを防止するため、
 - (a) ピンチロールは上下ロール圧下方式を採用し、ピンチ圧

力精密制御および全長にわたる線材張力制御を開発導入して、レイングヘッドへ安定に線材を送り込むことを可能としている。

- (b) レイングヘッドは振動防止の点より傾斜角 10° 固定方式とし、パイプは 1 ピース化のうえ製作寸法精度を ±170 g/m に管理することによりバラツキを抑えている。
- (3) 正延先尾端の非定常部のリングコントロールに後述するリング先尾端落下位置制御、尾端加減制御などの導入を行っている。
- (4) 渦流探傷機およびたさ計を設置しオンラインでの品質保証を行っている。

3.3.2 調整冷却設備

線材製品の強度、内部組織などに関する品質要求はますます高度化している。この品質要求を満足しオンライン熱処理の多様化に対応できるように、以下の特徴を有する³⁾。

- (1) 冷却能力は、断熱徐冷の緩冷却から高圧衝風冷却の急冷却まで、非常に広い幅を有している。
- (2) 搬送コンベアはローラー方式を採用し、コンベア幅方向の均一冷却化と共に搬送コイルの引掛りトラブルを防止している。
- (3) 冷却速度はコンベアとブロワセクションを多分割化し、VVVF 制御により任意に設定可能としている。

従来より当設備はブロワによる騒音が高く作業環境として問題であったが、本設備は全ブロワにサイレンサを設置したうえ本体に防音ラッキングを施工し、さらにブロワ全体を防音ボードで完全に密閉化したことにより、作業環境は著しく改善されている。

3.3.3 コイル集積設備

1t コイルは、歩留りと圧延効率向上を図るため、コイル集積中

にタブシャーによりオンラインで 2t フルコイルを 2 分割することにより製造する。この結果、従来はセイル・ダウンエンダ方式であったが処理能力の点より 2 アームマンドレル方式を採用した。

- (1) 処理能力としてのタイムサイクルは 33 秒と圧延効率換算で 120 t/h を有している。
- (2) タブシャーは切り口が鋭利にならぬように傾斜刃を採用した。またカット時のリング分割機能を向上させるためダブルアイリスとし、100% のオンライン分割を実現している。
- (3) コイル形状の整形はリング落下位置制御、ノーズコンの 8 枚羽根化などにより非常に美しい形状が得られる。
- (4) フックラインへのコイル受け渡しは、昇降機構を備えたトランスファーカーにより、マンドレルより無摺動でコイル高さを演算しフック中央へセンタリングのうえ、行われる。

Table 4 に設備仕様、Photo 2 に巻き取り状況を示す。



Photo 2 Laying head

Table 4 Laying head, stelmor and reform tub line facilities

Equipment	Specifications
Pinch roll ahead of laying head	Type : Air pinch type Roll size: 158 mmφ Motor : DC 185 kW (1 800 rpm) Maker : SHI-Morgan Unit : 1
Laying head	Type : Inclined type (10°) Laying pipe: STPA 24 40 A 1 piece pipe Motor : DC 185 kW (1 350 rpm) Maker : SHI-Morgan Unit : 1
Water spray box	Type : Cooling nozzle type × 4 zones Capacity: 600 m³/h max Maker : SHI-Morgan Unit : 4 × 2
Stelmor conveyer	Type : Roller conveyer × 8 zones Blower : 250 mmAq × 1 100 m³/min × 11 Control : AC-VVVF Maker : SHI-Morgan Unit : 1
Reform tub	Type : 2 Arm mandrel Tub : Inside 900 mmφ Outside 1 350 mmφ Shear : Swing arm shear with double irises Maker : SHI-Morgan Unit : 1

3.4 コイル精整設備

コイル精整設備は従来よりオンライン設備に位置付けられているが、ミルエンドにコイルストックヤードを保有していることもあり、仕掛りコイルの発生によるオフライン処理が存在し、これが生産性を低下させていた。本計画ではコイル精整を完全オンライン設備に位置付け、すべて自動ハンドリングおよび自動処理を行うことにより圧延後直ちに出荷し、コイルストックヤードは最小限としている。Table 5 に設備仕様を示し、以下に特徴を列記する。

- (1) 製品品質を保証するため集積より出荷まですべて無摺動パワーアンドフリーコンベアで一連の精整処理を実施し搬送する。
- (2) 新コンベアラインに検査、結束などの精整作業を統合し、既設パーインコイルコンベアと新ラインを移載機で結ぶことにより既設設備を流用したうえ、精整作業の効率化を図っている。
- (3) 結束機はオンライン処理化するため 8 点結束、多段加圧などの多機能化し、すべて自動フープ結束を可能としている。

Table 5 Conditioning line facilities

Equipment	Specifications
Conveyer	Type: Power & free Total length of P & F conveyer: 400 m Traveling speed: 18.5 m/s Number of hook: 70 Storage length: 1 950 mm Motor : 25 kW × 1 200 rpm Capacity: 100 coils/h Maker : Daifuku Unit : 2
BIC transfer	Type : Lifting car type Lift : 700 mm Motor : 2.2 kW P.C. motor Maker : Daifuku Unit : 1
Coil scale	Type : Load cell type Range : 4.0 t max Indication: 1 kg min Accuracy : ±1 kg Maker : Kawatetsu Instrument Unit : 1
Automatic binder	Type: Hoop binding Point of binding: 2.4 & 8 points Compression of coil: 10~30 t (hydraulic mandrel press) Tightening force of hoop: 200~500 kg (air motor) Binding hoop Thickness: 0.9~1.2 mm Width : 32 mm Capacity 4 points binding: 60 coils/h 8 points binding: 45 coils/h Maker: Daifuku Unit : 2
Unloader	Type: Lifting car & storing car type Lifting car Lift : 650 mm Travel: 7 990 mm Motor : 1.5 kW (P.C. motor) Storing car Capacity: 4 coils/line Number of line: 2 line/car Travel: 2 000 mm Total capacity: 100 coil/h Maker: Daifuku Unit : 2

3.5 潤滑システム

ブロックミルの高速圧延を阻害するロール軸受の焼損事故を無くすため、潤滑システムの狙いを以下のように設定した。

- (1) NAS 7 級の潤滑油清浄度が維持できるシステムの構築
 - (2) 潤滑油清浄度の悪化を早期に検出するセンサーの採用
- 潤滑油システムの仕様を Table 6 に、系統図を Fig. 2 に示す。

Table 6 Lubrication system specifications

Equipment	Unit	Specifications
Tank	2	Capacity : 58 000 l Material : Stainless steel
Sub tank	1	Sub tank : 7 000 l Pressure tank : 2 700 l
Pump	2	Main pump : 1 100 l/min Sub pump : 230 l/min
Filter	4	Main filter : Nominal 20 μm Roll neck metal filter: Nominal 6 μm
Centrifuge	1	Capacity : 6 000 l/h

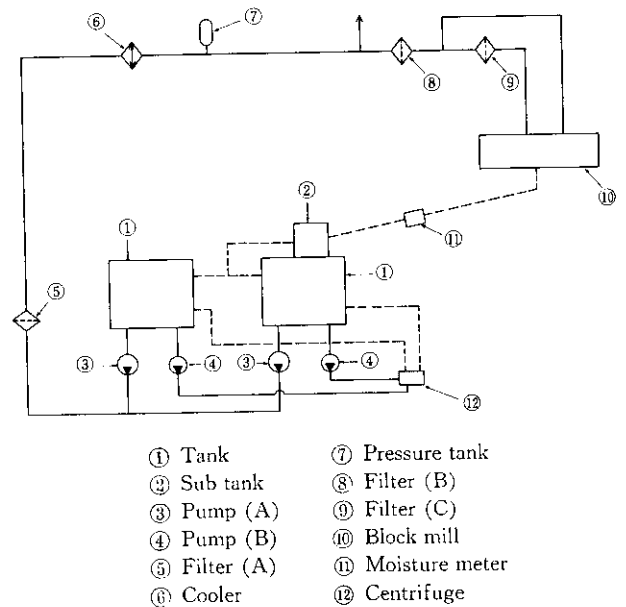


Fig. 2 Schematic diagram of lubrication system

以下にその主な特徴を示す。

- (1) タンクと配管はステンレスを使用し、系内からの異物発生を防止する。
- (2) ロール軸受への給油はロール側軸受と駆動側軸受の2系統に分け、最適のフィルトレーションとする。
- (3) 系外からの異物侵入防止。
 - (a) オイルセラーは完全密閉構造とし、吸排気ファンにより大気圧 +10 mmAq に保持する。
 - (b) ロールネックシールからの水の侵入を水分計で検出し、シール取替の適正化を図る。
 - (c) 圧延時は、使用タンクの潤滑油を遠心清浄機で常時処理する。

3.6 電気設備概要とプロセス制御

線材ブロックミルラインにおける超高速圧延を可能とした高エネルギー、高品質のプロセスを実現させるためにプロセス制御面で数多くの新しい制御システムを導入した⁹⁾。電気設備の基本方針として以下の主要項目を設定した。

- (1) 超高速圧延に適合した高性能、高信頼性の自動運転システムの構築
- (2) 高生産性、安定操業を狙いとした高度なプロセス監視システムの構築
- (3) 高品質製品生産を考慮した高度なプロセス制御の導入と固有技術の確立
- (4) 省エネルギー、省力化を考慮した高効率機器、制御システムの導入
- (5) 線材圧延のモデル化、定量化に適合した制御システムの実現化
- (6) プロセス制御のレベルアップ、変更などに対する拡張性、フレキシビリティを指向したシステム構築

3.6.1 電気制御システムの特徴

電気制御システム全体としての主要な特徴を以下に示す。

- (1) プロセスコンピュータ、マイクロコントローラ、およびプログラマブルディスプレイの有機的なリンクージュによる高性能自動化システムである。
- (2) プログラマブルディスプレイ、コンパクトデスクを特徴とする本格的なワンマン型オペレーションコンソールシステムである。
- (3) ブロックミル駆動用として世界最大容量 (6000 kW) 全デジタルサイリスタモータを適用している。
- (4) プロセス全体のトラッキングシステムをベースとした機械、電気制御システムおよびプロセスコンピュータを包含した総合シミュレーションシステムを導入している。
- (5) プロセス全体の運転、保守性を考慮した新しい設備運転監視システムを導入している。

3.6.2 DDC マイクロコントローラ制御システム

線材ミルラインの DDC 制御システムの構成を Fig. 3 に示す。本システムはプロセスコンピュータ、DDC コントローラ、プログラマブルディスプレイおよびモート IO が多重伝送ラインによって 1 ループ状にネットワーク接続されており、プロセス情報や制御情報を伝送系を介して共有できる特長を有しており、全自動化制御、プロセス監視などの高度なシステム化に大きく寄与している。

DDC 制御システムはミルラインとともにコイル精整ラインについても同様の考え方で導入されている。

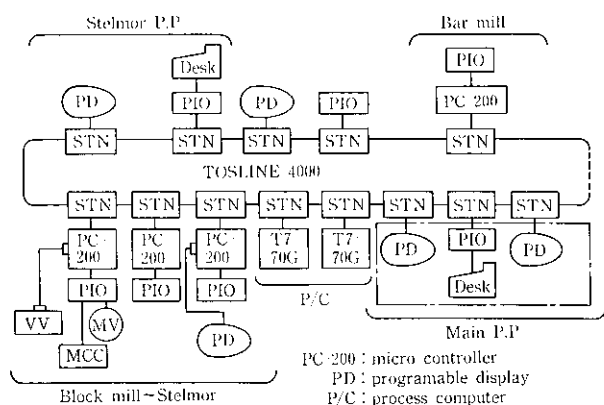


Fig. 3 Block diagram of total control system for rod mill

3.6.3 運転および監視システム

線材ミルラインの運転および監視システムの新技术として、圧延プラントとしては初のオペレーションコンソールシステムを採用した。本システムはプログラマブルディスプレイとキーボードおよび



Photo 3 Operation desk

シミュレーション、トラッキングパネルより構成されたもので、本格的なワンマン運転と監視を実現させている。

Photo 3 はプログラマブルディスプレイを使用した主運転デスクであり、Fig. 3 に示す全体システム系統図のように、すべてのドライブ系、センサー、コントローラ、操作デスクなどが有机的に結合されており、速度、電流などの基本的な情報はもとより、各設備の動作、センサーの動作、インターロック表示、材料の流れ表示、各種制御機能の動作表示など従来形の操作デスクとは比較にならないほどの豊富な情報を得ることが可能となり、運転、監視および保守の省力化に対し大きく寄与している。

本システムの特長は以下のとおりである。

- (1) 操作デスク自体がコンパクトでワンマン型のスタイルであり操作性、監視面で数多くの工夫を施している。
- (2) オペレーションガイダンスが充実化され、かつ、定量化されている。
- (3) 機械動作状況、材料トラッキングをベースとした機械、電気制御システムおよびプロセスコンピュータを包含した総合シミュレーションを可能とする構成であり、その結果の判断が容易なシステムである。
- (4) ラインの運転状況はもとより、電気制御系、電源系、センサーの故障状況など電気設備監視情報についても表示することにより、プロセス全体の運転と監視が可能である。

3.6.4 主機駆動システム

ドライブシステムとしては、省エネルギー、高性能性、高信頼性などを主な狙いとして、交流機化とデジタル化を設定し全体の設備を構築した。ここではブロックミル用主電動機ドライブシステムについて紹介する。

本電動機の定格は 6000 kW 800/1400 rpm であり、これは圧延機用全デジタル制御サイリスタモータとしては世界最大容量であり、高速線材ミルでは、従来は複数台の直流電動機をタンデムに結合した 2 電動機または 3 電動機方式が採用されてきたが、本設備では 1 台のサイリスタモータにて実現した。この結果、電動機単体で直流機方式に比べ、

- (1) 電動機全長で 50% の減少が図れた。
- (2) 効率で 2% 以上向上した。
- (3) 据付延線工事時間および工事費で 50% の減少となった。

制御装置としては 2 枚の制御基板より構成されており、全デジタルサイリスタモータの制御性能としては

(1) 速度設定精度

速度設定精度 0.01% が達成されているが、この値は従来のアナログ型制御装置では実現不可能で、今回は 0.0025% の分解能を持つレゾルパ型速度検出器と全デジタル制御装置により実現されている。

(2) 速度応答性

速度応答については、従来の直流電動機方式では電動機全長が長くなり、機械系の応答周波数が近接し、 $\omega_c=10\sim12$ rad/s 以上では安定運転が困難であったが、サイリスタモータを採用することにより機械系の共振周波数が上昇し、また制御上もデジタルフィルタリングなどの対応により、

$$\omega=30 \text{ rad/s}$$

を実現した。

以上の速度設定精度および速度応答性の性能向上により、従来、線材圧延機にて行われてきた品質制御のための各種制御性能を大幅に向上させることが可能であり、高速かつ高品質指向の線材ブロックミルのドライブシステムとしては不可欠といえる。

3.6.5 プロセス制御

線材圧延ラインにおけるプロセス制御には通線性向上技術、リングパターン向上技術、品質寸法精度向上技術などがあるが、世界最大級の高速高能率圧延を考慮し、制御モードの充実化と高性能化を

図っている。今回導入した主要なプロセス制御について Fig. 4 に示し、以下にその制御機能について概説する。

(1) ブロックミルプログラム制御

本制御のブロック図を Fig. 5 に示す。圧延材先端がブロックミル内および出側よりレーイングヘッドに至るまでの間の誘導性は高速圧延になるほど困難となる。

本制御は、この誘導性を向上させるためにブロックミルの速度を任意のパターンで変化させることにより材料先端に最適の後方張力を与えて通線させる機能をもっており、この制御とインパクトドロップ補償制御の組合せによりブロックミル内および出側の水冷ゾーンでの誘導性は大幅に向上している。

(2) ピンチロール全長張力制御

本制御のブロック図を Fig. 6 に示す。ブロックミルとピンチロール間の速度制御は従来ピンチロールのドルーピング制御であったが、今回は 100 m/s を超える高速圧延への対応として、リングパターン安定化、寸法精度の向上およびミスロール防止を狙ったピンチロール全長張力制御方式を導入した。

本制御は設定張力値と、ピンチロールの全負荷電流から演算分離した張力検出値を比較し、ピンチロールの速度を制御し、線材に加わる張力値を一定に高応答制御する方式である。

本制御は超高速ブロックミルに対して極めて有効であり、今後

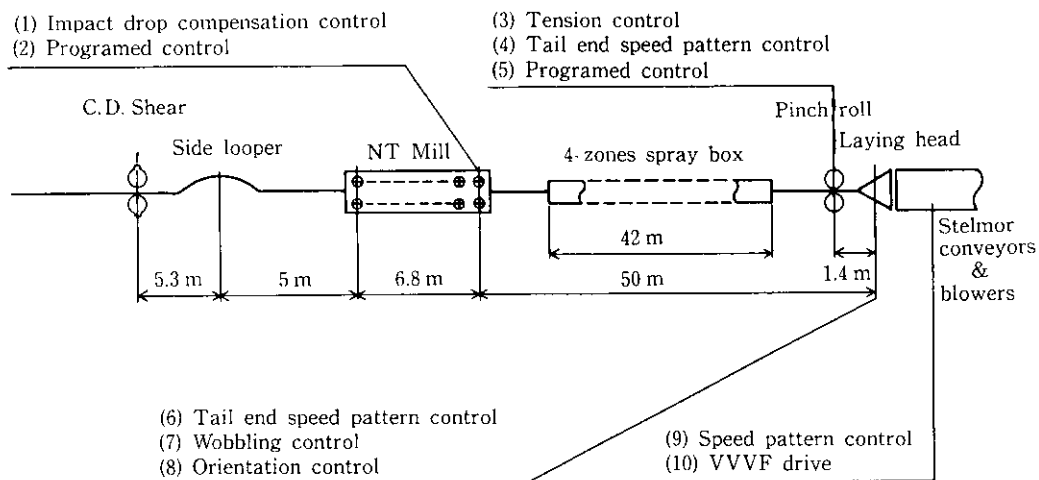


Fig. 4 Principal control functions for rod mill

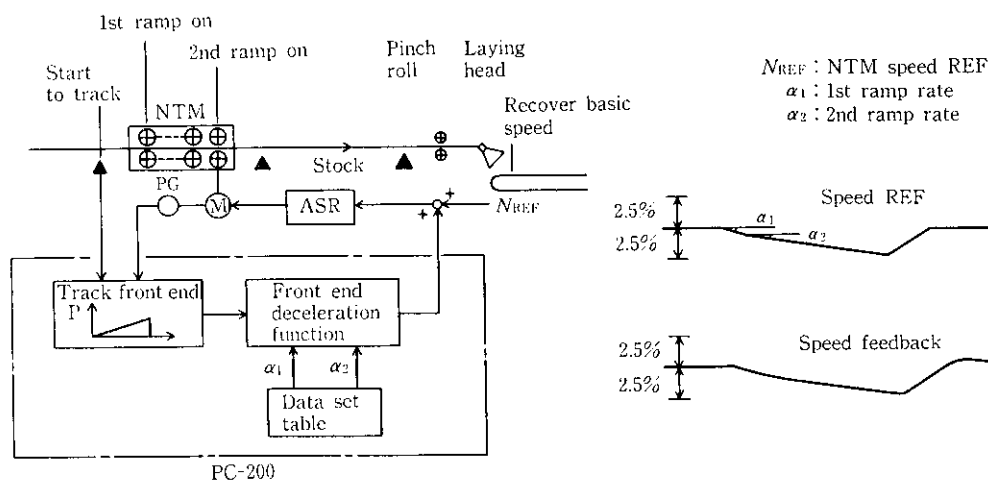


Fig. 5 Block diagram of programed control at NTM and actual chart of speed feedback

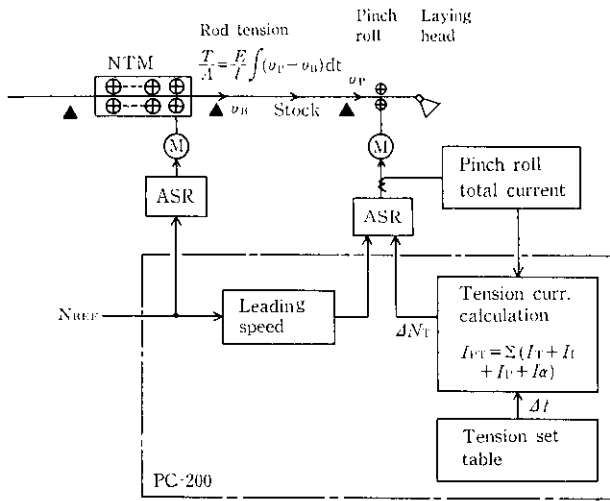


Fig. 6 Block diagram of tension control for pinch roll

ますます高速化されると予想される線材ブロックミルにおいて不可欠な制御方式といえる。

(3) レーイングヘッド先尾端落下位置制御

圧延材の先端または尾端がレーイングヘッドによりリング状にステルモコンベア上に放出される時、先端または尾端をコンベア上の所望の位置に落下させるようにレーイングヘッド位置を制御するもので、これによりコンベア上でのコイルの突っ掛り、引っ掛りを防止するものである。

本制御は圧延材の先尾端位置とレーイングヘッド放出位置の高精度なトラッキング信号をベースに、目標とするレーイングヘッド放出点に圧延材の先尾端が到達するようにレーイングヘッド回転数を変化させるものであり、高速圧延になるほど制御精度の達成が困難となる。

今回は DDC マイクロコントローラと全デジタルの駆動制御系および等価距離演算などのソフト上の工夫により、5.5 mmφ、100 m/s において先尾端落下位置は目標値に対し ±20 度が達成されている。

以上の制御の外にもブロックミルインパクトドロップ補償制御、ピンチロール先尾端加減速制御、ピンチロールおよびレーイングヘッドプログラム制御、レーイングヘッド先尾端加減速制御、レーイングヘッドウォブリング制御、ステルモコンベア加減速制御およびステルモブロー高精度制御などがある。いずれの制御も当初の狙いどおりに機能しており、今後ますます厳しくなる品質向上、少量多品種生産の要求に対して、この制御モードの豊富さと高性能が威力を発揮するものと考えられる。

4 操業状況

新線材工場は線材工場、棒鋼工場の2工場、3品種を集約統合した1ストランドミルでは世界に例のない多サイズ圧延工場としてスタートした。線材、棒鋼両工場を操業しながら1984年9月より線材2直、新線材2直の従来どおりの体制でブロックミルラインの稼働に入り、11月3直ソフトアップ、翌年2月に線材工場を休止し、統合を完了した。この間建設初期より参画させたキーパーソンオペレータが試運転および要員の教育など操業の核となり、順調な立ち上げが実現した。

Fig. 7 に立ち上げ状況として1984年9月から1985年8月までの生産量、圧延能率推移を示す。

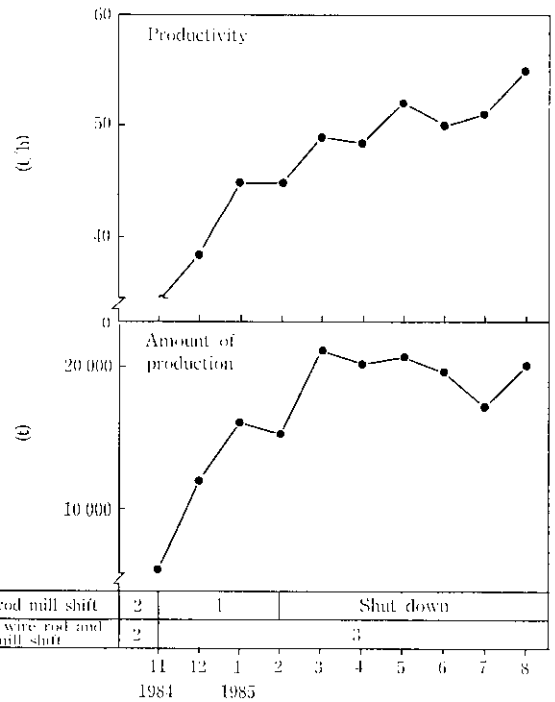


Fig. 7 Production transition

4.1 立ち上げ時期における問題点

稼働初期において特に未知の領域であった高速圧延でのトラブルが設備の初期故障とも重なり発生した。以下に発生した問題とその対策について述べる。

- (1) 5.5 mmφでの高速圧延時にリングパタン不良、タブ集積トラブル、ステルモコンベア上コイル停滞および搬送コイル引っ掛りという連鎖反動的トラブルが続発した。これに関してはピンチロールのピンチ圧力制御、張力制御の調整、レーイングパイプの加工精度向上などによるリングパタンの安定化を図ったことにより解決した。
- (2) ソフトウェアに関しては100分の1秒のタイミング制御が要求されており連続圧延化に伴って顕在化したものが多く、その都度デバッグと調整を行い急速に安定化した。
- (3) 自動運転のベースとなるセンサに関し、本ラインは非接触タイプを大幅に採用した。この結果、振動による問題は解消したが、生産の増加したところより特にコイル集積装置で熱によるトラブルが発生し、全面的に取り付け方法、耐環境面でのタイプ変更を行い安定化を図った。

4.2 操業実績

稼働を開始し1年を経過し、操業実績は当初目標としたレベルを達成している。

- (1) 線材 5.5 mmφの月間平均圧延速度は稼働後半年で世界最高レベルの100 m/sの超高速圧延を達成した。Fig. 8 に5.5 mmφの月間平均圧延速度推移を示す。
- (2) 圧延能率は8 mmφ以上のサイズで作業時間当たり75 t/hと旧線材ミルの4ストランド分に匹敵する能力を発揮している。
- (3) 品質は寸法精度 ±0.2 mm、温度制御の全長保証などを達成し、良好な品質で安定生産している。
- (4) 歩留りと燃料原単位は当初目標に対して若干未達であるが、操業の安定化とともに向上を続けており、達成の見通しを得て

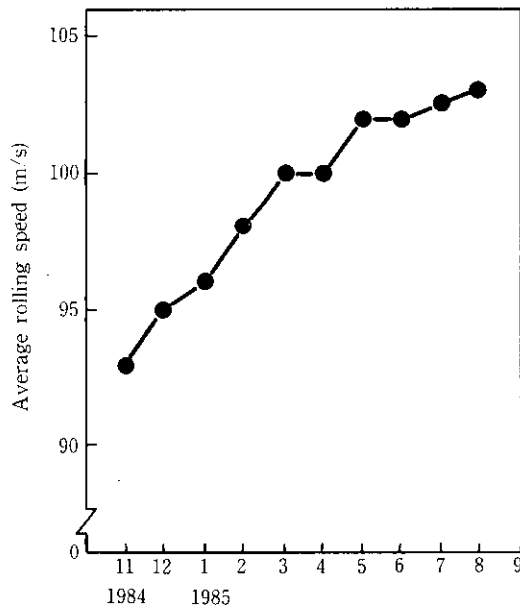


Fig. 8 Average rolling speed at 5.5mm ϕ

いる。

- (5) メンテナンスレベルを示す指標としてブロックミルでのロールネックメタル脆損事故があるが、稼動以来発生してはず、極めて良好な状態にある。

5 結 言

新線棒工場は世界初の1ストランド線材・棒鋼コンバインド型ミルとして稼動以来1年を経過した。操業経過はおおむね順調であり、その間高速圧延の難しさ、高能率操業の困難さに直面したが、関係者の一致協力体制のもとにその都度迅速な対応がとられ、ほぼ目標どおりの操業ができるようになった。今後は、さらに設備、システム、運転のレベルアップを図り、より強固な安定操業体制を確立するよう努力する所存である。

参 考 文 献

- 1) 石井英成: 「線材棒鋼製造設備の最近の進歩」, 西山記念技術講座, 98 (1984), 137
- 2) 野田昭雄, 青山和雄, 金堂秀範, 井野清治, 小西幸一, 木田信之: 「水島線棒工場ブロックミルの設備概要と操業」, 鉄と鋼, 71 (1985) 12, S347
- 3) 花田義幸, 上野清博, 野田昭雄, 金堂秀範, 坂本俊夫: 「線材の衝風冷却基礎解析 (線材のステルモア衝風冷却条件の検討-1)」, 鉄と鋼, 71 (1985) 12, S348
- 4) 野田昭雄, 金堂秀範, 坂本俊夫, 花田義幸, 上野清博, 峰 公雄: 「リング状線材の幅方向均一冷却 (線材のステルモア衝風冷却条件の検討)」, 鉄と鋼, 71 (1985), S349
- 5) 池田 毅, 小松重之, 小川恭弘, 野田昭雄, 金堂秀範, 小西幸一: 「高速線材圧延におけるプロセス制御」, 鉄と鋼, 71 (1985) 4, S383