

— 特別講演 —

鋼板製造の最近の進歩と諸問題*

藤 木 俊 三**

RECENT DEVELOPMENT IN SHEET MANUFACTURE AND
SOME PROBLEMS IN CONNECTION THEREWITH.

Shunzo Fujiki

Synopsis:

A number of new strip mills were and are being built in Japan, while the conventional sheet manufacturing method has almost become obsolete and is on the verge of being replaced thereby in the very near future.

In the present study recent development achieved in hot and cold strip mills is described together with some problems accompanying therewith. And an introduction of an electrolytic tinning process is made as an example of the various new surface treating of sheets to be applied to strips.

I. 結 言

戦後圧延設備の合理化が各社によつて行われ旧来の設備は面目を一新したがその中でも鋼板関係のそれは特に目立っている。すなわち厚板、薄板、ブリキ板、亜鉛鉄板、珪素鋼板等ほとんど全品種にいたつて大巾な設備の合理化または製造方式の改善が行われ能率の向上、品質の向上が行われてきた。

わが国の普通鋼熱間圧延鋼材総生産高中に占める鋼板類の割合は昭和 32 暦年においては 56.1% で 3 年前の昭和 29 暦年の 52.1% に較べると 4% の増加であり年々その比率は増加しているがアメリカの 61% (1956) にはまだおよばない。

以下ストリップ・ミルを対称に新しい問題を拾つて見ることとする。

II. ホット・ストリップ・ミル

この連続式鋼板圧延設備が米国にはじめて設置されたのは 30 余年前でその後非常な速さで各国に普及している。Table 1 に各国の稼働設備の状況を示す。米国を別とすれば日本は設備数において高い比重にあり、また後進国といわれ日本の輸出市場である国に、これらの新設備が稼働をはじめていることは注目に値する。

八幡製鉄所戸畑工場のミルがわが国では最初のものでこれは 43" の連続式であるが近く稼働をはじめんとしているものは 80" の半連続式である。この間 10 数年を経過しているが、いかなる点に進歩改良が加えられたかおよび新しい傾向についてのべる。

Table 1. Hot strip mills of the world.

Country	Continuous	Semi-continuous	Total	Steckel	Grand total
U.S.A.	23	15	38	4	42
Japan	1	3	4	0	4
United Kingdom	3	0	3	0	3
France	2	0	2	2	4
U.S.S.R.	2	0	2	0	2
Brazil	1	0	1	1	2
Germany	1	2	3	1	4
Canada	0	1	1	2	3
Belgium	0	2	2	0	2
South africa	0	1	1	0	1
Sweden	0	0	0	2	2
Holland	0	1	1	0	1
Austria	0	1	1	0	1
Australia	0	1	1	0	1
Luxemburg	0	0	0	1	1
Italy	0	1	1	0	1
Mexico	0	0	0	2	2
Total	33	28	61	15	76

a. 仕上圧延機用電動機の駆動方式

仕上圧延機は通常 6 台であるが連続式のため速度の制御が必要となる。八幡の 43" ミル、すなわち旧設備は Fig. 1 の共通母線方式で共通の電源から 6 台の仕上ロールを駆動している在来の Ward Leonard 方式である。これにたいし新設備では Fig. 2 のごとくそれぞれのミル・モーターにたいし専用の発電機をおいた単独駆動方式

* 昭和 33 年 4 月 2 日本会講演大会にて講演

** 第 28 回服部賞、受領者、八幡製鉄 K.K 八幡製鉄所管理局長補佐兼戸畑鋼材部長

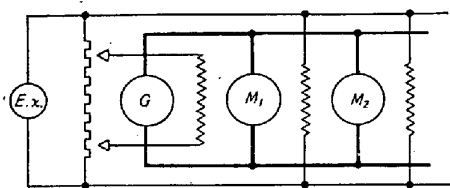


Fig. 1. Common bus system (old)

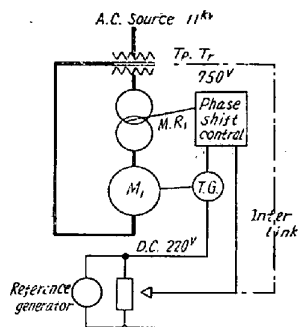


Fig. 2. Individual system (new)

になつて発電機も従来の回転式のものから整流機にかわつてきている。後者の方式では圧延負荷によるロール速度の変化は前者に比しはるかに小さなものとなりそのためストリップの厚み、巾の変動は少くなり成品の均一性および作業の安定が期待されしかも作業運転が容易となる。

b. 鋼片の単重の増大

鋼片を大きくすることはホット・ストリップ・ミルの作業のみならずコールド・ストリップ・ミルの作業能率上からのぞましく殊にコールド・ミルの圧延速度がはやくなればこの要求度が高くなる。これは線材の場合もまったく同様と考えられる。鋼片の巾、厚さは成品巾および電動機などの容量から制限をうけ結局長さをのばすことに集約され、したがつて鋼片の長さは段々に長くなつてきている。八幡の43"ミルの当初は、4mで、新設備では7m、米国では26'のものが出ている。鋼片単重においては43"ミルの当初約2.5tが現在約4tとなつたがこのためには仕上ロール機の1基増設、一部ミル・モーターの容量増加、加熱炉巾の延長などの工事がなされたもので類似のことは米国においても活発に行われている。鋼片単重増加にたいしては一方において仕上温度およびその均一性から制限をうけることはいうまでもない。

c. ワーク・ロールの径の増大

四重ロール機は小さい径のワーク・ロールが使えることが特長である。ところが設備の生産性が向上し圧延機の生産量が増大するとロールの摩耗、発生熱の放散、あるいはこれを駆動するピニオンの強度等の諸点から四重ロール機の特長とは逆行してワーク・ロールの径は大き

くせざるをえない状況になつてきた。これはホット・ミルもコールド・ミルも同じ現象で八幡のホット・ミルでは新旧のロール巾が異なるためそのまま比較はできないが旧設備のものについてはロール径の小さ過ぎることが感ぜられてきた。コールド・ミルではいずれも42"の同じロール胴長にたいし旧設備の18³/₄"の径にたいし新設備では21"と大きくなつている。

d. 残された自働制御

いずれも未実施であるが米国では成功あるいは実用に入っている自動制御装置として

1) 尾部の厚み制御

ストリップの尾部が仕上の入口側スタンドから外れたためにテンションの消滅に基因する厚みの増大の防止して速度および圧下でこれを補償する方法である。

2) 逆転式粗圧延機の自動操作

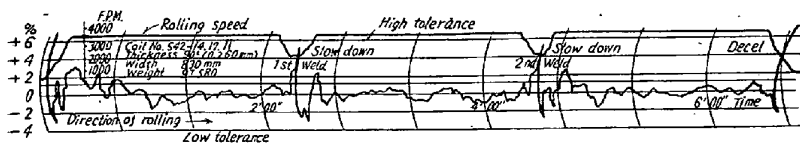
I・B・Mのパンチ・カードに予め規定された圧延スケジュールを与えておき作業者はボタンをおして監視しているだけで圧下、縦ロール機のセット、各ロール機のロール回転などが凡べて自動的に調整操作される制御装置である。

III. コールド・ストリップ・ミル

レバーシング・ミルとタンデム・ミルとがあるが以下のべることは後者についてである。ホット・ストリップ・ミルの圧延速度は新しく設備されるものと旧設備とではあまり差がなくすなわち毎分2,000呎を少しく上回る程度でとまつているのに反しコールド・ストリップ・ミルでは年とともにその速度は上昇し今では毎分6~7000呎の高速のものが少数ではあるができています。ただし斯る高速のものでは4,000呎をこえる圧延速度では圧延潤滑油などの原因で板面に表面疵発生の問題があるようである。かような状況下では、したがつて古い低速の設備では駆動装置をとりかえて、より高速の設備に改造して生産能率をあげなければ競走できない状態となつた。

コールド・ストリップ・ミルでは単位コイル毎に通板加速、高速(定速)圧延、減速、戻抜の一連の過程で圧延作業が行われる。Fig. 3はコイル1個分について圧延速度とこれに対応した仕上り厚みを記録したチャートで1サイクルの作業の過程がこれからよく判読される。

図よりわかるごとく高速度における定速圧延では特に原板のホット・ストリップ自体の板厚またはは材質に顕著な変化がないかぎり冷延後の仕上り厚みは公差範囲内に収まつておりオフ・ゲージのほとんどは低速時に発生している。これは速度変化時に生ずる各ロールの速度比



	feet	top	1st weld	2nd weld	tail	total
off gage length	%	1.55	0.45	0.52	0.68	2.50
total length of strip	feet	18250				

Fig. 3. Rolling speed and strip thickness.

の変化および圧延潤滑油の潤滑性能の変化がその主因と考えられる。最近の高速圧延機では特に加速・減速時における速度制御にIR(電動機の固有抵抗による電圧降下)補償、加減速時間の短縮など種々の考慮が払われている。

Table 2に示す % Acc lag (加速おくれ率) の値は無負荷運転時の加速電流による降下電圧の定格電圧にたいする割合でこれは加速時の発電機の電圧の上昇にたいする各電動機の追従の度合を示すものである。この値が各ロール機で異なつたものであれば加速時における各ロールの速度比は変化してオフ・ゲージの発生原因となる。この値は各スタンドの全回転部の慢性モーメントGD²、電圧降下IR、加速率によつて決定するが連続式冷間圧延機では入側スタンドに対して出側スタンドでは圧延負荷、速度共に大きく特に最近の電動機直結駆動方式の高速圧延機においては電動機の馬力、加速率共に出側程増大し % Acc. lag は非常に大きなものとなり加速時における gage control 上好ましくない。之等の点に関しては Table 2 に示すごとく No.2~No.4 スタンドおよび No.5 スタンドの電動機にそれぞれ double および tripple armature の電動機を使用することに

より馬力数の増加とは逆に電動機の GD² の値と armature 回路の抵抗を減少させて % Acc. lag の低減を計り表に見られるごとく各スタンド間の均衡がよくとられている。

しかしながらこの値はあくまで無負荷状態での値であり実際の圧延に際しては圧延潤滑油の潤滑性能などの影響があり圧延作業にあつては圧延スケジュールに応じて各スタンドにおける IR 降下の補償率を適当に選ぶことにより各スタンド間の速度の均衡を保ちオフ・ゲージ発生の減少を計ることが大切なこととなる。

Fig. 4 は Stone 氏報告の圧延油の圧延速度と摩擦係数の関係である。

ゴールド・ストリップ・ミルにおける新しい傾向はゲージ・コントロールの自動化であろう。ストリップの厚み測定用には従来接触式のフライング・マイクロメータ

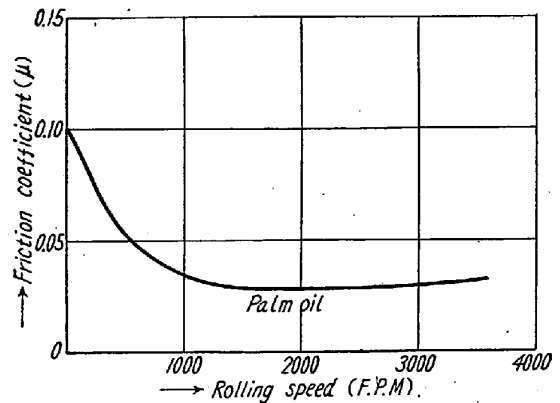


Fig. 4. Friction coefficient of palm oil at various rolling speed.

Table 2. Acceleration lag (Yawta No.2 5-stand tandem cold-strip mill)

Stand No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
Rated horse power	1250×1	1250×2	1500×2	1500×2	1167×3
Max revolution per min. of motor	210	300	440	600	720
Effective total armature circuit-resistance at 750°C	0.0230	0.00943	0.00716	0.00506	0.00399
Moment inertia of mill (GD ²)	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22
Moment inertia of motor (GD ²)	21.6	17.2	12.6	5.55	4.71
Moment inertia of rotating parts (GD ²)	28.8	24.4	19.8	12.8	11.9
% Acc. torque	37.8	35.4	47.5	57.0	67.5
% IR-drop	6.51	5.51	5.01	3.65	3.32
% Acc. lag	2.46	1.95	2.38	2.08	2.24

$$\% \text{ acc. torque} = \frac{\text{acc. torque}}{\text{rated torque}} \times 100 = \frac{\text{acc. current}}{\text{rated current}} \times 100$$

$$\% \text{ IR-drop} = \frac{\text{voltage drop at rated current}}{\text{rated voltage}} \times 100$$

$$\% \text{ Acc. lag} = \frac{\text{acc. torque}}{\text{rated torque}} \times \frac{\text{voltage drop at rated current}}{\text{rated voltage}} \times 100$$

$$= \frac{\text{voltage drop at acc. current}}{\text{rated voltage}}$$

一が使用されてきたが圧延速度の増大によつてX線またはβ線を応用するものに変つてきた。本装置は1号および最終スタンドに厚み測定器を設置しそれぞれの厚みの変化に応じて1号スタンドでは圧下により粗制御、最終スタンドでは電動機の手速度すなわちストリップのテンションにより微細制御を自動的に操作するものである。

IV. 電解式ブリキメッキ装置

薄鋼板の表面処理としては亜鉛鉄板、ブリキ板その他種々のものが作られているがこれらの処理方法も従来の切板からストリップのまま処理する連続の作業方式に進歩しつつある。ここではその一例としてブリキ・メッキにつきのべる。

電気メッキ・ブリキの最初の近代的生産設備が米国において成功したのが1937年といわれている。しかし電気メッキ・ブリキが米国において急激に発達したのは錫のはげしい欠乏に遭遇した今次大戦の期間であつて、このことは現在全米で約40の設備が稼働しているのがこの中24のものが1945年までに建設された状況を見ても十分に頷けることである。

電気メッキ・ブリキは錫量を少なくしてあるので熱漬板にくらべて耐蝕性が半田性におとるが製造・使用両者の不断の努力により米国では電気メッキ・ブリキ生産高の60%以上は25#(電気メッキ・ブリキの中でももつとも錫量の少ないもの)でありまた耐蝕性に合理的な表裏の錫量

Table 3. Electrolytic tinning lines of the World (1957, June) (Japan including Hirohata line)

Country	Type and number of line		
	Ferrostan line	Halogen line	Alkaline line
U. S. A.	17	7	13
United kingdom	4	0	0
Canada	2	0	0
Belgium	1	0	0
France	1	0	0
Italy	1	0	0
Brazil	1	0	0
Japan	3	0	0
World total	30	7	13

を変えた差厚メッキ (differential coating) も発達し米国ブリキ生産高中電気メッキ・ブリキは約85%をしむる現状にある。

わが国においては八幡の新設備を開始してから3年になるが罐の塗装、湿度の高い気候の問題を克服しながら電気メッキ・ブリキの需要は着実に上昇しつつある。Table 3に本設備の稼働数を1957年6月現在で示してあるが日本の欄には広畑の分を含めてある。

a. 電気メッキ・ブリキ製造方法の比較

Table 4に現在電気メッキに用いられている3種類の方法の比較を示す。Table 3からわかるようにフェロスタン法がもつとも広く用いられており殊に米国以外では全部この方式である。酸性法はアルカリ法に比しメツ

Table 4. Comparison of different electrolytic tinning lines.

		Acid process		Alkaline process
Type		Ferrostan line (vertical acid line)	Halogen line (Horizontal acid line)	Alkaline line
Threading		Vertical	Horizontal	Vertical
Main component electrolyte		SnSO ₄	SnCl ₂	Na ₂ SnO ₃ ·NaOH
Plating tank		Anode small pass line short	Anode large pass line short	Anode small pass line longer
Rubber lining		Need lining, tank, pipe, pump, etc,		No
Alkaline cleaning		Need		No
Plating power	Current	Sn ⁺⁺ (Current demand is half of alkaline process)		Sn ⁺⁺⁺⁺
	Voltage	Lower		Higher
	Current density	About 40 amp/dcm ²		About 6 amp/dcm ²
	Current efficiency	More than 95% (max 98.5%)		Lower than acid
Conductor roll		About 15,000 amp/roll, Cr-plated copper roll		4,000~5,000 amp/roll steel roll
Prime		Higher yield		Lower

キ電流が半分で済み電流密度も大きくとれるから設備も小さく収めうるのにたいしアルカリ法では電流密度に敏感なため一級品の歩留が悪いといわれている。ハロゲン法はメッキ槽が水平式のためストリップ巾にたいしての電極錫の位置の調整が困難でストリップの縁に錫のビルト・アップを生じやすくメッキ後のトリミングが必要とされている。

b. フェロスタンの設備概要

Fig. 5 に示すごとくストリップは電解アルカリ洗滌、電解酸洗により表面の清浄作業を経てメッキ・タンクに入る。タンクは堅型でこの中に配置された陽極吊具に矩形断面の錫棒が懸垂される。タンクの上部に電極ロールがありストリップはこのロールから陰極に帯電され陽極錫との間にメッキ作業が行われる。つぎにストリップ自体に通電して錫を熔融し光輝面にしたる後錫表面に酸化保護膜形成の表面処理をほどこし最後に静電塗油法により綿実油等の塗油を行う。

メッキ作業は定速運転が望ましくそのため入口側はストリップの送り出しに図に見るごとく特別の考慮が払われている。

出口側にはフライング・シヤーおよび積載台がありメッキされたストリップは走間中に検定されてそれぞれ一級品および他所定の積載台に積載される。

c. 差厚メッキ

電気メッキではメッキの量を自由に調節しうる事が大きな特長であるがさらにストリップの表面と裏面のメッキ量も自由に調節しうる。これは使用上からすれば耐蝕性を強く要求する側に厚メッキの面を用いることが出来て、はなはだ効果的である。ただし薄メッキ面と厚メッキ面の識別は肉眼では困難でそのため種々の方法がとられている。

1) 八幡製鉄のごとく機械的のマーキングをほどこす法。

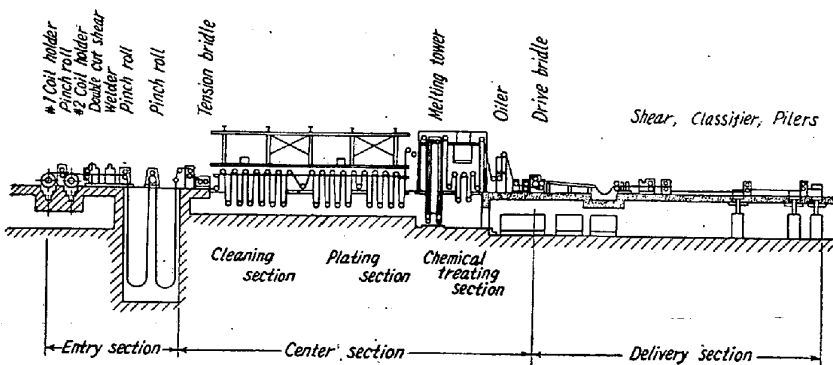


Fig. 5. General lay-out of electrolytic tinning line (Ferrositan)

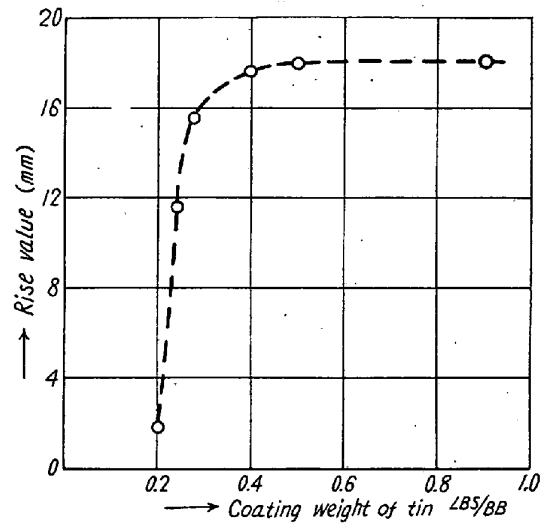


Fig. 6. Relation between solderability (capillary-rise test value) and coating weight of tin plate

- 2) スキンパス・ミルで片面を梨地仕上にする法。
 - 3) 錫の熔融前にパーム油を塗布してブリキの光沢を変える法。
 - 4) 錫の熔融前にソーダによる陰極処理をする法。
- その他多くの方法がとられている。

d. 半田性

メッキ錫量の少い電気メッキ・ブリキでは熱漬ブリキに比し半田性が劣るが錫量と半田性の関係を Fig. 6 に示す。半田性は錫量が 0.25 LBS/BB 以下になれば急激に低下することが示されているが電気メッキ・ブリキの最低目付量として 25# が規定されているのはこの点が考慮されたためであろう。

半田性の向上には原板表面の粗度の影響が大きく薄メッキの場合は殊にいちじるしい。その他合金層を少なくして純錫分の割合を多くすることも大切である。

e. ラッカーの問題

ブリキの需要の大宗は罐詰用でありこの内面塗装用ラッカーの問題は現在迄にも絶えざる研究が行われて来たが電気メッキ・ブリキではラッカーの問題はさらに重要でブリキ・メーカーに取つても、また使用者側において今後一層の研究が行われようとしてある。

(昭33. 6月寄稿)