

知多工場中径シームレス鋼管工場の概要

Outline of 16-inch Plug Mill at Chita Works

安 藤 次 雄*

Tsugio Ando

上 杉 齊**

Hitoshi Uesugi

田 口 芳 男***

Yoshio Taguchi

野 沢 健 吾****

Kengo Nozawa

間 口 龍 郎*****

Tatsuo Maguchi

Synopsis:

A 16-inch plug mill and No. 2 medium-diameter electric-resistance-weld pipe mill has satisfactorily been in operation at Chita Works, Kawasaki Steel Corp., since May and Oct. 1978, respectively, giving users a wider choice in the size and kind of products. In this paper, the outline and features of 16-inch plug mill are described.

The Mannesmann-plug mill of single groove type has piercer and elongater of vertical type driven by D.C. motor, and its operation and information processing are computerized over the entire process.

High quality products already in manufacture and shipment include line pipes and OCTG with outside diameter ranging from 177.8mm (7in.) to 426mm (16.8in.) incl. and wall thickness from 5.5mm (0.2 in.) to 40.5mm (1.6 in.) incl.

1. ま え が き

近年、世界的なエネルギー需要の増大に伴って石油、天然ガス等の資源開発が活発化してきたが、加えて開発容易な内陸、浅層資源はしだいに枯渇し、深海あるいは深層資源の開発が必要となって

きた。これらの事情は、油井管(OCTG)はもちろん開発関連設備(たとえば海底油井を掘削するための海洋構造物等)用鋼管や、パイプライン用鋼管等、中径サイズのシームレス鋼管の需要をますます増大させる傾向を生じた。

さらに将来を展望するとき、石油産業以外の広い視野からの海洋開発など中径シームレス鋼管の

* 知多工場第2造管部部长

*** 知多工場第2造管部シームレス管技術室主任(課長待遇)

***** 知多工場第2造管部シームレス管課課長

(昭和54年3月22日原稿受付)

** 知多工場第2造管部シームレス管技術室主任(副部长待遇)

**** 知多工場第2造管部中径シームレス課課長

需要は今後さらに伸びることが予想される。

当社はシームレス管の分野においては、昭和45年に小径シームレス鋼管製造設備としてマンネスマン・マンドレルミルを設置し、外径21.3mmから168.3mmの範囲の各種シームレス鋼管を製造し供給してきたが、上記のような需要動向に 대응するため新しく知多工場にマンネスマン・プラグミル法による中径シームレス鋼管製造設備を設置し、昭和53年5月より営業運転を開始した。この設備は最大外径426mm (16 $\frac{3}{4}$ "), 最大肉厚40.5mmのパイプが製造できる世界でも最新鋭の設備であり、現在順調に操業を続けている。

以下に知多工場中径シームレス鋼管工場の概要と特長を紹介し、参考に供したい。

2. 製造工程および製造可能範囲

当社中径シームレス鋼管工場の製造工程をFig.1に示す。大別してビレット処理工程、圧延工程、精整検査工程の3工程からなりたっている。Fig.2には中径シームレス鋼管工場内の諸設備の配置を示す。各設備の特長、能力、仕様などは後述する。Fig.3に圧延工程を示す。

素材は連続鋳造で造られた角ブloomを丸棒に圧延したいわゆる丸ビレットで、当社水島製鉄所で製造され海上輸送により知多工場に搬入される。

搬入されたビレットはFig.1の工程でパイプになり1次検査を受けたのち、その用途、規格、サイズに応じて油井管工場あるいは第2中径管工場へ運ばれて必要な加工工程を通過するとともに、

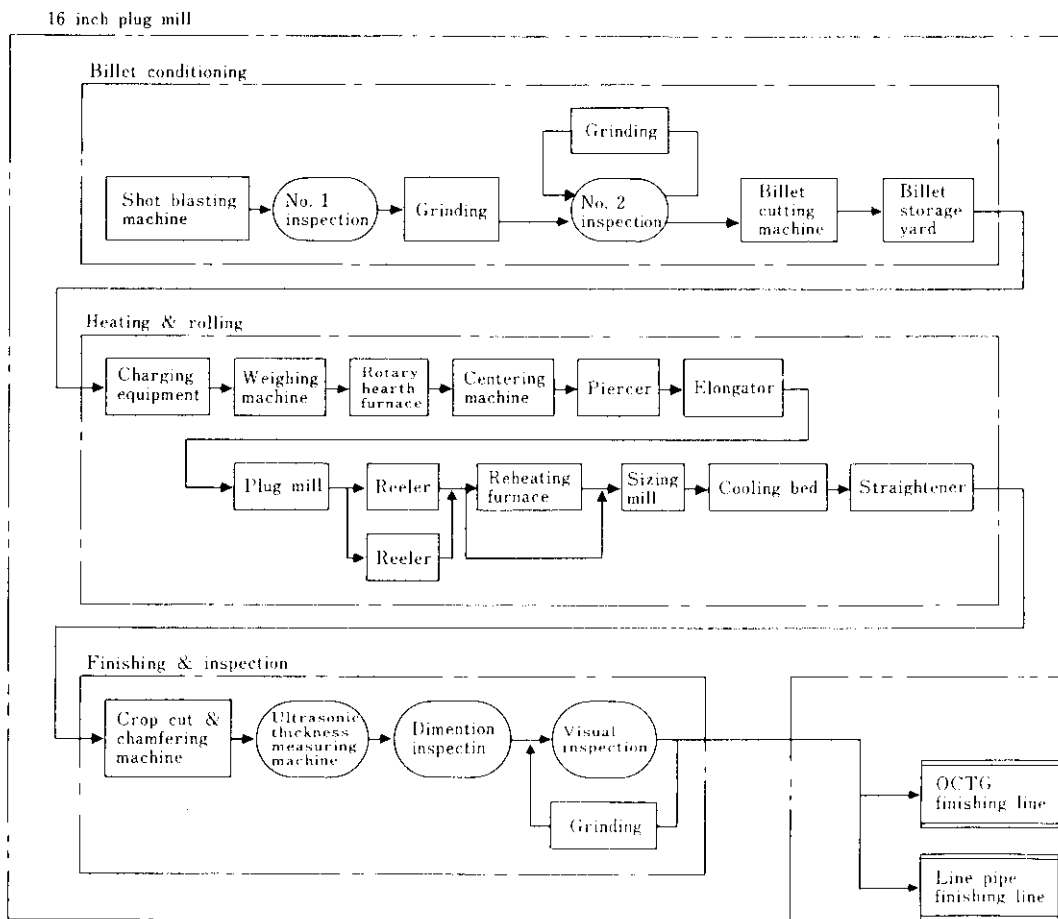


Fig.1 Manufacturing process of 16-inch plug mill

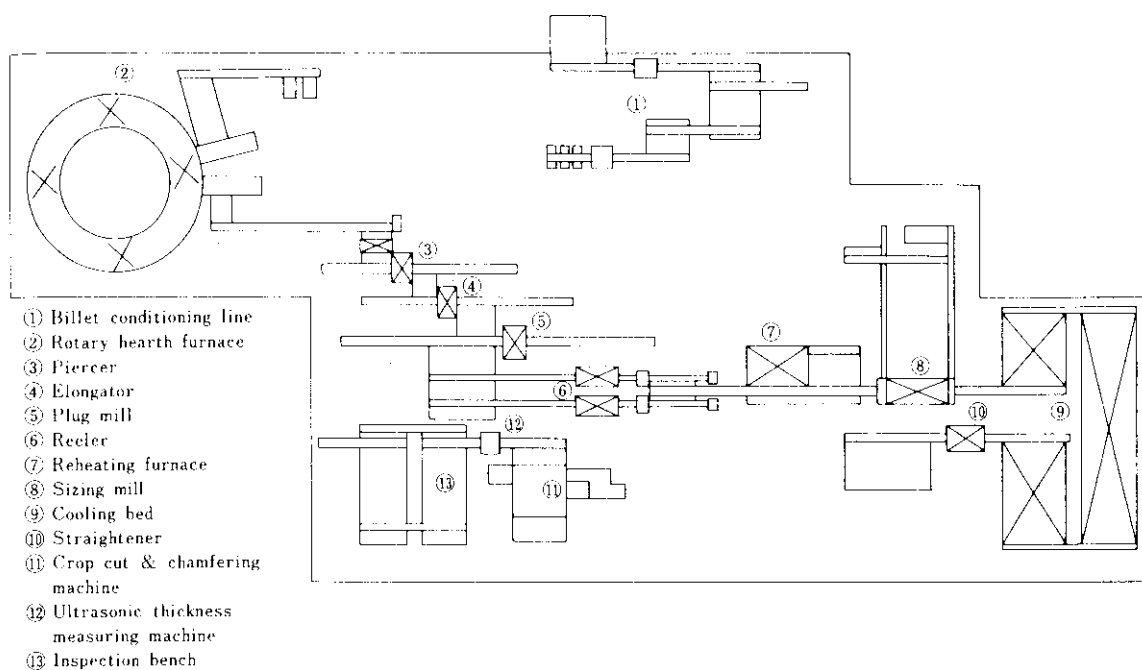


Fig.2 Layout of 16-inch plug mill

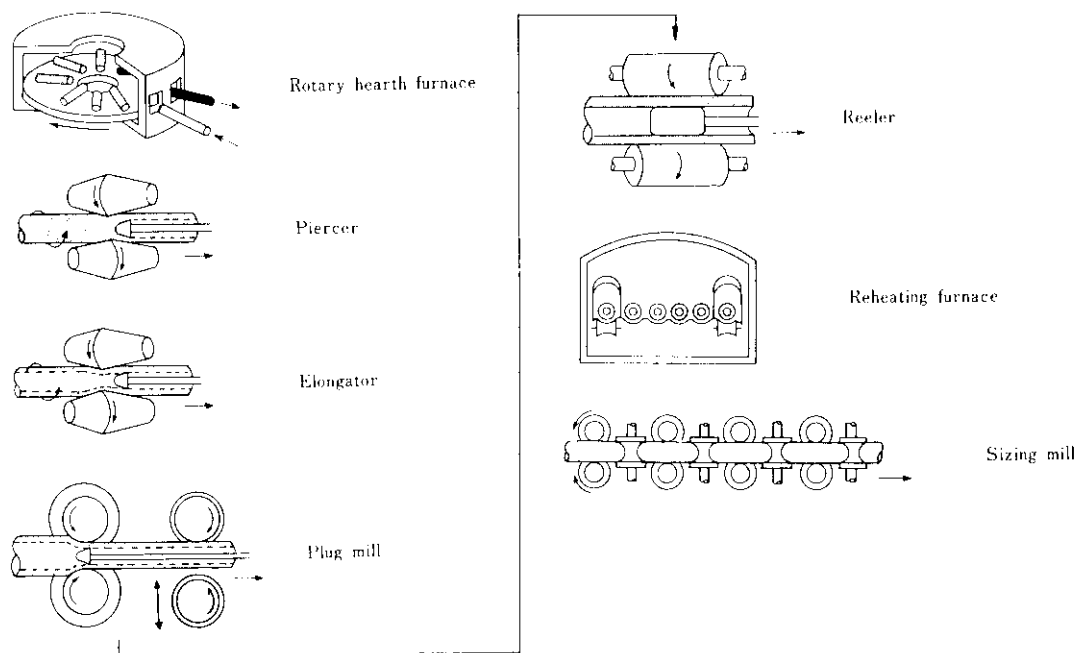


Fig.3 Hot rolling process at 16-inch plug mill

アマログソノスコープ、超音波探傷などの非破壊検査をはじめ必要な検査を受ける。知多工場は当社におけるパイプ専門工場として各種の鋼管製造

設備を保有しており、精整設備などは相互に有機的に活用することが可能である。このことは、今同の中径シームレス鋼管工場の建設にあたっても

建設費の引き下げ、ひいては設備償却費負担の軽減に役立っており、知多工場の大きな特長といえる。ただし、将来全体的に生産量が増大した時点では、専用の精整工場を設置することが可能なよう敷地等の考慮が払われている。

本設備の製造可能寸法範囲を Fig.4 に示す。

3. 設備の仕様および概要

3-1 ビレット処理設備

ビレット処理設備は水島製鉄所から搬入された長尺ビレットを検査し、必要があれば手入したのち製品に見合った長さで切断し、圧延工程へ供給することを目的とする設備である。

機械設備としては、受入装置、ショットブラスト、検査装置、手入装置、ビレット切断機および各設備前後の搬送装置からなる。主要設備仕様を Table 1 に示す。

長尺ビレットの長さは最短 4m から最長 12m までのもので、製品サイズに従い最短 1.2m から最長 4.8m までの命令長さに切断される。切断歩留り向上のため、1 本の長尺ビレットから何種類かの長さのビレットを組合せ採取する。ビレット切断機は長さを実測した後、予定された組合せ切断をす

べて自動で行い、かつ切断されたビレットは全自動で長さごとに仕分けられる。ビレットの直径は最大 350mm (16 in. パイプ用) から最小 175mm (7 in. パイプ用) まで 9 種類を使用する。

3-2 ビレット加熱炉(回転加熱炉)

ビレット加熱炉 (Photo.1 参照) の仕様を Table 2 に示す。

装入設備から供給されてくるビレットは実質されたのち、装入マニプレーターにより回転炉の炉床上に装入される。炉床は所定の速度で回転し一巡する間にビレットは所定の温度に達し、抽出マニプレーターにより抽出される。

この炉の特長としては、

- (1) 圧延設備能力に見合いながら、ビレットの均一加熱が保証できる十分な容量をもっている。
- (2) 炉床を粒状耐火物敷き構造として、炉床保全を容易にするとともに被加熱材の均一加熱達成を助けている。
- (3) 燃料はミナス重油および灯油を使用し、均熱帯では均熱性重視の観点から液体燃料には例の少なかったルーフバーナーを採用した。
- (4) 燃料原単位切下げのため十分な予熱帯をとっている。
- (5) ビレット径に従い、自動的に装入間隔 (ビレ

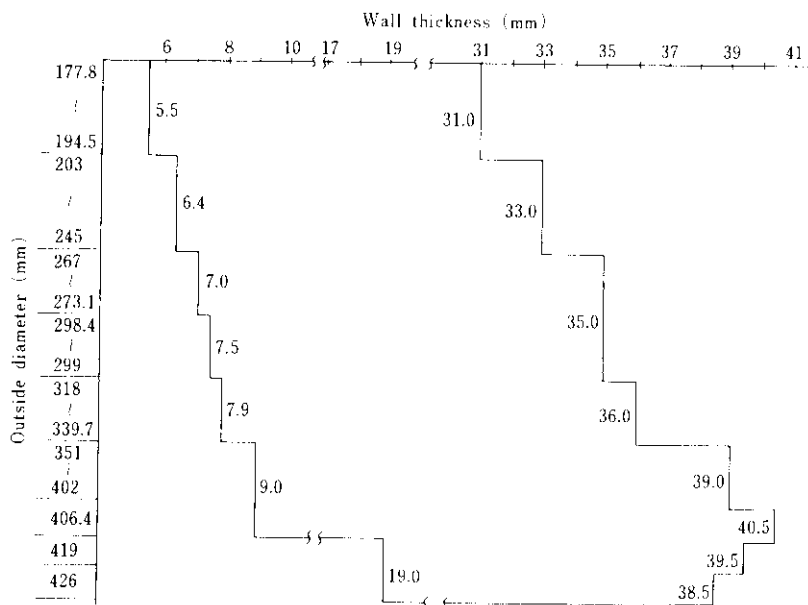


Fig.4 Size available at 16-inch plug mill

Table 1 Specifications of main equipment of billet conditioning

Equipment	Maker	Unit	Specification
Shot blasting machine	Shinto Industries Co., Ltd.	1	Type: Roller conveyer type Motor: 37kW×6 Projection density: Max. 50kg/m ²
Billet cutting machine	Wagner Tsune Machine Tool Co., Ltd.	1	Type: Carbide tips saw Main Motor: 45kW Cutting speed: Max. 164m/min Diameter of saw: Max. 1220mm Billet size Diameter: 175~350mm Length : 4~12m Cut billet length: 1.2~4.8m

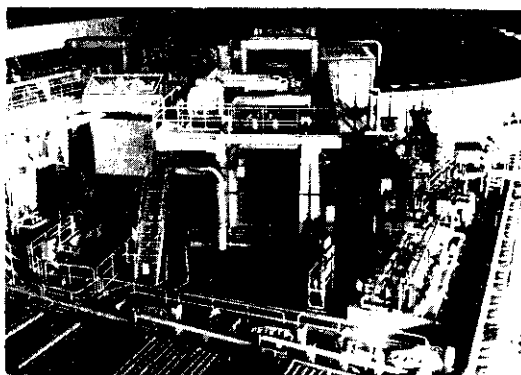


Photo.1 Rotary hearth furnace

ットとビレットの間隔)を調整し、か床長さを有効に利用している。

(6) 長さ2.6m以下のビレットは2列に並べて装入し、か床幅の有効利用を図っている。

(7) 空気の侵入を防止するため、水封スカーートの保全性向上や、装入、抽出口に隣接するバップルのか床からの高さの引下げなど、種々の改善を行った。

(8) 省力の面も重視し、操炉の自動化を図り、一人のオペレーターでビレット加熱炉のみならず後述の再加熱炉をもあわせて監視、操炉できるようにした。計装システムはマイクロコンピュータを使った分散型DDCシステムを採用し、高度の燃焼制御機能を導入している。

Table 2 Specification of billet heating furnace

Item	Specification
Number of furnace	1
Maker	Daido Steel Co., Ltd.
Type	Rotary hearth furnace
Allowable billet size	Section : Round Diameter: 175~350mm Length : 1200~4800mm Weight : Max. 3.6t
Fuel	Heating zone: Heavy oil with low sulphur Soaking zone: Kerosene
Number of zone	Pre heating zone: 1 Heating zone : 5 Soaking zone : 2 Extracting zone : 1
Capacity	160t/h (at billet size of 350φ×4800/mm)
Charging way	Single or double row
Extracting temperature	1250°~1280°C
Furnace temperature	Max. 1350°C
Diameter of center circle of hearth	42m

3.3 ピアサーおよびエロンゲーター

ピアサー (Photo.2 参照) およびエロンゲーターの仕様を Table 3 に示す。加熱炉を出たビレットは、センターリングマシンでセンターボランチを打ったのち、ピアサーで穿孔される。ピアサーは一對の樽型ロールで、ビレットを回転させながらマ



Photo.2 Piercer

Table 3 Specification of piercer & elongator

Equipment	Maker	Unit	Specification
Piercer	Demag Meer, Mitsubishi Heavy Industries Co., Ltd.	1	Type: Vertical arrangement of rolls Main motor: D.C. 3 500kW×200/400rpm×2 Roll diameter: Max. 1 350mm Revolution: 60~120rpm Feed angle: 5°~14°
Elongator	Ditto	1	Ditto

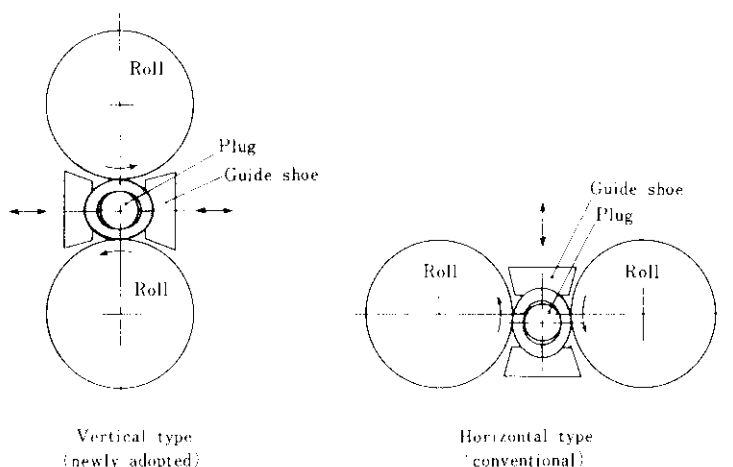


Fig.5 Arrangement of piercer rolls

シネスマン効果を利用して穿孔する傾斜圧延機である。

今回設置したピアサーの大きな特長は、Fig.5 に示すようにロール配置が縦形であることで、従来一般に採用されていた横型に比べ次のような利点がある。

- (1) ガイドシューを水平に配置できるので、適当な機構をそなえることにより、その交換が容易に行える。
- (2) ガイドシュー間隔の自動調整が容易になる。
- (3) オフセット圧延をしないので、左右ガイドシューの摩耗が均一になる。
- (4) 入側ブッシュのスペースが十分にとれ、従来のように減速機中にブッシュを組込む必要がなく、保守が容易である。
- (5) 2台の主モーターの配置が簡単であり、保守が容易である。

さらに全般的な特長として、

- (1) ロールのバの字調整を可能とし、圧延方法に

融通性をもたせたこと

(2) ハウジングのトップキャップをヒンジ方式で開放可能な構造とし、ロール替え時間の短縮を図ったこと

などがあげられる。

ピアサーで穿孔された素材は、エロンゲーターでさらに減肉抜管されてプラグミルへ送られる。エロンゲーターは機構的にはピアサーとまったく同じ傾斜圧延機である。

3・4 プラグミル

プラグミルは、田型の溝加工を施した上下一對のロールとプラグとにより管を圧延する圧延機 (Photo.3 参照) であるが、1パス後管を90°回転させ通常2パスで仕上げる。Table 4 にプラグミルと後述のリーラーの仕様を示す。今回採用した単カリバーロール方式は、従来の多カリバーロー



Photo.3 Plug mill

ル方式に比べて軸受間距離が短く剛性に優れている。素管は一般に長手方向に温度勾配を有しており、圧延反力が変化するので高いミル剛性は均一な管肉厚を得るのに有効である。プラグミルにおける肉厚調整は各パスごとに長さを自動測定し、その値と別途コンピュータで計算したピレット秤量値とスケールオフ量を加味した理論長さとの比較を行い、差がある場合は圧下量を修正する方式である。肉厚10mmの1% (0.1mm) を圧延中に測定することは容易でないが、長さ10mの1% (100mm) の測定精度は十分達成できるので、換算長さにより肉厚を管理する方法が用いられている。

付帯設備にも種々の改善が加えられている。潤滑剤投入装置、自動プラグ交換装置および台車塔載式プッシャーの採用はミルの完全自動運転を可能とした。オペレーターの主な作業はプラグの摩耗状況などの監視であり、著しく省力されている。ロール交換とプラグバーの交換のためには専用の急速交換台車が備えられ短時間で言うことができる。

3・5 リーラー(磨管機)

リーラーは内面プラグ筋を消去するための磨管と、プラグミルによる対称偏肉の矯正を目的とした傾斜ロール圧延機 (Photo.4 参照) であり、管を厚さ方向に圧延する最終ミルとして品質上重要である。本工場は回転速度調整ができるD.C.モーターによる個別ロール駆動のリーラーを設置し、磨管効果にもっとも適したロール回転速度を選択で

Table 4 Specification of plug mill & reeler

Equipment	Maker	Unit	Specification
Plug mill	Aetna Standard Engineering Co., Ishikawajima Harima Heavy Industries Co., Ltd.	1	Type: Single groove roll & bottom line constant Main motor: A.C. 3000kW Diameter of main roll: 1050mm Revolution: 75.47rpm
Reeler	Ditto	2	Type: Barrel rolls type Main motor: D.C. 370/540kW×2 (individual drive) Diameter of roll: Max.1000mm Revolution: Max.115rpm

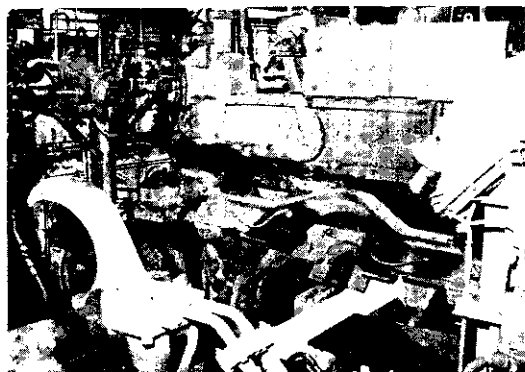


Photo. 4 Reeler

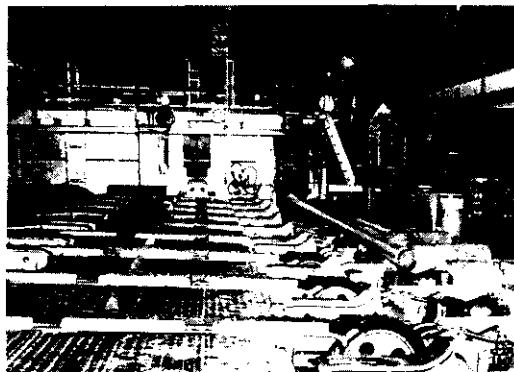


Photo. 5 Reheating furnace

きるよう配慮している (Table 4 参照)。

またロール圧下やプラグ位置調整にも D.C. モーターを採用し、圧延中における制御に対応できる機構としており、素管温度制御と合せて品質向上に役立っている。プラグバー(マンドレル)の安定のためロール式バーステッチャーを採用したこと、1 本ごとにプラグを交換し、水冷できる自動プラグ交換装置を備えていること、ガイドシェー交換のためスライド機構を有することなどがその他の特長である。

3-6 サイジングミル(定形機)

Table 5 に再加熱炉 (Photo. 5 参照) の仕様を、またサイジングミル (Photo. 6 参照) およびクーリングベッドの仕様を Table 6 に示す。

サイジングミルはリーラーで磨管されたシェル

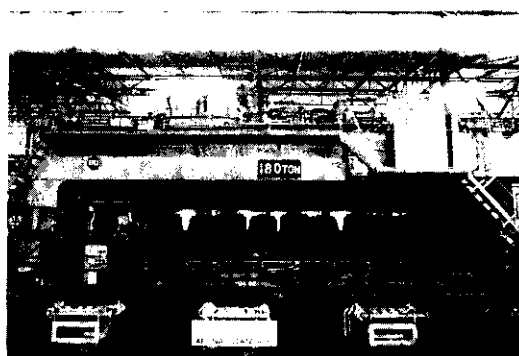


Photo. 6 Sizing mill

Table 5 Specification of reheating furnace

Item	Specification
Number of furnace	1
Maker	Daido Steel Co., Ltd.
Type	Walking beam hearth furnace
Furnace temperature	Max. 1 000°C
Capacity	160 t/h
Fuel	Heavy oil with low sulphur or kerosene
Length	10 200 mm
Effective length	8 250 mm
Width	20 500 mm

を目標外径まで定形する圧延機であり、8 スタンドよりなる。各ロールは水平に対して 45° 傾斜して取付けられ、ハウジングは交互に 90° 交叉するように配置され、ハウジング交換装置によりベース上に固定されている。本工場では 2 ロール方式を採用しており、機構が簡単で外径調整範囲が大きいという特長を有している。

また D.C. モーターによる各スタンド単独駆動方式をとっており、個々のスタンドのスピード調整が可能である。一般にリーラー後のシェルは長手方向に温度勾配を有しており、薄肉シェルほどそれが大きい。そのため再加熱炉を肉厚により選択的に使用し、温度むらを無くすことによりいっそう均一な外径が得られるよう配慮している。サイジングミルでの外径調整は、熱間外径測定機により対向する 2 方向 (奇数、偶数スタンドのカリパ底に相当する位置) の外径を自動測定し、目標値との偏差を解消するよう各々のスタンドのロールギャップを調整することにより行う。

Table 6 Specification of sizing mill & cooling bed

Equipment	Maker	Unit	Specification
Sizing mill	Aetna Standard Engineering Co., Ltd. Ishikawajima Harima Heavy Industries Co., Ltd.	1	Type: 2 rolls type Number of stands: 8 Roll diameter: Max.788mm Motor: D.C. 175kW×480/1200rpm×8
Cooling bed	Sumitomo Heavy Industries, Ltd.	1	Type: Roller chain conveyer with water tank

圧延された素管の長さは測長機により自動測定され、前工程へフィードバックされる。付帯設備としてデスケラーをサイジングミル入側へ設け、これにより美麗な製品肌を得ることができる。

ロールはハウジング交換装置によりハウジングごと取り替える。すなわち、交換すべき全スタンドを同時に吊上げ移動し、受取台車におろす。つぎに別の台車上に用意されている新しいスタンドを受けとり、ライン上に運んでセットする。これらの新しい方法を採用することにより、ロール交換は短時間にしかも正確に行うことができる。またハウジング交換装置は圧延中ハウジングをベースに固定しておく機能も兼ねている。

3・7 クーリングベッド

クーリングベッドは、サイジングミルで所定の寸法に仕上げた鋼管をチェーンローラーによりスキッド上を転送しながら空冷し、ウォータースポッシュにより水冷を行って次工程に適した温度まで均一に冷却する。クーリングベッドでの曲がり発生を防止するため、転送スピードはサイジングミル出側ローラーの搬送スピードに合わせて自動的に調整され、クーリングベッドを止めることなく常に鋼管をトップローラー間の中心に載荷できるようコントロールされている。

クーリングベッド上では製品きずの目視チェック、寸法チェックが主な作業であり、品質情報を前工程へ迅速にフィードバックすることにより不良品の発生を防止する体制をとっている。

3・8 矯正機

矯正機(Photo. 7 参照)はクーリングベッドで冷却された鋼管に連続的な回転と曲げを与えるこ

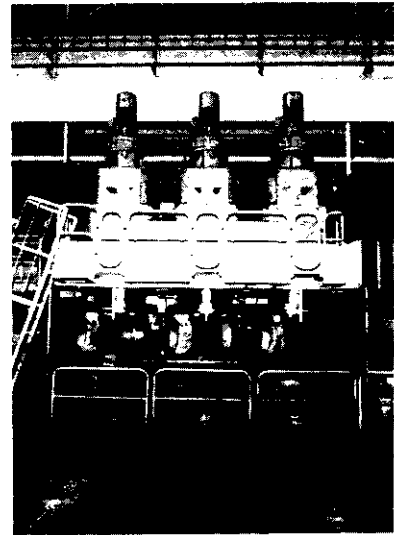


Photo. 7 Straightener

とにより、曲がりおよび真円度を改善するものである。Table 7に矯正機仕様を示す。

本工場では対向縦鼓型7本ロール、7本駆動方式(2-2-2-1)を採用しており、全ロールとも個々に傾斜角を変えることができ、昇降も行える構造

Table 7 Specification of straightener

Item	Specification
Number of straightner	1
Maker	Sumitomo Heavy Industries, Ltd.
Type	2 2 2 1 cross rolls type
Speed	30~70m/min
Motors	D.C. 220kW×400/1200rpm×2
Roll size	660φ×950mm

としている。矯正時には中央一対のロールをバスラインより上方に変位させて“オフセット”を与え、上下ロール間隔を鋼管外径より若干狭くして“クラッシュ”を与えることにより十分な矯正効果を得ることができる。

各調整部はすべて運転室から遠隔操作でき、全自動運転が可能など省力に配慮がなされている。

3・9 計算機制御と情報処理

以上述べた圧延工程には2基の炉と6台の圧延機が配列されており、多量の各種情報交換が必要である。

すなわち、各設備ごとに操業に必要な情報を送り、実績データを送り返し迅速に処理することが必要である。本工場ではこのためのプロセスコンピュータとして日立HIDEC 80を導入している。上位の大型機UNIVAC 1006から得た各設備の設定条件その他必要情報が各運転室におかれたCRT表示盤に表示され、ミルの主要設定項目が自動的にプリセットされる。他方、圧延中にはラインに組込まれた秤量機、熱間測長機、ロードセル、外径測定機、温度計など各種測定器によるパイプ1本ごとの実績データを取込み、処理してCRTに表示する。さらに得られたこれらのデータに基づき、ミル条件を自動修正するための学習制御機能を有している。これらはすべてライン中の材料の位置を把握する材料トラッキングシステムが基本となっている。

3・10 精整設備

精整設備として中径シームレス鋼管工場内に設置した設備は管端切断面取機(Photo.8参照)のみであり、それ以外の精整加工はすでに述べたように油井管工場または第2中径管工場で行う。Table 8に管端切断面取機の仕様を示す。

管端切断面取機は圧延された原管のクロップ切断と面取を行う機械であり、パイプを回転させながら刃物を送りこんで加工を行う形式である。

測長および刃物送りはNC化されているが、ベベル仕上の際の刃物の送りは油圧系ならぬ機構によりパイプ外面にならう方式をとっている。また、この機械では倍尺品の切断も行っている。

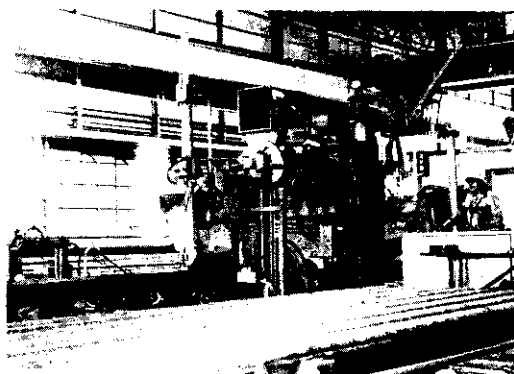


Photo.8 Crop cut & chamfering machine

Table 8 Specification of crop cut & chamfering machine

Item	Specification
Number of machine	1
Maker	Datto Factory Co., Ltd.
Type	Pipe rotating type
Pipe size (mm)	Outer diameter: 165.2 ~ 426 Length: 5700 ~ 19500 Wall thickness: 5 ~ 40.5
Motor	D.C. 45kW
Capacity	95 pieces/h (at pipe size of 244.5φ × 11.99mm)

3・11 超音波厚み計および検査設備

管端切断面取機で加工を終了した鋼管は、スキューに配置されたローラーコンベア上を回転しながら進行し、超音波厚み計(Photo.9参照)により肉厚測定が行われる。探触子が鋼管の円周外表面8箇所は等間隔に配置されており、鋼管の全長をらせん状にカバーする。

各探触子による測定結果はそれぞれチャート上に線図で記録され、さらに鋼管が10mm進行するごとに測定値がコンピュータにインプットされ、鋼管の全長が通過した時点で肉厚の最大値、最小値、平均値および偏肉率の最大値、平均値が算出され、設定された各管理値と比較判別して合否がタイプアウトされる。

従来、多くの工数を要していたこれらの測定作業が大幅に省略されたばかりでなく、品質管理面での効果も大きい。

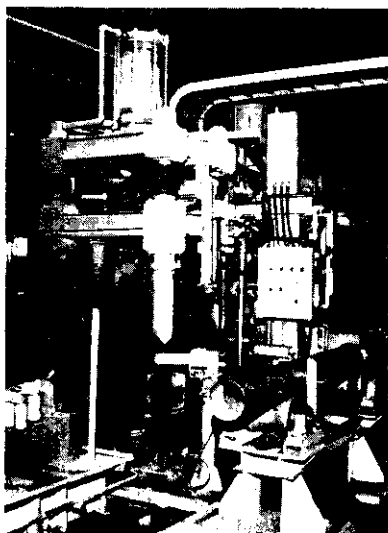


Photo.9 Ultrasonic thickness measuring machine

ついで、検査テーブルで鋼管の内外面および端面の目視検査を行い、必要に応じてグラインダー手入れを行う。

非破壊検査はすでに述べたように、用途、規格

に従い油井管工場または第2中径管工場に運んだのち実施する。

設備としては磁気探傷装置（アマルグソノスコープ）、超音波探傷装置などがある。このほか水圧試験やドリフト試験など必要な検査を実施する。Table 9に主要検査機器の仕様を示す。

4. 操業経過

本工場は、昭和53年5月より営業運転に入り、その後順調に稼動している。

この間の製品は油井管をはじめ、ラインパイプ、機械構造用鋼管など多岐にわたり、かつ規格面でもAPI規格、JIS規格、ASTM規格など各種の規格に従った製造を行ってきたが、いずれの場合も規格値、仕様をはるかに上まわる好成績を得ている。

5. むすび

以上知多工場中径シームレス管工場の概要を紹介

Table 9 Main equipment for inspection

Equipment	Maker	Unit	Specification
Ultrasonic thickness measuring machine	Kawatetsu Metrological Equipment & Vending Machine Co., Ltd.	1	Type: Ultrasonic pulse echo type by normal beam method Measuring speed: 60m/min
Automatic electro-magnetic flaw detector (analog sonoscope)	AMF Tuboscope Inc.	1	Type: Leakage flux detecting method Inspecting speed: 40~60m/min
Ultrasonic flaw detector	Mitsubishi Electric Corp.	1	Type: Rotary probe type by angle beam method Revolution of probe: Max. 300rpm Inspecting speed: Max. 30m/min
Drift tester	Aichi Steel Corp.	1	Type: Automatic tester by compressed air Capacity: 155 pieces/h
Hydrostatic tester	Yamamoto Suitsu Kogyo Sho	1	Pressure: Max. 1500kgf/cm ² Pressure load: Max. 700t
Hydrostatic tester	Yamamoto Suitsu Kogyo Sho	1	Pressure: Max. 350kgf/cm ² Pressure load: Max. 700t
Length measuring & weighing machine	Kawatetsu Metrological Equipment & Vending Machine Co., Ltd.	1	Length measuring: Range 4500~15500mm Weighing: Range 50~2000kg

介したが、今後ますます高度化するであろう需要
業界からの要請に対し十分応えられるよう、さら

に品質向上ならびに生産性向上に努力をはらっ
ていく所存である。

