

水島製鉄所第2厚板工場の概要

An Outline of No. 2 Plate Mill at Mizushima Works

柳 沢 治 明*

Haruaki Yanagisawa

三 芳 純**

Jun Miyoshi

Synopsis:

A four-high plate mill with 216in wide rolls, which is widest in the world, came into operation in March, 1976. This mill can produce ultra size plates up to 5300mm (209in) in width, up to 35m (115ft) in length, and up to 31.5t in weight (65t in the future). Its high power makes itself fit for controlled rolling. Operation and information processing are fully computerized over the entire process from slab yard to plate warehouse. Such new type automatic devices available for labour saving have been installed, as automatic stencil markers, an automatic die-stamping machines, automatic labelers, and a hot plate marker.

1. ま え が き

近年、世界的規模で石油、天然ガスの開発がなされつつあり、その輸送手段としてのパイプライン用大径鋼管の素材に高強度で低温特性のすぐれた超広幅厚鋼板が要求されるようになってきた。また、船舶、橋梁、化学プラントの分野においても設備の大型化、製造工程の合理化が進みつつあり、より高品質でより大寸法の厚鋼板が使用される傾向になってきた。

このような需要動向に対処するとともに、当社千葉製鉄所 64in UOE パイプミルの素材供給工場として、水島製鉄所に新たに第2厚板工場を設置し、本年3月から営業運転を開始した。

これは、5350mmの最大製品幅はもちろん、圧延圧力等の性能面においても既設ミルをはるかにしのぐ世界最大の高性能、超広幅厚板工場である。

また、情報システム、自動制御システム用にコ

ンピュータを大幅に導入し、より安価でより精度の高い、またより良く管理された厚鋼板の供給をめざし、さらに、省力、省エネルギー、公害対策面においても重点的に対処した最新鋭の工場でもある。

以下に水島製鉄所第2厚板工場の概要と特徴を紹介する。

2. 建設のいきさつ

より少ない人員で大量に高品質の厚鋼板を安価に生産することをめざし、昭和48年1月に具体的な建設作業に着手した。巨大な圧延機をはじめスラブヤードから倉庫にいたる諸設備も、当然のことながら高速化、高性能化が必要であり、どの設備においても従来の設計・製作限界に挑戦することになった。さらに、コストダウン・省力につながるメンテナンスフリー、成品精度の向上、自動制御の容易性に重点をおき、設計・製作を進め

* 水島製鉄所管理部副部長

** 水島製鉄所第1圧延部第2厚板課課長

ていった。

一方、この高速化された設備を有効に操作するためには高度の熟練が必要で、実質的にマニュアルオペレーションを主体とする操作は不可能に近い。そのため、コンピュータによる全ライン自動運転の開発も必須であった。

既設の新鋭工場においても、圧延機およびその周辺のコンピュータによる自動制御運転 (P/C) が実施されてはいるが部分的なものであり、今回のようなスラブヤードから倉庫までの全ラインP/C化は初めての試みであった。特に剪断ラインでは、製品1枚ごとに仕様や寸法が異なったり、高歩留まり、高合格率を得るための微妙なオペレーションを要したりして、非常に自動化しにくい作業が多々あった。またこれらの作業 (たとえば、採寸、表示吹付、打刻、寸法検査等) は、ラインの高速化、省力、単調作業および汚れ作業の廃止などを阻害する要因ともなっていた。したがって、省力、全ラインP/C化を達成するためには、これらの作業を高度に機械化することが不可欠であった。そのため、新たに設計したものも含めて大幅に自動省力機器を採用した。またコンピュータを利用して新しい作業方式に切替え、P/C化を進めた。スラブヤード、加熱炉周辺についても同じような問題があったが、順次P/C化していった。このP/Cシステムの運営には適確な作業情報が必要であり、さらに現品の所在を把握する現品管理情報、スラブヤードや倉庫の置き場所の指示・管理を行うヤード管理情報、品質情報、日々の生産管理用の情報等が必要であるが、これらのほとんどをコンピュータ化した。これをリアルタイム作業情報システム (L/C) と称する。このようにしてL/C、P/Cを有機的に結び付け、さらにオーダーエントリから出荷までのバッチシステムを加えた、いわゆる「トータルシステム」計画に着手し、約2年間で完成させた。所要人員は、レイアウト、設備、トータルシステムをバックに大幅に削減され、生産性も加味すれば同規模の工場に比べて $\frac{1}{2}$ 以下となっている。反面、要所要所に配置されたオペレータは、L/C、P/C設備を十分理解していなければ操作できず、オペレータのレベルアップも大きな課題であった。そのため、建設当初よりオペレータを参加させ、計画的に教育・訓練を実施し

た。以上のような経緯で、ドルショック、オイルショックによる物資不足、物価高騰、不況の波などにもまれながら建設が進められ、本年3月営業運転を開始し、設備、システム、品質、いずれの面においても順調に稼動している。

3. レイアウトおよび特徴

第2厚板工場のレイアウトをFig. 1に示す。レイアウトの特徴を以下に説明する。

- (1) スラブの受入から製品の出荷まで、情報の流れと板の流れを合理的に処理するため、スラブ手入場から倉庫までを同一工場内に設置した。
- (2) 自動制御システム、情報システムを完全にし、無人化、クレーンの常時配置廃止を図るため、板の流れは複雑であるが末端までローラーテーブルライン化した。
- (3) 集合煙突を工場の中心に設置し、加熱炉、バッチ炉、熱処理炉の廃ガスをまとめて排出している。
- (4) 当初は、仕上圧延機1基、シャーライン1ラインで15万t/月の能力であるが、将来、粗圧延機、No. 2 シャーライン、ガスカットライン、熱処理ライン、ショットブライマーライン等の増設が可能なようにレイアウトしており、最終的には30万t/月の能力を予定している。

なお、最大製品寸法をFig. 2に示す。最大製品厚さ200mm、最大製品幅5300mm、最大製品長さ35m、最大製品単重31.5tまで製造が可能である。

4. 設備の仕様および概要

4.1 スラブヤード

素材であるスラブは、連铸工場および分塊工場より、TT (tractor & trailer) により当工場スラブヤードへ搬入される。この時点で倉庫までの一貫した情報処理がはじまる。Table 1にスラブヤード主要設備を示す。搬入されたスラブは、自動制御されているテーブルラインを経て手入コ

1	Slab yard	9	No.2 cooling bed	17	Automatic stamping machine
2	Continuous reheating furnace	10	Crop shear	18	Automatic labeler
3	Batch-type furnace	11	Automatic marking equipment	19	Cold leveler
4	Descaler	12	Side shear	20	Off-line AUT
5	Roughing mill	13	Slitter	21	Heat-treating line
6	Finishing mill	14	γ -ray thickness gauge	22	Warehouse
7	Hot leveler	15	On-line AUT	23	Shot-blasting/primer-coating line
8	No.1 cooling bed	16	End shear	24	Grinding repair line
				25	Chimney stack

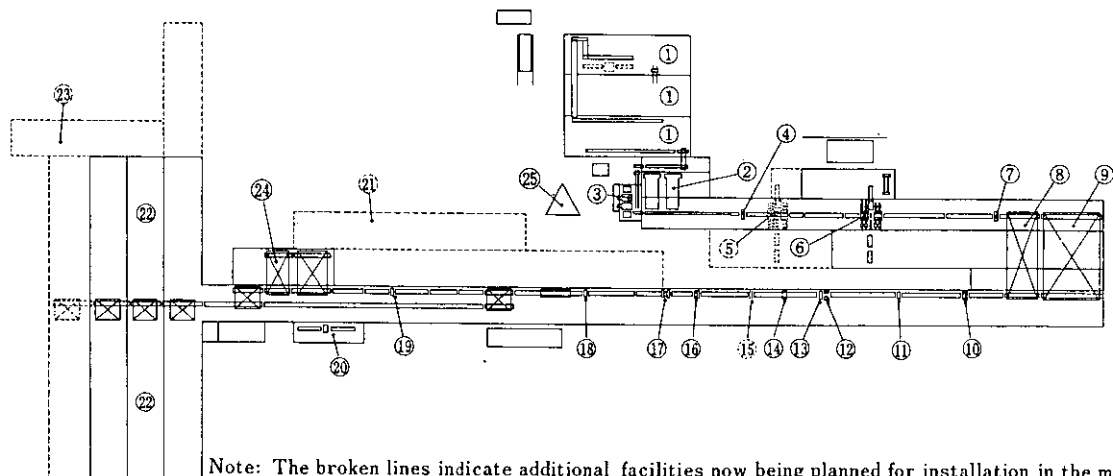


Fig. 1 Layout of the No.2 plate mill

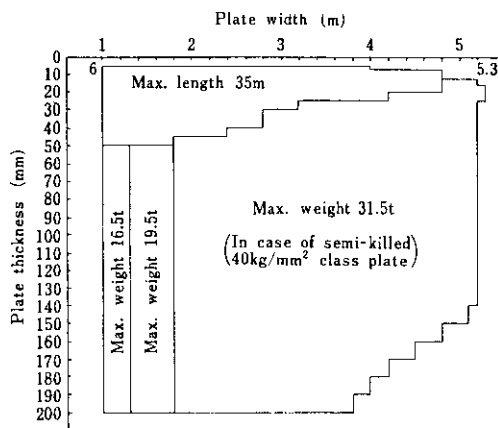


Fig. 2 Ranges of available plate sizes

ンペアーへ運ばれ、スカーフィングによる欠陥除去および厳密な表面検査ののち、合格スラブのみ材料段取ヤードへ搬入され、加熱炉装入待ち材として管理される。これらのラインの制御、情報処理はコンピュータ化され、省力はもちろんのこと、納期管理、ロールチャンス管理が厳密になされている。

4.2 加熱設備

加熱設備仕様を Table 2 に示す。連続加熱炉 2 基、2 ホールのバッチ加熱炉 1 基が設置されている。

(1) 連続加熱炉

材料段取ヤードから搬入されたスラブは、スラブスケールを径てプッシャーにより連続加熱炉に装入され、十分に加熱されたのちエキストラクターで抽出され、デスケリングデバイスを径て圧延機へ搬送される。これらはすべて自動的に行われる。

この炉の特徴の一つとして、以下のような徹底した燃料消費量低減策があげられる。

- 従来炉に比べて炉長（特に予熱帯）の大きい低炉床負荷炉（650kg/m²・h）とした。
- 熱回収効率増大のためレキュペレーターを充実させた。
- 放散熱の軽減を図って炉壁を厚くした。
- 水冷ビームやサポートの断熱を強化した。
- スラブの長短に応じてバーナーを自動的に間引き運転する。

Table 1 Slab yard facilities

Equipment	Maker	Unit	Specifications
Scarfing line	I. S. C.	1	Type: Center roller chain Transfer distance: 33.0+35.8m Slab weight: Max. 26.2t Productivity: 150 000t/month
Slab turn-over machine	I. S. C. (Mitsubishi)	1	Type: Electric fork Cycle: 20sec Slab weight: Max. 26.2t
Slab scale	Kawatetsu M. E. & V. M.	1	Type: Hydraulic cylinder lifting Meas. range: 0.5-30t Accuracy: 10kg
Slab marking equipment	Toyo Electric	1	Type: Dotted matrix/spray Number of figures: 4 Cycle: About 13sec
Slab tong	I. S. C.	4	Type: Electric traverse Weight: Max. 50t

Table 2 Slab reheating facilities

Equipment	Maker	Unit	Specifications
Continuous reheating furnace	Chugairo	2	Type: Walking beam type with 6 zones Productivity: 220t/h/face Length: 38m Width: 10.5m Slab size: 300×2 400×4 700mm Slab weight: Max. 26.2t Fuel: Mixed gas or heavy oil
Batch type reheating furnace	Sanken	1	Type: Top covered Productivity: 10t/h/hole Number of holes: 2holes/pit Slab size: Max. 500×2 400×5 800mm Slab weight: Max. 36t Fuel: Mixed gas
Descaling device	I. H. I.	1	Type: High pressure water spray Pressure: Max. 170kg/cm ²
Chimney stack	Hitachi Zosen	3	Type: 3-legged support Height: 150m Diameter: 3.5m

(f) 侵入空気を防止するため、種々の改善を行った。

さらに、最大スラブ重量26.2tまで受入可能であり、大寸法製品の生産が可能である。また品質面においても、スキッドをスタガー配列にし、スキッドマークの軽減を図るなど種々の配慮がな

されている。この炉2基で15万t/月まで可能であり、さらに2基増設できるレイアウトにした。

(2) バッチ炉

この炉は、特殊な加熱パターンが必要なスラブ、および単重、寸法的に連続加熱炉で処理できないスラブを加熱するためのもので、低燃料原単位で

均熱性のよい上蓋式のバッチ炉である。このヤードに搬入されたスラブは、ピットクレーンによって装入され、連続加熱炉出側テーブル上へ抽出される。最大 36t までのスラブを処理することができる。

(3) デスケーリング・デバイス

170kg/cm² の高圧水をスラブ表面に噴射し、加熱中に発生したスケールを除去する。ヘッダーとスラブ表面の距離はあらかじめ設定され、コンピュータにより自動的に調節される。

4.3 圧延設備

Table 3 に圧延設備の仕様を、Fig. 3 には国

内他社の設備との比較を示す。

加熱・デスケーリングされたスラブは、7.5m/sec の高速で圧延機に送り込まれる。圧延機では、まず所定の製品幅まで幅出し圧延し、その後所定の製品厚まで圧延する。圧延された鋼板は、適当な温度まで水冷されながらホットレベラーへ送られ、矯正されたのちクーリングベッドへ搬入される。これらの操作は、圧延機の周辺の一部を除いてすべてコンピュータにより自動制御される。

(1) 仕上圧延機

大径鋼管用の高強度で低温特性のすぐれた鋼板は、コントロールドロリング法によって圧延されており、このためには高圧延圧力、高圧延トル

Table 3 Plate mill facilities

Equipment	Maker	Unit	Specifications
Finisher	I. H. I.	1	Type: 4-high reversal twin-drive Roll size: W. R.: 1 200φ×5 490mm B. U. R.: 2 400φ×5 390mm Total weight: 240t Housing weight: 380t Mill modulus: 1 200t/mm Rolling force: Max. 8 000t Rolling velocity: 3.1/7.5m/sec Slab weight: Max. 80t As rolled plate size: Thickness: 4.5-300mm Width: Max. 5 350mm Length: Max. 57m
Main motor	Mitsubishi Electric	2	Type: Double armature bottom forward control Capacity: 8 000kW×2 Speed: 50/120rpm
γ-ray thickness gauge	Toshiba EXATEST	1 1	Source: Cs137 20Ci Meas. range: 4.5-75mm
Width gauge	EXATEST	1	Type: Radiation survey Accuracy: ±4.5mm
Strain gauge	I. H. I.	2	Type: Reflection survey
Hot leveller	I. H. I.	1	Type: 4-high reversal Numbers of rolls: W. R. 11, B. U. R. 54 W. R. dia. & pitch: 275φ×290mm Levelling pressure: Max. 1 580t Main motor capacity: 1 000kW
Automatic marking equipment	Nakayama	1	Type: Powder spraying Number of nozzles: 7

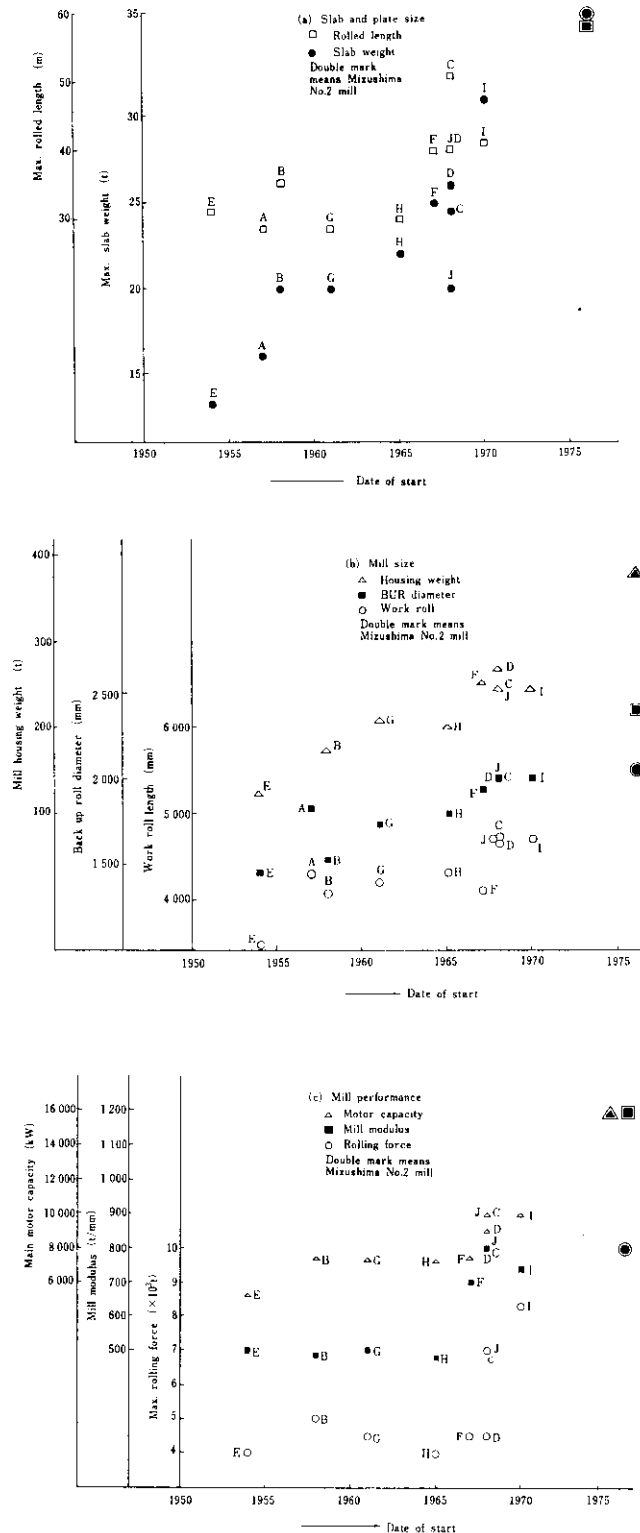


Fig. 3 Comparison of Mizushima No.2 plate mill with other mills in operation in Japan

クが必要である。この点、既存の圧延機では不十分でありおのずと限界があった。この圧延機は常用最大圧延圧力8 000t、主電動機8 000kW×2であり、既存の国内最大級の圧延機の約1.5倍の性能を有し、より高度でより高効率のコントロールドローリングが可能である(Fig. 3 参照)。

また、このような強力な圧延機の場合、ミル常数が高くなければならない。一般に、圧延中圧延圧力によってロールがベンドしたり、ハウジングが伸びたりして、板幅方向に板厚偏差が生じるが、この圧延機ではバックアップロール径2 400mm(単重240t)、ハウジング単重380tという現在製造可能な最大のものを採用している。さらに、ハウジングについては各部のタワミが最小になるように形状的に検討がなされており、この結果、1 200t/mmという既存圧延機の約2倍のミル常数となっている。このため、板幅方向の偏差が小さいばかりでなく、圧延材の温度の変化、幅のバラツキ等に対しても鈍感であり、目標板厚に対して偏差が小さく、歪の少ない圧延が可能である。これらをさらに改善するため BURB (back up roll bending) 装置を将来設置できるよう配慮した。また、鋼板の長さ方向の板厚偏差を少なくするため圧延圧力6 000t まで使用可能な強力な電動 AGC (automatic gauge control) を設置した。また、より応答性のすぐれた油圧 AGC についても、将来設置できるように構造的に配慮されている。

このような強力・高性能圧延機を最も有効に使用するためには、コンピュータ制御が不可欠であり、圧下系統はすべて高度にコンピュータ化されている。この圧延機の前後には、 γ 線厚さ計、幅測定装置、歪測定装置等を設置し、圧延中の鋼材の寸法、形状を常に監視している (Photo. 1 参照)。そのデータは、コンピュータに直送され、より精度の高い安定した圧延に寄与している。

(2) ホットレベラー

既存のものの約2倍の矯正反力を有する強力レベラーで、圧下をはじめ全面的自動制御により無人化されている。また、レベラー出側にはマーキング装置が設置され、圧延機で発番された圧延番号が自動的に鋼板表面に表示される。

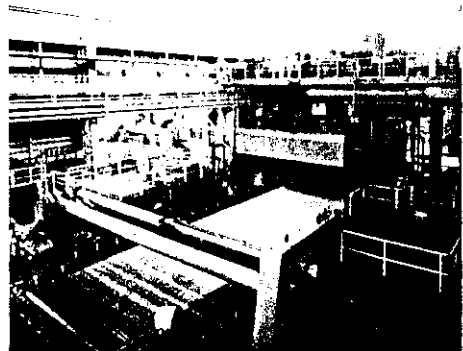


Photo. 1 General view of finisher

4.4 剪断・精整設備

Table 4 に剪断・精整設備の仕様を示す。

ホットレベラーで矯正された鋼板は、No. 1 および No. 2 クーリングベッドで空冷され、クロップシャーへ送り込まれる。ここで鋼板のトップおよびボトムのクロップが切り落とされ、次の主表示機で表示 (ステンシルマーキング) および材料試験片部への刻印がなされる。つぎにサイドシャーで鋼板側部を剪断し、所定の板幅とされる。同時に鋼板の裏面の庇検査および γ 線による板厚検査が行われ、エンドシャーへ搬送される。ここで所定の板長さに剪断され、同時に材料試験片が採取される。つぎに自動打刻機で所定の位置に圧延番号等が刻印されたのち形状検査テーブルへ送り込まれ、表面疵、断面欠陥の目視検査および板厚・幅・長さの最終検査後合否が判定、記録される。合格した鋼板は、ラベル貼布機で側面にラベリングされたのち、定尺パイラー、No. 1 トランスファーで倉庫へ搬入される。歪または表面疵のある鋼板は直進し、コールドレベラーを経て手入ラインへ搬送され、グラインダー手入されたのち倉庫へ搬入される。

以上のように、この剪断精整ラインはすべてテーブルライン化され、情報システムと自動制御システムの組み合わせによって、板の搬送はもちろんのこと、シャーをはじめとする各機器の設定・制御がすべて自動的に行われる画期的なものである。

なお、ガス切断を要するものについては、クロップシャーの前面でテーブルラインよりおろされ、

Table 4 Finishing line facilities

Equipment	Maker	Unit	Specifications
Cooling bed	K. H. I.	2	Type: Walking grid Size: No. 1: $33w \times 76.4l(m)$ No. 2: $57w \times 76.4l(m)$
Crop shear	K. H. I.	1	Type: Down cut Shear rake: 1.5° Cutting capacity: Width: Max. 5 350mm Thickness: Max. 40mm for plates with T. S. of 60kg/mm ² Speed: 18cuts/min
Automatic plate marking equip.	Kobe Dock-yard & Engine Works	2	Type: Flying type rotary stencil Letter selection: Rotary belt type Number of letters: 4 lines, 64 letters Cycle time: About 9sec
Automatic die-stamping machine for test piece	Mitsubishi Electric	1	Type: Perpendicular air hammer Number of figures: 6
Side shear	K. H. I.	1	Type: Down cut Shear rake: 2.5° Max. size: For plates with T. S. 60kg/mm ² Width: 5 300mm Thickness: 40mm Cutting speed: 32cuts/min Cutting stroke: 1 300mm
Slitter	K. H. I.	1	Type: Rolling cut type linked with side shear Max. cutting thickness: 25mm for plates with T. S. 60kg/mm ²
End shear	K. H. I.	1	(The same as the crop shear)
Automatic die-stamping machine for plates	Mitsubishi Electric	2	Type: Perpendicular air hammer Number of figures: 19
Automatic labeller	Kobe Dock-yard & Engine Works	2	Type: Roll press type with rotating head
Cold leveller	Sumitomo Heavy Industry	1	Type: 4-high reversing Number of rolls: W. R. 9, B. U. R. 67 W. R. dia. and pitch: $280\phi \times 450-470mm$ pitch Main motor capacity: 560kW Levelling force: 3 500t
Automatic ultrasonic tester	Tokyo Keiki	1	Type: Divided reflection Scanning zones: Four edges and inner part Number of probes: 64 Frequency: 5MHz
Automatic marking machine at warehouse	Kobe Dock-yard & Engine Works	1	Type: Flying type rotary stencil Letter selection: Rotary belt type Number of letters: 1 line, 5 letters Cycle time: About 6sec

フレームプレーナーで処理される。また超音波探傷試験の必要な鋼板は、オフラインのAUT（超音波探傷）ラインへ搬入される。

(1) クーリングベッド

鋼板裏面にカキ疵をつけることなく、しかも均一な冷却が得られるウォーキング・グリッドタイプのクーリングベッドで、No. 1 クーリングベッドは主として厚物が装入され、最大 200mm の板厚まで冷却可能である。装入・抽出をはじめ、すべての操作が情報システム、制御システムのコンピュータにより自動的に行われる。

(2) クロップシャー

型式的にはエンドシャーとまったく同じであるが、このシャーの特徴は、メジャリングロールを併設していることである。このロールで圧延鋼板の長さを実測し、自動的にコンピュータへデータを送り、以後のラインへ情報を流し従来行われていた採寸作業を廃止した。

また、ここで鋼板温度を実測し、以後のラインの種々の設定値の温度補正を自動的に行っている。

(3) 製品表示機

この設備の特徴は、文字盤にインクをつけて表示する印刷タイプで、しかも走間で行われることである。表示は文字に切れ目がなく明瞭かつ美麗である。また選字もすべてコンピュータからの指示で自動的に正確かつ迅速に行われる。

またこの表示機には供試材自動打刻機が併設されており、試験片部に板番を刻印している。

(4) サイドシャー

鋼板の両耳を同時に剪断するダウンカット方式のシャーで、50kg/mm² 級で最大 40mm 板厚まで剪断可能である（Photo. 2 参照）。また、ナイフ軌跡を前傾型（4°）にしてあるため垂直な剪断面が得られ、シャーレーキも 2.5° と小さいため肩ダレの少ないことが特徴である。また、幅設定、ナイフギャップ設定などすべてコンピュータによって自動的、能率的に行われる。

(5) スリッター

サイドシャーのすぐ後方に設置され、サイドシャーと連動し、耳の剪断と同時に幅方向 2 分割剪断を行う（Photo. 2 参照）。シャーレーキの小さいロッキングモーション・ダウンカットタイプで、肩ダレ、残留応力の少ないスリットが可能である。

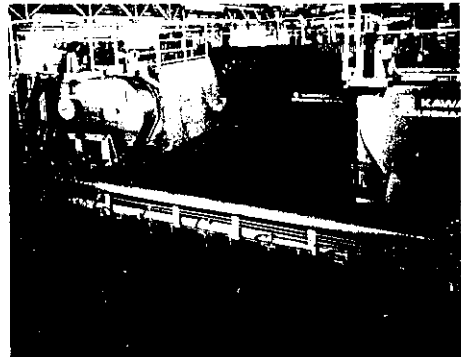


Photo. 2 Side shears and a slit

(6) r 線厚さ計

サイドシャー後方に 2 セット設けてあり、板幅中央と端の板厚を同時に測定してコンピュータへフィードバックし、合否判定のモニターとして、また品質管理データとして利用している。

(7) エンドシャー

シャーレーキ 1.5° のダウンカットシャーで肩だれの小さいのが特徴である。またシャー自体を 4° 前傾させており、そのため垂直な剪断面が得られる。板長さの測定はメジャリングロールで行う。ピンチロールと併用しコンピュータで制御しているため、高精度で能率よく処理される。試験片部はここで採取され、端板シャーで粗切断されたのち試験片工場へ送られる。

(8) 製品打刻機

選字、打刻ともコンピュータの指示により自動的に行われており、正確で明確に的確な位置に打刻される。

(9) 自動ラベル貼付機

コンピュータからの情報によりまずラベルに所定事項を印字し、吸引方式の貼付ヘッドへそのラベルを吸着させ、テーブルライン上に停止している鋼板側面に貼付する。さらにゴムローラーで密着させる装置で、正確で見やすいラベル貼付がなされる。

(10) コールドレベラー

従来の約 3 倍の矯正反力を有する強力レベラーで、歪許容値の厳しい仕様に対処できる。

(11) 手入ライン

最大幅 5.3m、最大長さ 35m の鋼板の反転が可能なたurnaerを有するチェーントランスファータイ

プの手入ラインで、このうえでグラインダーにより表裏面欠陥を除去している。

(12) UT ライン

分割反射式の自動 UT ラインで、鋼板の四周はもちろんのこと、全面スライド探傷も可能である。また、判定、記録もコンピュータと直結し自動的に行われる。

(13) 倉庫設備

精整ヤードとローラーテーブルを直結している倉庫で、コンピュータにより納期別、向先別に山管理されている。倉庫入側テーブル上の自動山番表示機により印字されたのち天井クレーンで指定

山へ山積みされる。

(14) 将来設備

将来設備として、オンライン UT、熱処理ライン、ガス切断ライン、ショット塗装ライン等を順次増設していく予定である。

5. む す び

以上水島製鉄所第2厚板工場の概要を紹介したが、今回数多く取り入れたコンピュータシステム、自動省力機器をより一層高度で安定したものにし、多方面からの要請にこたえていく所存である。

