

共同研究会報告

鋼材部会中小形分科会報告講演

中小形圧延工場における技術の進歩*

桂 寛 一 郎**

Latest Developments of Middle and Small Section Mills in Japan.

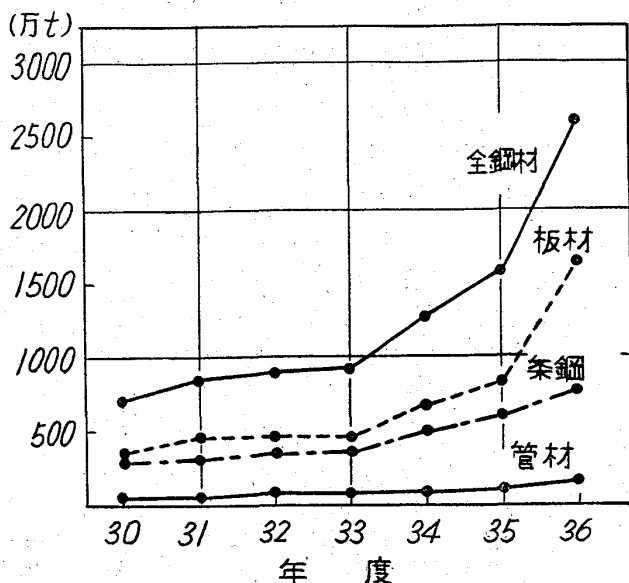
Kanichiro KATURA

I. 緒 言

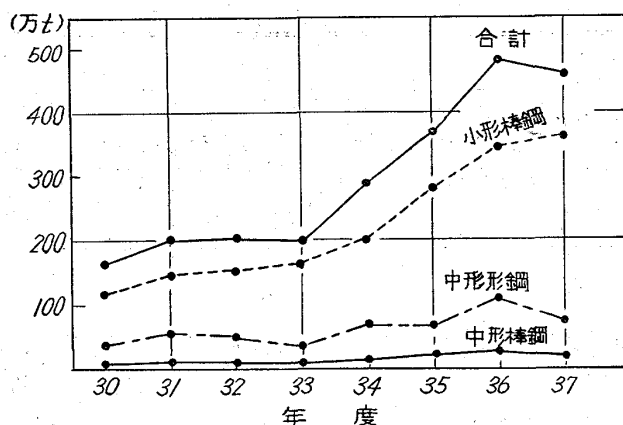
ここ数年来、国内における中小形圧延工場の設備の改善ならびに技術の進歩は著しいものがある。

従来、これらは何れも中形工場と小形工場が別箇に建設され運営されてきたのであるが、最近では新しい圧延機配列による中小形コンビネーションタイプに変わりつつあると同時に、品質ならびに寸法精度の向上など圧延技術および設備の面でも一段と高度化してきている。

一方、日本の鉄鋼生産はここ数年間に飛躍的な進歩を遂げ昭和35年には粗鋼 2200 万 t を突破するにいたり、中小形鋼材の生産量も著しい発展を遂げた。第1図に普通鋼鋼材生産高を示すが、昭和36年には30年度に比較して約3.7倍の伸びを示している。しかしながら昭和36年下半年以降の急激な金融引締めの影響と設備



第1図 普通鋼鋼材生産高



第2図 普通鋼(中小形)圧延生産高

投資による需要と供給のアンバランスとが市況軟化、価格の低落という事態を生じ、条鋼部門の受けた打撃は特に大きかった。

第2図に中小形製品の生産高を示してあるが、35年度までは各部門とも順調な伸びを示しているが、37年度において特に中形部門が急激な減少を示しているのがわかる。しかしこのような事態に処する道はあくまで“技術の進歩”であり、以下に鋼材部会中小形分科会の活動状況ならびに中小形圧延工場技術の進歩について大要を述べることとする。

なお第1表、第2表に条鋼製品の分類、用途を示して参考と致したい。

II. 中小形分科会の活動状況

昭和24年、鉄鋼技術共同研究会鋼材部会に中小形分科

* 昭和38年10月19日 本会第66回講演大会にて講演
昭和38年12月16日 受付

** 中小形分科会前主査

第 1 表 大形・中形・小形の分類

品 種	寸 法	大 形	中 形	小 形
丸 鋼 角 鋼 六角鋼 八角鋼	直 径 対辺距離	100mm 超	mm 50~100	50mm 未 満
平 鋼 半円鋼	巾	130mm 超	mm 65~130	65mm 未 満
山形鋼	両辺の和	200mm 超	mm 100~200	100mm 未 満
溝形鋼 I 形鋼 T 形鋼 Z 形鋼	フランジ 高 さ	100mm 超	mm 50~100	50mm 未 満

注: 1) 山形鋼 125×90mm は中形形鋼に入る。

第 2 表 中小形製品の主要用途

分 類	用 途
形 鋼	建設, 造船, 産業用機械 自動車, 電気機器, 鉄道, その他
棒 鋼	建設, 産業用機械, 自動車, 造船 電気機器, 鉄道, 航空機, その他

会が設置されて以来, 14年を経過したが, この間24~29年まで行なわれたあと一時中断, 31年3月再編発足し, 以降今日までに通算14回の分科会を開催したことになるが他部会に比較して歴史の古い分科会である。この間各社の技術情報の交換や, 技術上の問題点の研究, 討議を重ねてきた。当分科会は他部会と異り中形, 小形, 中小形ならびに普通鋼, 特殊鋼と製品分野, 鋼種, さらに圧延方式などの観点から非常に複雑な構成となっている。このため分科会を推進するに当つても各工場の特異性などにより資料作成や討議にも多くの困難があつたが, 回を重ねるにしたがい研究テーマの選定, 討議の方法にもいろいろの改善が加えられ成果をあげてきた。本分科会の発足当時は11社より構成されていたが, その後参加者が増え38年9月現在では22社(38工場)となり下記のように活発な研究を行なっている。第3表に会員会社名を示した。

第 3 表 分科会参加会員会社一覧

普通鋼部門	富士製鉄, 吾嬬製鋼, 東芝製鋼, 日本鋼管 東都製鋼, 中山製鋼, 大和製鋼, 大阪製鋼 大鉄工業, 神戸製鋼, 川崎製鉄, 日新製鋼 国光製鋼, 尼崎製鉄, 八幡製鉄
特殊鋼部門	三菱製鋼, 日本特殊鋼, 特殊製鋼 住友金属工業, 大同製鋼, 愛知製鋼

第 4 表 分科会議題一覧

区 分	主 な 内 容
加 熱	1. 加熱炉の設備と操業 2. 加熱炉の現状と改善
圧 延	1. ロール材質ならびに使用状況 2. ロール組替作業の合理化 3. 製品の寸法管理状況 4. 圧延附属の研究 5. 製品疵の発生原因とその対策
精 整	1. 精整設備と作業方法と合理化 2. 精整以降工程の改善
管 理	1. 原価低減対策 2. 製品の製造工程における管理方式 3. 設備保全のあり方 4. 能率, 歩留, 原単位の改善
そ の 他	1. 素材の手入および検査方法について 2. 工場レイアウト紹介 3. 文献の紹介

現在当分科会は他部会と同じく, 年2回(春, 秋)開催し, 日程は2日間として次の調査, 研究を行なっている。

- i) 工場の操業状況の調査(作業時間, 能率, 歩留)
- ii) 共同研究テーマに関する発表, 討論(グループ討議)
- iii) 自由研究の発表, 討論

これまでに研究, 討議したおもなテーマを第4表に示した。

これらの活動の成果については, 中間的に37年2月“中小形分科会報告書”として報告してあるが, 以下その後の成果も加え中小形圧延工場の設備ならびに技術の進歩について述べる。

III. 中小形圧延工場における技術の進歩

圧延工場の主要設備は加熱炉, 圧延機, 精整, 矯正設備等であるが中小形工場の宿命ともいえる少量多品種生産を合理的に行なうためにはそれぞれの能力, 配置について十分な考慮が必要である。一般に, 中小形工場は既設の古い設備で操業されており, 他の鋼材部門に比較して体質改善が遅れていた。しかしながら最近の需要動向としての寸法精度, 品質の高度化に対応して設備の更新改善が行なわれ能率, 歩留の面で著しい向上を示している。

また一方では原価低減対策としてOR, QC, IEなどの科学的な管理手法も採用され作業方法の改善, さらに計算制御の導入などが行なわれ品質向上, 原単位の低減などが著しい。

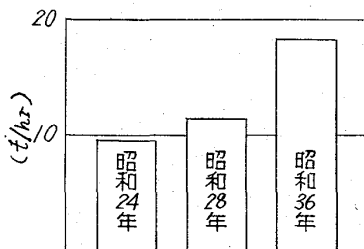
1) 炉型式および加熱能力

炉型式は小形工場では一帯式から二帯式，中形工場では二帯式から三帯式のものへと変つてきている。最近の新しい傾向としてはテルモ炉，五方焚五帯式炉などがある。炉型式を第3図に示す。加熱能力については漸次増大の傾向にあり，第4図にも示してあるように昭和28年に比較して約1.6倍の能力増になつている。これら加熱能力が増大してきたのは i) 圧延能力の増大，ii) これに伴う素材単重の増大，iii) 素材の均一加熱など，いろいろの条件により加熱炉の改造あるいは更新が行なわれた結果である。

炉型式	名称
1	前方焚一帯式連続加熱炉
2	前上方焚二帯式連続加熱炉
3	前下方焚二帯式連続加熱炉
4	三方焚三帯式連続加熱炉
5 其の他	五方焚五帯式連続加熱炉 テルモ式連続加熱炉

第3図 加熱炉型式

年度	平均(t/hr)	比
昭和24年	9.6	0.85
昭和28年	11.5	1.0
昭和36年	18.4	1.6



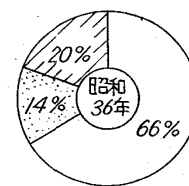
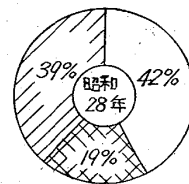
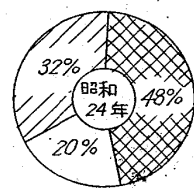
第4図 加熱能力推移

大巾な伸びを見せ，重油の優位性をしめしている。重油が多くなつた理由として i) 単位重量当りの熱量が大，ii) 輸送が簡単，iii) 燃焼装置が小形で制御容易などが考えられるが入手の難易もまた看過し得ない。

3) 熱効率

熱効率は i) 装入材料の温度，ii) 熱回収装置，iii) 断熱方法，iv) 操業計画，v) 加熱条件などで変つてくる。最近の熱効率はレキュペレーターの設置，炉材の研究，自動制御の採用などにより大きな向上を示している。炉材料の最近の傾向としては dry skid の採用と

か吊天井，キャスター断熱煉瓦の使用などにより炉寿命延長ならびに熱損失に大きな効果をあげている。自動制御は i) 燃料の節約，ii) 作業の標準化，iii) 品質の均一化ならびに向上，iv) 設備の保全および最大能力の発揮などの目的で設置され，昭和35年の調査では自動燃焼装置の採用は42.9%であり空気圧式が大半を占めている。今後自動制御の採用はますます多くなるものと思われる。



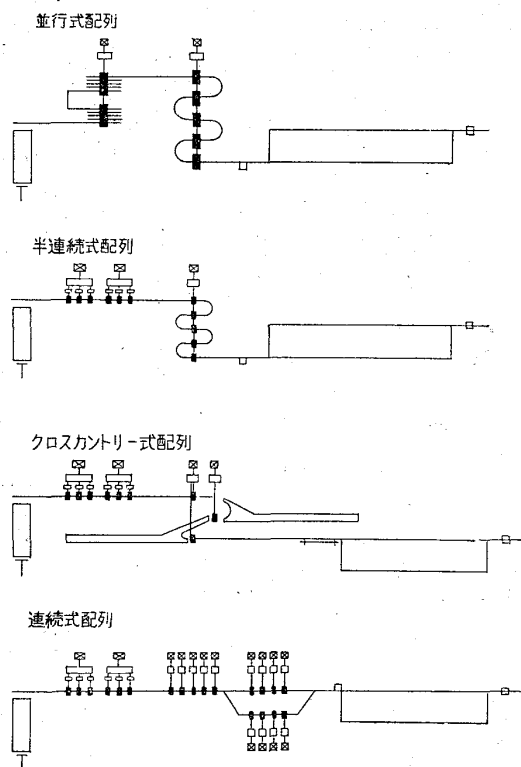
石炭
ガス
重油
重油ガス混煤

第5図 使用燃料推移

2) 使用燃料

燃料の選択は燃料の相対価格，入手の難易，輸送の難易，作業性などによつて決定される。第5図に示されるごとく昭和24年頃までは石炭焚が約50%と圧倒的に多く，これについてガス，重油の順であつたが昭和36年

では重油が約70%と



第6図 各種圧延機配列比較

第5表 熱効率の比較

年度	熱効率(%)	平均(%)	比
昭和24年	17.3~43.9	30.6	0.8
28年	22.0~57.2	39.6	1.0
36年	36.5~65.0	53.0	1.3

熱効率の向上を昭和28年と昭和36年とで比較してみると第5表に示すとおり約1.3倍の向上を示している。

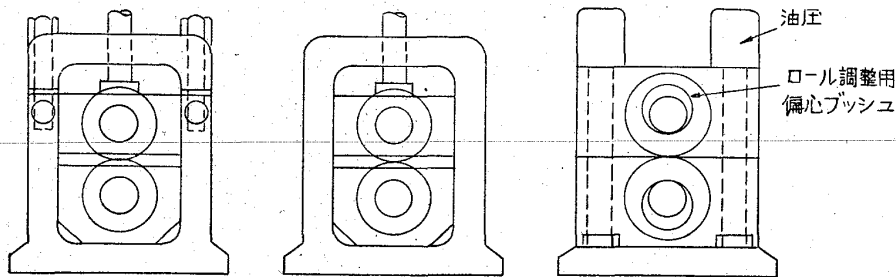
4) 圧延機配列の推移

圧延機配列の傾向としては第6図に示してあるように最初は並行式配列であつたのがクロスカントリー式配列、半連続式配列に変わり最近では連続式配列が採用されてきている。これら最近採用されている配列の特長としてはi) 圧延ピッチの縮短、ii) 多本通しが可能、iii) 組替時間の短縮、iv) 寸法精度の向上、v) パーチカルロール組合せによる圧延過程の改善等、能率、歩留の向上に直結していることである。

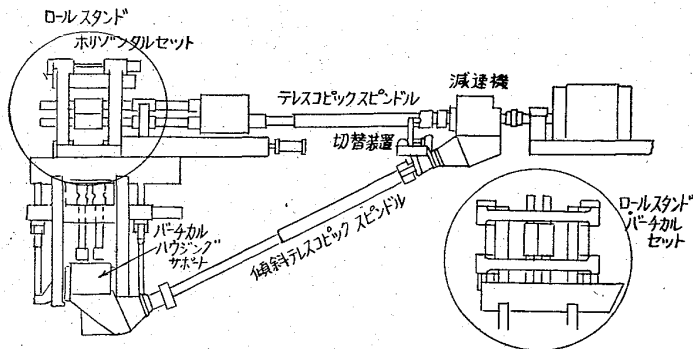
5) 圧延機型式の傾向

並行式配列では、おもにロール組替を行なう必要性から開頭式圧延機がほとんどであつたが、最近では寸法精度の向上、組替時間の短縮をはかり得る閉頭式圧延機へ移りつつある。この発達の際にはカップリング装置の発達、ロール強度の増大、クランプ方式の改善などがあげられる。特に近年、圧延機の歪発生部を極力少なくし圧延鋼材通過時の機体の変位発生をなくすべく上下ショックを油圧で締めつけたプリストレス・スタンドなども採用されつつある。

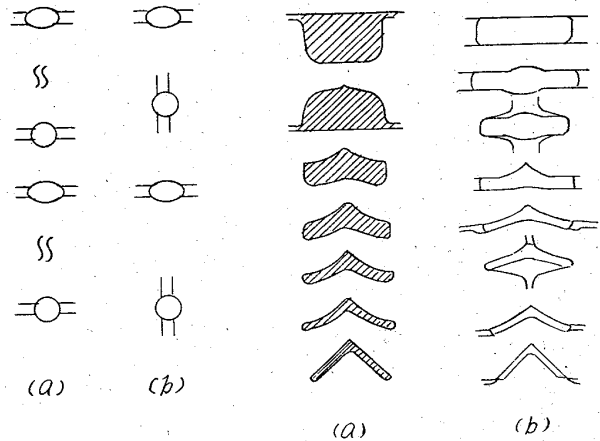
各種圧延機型式を第7図に示す。その他パーチカルロールの発達も目ざましくいろいろの駆動方式のものが採用されている。特に水平ロールとパーチカル



第7図 スタンド型式



第8図 コンビネーションミル全体図



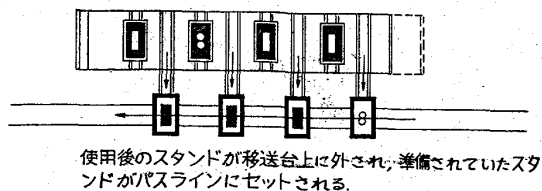
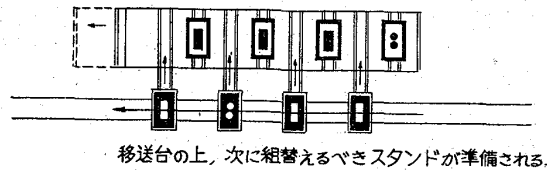
第9図 水平ロールとパーチカルロールとのパス方式比較

ロールとの両型式に使用できるコンビネーションミル(第8図)などは多様品種圧延がさげられない中小形工場としては特色あるものの一つである。パーチカルロールの発達により圧延パス方式(第9図)も改善され、鋼材をねじることがなくなり、そのために発生していた表面疵、倒れ、嚙込不良による形状不良などが減少した。またこれは形鋼においてもエッチャー

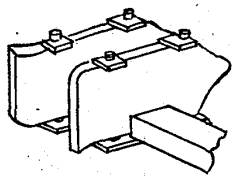
としての利用により、水平ロールの場合のごとく深い割り込みを要せずロール原単位の低減に役立つ。

6) 組替方式および付属の進歩

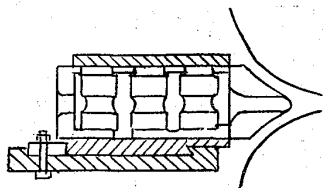
多様品種圧延の中小形工場ではロール組替時間を短縮することが能率に大きな影響を与える。各社とも組替の短縮化に意をそそいでおり、いろいろの技法を取り入れ、漸次効果をあげている。一般に組替方法としてはロールをクレーンで吊る方法やスタンドごとの交換方式が最も多いが、最近ではスライド式スタンド交換方式(第10図)が採用され組替時間も0.5~1.0 hr/台から0.1~0.2 hr/台に短縮が可能となっている。また型替え時間の短縮についてもいろいろの改善が進められているが、テレスコピックスピンドルの発達などにより型替え時間の短縮にも効果が大きく、一般に型替え時間として5~20minに短縮されている。この他品質向上に効



第10図 スライド式スタンド組替説明図



プレートガイド



ローラーガイド

第11図 ガイド型式比較

果をあげているものとして付属の改良があげられる。一例を第11図に示したが表面疵防止対策としてプレートガイドからローラーガイドに切替えられ材質面でも耐熱耐摩耗のものが開発されている。

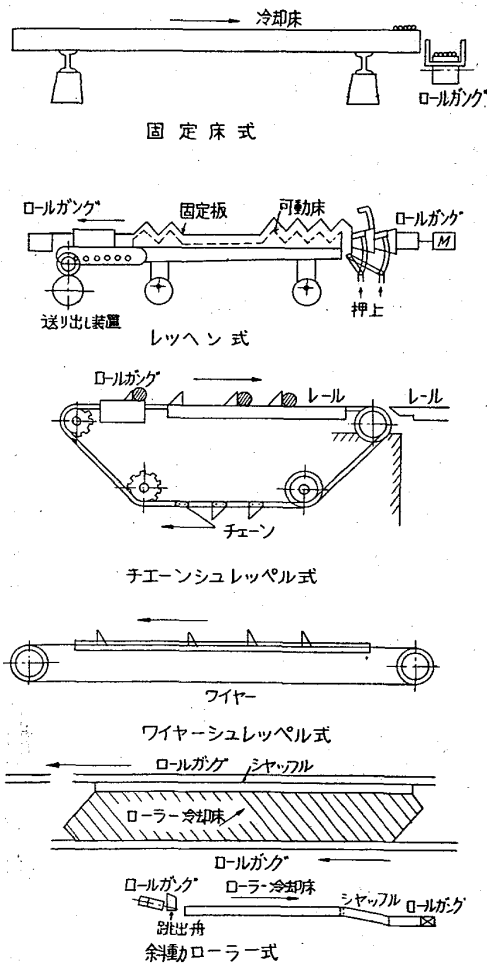
7) ロール材質の改良

ロールを材質によつて区分すれば、鍛鋼ロール、鋳鋼ロール、鋳鉄ロールの3種で、最も広く用いられているものは鋳鉄ロールである。一般に硬度が高いと製品肌は美しく孔型の摩耗が少ないがいろいろの点から硬度のみを目標とすることはできない。強度の点からいえば、鍛鋼ロールが最も強く、鋳鋼、鋳鉄ロールがこれに続く。またロールは鋼材の高熱と接触して絶えず熱応力を受けその強度を減ずるとともに温度の激変に対してはロール折損の恐れがある。ロールを実際に使用する場合の選択基準は、圧延品種、使用に対する考え方の相違などにより必ずしも一致しないが、初期においては鍛鋼ロール、サンドロール、チルドロールが使用されていたが、鋳造技術の進歩、熱処理技術などの進歩によりいろいろの材質改善が行なわれ、最近では特殊鋳鋼ロール、アダマイトロール、ダクタイルロール、合金チルド、中抜チルドロールなどに変ってきている。この結果、ロール原単位の低減、ロール折損による故障の減少、製品肌質の向上が著しい。このほか新しい傾向としては溶接技術の進歩によるロールの肉盛加工修理が発達してきている。

8) 精整その他

最近数年間において圧延機の改造、更新による急激な圧延能力の増大に伴い、精整および矯正設備の拡充が行なわれてきたが、新品種の生産、品質向上の面もあつて常に精整、矯正能力が不足しているところも多い。

この点最新設備の新設圧延工場では十分な考慮をもつて工場設計が行なわれている。精整、矯正の設備および作業方法は工場の形式、製品の品種寸法、鋼種、あるいは作業形体、生産規模などによつて一様ではないが小形工場では、圧延—冷却—切断(冷間剪断)—矯正(ない所もある)の工程を経るのに対し、中形工場では圧延—切断(熱間鋸断あるいは剪断)—冷却—矯正の工程をとるのが多い。また特殊鋼工場では切断後矯正前にピット徐冷—疵取—熱処理などの工程をとるものがある。移送機構については第12図にも示してあるが、固定式、レッヘン式、シュレツベル式が最も多いが、近年、斜動ローラー式、ウォーキングビーム式などのものが採用されつつある。切断機の種類としては剪断機と鋸断機があるが、製品切断には中形工場では鋸断機が小形工場では剪断機が主として使用されている。フライングシャーは連続式あ



第12図 冷却機構型式比較

るいは半連続式圧延機の中に設けて半成品の切断処理に使用されている。そのほかでは連続引抜機の発達により Bar in Coil が 38φ まで巻かれるようになってきた。

矯正機の型式としては、ローラー矯正機と圧迫矯正機の2種類があり、ローラー矯正機は主として中級サイズ以下の矯正に使われ、上級サイズおよび特殊形状の製品には圧迫矯正によることが多い。最近の傾向としては、圧延能力の増大により矯正スピードも増加している。なお、近年電磁制御、電子管制御などによる切断の自動化、さらに切断の計算制御技術が能率歩留の向上に大きく寄与しようとしているのは特筆すべきであろう。また科学的管理手法の発達に伴い、精整工程、検査工程にもいろいろの技法が採り入れられており、今までの官能検査よりマグナフラックスや超音波方式、あるいは抜取方式などの科学検査への切替、あるいはIE手法を駆使しての製品流れ工程の改善ならびに要員合理化などが積極的に推進されている。

以上、圧延技術の進歩の傾向について述べたのであるが、これらをまとめて具体的な数字に表わして進歩のあとをだどつてみると第6～8表になる。

IV. 中小形モデルプラント設計について

中小形モデルプラントの設計は、昭和36年に当分科会の議題の一つとして採択され、加熱、圧延設備は勿論のこと、付属設備作業人員に至るまで、全般にわたり検討が加えられてきた。

その間特に当分科会の効率的な運営をはかるため、モデルプラント小委員会を設置し、基本方針決定後、普通鋼および特殊鋼それぞれのグループごとに討議がねられてきた。この設計内容の詳細は別途報告される予定であるので、ここにその一端を述べる。

今回のモデルプラント設計にあたっては基本方針として生産能力は、中形専用ミル 30,000 t/mon, 小形専用ミル 20,000 t/mon, 特殊鋼ミル 15,000 t/monを前提

として以下に述べるような配慮のもとに設計がなされた。

- i) 圧延機の連続化、高速化による生産能力の増大。
- ii) 製品の寸法精度と品質の均一化。
- iii) 製品多角化のための共通または兼用孔型系列の採用。
- iv) ロール組替、型替時間の短縮。
- v) 圧延機に対応できる高能率加熱炉。
- vi) 疵取ならびに検査設備の能率化。
- vii) 熱処理設備の設置。
- viii) 作業要員減少のための設備の自動化、機械化。

第6表 各種能率の比較

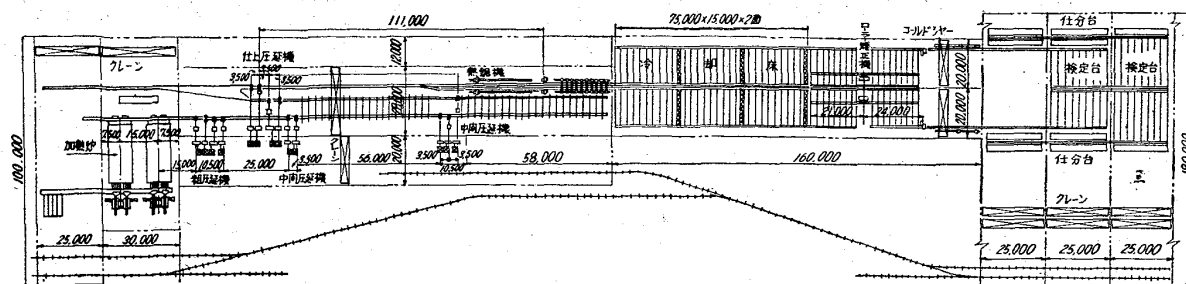
	昭和25年	昭和37年	備 考
実働能率	中形19.6t/hr 小形 9.5 "	31.6t/hr 18.3 "	高能率10工場 25年度, 37年 度の平均
ロールスタン ド組替時間	0.5~1.0 hr/台	0.1~0.2 hr/台	
カリバー替	5~20min	2~5min	
最終仕上 ロール スピード	形 鋼 2~4m/sec 小丸棒鋼 2~6m/sec	3~7m/sec 3~12m/sec	
稼働率	中形 73.2% 小形 77.7%	74.8% 80.5%	25, 37年度 分科会報告 書より

第7表 ロール原単位および生産性向上比較

		昭和25年	昭和37年
ロール原単位 (1Kcal当り の圧延t数)	形 鋼 (AB100×100)30~50 t 丸 鋼 (φ50~100)250~300 t φ19 100~130 t		60~100 t 230~800 t 100~130 t
生産性	総人員	100~130人	50~60人
	t/人月	58~75	167~200

第8表 歩留および寸法精度の向上比較

	昭和 25 年度		昭和 37 年度		備 考	
	普通鋼	平均78.0%	75.0~94.0%	平均84.5%		
一級歩留	65.0~91.0% <td>平均78.0% <td>75.0~94.0% <td>平均84.5%</td> <td rowspan="2">25, 37年度分科会報告書 から</td> </td></td>	平均78.0% <td>75.0~94.0% <td>平均84.5%</td> <td rowspan="2">25, 37年度分科会報告書 から</td> </td>	75.0~94.0% <td>平均84.5%</td> <td rowspan="2">25, 37年度分科会報告書 から</td>	平均84.5%	25, 37年度分科会報告書 から	
	特殊鋼	69.0~74.5% <td>平均71.8% <td>73.0~92.0% <td>平均82.5%</td> </td></td>	平均71.8% <td>73.0~92.0% <td>平均82.5%</td> </td>	73.0~92.0% <td>平均82.5%</td>		平均82.5%
寸法精度	13φ	±0.3~0.4mm		±0.14~0.20mm		JIS ±0.4mm (13φ) ±0.5mm (25φ) ±0.9mm (50φ) 25, 37年度分科会報告書 から
	25φ	±0.4~0.45mm		±0.18~0.30mm		
	50φ	±0.75~0.85mm		±0.28~0.60mm		



第13図 中形工場モデルプラント全体図

第9表 モデルプラント主要設計諸元

項	目	中	小	中	小	形	
成 品	成品寸法重量	ϕ : 50~100mm L : 50×50~100×100mm □ : 70×40~100×50mm I : 75×75~100×75mm		ϕ : 13~48mm 13~32mmまでは コイルも可 コイル単重 max 600kg L : 25×25~50×50mm		ϕ : 28~75mm L : 40×40~75×75mm □ : 75×40~100×50mm I : 75×75~100×75mm	
		素材寸法	95mm ϕ 3.44m } × } 175mm ϕ 8.7m	95mm ϕ × 9m	95mm ϕ 8.5m } × } 150mm ϕ 8.56		
材	素材重量	239~2055 kg	625 kg	585~1462 kg			
加 熱 炉 概 要	1 型 式	多 帯 式 連 続	多 帯 式 連 続	多 帯 式 連 続			
	2 能 力	60 t/hr 2 基	60 t/hr 1 基	50 t/hr 2 基			
	3 炉 巾	9.0m	10.0m	10.5m			
	4 有効炉長	20.0m	15.0m	12.0m			
	5 抽出方法	前 面 落 下 式	側 面 抽 出 式	側 面 抽 出 式			
	6 使用燃料	重 油	重 油	重 油			
	7 熱 効 率	60~55%	65%以上	60%			
圧 延 機 概 要	1 型 式	半 連 続	全 連 続	半連続および全連続			
	2 スタンド台数	13台	18台 (延べ22台)	13台 (延べ16台)			
	3 電動機台数および 電動機出力合計	13台 6750 kW	16台 7275 kW	13台 6540 kW			
	4 成品仕上速度	棒鋼 3~6m 型鋼 4~6m	棒鋼 3.5~12m 型鋼 5~7m	棒鋼 2.8~7m 型鋼 3.6~7m			

以上のごとく、素材受入から製品出荷までのそれぞれのバランスシートを考慮し、中小形圧延工場の最新技術を採用し計画されている。この内容の一部を第9表および第13図に示す。このような青写真ができるまでには何回となく原稿または資料の修正、討議と約1カ年の歳月とが費やされたのであつて、ここに改めて委員諸氏のたゆまぬ御努力に対し深甚な敬意と感謝の意を表したいと

思います。

以上述べたモデルプラントの設計は、これをそのまま適用することは建設費用、品種選択などによつては困難かと思われるが、今後の新工場の建設または新設備の設計などの指針として活用願えれば幸甚である。

V. 結 言

以上、最近における圧延技術の進歩についての概要を述べたが、ここで注目しなければならないのは鉄鋼界の不況である。なかんづく、中小形製品は文字通りの不況品種であり、まことに深刻なものがある。依然として業界の不況は低迷しており本格的な立直りのきざしは今のところ見当らず、今後とも内外の諸情勢はさらに一段と厳しさが加わることは必至である。われわれは、この試

錬に耐え、企業の体質改善と相まち新技術の積極的な開発により一刻も早く立直り安定操業を確立する必要がある。このため一層コストの低減、製品の多角化、新製品の開発などさらに努力を重ねていきたいと存ずる。

最後に、本文が鉄鋼関係諸氏の何らかのお役に立てば幸いである。