

厚板自動化への取り組み

Automation of Plate Production

高園貴行/Takayuki Takazono・鹿島製鉄所 制御部 プロコン計測技術室 参事補

和田凡平/Bompei Wada・鹿島製鉄所 制御部 プロコン計測技術室 参事補

浜田重行/Shigeyuki Hamada・鹿島製鉄所 熱間圧延部 次長

谷 博/Hiroshi Tani・住友金属テクノロジー(株) 鹿島・材料評価部 次長

要 約

鹿島厚板工場にて'95~'96年に実施した、「材料ヤード」、「精整」および「機械試験設備」の自動化について報告する。いずれの自動化も、生産性の向上と納期対応力の強化を目的に実施したものであり、現在順調に稼働している。

Synopsis

The automations of "Slab Yard", "Plate Treatment Process" and "Mechanical Testing Equipment" were conducted from 1995 to 1996 at the Kashima Plate Mill. An outline of these automations is reported here.

These automations, which aim to increase productivity and decrease delivery time, are working satisfactorily.

1. 緒 言

最近の製品ミルでは、高度な圧延制御技術が求められる一方で、生産性あるいは納期対応力強化等の観点から自動化への取り組みは特に重要なものとなってきている。

このような観点より、鹿島厚板工場においても種々のプロセスの自動化を進めており、'95~'96年には「材料ヤード」、「精整」および「機械試験設備」の自動化を実施した。

「材料ヤード」については、ホット・チャージ・ラインの自動化とともに冷片物流の改善を実施した。「精整」については、剪断ラインへプロコンを導入、自動化するとともにテンパー・ライン、パイラーの自動化等を図った。これにより、材料ホット・チャージ・ライン~剪断ライン~倉庫のオンライン自動化を実現すると同時に、オフライン・ハンドリングの効率化、物流改善を図った。

「機械試験設備」の自動化は、試験片の切断~仕分け~機械加工~機械試験の全工程の自動化を実現した。

これら上・下工程の自動化の実現により、大幅な生産性向上を図ると同時に、スピーディーなお客様への対応が可能となった。

本報では、これら3つの自動化の概要について述べる。

2. 材料ヤード

2-1 はじめに

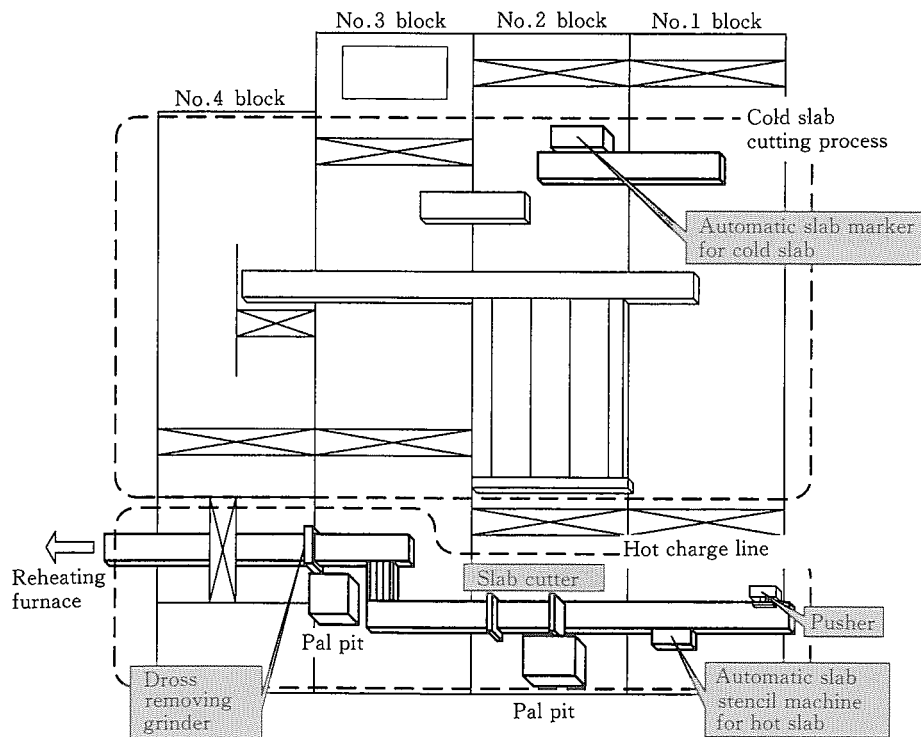
厚板工場にスラブを供給する製鋼工場の能率を一定以上に保つため、厚板工場に到着する材料（以下、スラブ）は、通常、圧延材^(*)1枚ごとに切断されておらず、厚板工場の材料ヤードで切断が行われる。

歩留りや圧延能率に大きく影響を与える切断作業の能率向上、精度維持を目的として様々な自動化が行われているが、その概要を以下に報告する。

2-2 材料ヤード設備レイアウト(第1図)

スラブは、高温のまま加熱炉に装入されるホットチャージスラブ（以下、高温スラブ）と一度常温近くにまで自然冷却してから手入れ等の前処理を経て加熱炉に装入されるコールドチャージスラブ（以下、低温スラブ）に大別される。高温スラブは、製鋼工場から受け入れた後、高温のまま切断され加熱炉に装入されるため、この処理を行うホットチャージライン（以下、ホットライン）では、作業環境の改善、危険作業の排除を目的とした自動化への取り組みが、比較的以前から行われてきた。一方、低温スラブを処

(*) 1: 同時に圧延可能な最終製品を複数枚組み合わせる圧延を行い、圧延後の鋼板を切断して出荷する。したがって、圧延材1枚には複数枚の最終製品が含まれている。



第1図 材料ヤード設備概要
Fig.1 Overview of slab yard

理するライン(以下、コールドライン)^{(*)2}では、表面の手入れ等、常温に近い温度での処理が行われるため、人の手による作業が中心となっており、自動化への取り組みはほとんど行われていなかった。

近年、ホットライン、コールドラインともに要員合理化を目的とする自動化の取り組みが行われている。

2-3 ホットライン自動化の概要

製鋼から搬送台車により運び込まれたスラブは、保温ピット^{(*)3}を経てホットチャージラインテーブルに載せられる。その後、プッシャーにより搬送テーブル上の幅方向の位置合わせが行われ、搬送が開始される。テーブル上を搬送されながら、識別番号のマーキング、最終スラブサイズへの切断、切断面のオンライン手入れを経て加熱炉に装入される。各工程の作業は、自動化されており、オペレータは、プロセス制御コンピュータの画面とライン状況を監視するほかは、ポイントとなる設備起動操作を行うだけである。

(*)2) : ホットチャージラインのようにテーブルラインが有るわけではないが、低温スラブの処理を行う場所を表現の便宜上、総称してコールドラインとする。

(*)3) : スラブの温度が下がらないようにするための保管設備、四方が壁で囲まれ、天井が開閉可能な蓋で出来た構造となっている。スラブを重ねて置いた後、天井の蓋をして保熱する。

2-3-1 自動切断(第2図)

先に述べたとおり、製鋼工場から受け入れるスラブ(以下、母スラブ)は、複数の圧延材(子スラブ)の集合体である。これを子スラブに切り分けるが、この際の切断位置は、識別番号のマーキングと同時に測定された母スラブの長さに基づき按分計算により決定される。

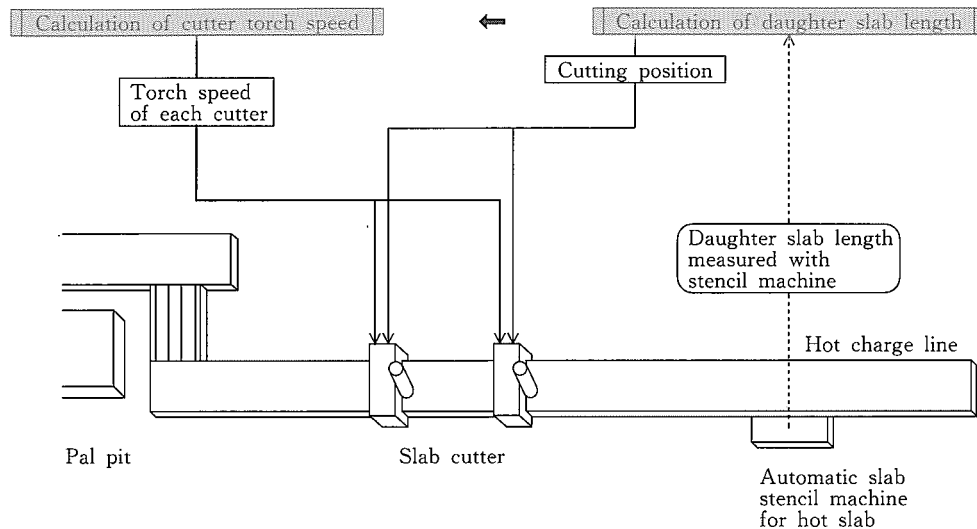
自動搬送されて切断機に到着したスラブは、按分計算により決定された切断位置がトーチの位置とほぼ一致する位置で停止するが、その後、トーチが切断位置に移動し、按分計算で決定された位置に対し $\pm 1\text{ mm}$ 以下の精度で切断が行われる。

2-3-2 スラブ端面の自動手入れ

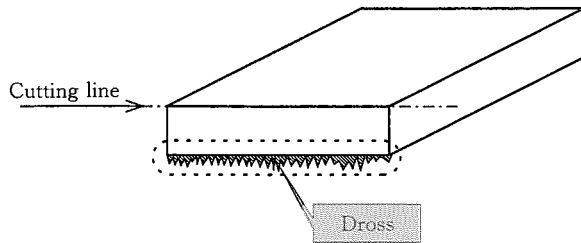
切断後のスラブには、トーチで切断した際に溶解した鋼がのこぎり状に垂れ下がって付着している(以下、切断ノロ。第3図参照)。これをそのまま圧延すると製品の疵や圧延ロールの疵の原因となるため、この除去が必要となるが、これをホットライン上で行う設備が、面取りグラインダである。

面取りグラインダでは、切断で生じたスラブの切断面の下側エッジをグラインダで削ぎ落とす。この際、スラブを定位置で固定することが必要となるが、スラブの位置決め、ガイドの締め付け、グラインダの砥石の押し付け圧の制御等が自動で行われている。また、グラインダの砥石の摩耗量、即ち砥石の径の管理もプロセス制御コンピュータにより行われている。

切断ノロの除去が完了したスラブは、加熱炉に装入され



第2図 自動切断制御フロー
Fig.2 Control sequence for cutting



第3図 切断ノ口
Fig.3 Dross after cutting

るが、切断長がスラブの幅より短い場合には、面取りグラインダの下流に設置された旋回機により、90度回転させてから加熱炉に装入される。この旋回もプロセス制御コンピュータとシーケンサにより自動で行われている。

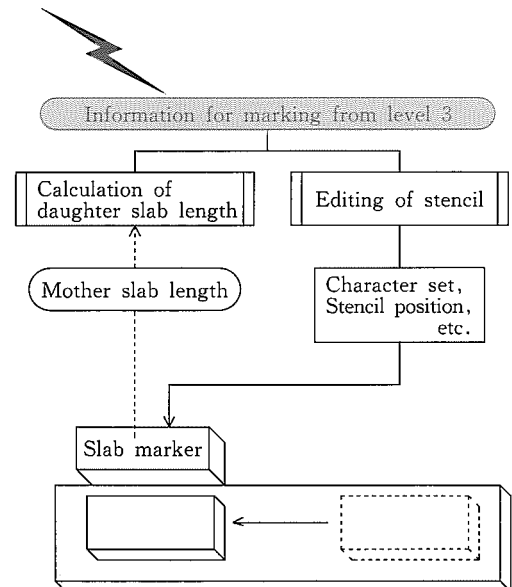
2-4 コールドラインでの自動化

従来は、低温スラブの切断位置は、オペレータにより決定されていた。このため、計算ミスや切断位置の測定誤差など、作業のばらつきを皆無にすることはできず、歩留りを低下させる一因となっていた。また、識別番号も人が手書きしていたため、切断後の識別番号が読み取り難い等の問題点が生じていた。

これらの問題の解消を目的として'96年4月にマーキング装置を導入し、子スラブの切断長の計算、切断位置および識別番号のマーキングを自動化した。

2-4-1 自動マーキング装置 (第4図)

コンベアに載せられた母スラブは、停止位置まで搬送された後、その全長が測定される。この測定結果に基づき、プロセス制御コンピュータにて子スラブの切断長に応じて、マーキング行数、文字内容が決定される。これは、スラブの識別番号のほか、切断作業に必要な情報も合わせてマーキングすることが必要なため、子スラブが短い場合には、



第4図 コールドライン自動マーキング装置制御フロー
Fig.4 Control sequence for automatic cold slab marker

2行印字への変更や文字数の削減を余儀なくされるためである。自動化以前には、マーキングの内容を“人”が確認しており、切断位置の決定と合わせてオペレータに心的負担を強いることとなっていたが、自動マーキング装置の導入により、これを解消し作業の合理化、生産性の向上を実現した。

2-5 おわりに

圧延ラインに比べ自動化が遅れていた材料ヤードは、この数年、急ピッチで進められた自動化設備の導入により生産性が向上した。加えて、オペレータの個人差に起因する生産量や歩留りの変動を抑制し、高能率かつ高歩留りの安定した操業が可能となった。今後は、単に要員の合理化を

目的とするばかりではなく、品質や歩留りの向上をより重視した自動化への取り組みが課題である。

3. 精 整

3-1 はじめに

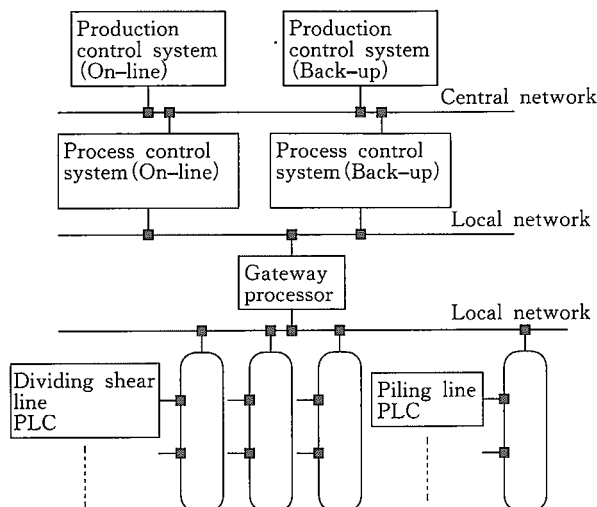
鹿島厚板工場精整ラインの操業を、従来のビジネスコンピュータ（以下ビジコン）による現場オペレータへの作業指示方式からプロセスコンピュータ（以下プロコン）およびプログラマブルコントローラ（以下 PLC）の導入による CIM（Computer Integrated Manufacturing コンピュータによる生産計画から製造自動化までの工場全体の自動化システム）の構築により、生産管理から現場の製造作業・搬送作業までの自動化を推進し、省力および能率向上を実現した。

3-2 設備レイアウト（第5図）

約長さ600m 幅150m の範囲に、圧延ラインより搬送されてきた鋼板を冷却する冷却床、所定の成品サイズに切断・刻印・ステンシル・検査を行う剪断ライン、鋼板を効率的に成品倉庫へ搬送させるための積重ね・積下しを行うパイラーライン、熱処理と矯正を行うテンパーライン、内部欠陥を探傷する CST（全面探傷対応連続自動超音波装置）ライン、塗装ラインおよび熱処理ライン他の複数のラインから構成される。

3-3 システム構成（第6図）

厚板工場全体を範囲とする生産管理用のビジコンと精整ラインを管理するプロコンとを構内ネットワークで接続、プロコンと設備・機器を単体レベルで制御する多数の PLC とを専用のネットワークで接続、PLC 群は制御する範囲ごとにネットワークで接続するという階層構造でシステムを構築している。



第6図 システム構成図
Fig.6 System configuration

3-4 自動化内容

今回は、精整ラインのメインラインである剪断ライン、パイラーライン、テンパーライン、CST ラインを対象範囲とした。

圧延された鋼板が精整ラインの入り口である冷却床に装入されたときに、ビジコンより生産計画に基づいた鋼板1枚ごとの作業指示情報をプロコンに伝送する。

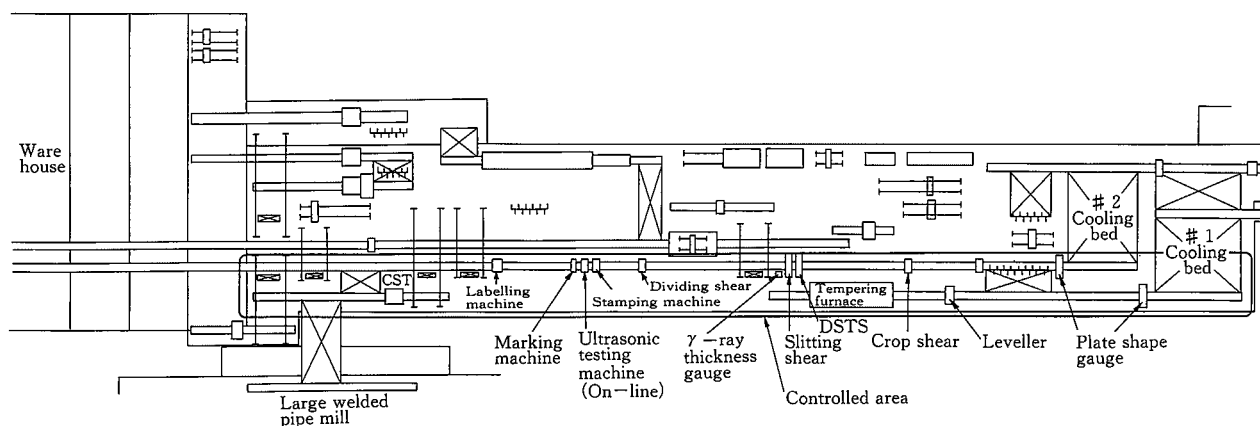
冷却床抽出以降は、プロコンによる鋼板1枚単位のトラッキングを基本とした PLC および自動化設備への設定・実績収集、PLC による自動制御により最終成品を作り込み、出荷のために成品倉庫へ搬送を行っている。

また、特定のポイントでリアルタイムに、プロコンからビジコンへ操業実績情報を伝送し、ビジコンでの製造進捗管理も可能としている。

3-4-1 剪断ライン

(1) 切断位置計算

冷却床出側の形状計による鋼板の実形状寸法と最終成品



第5図 厚板工場精整ライン設備レイアウト
Fig.5 Layout of processing line of Kashima Plate Mill

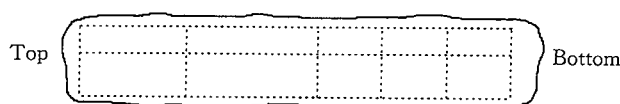
の個数と寸法，試験片寸法，切断マージン等より最適な切断位置を計算する。

(2)各切断装置，自動化設備の自動運転 (第7図)

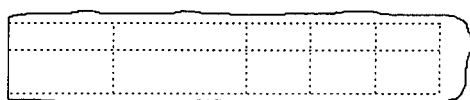
鋼板先端のクロップ部を切断する CRS (Crop shear)，幅方向を切断する DSTS (Doubleside slitting shear)，最終成品に切断する EDS (Dividing shear)，刻印機，ステンシル装置，オンライン探傷装置等へプロコンから鋼板の仕様に応じた自動設定および実績収集を行うことにより，オペレータの起動指示ボタンによる自動運転を実現している。

(3)鋼板搬送の自動化

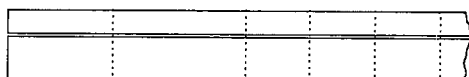
従来，一部ポジションでは手動による鋼板搬送を行っていたが，全ライン自動搬送を行うことにより搬送能率向上および自動運転を可能とした。また，鋼板搬送の搬送信号は，全テーブルにわたって PLC にてプロコンとのネットワーク上にリアルタイムに出力され，プロコンは随時トラッキングに必要な情報を得ることができている。



第7図(A) 切断位置計算結果例
Fig.7(A) Example cutting design



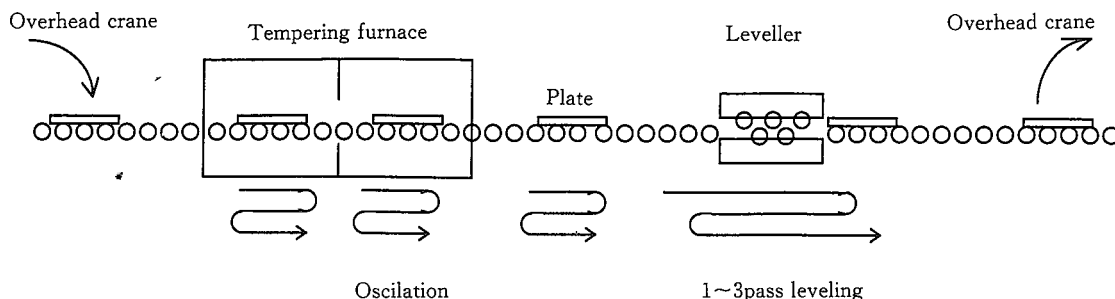
第7図(B) CRS での切断
Fig.7(B) Cutting with CRS



第7図(C) DSTS での切断
Fig.7(C) Trimming and slitting with DSTS



第7図(D) EDS での切断
Fig.7(D) Dividing with EDS



第9図 テンパーラインの自動化概要
Fig.9 Automation for temper line

(4)疵位置の自動取り込み

表裏面検査テーブル上の鋼板の移動量信号と疵種設定ボタンにより，鋼板先端からの疵位置と疵種を取り込み，下流の検査職場のプロコン CRT に表示し検査作業効率を向上させている。

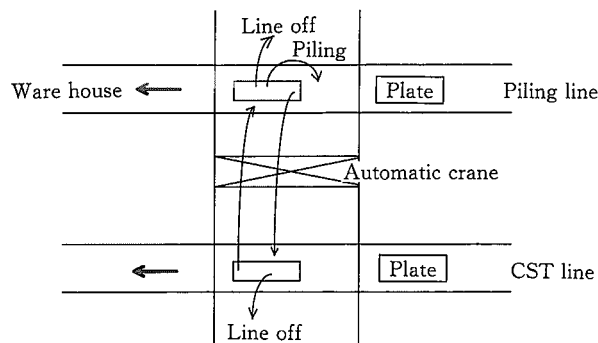
3-4-2 パイラーライン

(1)鋼板自動搬送

上流の剪断ラインでの作業実績により，1～5パイラーまたは成品倉庫への搬送先を決定し搬送する。また鋼板の仕様と搬送先のクレーン能力を考慮したパイリング (積み重ね) ガイダンスと実績チェックを行い，搬送効率を向上させている。

(2)自動クレーン (第8図)

本クレーンは，搬送テーブルから置き場への積み下ろし作業，搬送テーブル上でのパイリング作業とパイラーラインと CST ライン間の双方向の移送作業を自動化している。



第8図 自動クレーンの動き
Fig.8 Function of automatic crane

(3)板 No.読取装置

異材を成品倉庫に搬送することを防ぐことを目的に倉庫入り口に設置した。鋼板は倉庫入り口で一旦停止し，プロコンがトラッキングしている板 No.と板 No.読取装置が読み取った No.が一致した場合のみ自動搬送される。もし，不一致の場合は停止した状態を継続し，音声通報装置を介して近くのオペレータへ確認を促す仕組みとなっている。

3-4-3 テンパライン (第9図)

テンパ炉，レベリング装置の自動運転，搬送の自動化

鋼板仕様、熱処理温度、処理時間指示等に基づき、基本的な作業パターンの場合、鋼板の炉装入、移送、抽出、レベリング作業、テーブル搬送までの一連の作業を完全自動化している。

3-4-4 CSTライン

探傷装置の自動運転、搬送の自動化

鋼板仕様、探傷条件等に基づき探傷作業を自動化している。探傷結果により自動的に搬送先を決定し、自動搬送を行っている。

3-5 おわりに

立ち上げ範囲を4分割し、'96年12月から'97年4月の期間に順次立ち上げを行い、諸改善を積み重ねることにより実現することができた。今回、今後の更なる自動化の礎を築ことができ、省力、自動化の進んだ工場の実現に努力する所存である。

4. 機械試験設備

4-1 はじめに

機械試験設備は、鋼板より採取した試験片のガス切断、仕分け、機械加工、および機械試験等を行うものであるが、従来は、一部の工程が部分的に自動化されているのみであり、作業および物流が非効率であった。今回、これらの工程の全自動化を行い、大幅な効率化を実現した¹⁾。

4-2 全自動厚板機械試験設備の概要

4-2-1 設備レイアウト

本設備は、大別して3つのゾーンから構成されている(第10図)。

- (1)厚板工場から送られてきた試験材を自動倉庫に受け入れ、2台のガス切断装置で切断後、切断片を冷却・仕分けし、切断残材を自動倉庫で保管・廃却をするゾーン
- (2)仕分けられた切断片を各国規格に合致した試験片に機械加工するゾーン
- (3)引張試験を行なうゾーン

3つのゾーンにある各々の設備は、コンベア、ロボット、無人台車により接続され全自動化されている。

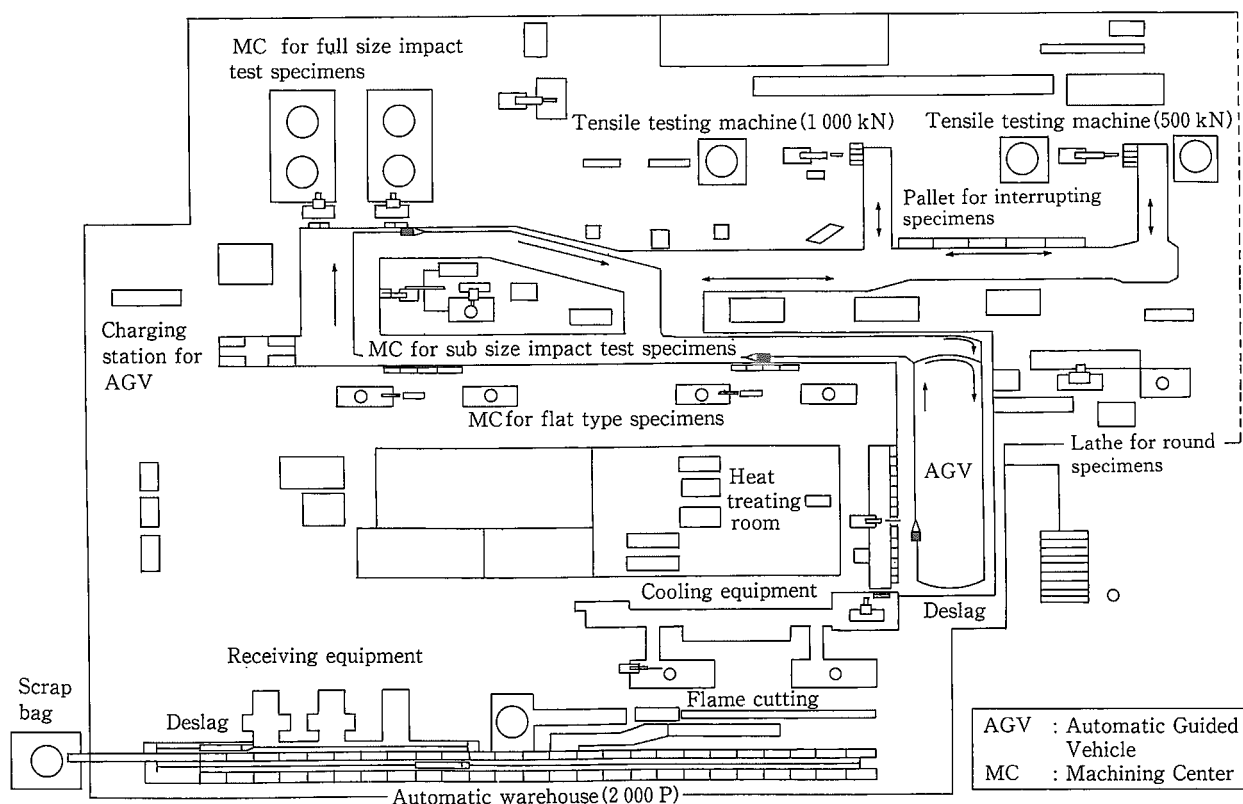
主要設備の概略仕様を第1表に示す。

第1表 主要設備の概略仕様

Table 1 Specification of principle equipment

Facilities	Main specifications
Automatic warehouse	Stock capacity : 2 000 coupons
NC flame cutting	Equipment (2) : 600 coupons/d
MC for flat TP	Equipment (4) : 750 pieces/d
Lathe for round TP	120 pieces/d
MC for impact specimen	Equipment (4) : 250 set/d
Tensile testing machines	Machines (3) : 1 100 pieces/d
Handling equipment	Robots (12), AGV (4)
Computer system	EWS (1), Factory computers (3)

MC : Machining Center, AGV : Automatic Guided Vehicle
TP : Test Pieces, EWS : Engineering Work Station



第10図 全自動厚板機械試験設備レイアウト

Fig.10 Layout of automatic mechanical testing facilities for plates

Fig.11 Outline of automatic mechanical testing process

技術報文

重要性がますます高まるさらに高度な「自動化」への取り組みを今後とも推進していく。



高園貴行 / Takayuki Takazono

鹿島製鉄所 制御部
プロコン計測技術室 参事補

(問合せ先：0299(84)2119)

参考文献

- 1) 谷 博ら：住友金属，Vol.49-1（1996），p.36