

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.3 (1971) No.3

水島製鉄所冷延工場の概要

Outline of the Mizushima Cold Rolling Plant

川俣 俊夫(Toshio Kawamata) 吉田 和夫(Kazuo Yoshida)

要旨：

川崎製鉄（株）水島製鉄所冷延工場は、一般冷延鋼板を対象とし、最終年間能力 200 万 t の工場として計画されている。1971 年 7 月現在、68"タンデムミルと付帯設備とで年間能力 90 万 t となっている。素材および製品の流れの円滑化を図り、コンピュータによるコイルハンドリングのオンライン処理を容易にするため、敷地を非常に細長くしている。タンデムミルについては、各スタンドに油圧々下装置を採用し、最適ミル常数配列としているほか、全スタンド BISRAAGC の適用など、新しい試みが多くなされている。

Synopsis：

The new cold rolling plant at Mizushima Works is planned for ordinary cold rolled sheet and strip with a final capacity of 2,000,000t/year. This plant consisting of a 68" tandem mill and other auxiliary equipment was able to produce 900,000t/year by April 1971. In order to obtain a simple, one-way traffic flow of raw materials and products, and to adopt an online computer control of coil handling, the building is designed so slender (The ratio of length to width is 3.77). The tandem mill is equipped with the hydraulic screw down device selected for every stand in the most appropriate mill moduli arrangement. The mill also adopts the BISRAAGC to all stands at lower speed range.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

水島製鉄所冷延工場の概要

Outline of the Mizushima Cold Rolling Plant

川 俣 俊 夫*

Toshio Kawamata

吉 田 和 夫**

Kazuo Yoshida

Synopsis:

The new cold rolling plant at Mizushima Works is planned for ordinary cold rolled sheet and strip with a final capacity of 2,000,000 t/year. This plant consisting of a 68" tandem mill and other auxiliary equipment was able to produce 900,000 t/year by April 1971.

In order to obtain a simple, one-way traffic flow of raw materials and products, and to adopt an on-line computer control of coil handling, the building is designed so slender. (The ratio of length to width is 3.77)

The tandem mill is equipped with the hydraulic screw down device selected for every stand in the most appropriate mill moduli arrangement. The mill also adopts the BISRA AGC to all stands at lower speed range.

1. 緒 言

当社水島製鉄所冷間圧延工場は、1967年7月から具体的な建設計画の検討を開始した。そして、1969年3月、クリーニングライン以降の先行設備が稼動した。同年9月酸洗ライン、10月タンデムミルが稼動し、同年4月第2分塊圧延機、1970年1月ホットストリップミルの稼動で、一貫態勢が確立した。

近く完成する設備は、冷間仕上 90万 t/year の能力であり、最終の冷間仕上 200万 t/year の計画のほぼ 1/2 に相当する。完成までには、さらに新しいタンデムミルとその付帯設備を建設しなければならないが、それらの仕様はまだ決定されていない。

本文では、水島製鉄所冷間圧延工場建設の基本構想と、現在までに完成している個々の設備の概要と特長についてまとめた。

2. 建設の基本構想

水島製鉄所冷間圧延工場は、一般冷延鋼板主体の工場として計画され、Table 1 に示すように、

Table 1 Final capacity of the cold rolling plant

Equipments		An annual capacity ($\times 10^4$ t)	Remarks
Pickling lines	No.1	1,200	For No.1 tandem mill
	No.2	600	For shipping as pickled coil & sheet
	No.3	1,200	For No.2 tandem mill (Unfixed specification)
	Total	3,000	
Tandem mills	No.1	1,200	1,730mm width, 5 stands
	No.2	1,200	(Unfixed specification)
	Total	2,400	
Cold finishing section		2,000	

* 水島製鉄所第2圧延部冷間圧延課課長

** 水島製鉄所管理部薄板管理課課長

タンデムミル2基を軸として、最終能力酸洗300万t/year, 圧延240万t/year, 冷間仕上200万t/yearを目標とした。

計画開始から完成までには、かなりの期間を必要とするが、その間に開発される新技術の採用や、市場構造の変革による需要動向の変動、質的量的要求の変化などに十分対処できるように考慮した。

2.1 設備配置の最適化

冷間圧延工場の水島製鉄所内の配置は、高梁川沿いに南から上流に向かって、第2製鋼工場、第2分塊工場、熱間圧延工場、冷間圧延工場とならべ、素材、半製品、製品の加工の進捗にしたがって北上し、高梁川岸壁倉庫から製品が出荷される

ように計画された。この間、素材、製品の流れに交叉も折返しもなくない経路がとられている。

冷間圧延工場の敷地は南北1,486m, 東西395mのはぼ矩形であり、長辺、短辺の比は3.77で、従来の冷間圧延工場の1.5~2.0とは比較にならないほど細長い敷地である。

Fig. 1に冷間圧延工場全体の設備配置を示す。図からわかるように、南から北に、酸洗ライン、タンデムミル、クリーニングライン、焼鈍ヤードと続き、焼鈍ヤードから西に折れて、空調ヤード、調質ミル、シャーライン・リコイルングラインが東西にならび、さらに梱包ヤードから高梁川岸壁倉庫へと続く、いわゆるL型配置である。

従来の冷間圧延工場は、タンデムミル1~2基を軸として、素材、製品の流通にはあまり考慮をは

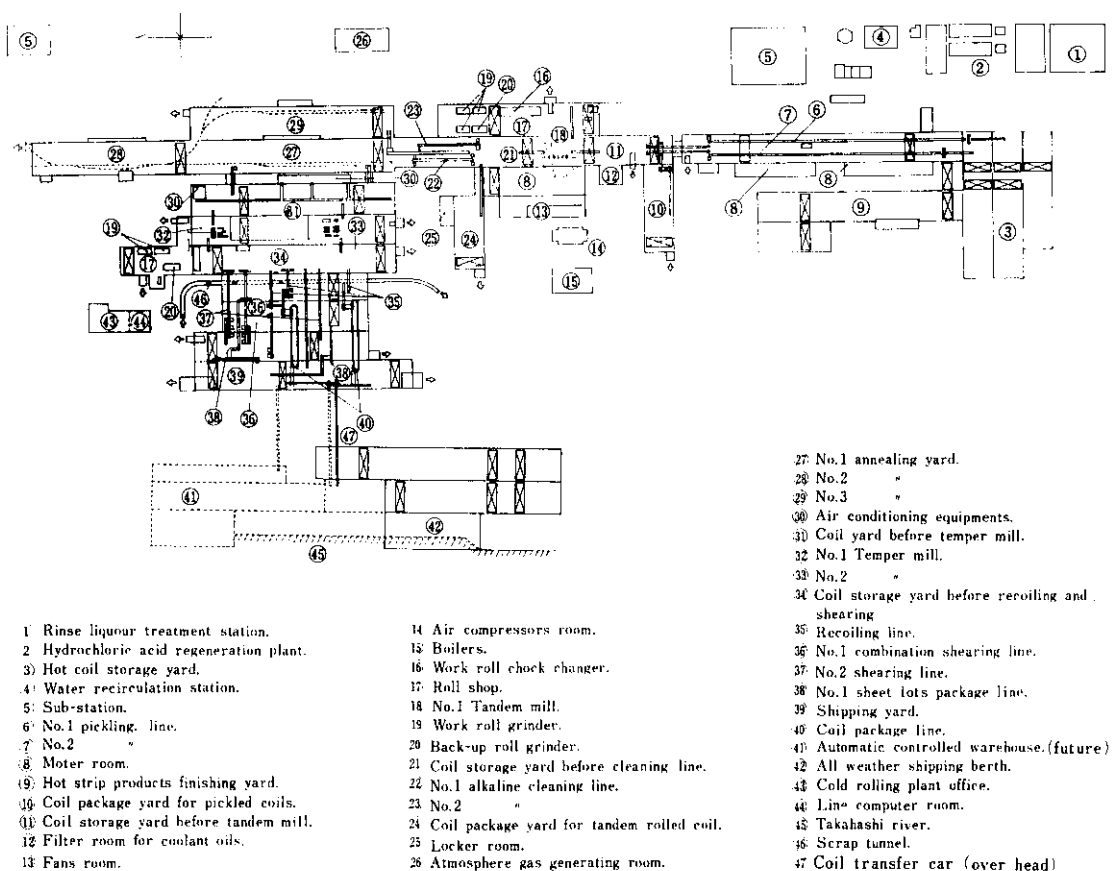


Fig. 1 Layout of the cold rolling plant

らわずに、いかにコンパクトにまとめあげるかを目標としていた。したがって設備の増設を行なう場合には、既設の設備の移設を必要としたり、あるいは素材、製品の流れを無視した継ぎはぎの設備配置をとらざるを得なかった。そのために、コイル輸送も相互に干渉して効率を下げざるを得なかった。その結果コイルハンドリングに人手を要し、生産管理のオンライン化もままならなかった。

筆者らの計画では、基本となる36万 t/year の設備をL型に配置して、最初のタンデムミル1基の全能力に見合う冷間仕上設備はL型の脚の部分を南に任意に増設していけるよう考えた。したがって増設の過程で設備の移設の必要もなく、品質生産、建設に障害のでない拡張性と最適の作業性を確保できる配置となっている。

2基目のタンデムミルの系列はL型配置の東側に順次増設していき、冷間仕上げ部門は冷圧事務所の北側に配置して、高梁川岸壁倉庫と結ぶ予定である。

2.2 場内輸送の円滑化

長辺、短辺の比が3.77という細長い敷地に設備を配置したため、素材、製品は工程途中で交叉も折返しもなく岸壁倉庫まで直線的に流れていく、

各設備の入側、出側には、それぞれコイルコンベヤーを設け、これによりヤード越しもあわせて行なえるようにした。

クレーンはその機能を単能化して局部的使用に限定し、クレーン相互の干渉をなくした。コイル輸送の主役として、一方通行のコイルトランスファー、コンベヤー、台車を用いることにした。

工程途中から出荷される酸洗コイル、タンデムアップ外販コイルは所要工程完了の時点で冷間仕上工程まで流れる一般冷延鋼板工程から別れてそれぞれ専用の梱包出荷ヤードに自動的に搬出される。冷間仕上部門からの製品コイルは、ライン出側コンベヤーからコイルトランスファー、梱包ライン、コイルトランスファー、コンベヤー、トンダクレーンを経て、場内道路と立体交叉する高架台車で岸壁倉庫まで送りこまれる。将来は同様経路で、シート、コイルともそれぞれ専用の自動倉庫と直結する予定である。

各ラインの発生品、スクラップは、それぞれ専用の搬出装置またはクレーンで最寄りの出入口から搬出される。シャーライン・リコイルングラインヤードは発生量が多いので、ラインの地下にラインと直交するスクラップトンネルを設け、そこから大型トラック、大型ダンプカーで集中的に搬出される。

コイル輸送とロール輸送の交叉、干渉にも考慮をはらった。すなわち、タンデムミルのワークロールは、ロールショップから、シフト台車で直接組込み取出しが自動的に行なわれる。バックアップロールはミルヤードに台車で送られるが、配置上バックアップロール運搬用クレーンとコイルハンドリング用クレーンは、まったく干渉しない。また調質ミルヤードでは、コイルハンドリングをまったく行なわないですむような入側、出側にコンベヤーを配置しており、またロール運搬もこのヤードで行なわれる。ロールショップから離れた位置にあるNo.2調質ミルのワークロールは、柱の中をくりぬいて設けられたモノレールのロールトランスファーで、調質ミル出側コンベヤーと立体交叉して、1セット組んだままで自動輸送される。

油脂の補充は、2カ所のタンク群から各使用先にパイプ輸送されている。

2.3 生産性の向上

2.3.1 コイルの大型化

歩止まり、能率、生産性を高める上で、コイルの大型化は最も基本的な条件である。千葉製鉄所第2冷間圧延工場のコイル最大外径 2,460mmφ、最大重量40 tの経験をもとにして、コイル最大外

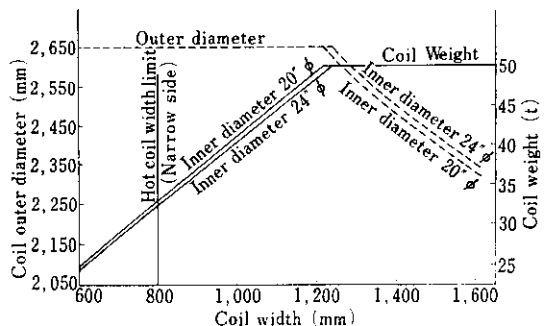


Fig. 2 Coil specification

径 2,650mm ϕ , 最大重量 50 t を基準にとった。冷間圧延工程におけるコイル仕様を Fig. 2 に示す。コイルの大型化を阻害する要因として、密着 (sticking)、圧着 (コイル層間のずれ疵)、転倒、コイル内の材質変動、コイルハンドリング設備の大型化などがあるが、これらについては、設備面、運転面の改善で解決していくことにした。

酸洗ラインの出側から最終の処理ラインまでの全工程を大型コイル仕様で統一した。したがって、工程途中でコイルを分割したり、ビルドアップを必要とすることなく、コイルの大型化のメリットを最大限に生かすことができる。

なお1970年4月～9月におけるタンデムミル装入コイルの平均コイル単重は28.8tにも達している。

2.3.2 単一設備能力の増大

単一設備能力を高めることは、最終規模における設備基数の減少を意味する。これは素材、製品の流れの単純化に寄与するばかりでなく、最終規模における設備投資の節減にも役立つ。

単一設備能力の増大は、実質運転速度の向上、通板ないし低速運転時の速度の向上と時間の短縮すなわち、実質休止時間の減少によって達成される。したがって、仕様としての最高速度ではなく、実質的な (休止時間を含めての) 平均速度をいかにして上昇させるかにかかっている。

単一設備能力が大きければ大きいほど、多少人員が増加しても生産性は向上する。したがって、生産性をあげるためには、まず単一設備能力を大きくしなければならない。またそのためには、実質休止時間、通板ないし低速時間を短縮するために、コイルの大型化が必要である。

2.3.3 省力化

設備配置を最適化して、素材、製品の流れを一方通行にして円滑化をはかれば、コイルの停滞がなくなり、品質、納期などに良い結果が出るほか、コイルのハンドリングも簡略化される。すなわち、レイアウトの良いことが、コイルハンドリングの無人化、オンラインコンピューター化を容易にして、工程管理の合理化を可能にする。

また、個々の設備においては自動化設備の大幅

採用により省力化をはかった。従来の方式では自動化が困難な場合には、方式そのものを開発して自動化を容易にした。自動化を成功させるためには、本来のシステムが機能を発揮しなかった場合にバックアップをする異なった方式の併用が不可欠であり、また信頼性の高い、速応性の大きい検出端とシステムの開発がぜひとも必要である。遠隔操作も場合により省力化に役立つが、むしろ労働密度を高めるのに効果的である。

2.4 品質の向上

高い品質水準を確保し、かつ作業性、生産性、経済性をもあわせ得るために各設備の製作範囲をできるだけ限定して、専用機主義を採用した。千葉製鉄所に既設の冷間圧延工場があることを前提とし、過渡的には、製作範囲の拡大の要請にも応じながらである。

品質特性としては、表面欠陥、形状、寸法、機械的性質があるが、ここでは錆とコイル転動によるスリ疵の防止について述べる。

2.4.1 錆の防止

単一設備能力が大きいほど能力アップの過程で設備間の能力バランスはとりにくい。設備間の能力バランスが崩れ、工程途中でコイルが停滞すれば、錆が発生する機会が多くなる。したがって、能力アップの過程では、素材、製品の流れを速くするために、タンデムミルに入ってくる素材の量を制限することにした。

また、冷間圧延工場の建家は、製品の錆発生を防止する上でとくに注意が払われている。この観点から建家の特長をあげれば次のとおりである。

a) 建家間の仕切り

酸洗ヤード建家とタンデムミルヤード建家との間を10mの下屋で結び、酸洗ヤードで万一塩酸フェームが発生した場合でも、フェームの侵入により、タンデムミル前ストレージ中のコイルに錆が発生するのを防止するようにした。

b) 焼鈍ヤードの独立換気

焼鈍ヤードは燃焼ガスによるドラフトがある。調質ミル前の空調冷却ヤードの空調エアーが焼鈍ヤードに引きこまれないようにするため焼鈍ヤード

ドと空調ヤードの間に、12.5mの空間を設け、さらに渡りの部分にはシャッタードアおよび2重のエアーカーテンを設けた。また焼鈍ヤードの周囲は全長にわたって吸気用ギャラリーを設けて、ドラフトに必要なエアーを十分供給できる構造とした。

c) 空調ヤード

建家は断熱材を両面亜鉛鉄板ではさんだ3重構造で、調質ミル側にもエアーカーテンを設け、場内全体を大気圧よりも若干プラス圧に保ちうる構造とした。エアーコンデショニングは建家全体について行なっている。

d) 調質ミルヤード以降は、亜鉛鉄板による2重構造で、吸気、吐気とも、エアーブローによる強制換気方式を採用した。

2.4.2 コイル転動によるスリ疵の防止

各ラインの入側でのコイルの装入、口出し、出側でのコイルの取出しなどに、グラビティコンベヤー、クレードルロールなどを使用すると、コイルの自重とコイル外側の巻きゆるみによって、スリ疵が発生する。コイルが大型化すればするほど、その影響は大きくなり、欠陥の内部滲透はコイルの厚みで50mmにも達する。従来、これらの設備は設備費が安く、比較的能率が良かったために使用されてきたが、当冷間圧延工場では、スリ疵防止を図るため、酸洗ラインの出側から最終工程まで、いっさいのコイル転動装置の使用をとりやめた。たとえば、タンデムミルの入側では、鉄鋼の冷間圧延機では初めての試みとして、ペイオフリールを2基設けた。そして、コイルコンベヤー、コイルカーの組合わせで、2基のペイオフリールを交互に使用することにより、コイルの転動の取り止めだけでなく、自動装入、自動口出し、自動通板を容易にかつ迅速に行なえるようにした。なお、タンデムミルでは、表面疵の点検のためライン外にインスペクションテーブルを設けているが、この巻き出しにも専用のペイオフリールを設けている。

2.5 生産管理のコンピューター化

当冷間圧延工場の生産、工程管理システムは、当初から情報処理の機械化が企てられた。主に工

程事務の機械化、精度向上はバッチシステムで扱い、素材・製品の流れの管理はリアルタイムシステムで扱うことにした。

生産、工程管理のバッチシステムは、製鉄所中央のコンピューター (UNIVAC-494) による。各営業所で受け付けられたオーダーは、オーダーセンタに集められ、その UNIVAC-494 で、ユーザーの仕様検索、各種基準の付加、千葉、水島両製鉄所への工場配分などが行なわれ、水島の UNIVAC-494 に伝送される。水島製鉄所のバッチシステムでは、オーダー処理、素材要求、バッチでの充当作業、命令書の作製、材料試験結果の判定、出荷関係諸業務、工程の進捗管理、月報作成などが行なわれる。

リアルタイムシステムは地番管理システムと剪断充当システムとから、なりたっており、NEAC 2,200-400 (112k 語) の Duplex System で行なわれる。

地番管理システムの機能は、各ライン入側、出側におけるコイル搬入、搬出の指示の自動化、各ライン出側におけるコイルの通過実績の収集、各ラインで必要とするコイル情報の伝達、焼鈍、剪断におけるコイルカードの作成などである。

剪断充当システムの機能は、グループ生産方式を採用しているため、エキストラを含めた製造コストを納期修正し、未充当オーダーを配列して、価値順に剪断していく剪断命令の作成、検査カードの作成、試験材カードの作成、剪断実績、梱包実績の把握、作業日誌の作成などである。

3. 各設備の概要と特長

3.1 酸洗ライン

No.1 酸洗ラインは1969年9月稼動し、No.2 酸洗ラインの稼動時期は未定である。

No.1, 2 ラインの勝手が反対である以外は、ほとんど同じ仕様である。No.1, 2 酸洗ラインの概略仕様を Table 2 に示す。

酸洗ラインの特長は以下のとおりである。

(1) 供給酸の自動濃度調節、自動供給、自動濃度調節装置付の横型塩酸酸洗ラインであり、間接

Table 2 Specification of the pickling lines

Maker	Machine		Wean-Japan
			Kawasaki Heavy Industries
	Electric equipment		Fuji Electric Co.
Coil	Thickness		1.6~6.0 mm
	Width		600~1,600 mm
	Inner dia.	Entry side	762 mm ϕ
		Delivery side	610 & 762 mm ϕ
	Outer dia.	No.1 line entry side	2,050 mm ϕ max.
		No.2 line entry side	2,300 mm ϕ max.
		Delivery side	2,650 mm ϕ max.
	Weight	No.1 line entry side	30 t max.
		No.2 line entry side	45 t max.
		Delivery side	50 t max.
Line speed	Entry section		500 m/min
	Tank section		240 m/min
	Delivery section		300 m/min
Over-all length			264 m
Pickling solution			Dilute hydrochloric acid
Pickling tank			20 m $\times$ 5
Effective coil length stored in entry looper car			500 m
Delivery coil length stored in delivery looper car			250 m
Nominal capacity			84,000 t/month

加熱方式を採用している。酸洗後の水洗は高圧(30kg/cm²)、多量(250 t/hr)のコールド環水を使用している。

(2) 入側、出側ともループカー方式のコイルストレージを行なう。ループカーサポートロール、ステアリングロールなどに種々の工夫をこらして、タンクセクションを含めて、蛇行防止を図っている。

(3) トリマー、チョッパー各2式づつを設置しているので、休止中のトリマー、チョッパーはライン運転中も、十分安全に刃替えが可能である。チョッパー屑はコンベヤーで、場外ホッパーに搬出される。

(4) テンションリールはベルトラッパ方式で、最大張力12 tで巻き取り可能である。これによって、タンデムミル No. 1 スタンド入側の上下押えガイドを使用しなくても、せり込み、絞り込みを防止するのに十分な、バックテンションが確保できることになった。タンデムミル入側の上下押えガイドの省略は、世界で最初の試みである。

(5) 入側、出側のコイルハンドリングの自動化を積極的にとり入れ、オペレーターの削減を図った。No. 1 酸洗ラインの人員配置は Table 3 に示すように10名であるが、将来さらに、自動化を推進して、図表を省力することを目標としている。現時点においても酸洗ラインのネット要員数

Table 3 Operator positions in the pickling line

Leader		○
Entry section	Coil preparation	●
	Uncoiler	○
	Welder and entry section operation	○
Delivery section	Trimmer operation	●
	Delivery operation	○
	Inspection	○
	Process control	●
And others	Shift member for lunch time	○
	Shift member for vacancy	●

(Note) ● means labor saving position in future.

は日本最少であろう。千葉製鉄所の No. 3, 4 酸洗ラインとの比較で、各種要因別の省力効果を

Table 4 Effective factors on man-power saving at the pickling line

Item	Effect on man-power saving (man)
Layout	0.50
Specification of equipment	1.00
Automatic control	0.75
Man-power saving equipment	1.00
On-line computer	0.25
Total	3.50

Table 4 に示す。

(6) 廃酸回収は事前酸化の焙焼方式²⁾を採用している。酸洗リンズ液の処理は、クリーニングラインのアルカリ廃液と同時処理を行なっている。

3.2 タンデムミル

Table 5 Specification of the tandem mill

Maker	Machine and electric equipment	Hitachi Ltd.
Coil	Thickness	Entry side 2.0~6.0 mm
		Delivery side 0.25~3.2 mm
	Width	600~1,600 mm
	Inner dia.	Entry side 610 mm ϕ
		Delivery side 508, 610, 711 mm ϕ
	Weight	50 t max.
	Max. rolling speed	1,500 m/min
Roll	Work roll	610~533 mm ϕ × 1,730 mm
	Back-up roll	1,520~1,370 mm ϕ × 1,730 mm
	Screw down system	Hydraulic screw down only
	Motor driven system	Twin drive (mechanical tie)
Motors	Payoff reel	400 kW × 2
	No.1 stand	950 kW × 2 × 2
	No.2~5 stand	1,350 kW × 2 × 2
	Tension reel	475 kW × 3 × 2
	Accelerating time 300~1,500 m/min	10 sec
	Nominal capacity	84,000 t/month

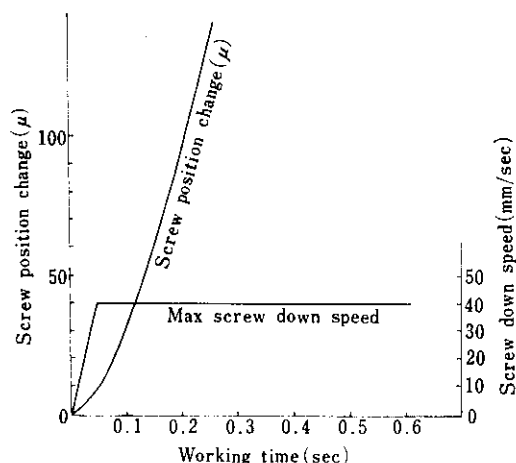


Fig. 3 Calculated screw down speed and screw position change

タンデムミルは1969年10月から稼動している。概略仕様を Table 5 に示す。

タンデムミルの特長は以下のとおりである。

(1) 高性能の油圧々下装置³⁾を採用している。油圧々下のみの鉄鋼用タンデムミルは世界最初である。応答速度を速くするための改善やそのメリットについても、すでに発表されている⁴⁾。計画圧下応答速度を Fig. 3 に示す。実作業においては制御系のおくれもふくめた「むだ時間」, 22msec, 「立上り時間」53msec, 最高圧下速度約47mm/minを得ている。最高圧下速度をさらに上昇させる問題がまだ残っている。

(2) AGC システム

通板時、加減速時、溶接点通過時においても、良い形状で均一な厚みに圧延できる設備であることを目標とし、次のような特長をもつ AGC システムを採用している。

a) 圧下応答性のすぐれた油圧々下ミルの特性を生かすことができる BISRA 方式 AGC を基本としている。

b) 通板、加減速時に、オフゲージの減少と安定した形状を確保するため、全スタンドは BISRA 式制御装置をもち、最適ミル定数配列としている。

c) No. 4~No. 5 スタンド間の張力の変動を少なくして形状変化に対する外乱を除くため、張力 AGC の主体を No. 3~No. 4 スタンド間にとって

いる。

d) 全スタンドとも BISRA 方式 AGC とは独立の速度補償装置をもつ。

e) AGC 各種ゲインのプリセットが可能である。

f) 計算機制御システムにより、より多くの情報、演算にもとづく制御信号を受けとり、AGC の制御基準点の変更が可能である。

現在、BISRA 方式 AGC も GE 方式の AGC も一応使用できる状態にある。しかし、BISRA 方式 AGC ではロール偏心除去装置の開発、自動ロックオンの確立、各種ゲインの最適値の決定、ゲージ寸法ごとの最適ミル定数配列の決定など今後の課題として残されている。また GE 方式 AGC では、各種ゲインの最適値の決定、オンタイム・オフタイムの調整などが残されている。

(3) タンデム計算機制御システム

BISRA 方式主体の AGC システムに加えて、より高い生産性と歩止まりの向上のために、プロセスコンピューター（中央処理装置：HITAC—7250、コア16k語、ドラム256k語）を導入した。

この計算機制御システムの目的は次の3つに大別できる。

a) 数式モデルによる自動セッティング⁷⁾

b) 通板、加減速時のコンピューターによる制御（ダイナミック AGC）

c) 情報処理の自動化

a) によりセットミスによるストリップの破断の防止とロール損傷の防止および能率向上が期待される。最大能率の圧延ができるようなドラフトスケジュールも開発しつつある。b) は通板時、加減速時に発生するオフゲージを減少させようとするもので、1971年末開発完了を目標としている。c) の自動化には種々の内容が含まれている。まずオンラインコンピューターと直接リンクすることにより、圧延情報を自動的に取り込み、これにもとづいて、スケジュール計算をして、プリセット装置に出力している。さらに、作業日報の作成、デレイレポート、ロール管理月報を作成している。

(4) 自動化

コイルハンドリングの自動化、コイルのバンド

カット、口出し作業、ワークロールの自動組替え、自動通板、蛇行修正⁴⁾、自動形状制御⁴⁾⁵⁾⁶⁾、自動減速、定位置停止、バンデングマシン⁴⁾など、自動化を積極的にとり入れ、オペレーターの

Table 6 Operator positions at the tandem mill

Leader		○
Entry section	Coil preparation	●
	No.1 stand	○
Mill	No.5 stand	●
	Main operating desk	○
And others	Shift member for lunch time	○
	Shift member for vacancy	●

(Note) ● means labor saving position in future.

Table 7 Effective factors on man-power saving at the tandem mill

Item	Effect on man-power saving (man)
Automation in entry side	0.25
Automation in delivery side	0.50
Automatic threading	1.00
Process computer	1.50
On-line computer	1.25
Man-power saving equipment	1.00
Total	5.50

削減を図った。タンデムミルの人員配置を Table 6 に示す。現時点において、すでにネット運転要員数は日本最少であるが、将来さらに、Table の ●の省力を目標としている。千葉製鉄所第1冷間圧延工場の5スタンドタンデムミルとの比較で、各種要因別の省力効果を Table 7 に示す。

(5) プロセスコンピューターによるタンデム電気品の予防保守⁸⁾

圧延設備の大型化、機能の高度化により、電気設備の構成は複雑となり、特に自動制御装置は複雑化し、構成機器の員数の増大による事故率が増加し、故障部分の早期発見や対策の実施が困難となってきた。また保守要員の質の低下も避けられない情勢となってきた。

そこでタンデムミルの電気品の予防保守と事故部分の早期発見を図るため、プロセスコンピューター（中央処理装置：HIDIC-100，コア8k語，ドラム16k語×4）を導入した。

その機能は次のとおりである。

- a) 制御装置の予防保守として、トランジスタ式演算増幅器のチェック
- b) モーターRMSの監視
- c) ベヤリングの温度監視
- d) 電力量積算処理
- e) カーボンブラシの在庫管理

3.3 クリーニングライン

No.1クリーニングラインは1969年3月稼動し、

Table 8 Specification of the cleaning lines

		No.1 line	No.2 line
Maker	Machine	Kawasaki Electric	Kawasaki Electric
	Electric equipment	Yasukawa Electric	Yasukawa Electric
Coil thickness		0.25~1.6 mm	0.25~1.2 mm
Max. speed (m/min)		500 (for 1.0 mm and under) 300 (for 1.0 mm over)	800
Spray	Pressure	10 kg/cm ²	20 kg/cm ²
	Volume	1,500ℓ/min×6	3,000ℓ/min×6
	Pumps	A.C. 55 kW×6	A.C. 160 kW×6
Nominal capacity		42,000 t/month	42,000 t/month

No. 2 クリーニングラインの稼動時期については未定である。No. 1, 2 クリーニングラインの概略仕様を Table 8 に示す。

クリーニングラインの特長は以下のとおりである。

(1) 洗滌方式

従来、クリーニングラインは電解清浄ラインといわれ、アルカリ液に間接通電し、電解による発生機の水素で、ストリップ表面から油脂分を除去する方法である。当所では過渡的には亜鉛鍍金用原板の洗滌も行なうが、最終的には、ミルクリーンシートとして、圧延後直接焼鈍される一般冷延鋼板が対象である。したがって、高圧スプレイとブラッシングの併用による、コンベンショナルなクリーニングラインとした。

(2) 張力制御

ライン全体がテンションタイプであるが、出側のテンションブライドルロールとテンションリールの間にテンションメーターを設置した。巻取り張力が焼鈍における密着、調質ミル入側の圧着と密接な関係があると思われるので、張力をプリセ

ットして、テーパーテンションコントロールを行ない、これらコイルの大型化を阻害する要因を排除しようと考えた。

3.4 焼 鈍 炉

焼鈍炉は No. 1 グループ 27 ベル 54 ベース、No. 2 グループ 21 ベル 42 ベース、No. 3 グループ 24 ベル 48 ベースの 3 グループにわかれている。No. 1, 2 グループは稼動中、No. 3 グループの稼動時期は未定である。各グループの炉の仕様は同一で、その概略仕様を Table 9 に示す。この種の炉としては日本最大の大型炉である。

焼鈍炉の特長としては計装システムの採用と、強制冷却の実施をあげることができる。

(1) 計装システム

焼鈍における密着 (sticking) 防止のため、バーナー容量・配列、燃焼室負荷の軽減、2 重インナーカバー・ダクトイル铸铁製のスペーサーの採用、ペDESTALファン大型化などについて考慮したほか、漸新な計装システムの開発をはかった。

Table 9 Specification of the annealing furnace

Maker	Chugai-Ro
Type	Direct fired single stack
Coil	Max. outer dia.
	2,650 mm ϕ
	Max. weight
	50 t
Effective piling height	4,350 mm
Max. piling weight	150 t
Burner	Arrangement
	6 $\times$ 3 stage
Inner cover	Dia. $\times$ height
	3,200 mm ϕ $\times$ 5,950 mm
	Motor
	40 kW $\times$ 1,800 rpm
Pedestal fan	Capacity
	500 m ³ /min at room temp.
	Pressure
	200 mmAq. at 15°C
Forced cooling equipment	
	150 m ³ /min, 15 kW
Computer	Model
	FACOM 270-10
	Function
	Temp. control and data logging
Nominal capacity	1,280 t/month $\cdot$ bell

計装システムの中核は小型計算機FACOM270-10 (コア4k語, ドラム32k語) で, グループごとに設置されている。その主な機能は次のとおりである。

- a) ベース温度のデジタルダイレクトコントロール
- b) 昇熱速度制御
- c) 温度検出, 制御異常のモニタリング
- d) 均熱完了, 冷却完了の予測
- e) 工程進捗状況の集中監視
- f) 操業データの記録

a) により, 従来の標準的な計装によるよりも, 高精度の制御が期待できる。なお将来は, 本計算機システムとオンラインコンピューターを直結して, 総合的な自動化を実現させる予定である。

(2) 強制冷却の実施

従来の焼鈍炉では, 冷却に長時間を要したため, ベル, ベースの割合は普通1:2.5~3であるが, 当工場焼鈍炉ではベース下に, 雰囲気ガス強制冷却装置を設け, ベース温度400°Cから強制冷却を実施した結果, 冷却時間は約19hr短縮でき, ベルベースの割合を1:2にすることができた。

強制冷却20例 (平均積込重量 126,610kg) と自然冷却10例 (平均積込重量 126,280kg) の平均冷

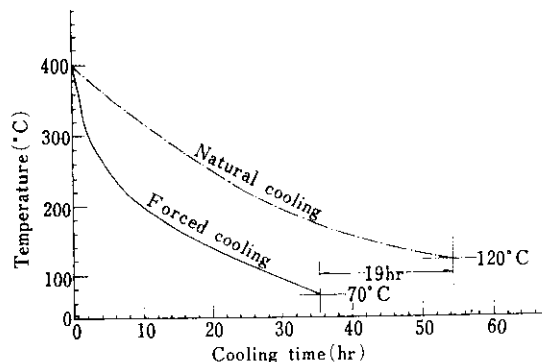


Fig. 4 Comparison of the natural cooling and forced cooling

却速度の比較を Fig. 4 に示す。解体後コイルが昇温してテンパーカラーが発生するのを防止するため, 冷却完了温度は自然冷却の場合は120°Cであるが, 強制冷却の場合は70°Cに設定している。また強制冷却開始時における炉圧の低下を防止するため, Fig. 5 に示すタイムスケジュールを採用している。

3.5 調質ミル

No.1 調質ミルは1969年3月稼動しているが, No.2 調質ミルの稼動は未定である。調質ミルの概略仕様を Table 10 に, 特長を以下に示す。

(1) 油圧々下装置

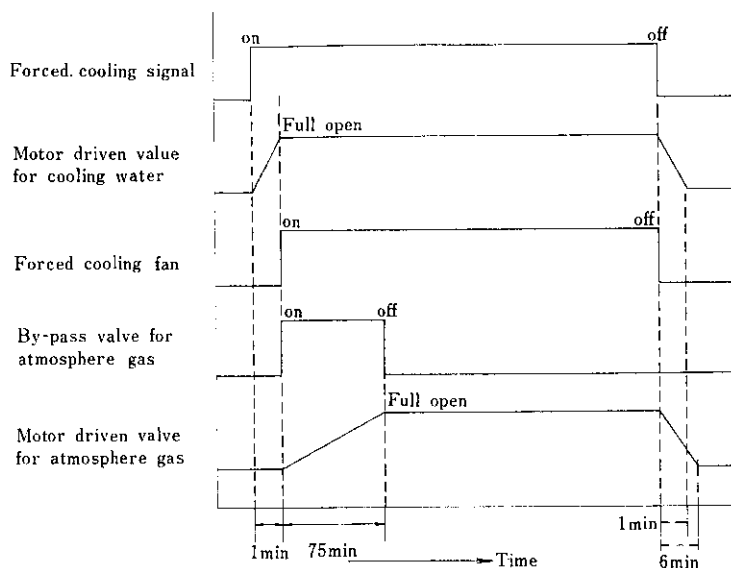


Fig. 5 Time schedule for the forced cooling

Table 10 Specification of temper mill

		No.1 temper mill	No.2 temper mill
Maker	Machine	I H I	I H I
	Electric equipment	Mitsubishi Electric	Tokyo-Shibaura Electric
Coil	Thickness	0.4~3.2 mm	0.25~1.0 mm
	Width	600~1,600 mm	600~1,600 mm
	Max. outer dia.	2,650 mm ϕ	2,650 mm ϕ
	Max. weight	50 t	50 t
Max. speed		1,000 m/min	1,500 m/min
Roll		585/1,520 mm ϕ $\times$ 1,730 mm	600/1,520 mm ϕ $\times$ 1,730 mm
Back-up roll bearing		Oil film	Cylindrical roller
Screw down system		SN type hydraulic only	
Motor driven system		Pinion and slip crach	Twin drive
Motor	Pay-off reel	200 kW $\times$ 2	300 kW $\times$ 2
	No.1 stand	800 kW	560 kW $\times$ 2
	No.2 stand	—	560 kW $\times$ 2
	Tension reel	400 kW $\times$ 3	550 kW $\times$ 2
Nominal capacity		42,000 t/month	42,000 t/month

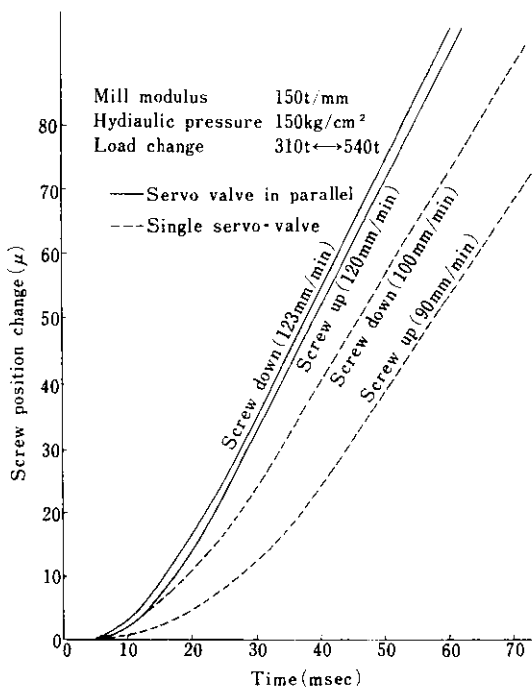


Fig. 6 Practical screw position change

No.1, No.2 調質ミルはいずれも専用のSN式油圧々下装置⁹⁾が設置されている。SN式油圧々下装置を採用した理由は、応答性が高く、ミル常数が可変であり、調質条件によって任意のミル常数を選択できるからである。またNo.1 調質ミルでは、伸び率一定制御を行なう上で、ミル常数、圧下制御の最適条件を見つけ出す必要があった。そのためにも、SNミルが最適と判断したためである。No.1 調質ミルで種々の調査、検討¹⁰⁾¹¹⁾を行なったので、No.2 ミルの圧下制御系はより単純なものとするのができた。なおメーカーの推奨する以上の圧下応答性をうるため、No.1, 2 ミルともサーボ弁を併列にして使用している。Fig. 6に圧下応答速度の実績を示す。当初MOOG#76のサーボ弁を使用していたが、弁内のストレーナーの破損などの事故が8回あったので、1970年夏ごろからMOOG#73に変更した。その後サーボ弁の事故はなくなっている。

(2) 2 スタンド広幅調質ミル

No. 2 調質ミルは2スタンドの広幅調質専用ミルである。2スタンドの広幅専用ミルの採用はわが国では最初である。当社は従来から、能率を犠牲にしながらもドライ調質の利点を固執してきた。ドライ調質では小さい伸び率で安定した調質が可能であり、また深絞り加工に有利な材質性状が得られるという利点がある。また表面外観上の利点としては、開梱後あるいはプレス加工後、ウェット調質製品は錆がでやすいのに対して、ドライ調質では発錆しにくいことである。ドライ調質の欠点は、形状を確保しながら、高い伸び率を確保するのが困難であり、その結果として、プレス加工の際ストレッチャーストレインがでやすいことである。2スタンド調質ミルは、ドライ調質の長所を生かしながら、形状、高い伸び率の確保も合わせてねらったものである。

(3) 自動化、省力化

No. 1, No. 2 調質ミルとも自動化、省力化装置、遠隔制御を種々採用している。No. 1 ミルについてはすでに発表されている資料¹²⁾があるので省略するが、自動運転を十分にテストせずに営業運転に

入ったため、その後調整時間がとれず自動化実行レベルは現時点でもそれほど高くない。No. 2 調質ミルは No. 1 調質ミルに比べ調整時間を十分にとり、自動化のレベルを非常に高くできた。No. 2 ミルで改善された点は、ミルの自動通板、自動ロール組替え自動リーディングエンドカット、自動オンライン・テールエンドプレスなどである。テンションブライドルのポリッシャーは最初からうまくいっているが、ワークロール、バックアップロールポリッシャーはまだ調整改造の余地が残っている。

3.6 シャーライン・リコilingライン

シャーラインの概略仕様を Table 11 に、リコilingラインの概略仕様を Table 12 に示す。

No. 1 コンビネーションシャーラインと No. 1 リコilingラインにテンションレベラーが設置してある。Fig. 7 にテンションレベラーの概略構成を示す。No. 1 コンビネーションラインのレベラーはコンベンショナルタイプのレベラーで 64 mmφ×1,830mm, 上: 9本, 下 8本, ピッチ 66.8

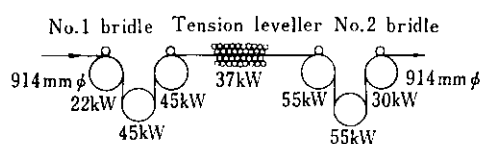
Table 11 Specification of shear lines

Item		No.1 combination shear line	No.2 shear line	No.3 shear line
Maker	Machine	Wean-Japan	Wean-Japan	I H I
	Electric equipment	Fuji Electric	Fuji Electric	Fuji Electric
Coil	Thickness	0.4~3.2 mm	0.4~3.2 mm	0.25~1.0 mm
	Width	600~1,600 mm	600~1,600 mm (Delivery 450~1,600)	600~1,300 mm
	Length	800~3,660 mm	800~3,660 mm	1,200~3,100 mm
	Max. weight at entry	50 t	50 t	50 t
	Max. weight at delivery		20 t	
	Max. outer dia. at entry	2,650 mmφ	2,650 mmφ	2,650 mmφ
Prime piler	Max. piling height	1,450 mm	1,450 mm	425 mm
	Max. piling weight	20 t	20 t	3 t
Max. speed		100 m/min	100 m/min	300 m/min
Nominal capacity		10,000 t/month	10,000 t/month	20,000 t/month
Note		i) Shear & recoil combination type ii) Including tension leveller		i) Alternate piling ii) Including scrap press

Table 12 Specification of recoiling lines

		No.1 recoiling line	No.2 recoiling line	No.3 recoiling line
Maker	Machine	Kawasaki Electric	Kawasaki Electric	Hitachi
	Electric equipment	MEIDEN	MEIDEN	MEIDEN
Coil	Thickness	0.4~3.2 mm	0.4~3.2 mm	0.25~1.0 mm
	Width	600~1,600 mm	600~1,600 mm (Delivery 450~1,600)	600~1,300 mm
	Max. weight at entry	50 t	50 t	50 t
	Max. weight at delivery	20 t	20 t	20 t
	Max. outer dia. at entry	2,650 mm ϕ	2,650 mm ϕ	2,650 mm ϕ
Max. speed	Max. outer dia. at delivery	2,000 mm ϕ	2,000 mm ϕ	2,000 mm ϕ
		200 m/min	200 m/min	1,220 m/min
Nominal capacity		15,000 t/month	15,000 t/month	20,000 t/month
Note		Including tension leveller	Two tension reels	Coil preparation type

No.1 combination shear line



No.1 recoiling line

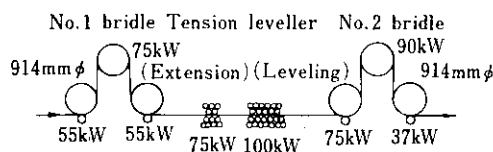


Fig. 7 Schematic diagrams of tension leveller

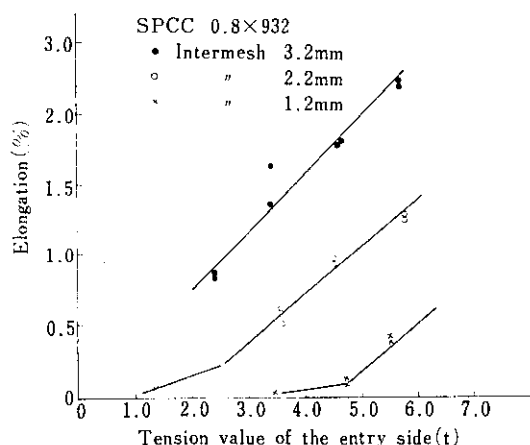


Fig. 8 Relation between tension and elongation

mmのレベラーロールに、64mm ϕ ×154mm 5列のバックアップロールがそれぞれついている。No.1 リコilingラインのレベラーは友友重機製の伸長レベラーと矯正レベラーを持つレベラーである¹³⁾。

No.1 コンビネーションシャーラインのテンションレベラーで、SPCC 0.8×932のコイルを用いて、圧下量を変えた場合の入側張力と伸び率の関係を Fig. 8 に示す。

図からわかるように、普通のテンションレベラーでも、圧下を大きく、張力を強くすれば板は2%以上伸びることもある。しかし一般的にいて、0.3% 程度の伸び率を与えれば平坦な鋼板を製造することができる。

焼鈍後スキンパス圧延で、最適伸び率に近い0.6%の伸び率を与えた材料 (SPCC 0.6mm 厚, C : 0.016, Mn : 0.33, P : 0.011, S : 0.022, sol N : 0.016, O : 0.0365, 結晶粒度ASTM No. 9) をさらにテンションレベラーで伸長したときのレベラー伸び率と降伏点, 降伏伸び, 引張強さ, 伸びの関係を Fig. 9 に示す。レベラー伸びが増加すると、降伏点はいったんわずかに減少したのち増加する。引張強さは一様に増加し、伸びは減少している。レベラー伸びが加わるとわずかに降伏点が減少するのはスキンパスで与えた 0.6

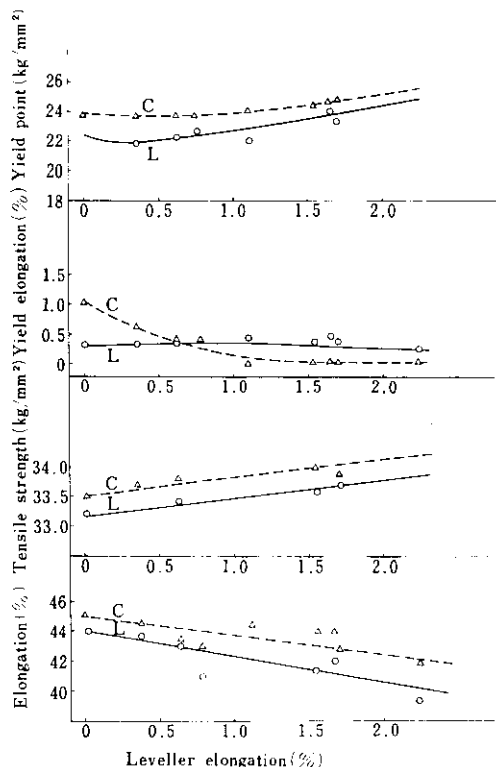


Fig. 9 Relation between leveller elongation vs mechanical properties

%の伸び率が、降伏点を最小にする最適伸び率にまだ達していないことが主な原因と思われる。なお時効後の降伏点も同様の傾向が認められている。

Fig. 9 に示されているように、テンションレベルの伸び率 0.5% 以内であれば、材質の劣化はほとんど問題はないので、その範囲内で形状矯正を行なっている。

4. 結 言

水島製鉄所冷間圧延工場の概要について述べた。建設計画の立案にあたって、まったく新しい立地条件のもとで、新しい試みを積極的にとり入れながら最終構想を固めることができた。この最終構想をもとにして、増強のステップにしたがい、順次首尾一貫して統一された思想で建設と生産が行なわれている。

終りにのぞみ、水島製鉄所冷間圧延工場の計画、建設にさいして、ご指導、ご協力していただいた社内外の関係者の皆様に、心からお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 岩村：鉄と鋼，55 (1969) 14, 1, 370
- 2) 川真田，伊東：川崎技報，(1971) 41, 59
- 3) 梶原，福井：日立評論，47 (1965) 9, 75
- 4) 加藤，他：日立評論，52 (1970) 8, 744
- 5) T. Kawamata, et alii: International Conference on Science and Technology of Iron and Steel, Conference Preprints, (1970), 382
- 6) 原口，他：日本機械学会誌，73 (1970) 616, 643
- 7) T. Kawamata, et alii: AISE Rolling Mill Conference, April (1971)
- 8) 柏木，平輪：日立評論，52 (1970) 8, 691
- 9) 野村：石川島播磨技報，別冊 2 号 (1969) 29
- 10) T. Kawamata, et alii: International Conference on Science and Technology of Iron and Steel, Conference Preprints, (1970), 429
- 11) 佐々木，他：川崎製鉄技報，3 (1971) 1, 10
- 12) 斎藤，他：三菱電機技報，44 (1970) 5, 645
- 13) 徳永，他：実用新案，46-910