

条 鋼 部 会 報 告

線材圧延工場の設備と技術の進歩について*

浅 田 幸 吉**

Development of Installation and Technique in Wire Rod Mill.

Kokichi ASADA

1. 結 言

わが国の鉄鋼業は戦後より現在にいたるまでの間に驚異的な発展をとげ、粗鋼生産高はアメリカ、ソ連について世界第3位をしめるに到った。

各社が次々と近代設備を輸入し、新技術を導入して、近代化に努めたことがその原動力と思われるが、昭和23年に発足した鉄鋼技術共同研究会の各分科会における研究努力の功績も見逃すことはできない。

線材分科会も鋼材部会の一分科会として(途中昭和38年11月の第17回会科会より条鋼部会の一分科会として)活動を続けており、先にその活動状況を昭和36年11月の「鉄と鋼」別冊号にまとめて発表したが、その後の活動状況の概要をここに発表する。

あわせて、線材圧延工場の設備と技術の最近の進歩について、大要を述べる。

最初に線材および線材圧延工場についての一般的な概要から説明する。

2. 線 材 と は

線材とは、通常直径が5~20 mm ϕ 程度でコイル状に巻き取られたものをいい、熱間圧延によつてつくられる。

線材に圧延される鋼種は、針金、ねじ、釘などに用いられる低炭素鋼や、ワイヤーロープ、スポーク、ミュージックワイヤー、バネなどに用いられる高炭素鋼を主体として、その他に、軸受鋼、快削鋼、ステンレス鋼、高速度鋼など非常に多岐にわたっている。

用途も非常に広範囲にわたり、最終製品までの製造工程もまた多岐にわたっているが、線材は、ほとんどが伸線加工という二次加工を経て使用されている。

昭和39年度にわが国で圧延された線材の生産高は282万トン¹⁾で、全鋼材生産量の約9%をしめており、そのうち、約54万トン²⁾を海外に輸出している。

3. 線材圧延工場の概要

3.1 線材の製造工程の概要

線材圧延工場に供給される材料は、連続式加熱炉で約1100~1200°Cに加熱され、圧延機に送られる。粗圧延機、中間圧延機、仕上圧延機の20数台の圧延機で順次圧延材の断面積は縮小され、所定の寸法に仕上げられた線材は、捲線機でコイル状に巻き取られる。巻き取られた線材はコンベヤーで移送され、結束、検査などが行なわれ

たのち出荷される。

3.2 線材圧延設備配置の分類

線材圧延設備は、圧延される製品の断面積が非常に小さいため、圧延機としては最も小形であるが、鋼片から製品までの減面率が非常に大きくなるので、数多くのロール台数を必要とし、他の鋼材品種の圧延設備に比較し配列型式も複雑となつている。

今日世界で操業されている線材圧延設備配置の型式は

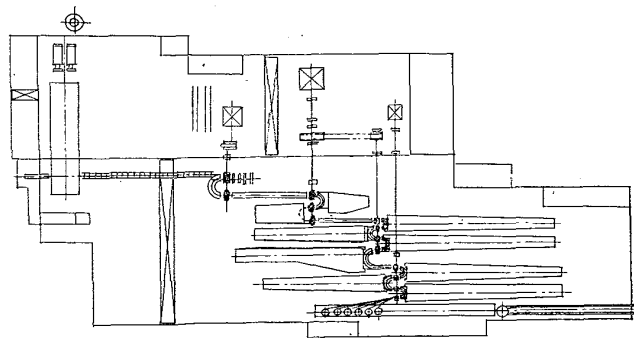
- (1) ガレット式圧延機
- (2) 半連続式圧延機
- (3) 連続式圧延機
 - (a) アメリカ式
 - (b) ドイツ式
 - (c) スウェーデン式

に大別される。

第1図は、ガレット式圧延機の例である。最盛年代は1900~1930年頃で、仕上圧延速度は8~9 m/sec、コイル単重は90~100 kg、生産量は10~15 t/hr程度である。

第2図は、半連続式圧延機の例である。最盛年代は、1920~1945年頃で、仕上圧延速度は9~10 m/sec、コイル単重は90~100 kg、生産量は30~40 t/hr程度である。

ガレット式圧延機や半連続式圧延機では、中間列や仕上列での圧延材の誘導を人手(箸方)で行なう関係上、



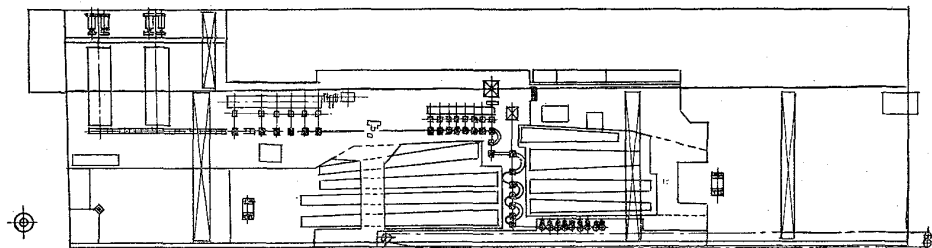
第1図 ガレット式線材圧延工場。

* 昭和40年10月本会講演大会にて講演
昭和40年12月13日受付

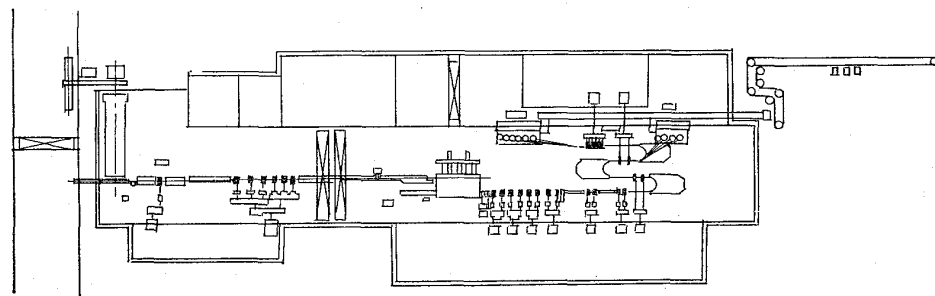
** 共同研究会条鋼部会長

線速が 10 m/sec 前後に制限され、圧延中の温度降下が著しいため、大きな単重の材料の使用もできず、そのため、歩留もわるく、また生産量の増大も望めなかつた。

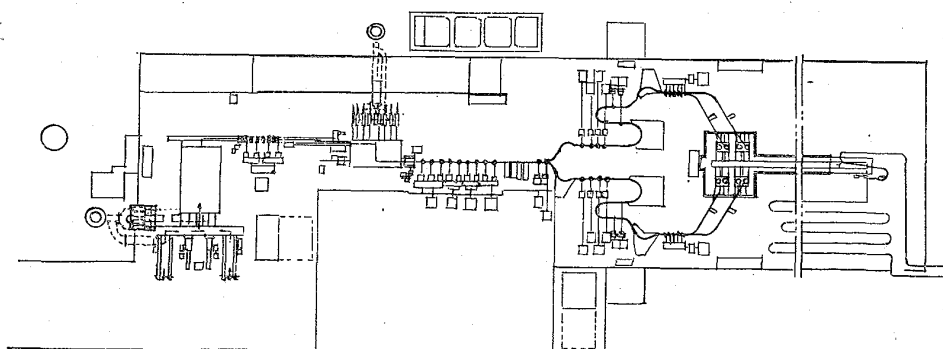
- しかし、1950 年を境として、連続式圧延機が発達し、
- (1) 圧延速度の高速化による生産能力の増大
 - (2) コイル単重の増加に伴う歩留の向上
 - (3) 圧延温度の均一化、平均減面率の減少などによる製品品質の向上
 - (4) 作業人員低減に伴う労働生産性の向上



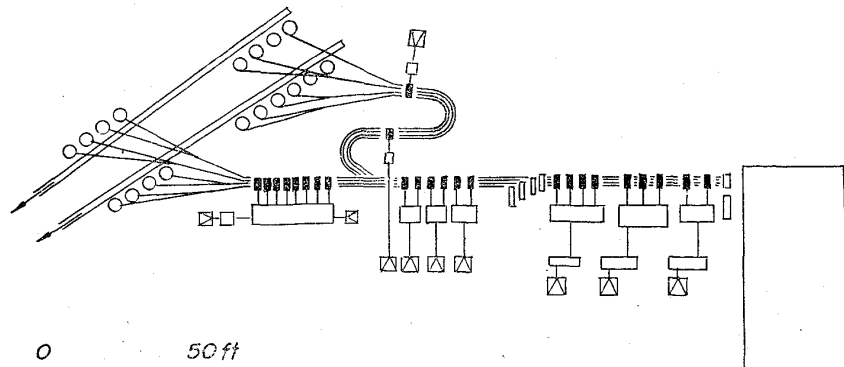
第 2 図 半連続式線材圧延工場。



第 3 図 連続式線材圧延工場。(アメリカ式)



第 4 図 連続式線材圧延工場。(アメリカ式)



第 5 図 連続式線材圧延工場。(アメリカ式)

などの大きな役割を果たしてきた。

第 3 図³⁾⁴⁾、第 4 図⁵⁾⁶⁾、第 5 図⁷⁾⁸⁾はアメリカ式の連続式圧延機の例である。

- (1) 水平二重式ロールの連続配置の群が、2~3カ所レピーターで結ばれている。
- (2) 同時通し本数(ストランド)が3~4本で、大量生産に適している。
- (3) 仕上列の6~8台のスタンドは、1台のモーターによつて総合駆動される。

(4) 仕上圧延速度 30m/sec 以上の高速度が得られる。などの特徴がある。

第 6 図⁹⁾¹⁰⁾、第 7 図¹¹⁾、第 8 図¹²⁾は、ドイツ式の連続式圧延機の例である。

仕上列スタンドを、1台づつ交互に垂直、水平配列とし、各スタンドを個々のモーターで駆動し、1本通しで、スタンド間にループをつくつて圧延し、製品品質を向上させるのが特徴である。アメリカ式の連続式圧延機に比べて、仕上圧延速度はやや低い実績しか得られていないが、電機的に高度の制御を必要とすることと、ループ圧延ではなかなか防止が難しい圧延材尾端の「むち打ち現象」を避けていることがその原因である。

第 9 図¹³⁾、第 10 図¹⁴⁾はスウェーデン式の連続式圧延機の例である。

特殊鋼圧延用に設計されたもので、スタンド間に 180 度レピーターを有し、圧延材に引張りを加えることなく、ループ圧延を行ない、胴長の短いロールを用い、通し本数も 1 本であり、良好な品質の線材が得られる。しかし、小さな断面になつた後のループは、温度降下が大きくまた圧延速度が 20~22 m/sec

を越えると、圧延材の尾端に「むち打ち現象」が生じ、ミスロール発生の原因となるのでコイル単重や仕上圧延速度に限度があり、そのためアメリカ式やドイツ式の連続式圧延機に比べて、生産能率は相当低くなつている。

4. 線材圧延工場における最近の進歩

4.1 素材の形状と単重

多くの線材圧延工場では、分塊工場で圧延された鋼片(ピレット)が使用されているが、鋼塊やブルームが使われている

ところもある。

最近では United Steel 社の Appleby-Frodingham 工場^{17)~20)}(イギリス)のように連続鑄造法で作られた材料を線材に圧延している例もみられる(第11図)。わが国でも第20回線材分科会で連鑄材を線材に圧延した試験例が発表されている。

素材の寸法は、鋼片の場合 65~130 mm 角、鋼塊あるいは、ブルームの場合、250 mm 角程度のものが、わが国の線材工場では使われている。

素材単重の増加は、工場内の歩留、作業管理の面で有利であるばかりでなく、線材の二次加工工程の能率向上の点でも利点があるので、最近段々と増加の傾向がみられる。

現在わが国で稼動している線材圧延工場の中には、単重 400~450kg の 5.5 mm φ 線材が圧延可能な工場例もみられ、またバーインコイルについては、単重 700 kg の製品を圧延している工場もある。

外国の線材圧延工場の例をみても、

United States Steel 社 Cuyahoga 工場⁷⁾⁸⁾¹³⁾(アメリカ)の 1200 ポンド (545 kg)。

Armco Steel 社 Kansas City 工場¹⁴⁾(アメリカ)の 1,000~1800 ポンド (454~815 kg)。

Bethlehem Steel 社 Johnstown 工場¹⁵⁾(アメリカ)の 1040 ポンド (470 kg)。

Keyston Steel & Wire 社¹⁶⁾(アメリカ)の 1100 ポンド (500 kg)。

Oberhausen 社³²⁾(ドイツ)の 1250 ポンド (565 kg)。

Salzgitter 社⁶⁾(ドイツ)の 1320 ポンド (600 kg)。

United Steel 社 Appleby-Frodingham 工場^{17)~20)}(イギリス)の 1000 ポンド (454 kg)。

Saulnes 社²¹⁾(フランス)の 1300 ポンド (590 kg)。

Alpine-montan 社⁶⁾(オーストリア)の 1100 ポンド (500 kg)。

Acindar 社⁶⁾(アルゼンチン)の 1000 ポンド (454 kg)。

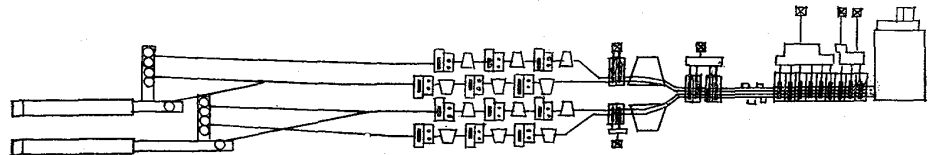
など、単重の大きな線材を圧延できる工場が、近年建設されている。

4.2 加熱炉設備

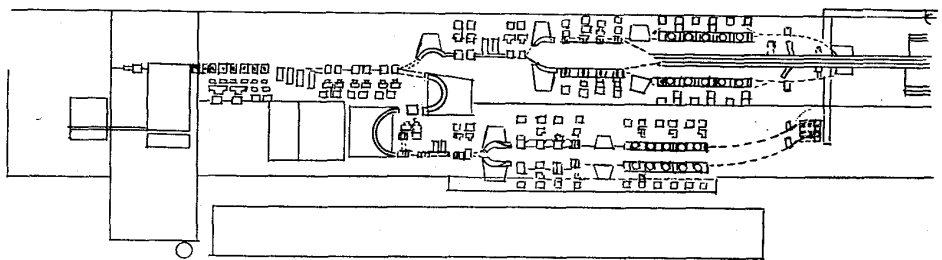
線材圧延工場の加熱炉には、

連続式加熱炉が使われているが、圧延能力の増大、素材単重の増加、素材の均一加熱などの諸条件により、加熱炉設備の形式にも大きな変化をもたらした。

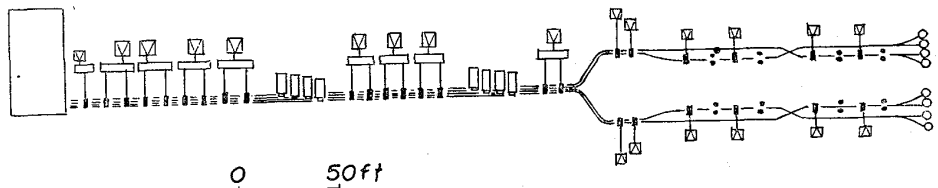
圧延能力の増大に伴い、従来一帯式あるいは、二帯式であつたものが、上下三帯式の連続加熱炉が多くなり、加熱能力は増大し、80~120 t/hr の能力を有する加熱炉も設置されている。



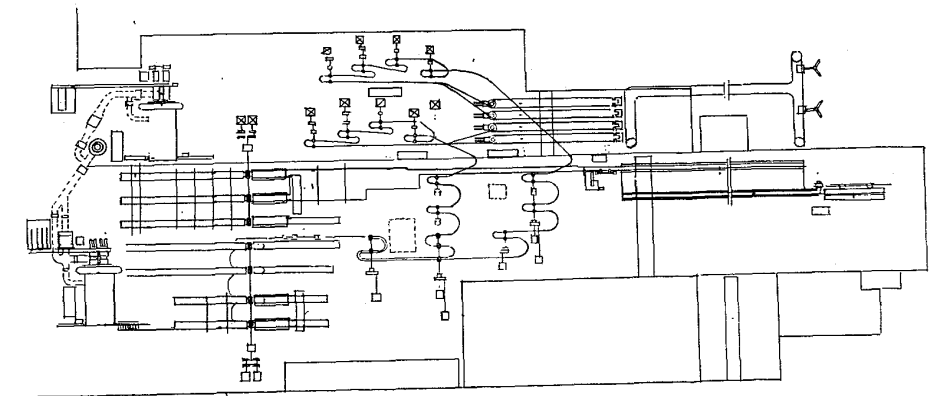
第6図 連続式線材圧延工場。(ドイツ式)



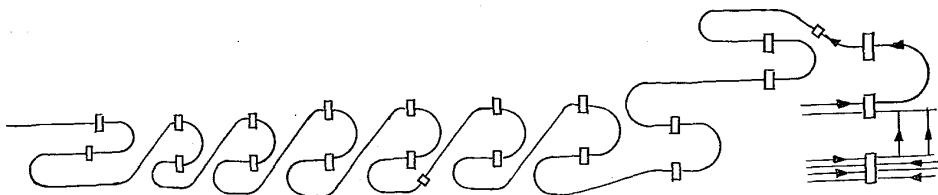
第7図 連続式線材圧延工場。(ドイツ式)



第8図 連続式線材圧延工場。(ドイツ式)



第9図 連続式線材圧延工場。(スウェーデン式)



第10図 連続式線材圧延工場。(スウェーデン式)

鋼片単重の増加に伴ない、圧延中の温度降下を防ぐためには、鋼片角を小さくして、加熱以降のパス回数をできるだけ少なくする必要があり、従つて、鋼片の長さが長くなり、加熱炉の有効炉床面積が広がった。また鋼片の長尺化に伴ない、尾端の温度降下を防止するために、側方抽出方式が採用されている。

加熱炉の天井形式は、天井面が水平なもの、アーチ式のものがあるが、特殊鋼を主体とする炉には、熱輻射を効果的に考慮した特殊曲線をもつ天井形式のテルモ式加熱炉²²⁾²³⁾がある(第12図)。

炉内で鋼片が摺動するスキッドには、従来から水冷式スキッドパイプが広く使用されていたが、耐火物の進歩により約 10 年前から、耐圧強度、耐スポーリング性のすぐれた高アルミナ系レンガおよび炭化珪素レンガをスキッドに用いた加熱炉が出現している。また最近では、耐熱鋼を水冷なしにスキッドとして使用している例もある。このような水冷なしのスキッドを有する加熱炉では水冷による熱損失がないために熱効率がよく、スキッドマーク (Skid mark) とよばれる鋼片の加熱ムラもなく

なるので、特殊鋼の加熱に適している。

最近では、特殊鋼を主体とする工場に、揺動炉床式の加熱炉^{24)~26)} (Walking hearth furnace) が建設されている(第13図)。この加熱炉の構造は、炉床を縦方向に数個に分割し、固定炉と揺動炉床とからなっており、揺動炉床は、固定炉床に対して上下および前後に動くことができるようになっていいる。この炉では、炉内の材料を後方から押す必要がないので、形状の変つた材料も連続的に装入することができる。また材料は密接せず、ある隙間をとつて炉内で加熱するので、均熱性を重視する特殊鋼の加熱に適しています。また材料の装入間隔を自由に選択できるので、たとえば、熱伝達のおそい、炉内時間を長くする必要のあるステンレス鋼と急速加熱を行ない脱炭を防ぐ必要のある鋼種とを相前後して装入することもできる。また圧延休止時には炉内を空にすることもでき、材料のスケール損失を避けることもできる。

自動燃焼制御装置の設置は、燃料の節約、品質の均一向上化、作業の標準化、設備の保全の面で、大きな効果があり、最近ではその採用は常識化されている。

4.3 連続式圧延機にみられる最近の傾向

4.3.1 圧延速度の高速化

近年新設される線材圧延設備は連続式圧延機に限定され、仕上圧延速度の上昇がみられる。

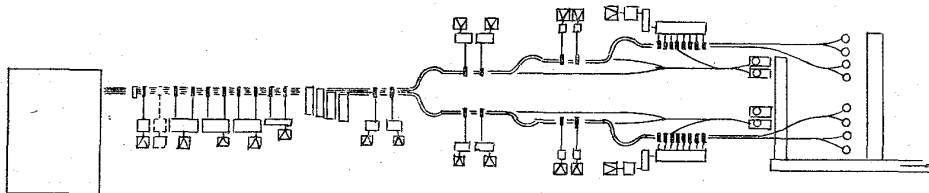
圧延速度の高速化に寄与した大きな要因としては、

(1) 電機設備にトランジスターや SCR⁶¹⁾(シリコン制御整流素子)などの半導体が採用され、制御特性が著しく改善されたこと。

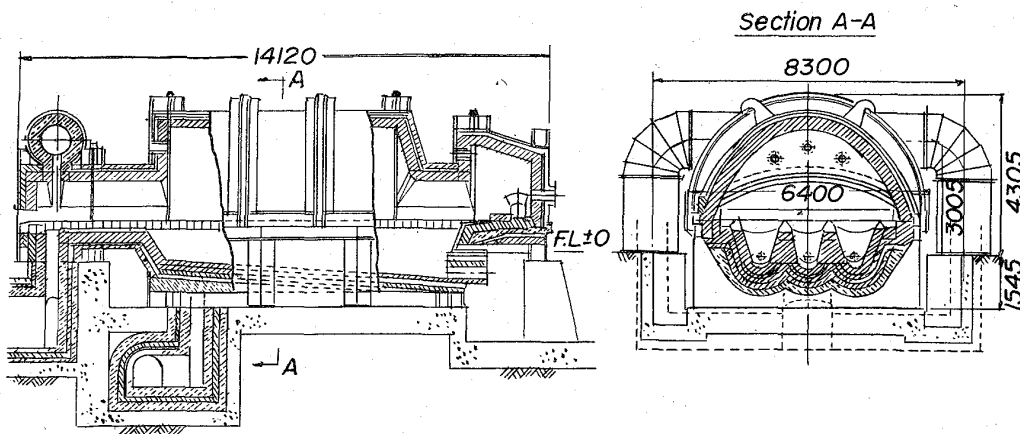
(2) ロールスタンドに油圧あるいはリンク構造^{27)~29)}によるプレストレストスタンド (Prestressed stand) が開発され、圧延荷重の変動をロールハウジング (Roll housing) に伝えない方法が考案されたこと。

(3) ロールネック軸受 (Roll neck bearing) に負荷容量が大きく、軸受損失が小さく、耐摩耗性のよい油膜軸受 (モーゴイル軸受)⁷⁾¹⁴⁾²⁷⁾²⁹⁾ を使用したこと。

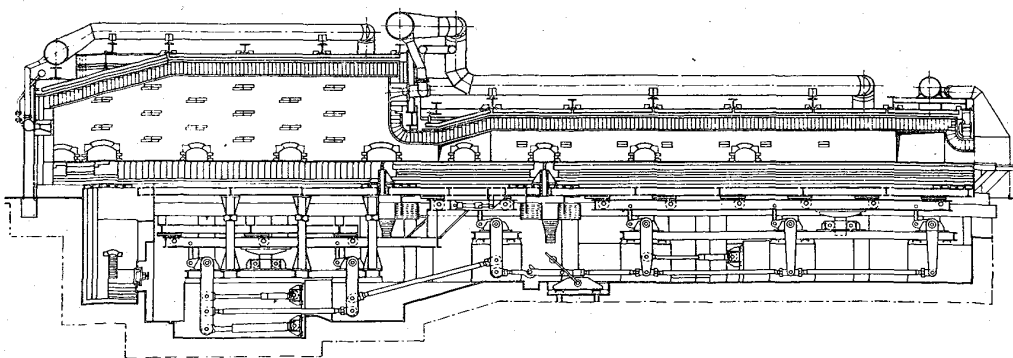
(4) ロールスタンド (Roll stand) のソールプレート (Sole plate) への固定、ロールチェック (Roll chock) のロールス



第11図 Appleby-Frodingham 工場の線材圧延工場。



第12図 テルモ式加熱炉。



第13図 揺動炉床式加熱炉。

タンクへの固定，ロールバランス(Roll balance)などに油圧方式を採用し，高速回転による振動の防止に対処したこと。

(5) 高速度圧延に耐えるガイド類²⁹⁾が考案されたこと。
などがあげられる。

現在稼動している世界の線材圧延工場の中には，仕上圧延速度が 30 m/sec を越えるものが数多くみられる。

なかでも最近 2～3 年の間に稼動した

神戸製鋼第 6 線材工場²⁰⁾ (1965年)

United Steel 社 Appleby-Frodingham 工場¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾ (1962年，イギリス)

Salzgitter 社⁶⁾ (1962年，ドイツ)

Arbed Esh 社⁶⁾ (1962年，ルクセンブルグ)

などの新しい線材圧延工場では，最高仕上速度が 35m/sec まで可能となつている。

変つた形式の圧延機で高速度が得られるものに，Kocks 式圧延機³³⁾³⁴⁾があるが，この圧延機は，

(1) ロール軸角が 120 度の三方ロール 13 スタンドからなり，各スタンドは 180 度交互転回組込みとなつている。

(2) スタンド間距離が短く，13 スタンドでわずか 5.5m であり，工場建家のみじかくてすみ機械重量も軽量で建設費用も低減できる。

(3) 材料の噛み込み断面は 16mmφ で，13パスで最小断面 5mmφ に圧延される。1本通して圧延中，圧延材の捻りはない。

(4) 13スタンドを 1 台のモーターで駆動し，制御方式が簡単である。

(5) 1 ロールに 1 カリバーを有し，カリバー替はスタンド毎交換して行なう。ロール材質はステライトを用い，ロール寿命が長い。通常の圧延機のように，ロールの摩耗につれて，ロール圧下を行なうことはしない。

ロールが摩耗したら，13スタンドを 1 セットとして，180度回転させ，短時間でスタンド交換を行なう。

(6) スタンド間は引張り圧延であり，仕上圧延速度は高速度 (30m/sec) が得られる。

(7) スタンド間隔が狭いので，引張りによるコイル端末不良部の切捨量が少なくてすみ，歩留が向上する。

などの特徴がある(第14図，第15図，第16図)。

また，ドイツのシュレーマン社(Schloemann)で開発されたタンデムブロック(Tandem block)式の圧延機^{35)~37)}(写真1)では，40m/secの仕上圧延速度が得られるといわれている。このタンデムブロック式圧延機は，11組の二重ロールが長さ 4m のブロックにセットされており，運転，保守も単純化されロール胴長が短く，構造も堅固で，寸法精度のよい製品が得られるといわれている。

またソ連では，圧延速度が 60 m/sec まで可能な連続式圧延機があると報ぜられている³⁸⁾。この連続式圧延機は，24 スタンドからなり，120mm角で長さ 12m の材料(単重約1300kg)が，加熱後特殊な溶接機(Flying welding ma-

chine)で溶接され，圧延は中断なしに行なわれ，捲線機にはいつたコイルは，要求通りのコイル重量に切断されると報ぜられている。

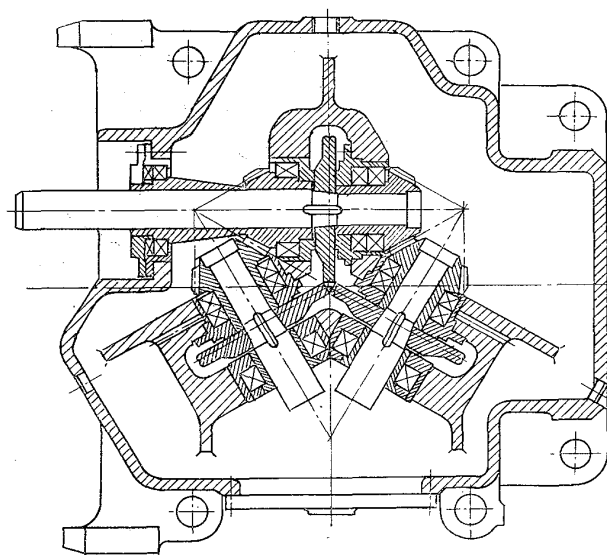
4.3.2 稼動率の向上

ロール組替をスタンドごと交換する方式が発達したことや，少ない人力でロール組替が短時間に容易に行なえるようになったこと。またロール材質が改善され，ロールカリバーの寿命が長くなり，カリバー替やロール組替頻度が減少したこと。などによりロール運転休止時間が大幅に短縮され，稼動率が向上した。

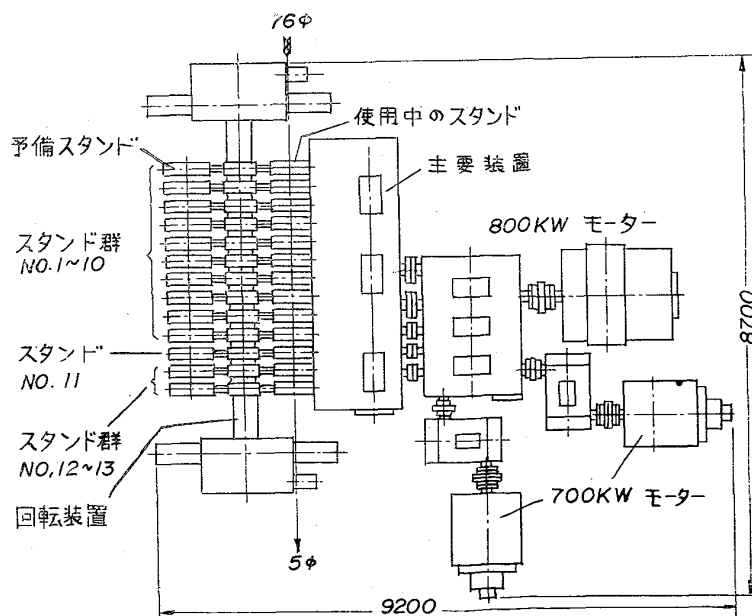
(1) ロール組替方法の進歩

ロール組立場において，予備スタンドにロールやガイド類を取りつけておき，ロール組替をスタンドごと交換し，組替時間を短縮する方法が最近普及している³⁹⁾。

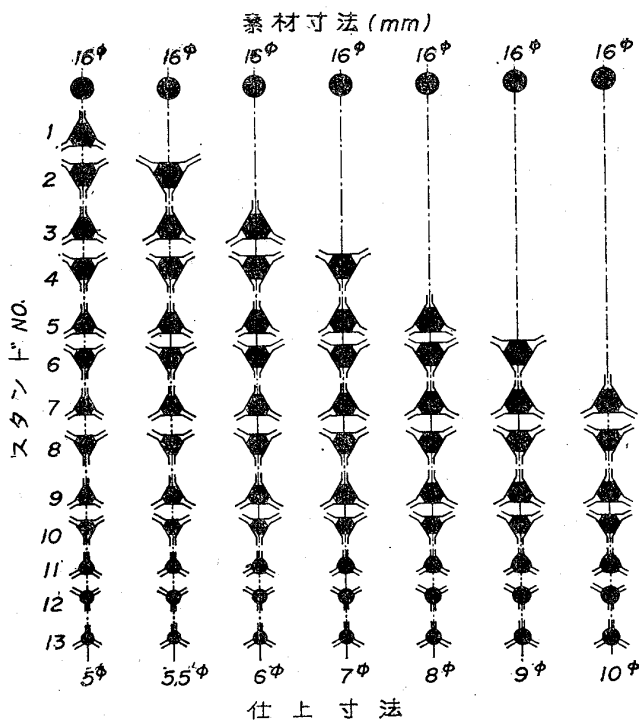
アメリカ式およびドイツ式の連続式圧延機の水平ロールは，ほとんどロールスタンド取替方式となり，ことに



第14図 Kocks 式圧延機の断面図。



第15図 Kocks 式圧延配置図。



第16図 Kocks 式圧延機のパス方式。

最近の設備では、組替設備としてコンベヤーを利用した迅速組替装置とか、スタンドの締付、装填に油圧または電動機を用い、わずかの作業者がボタン操作で短時間で組替える方法が行なわれている。

スウェーデン式の連続式圧延機では、軸受箱自体が、ハウジングの形態を備えるロールユニット (Roll unit) が開発され、ロールポスト (支柱) に上方からユニットを簡単に入れ換える方式がとられている^{40)~42)}。

前述したように Kocks 式圧延機では 13 スタンドを 1 セットとして、180 度回転させ、短時間でスタンド交換を行なう特別なスタンド交換装置を備えている。

BISRA (The British Iron and Steel Research Association) で開発された片持ち式圧延機 (Opposed Cantilever mill)²¹⁾²⁸⁾⁴³⁾⁴⁴⁾⁴⁵⁾では、ロール組替は 5 min でできるといわれている。

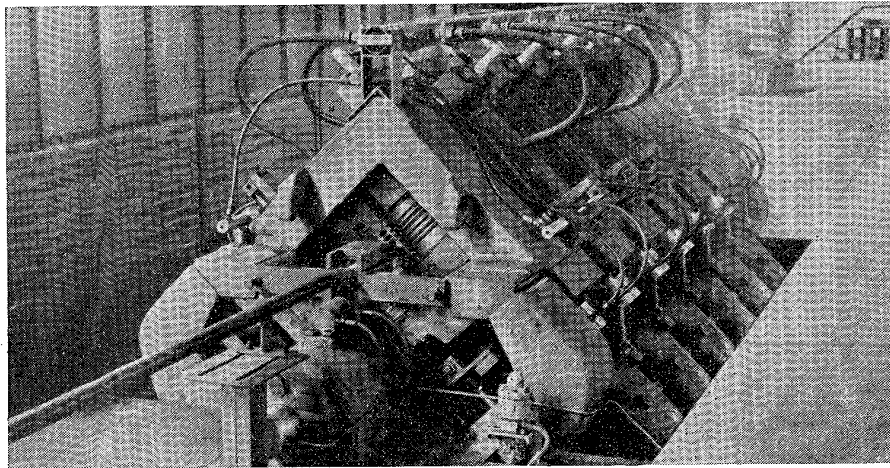


写真1 シュレーマン社のタンデムブロック式圧延機。

また垂直、水平に交互に配置した single strand の片持ち式 (Cantilever design) の仕上圧延機²¹⁾は、そのロール重量が 10 ポンド (4.5kg) 以下で、組替は起重機など使わずに人手だけで 3 min 間以内に行なわれている。

(2) ロール材質の改善

連続式圧延技術の進歩により、即ち平均減面率の低下、ロール冷却水量の増加、圧延材温度の上昇、均一化などの面では、ロールの使用条件は改善されたが、一方、特にアメリカ式およびドイツ式の連続式圧延機では、

(a) 粗圧延機の圧延速度が 0.1~0.2m/sec 程度まで下がり、しかも多くの圧延材が間隔少く連続的に通過しロール表面にファイヤークラック (熱亀裂) が生じやすい。

(b) 粗圧延機では、同時通し本数が 3~4 本であり大きな圧延力を受け、そのためロール折損が起きやすい。

(c) 時間当りの生産量が増加したので、カリバーの使用時間、ロール使用時間が短縮され、組替頻度が多くなりやすい。

など苛酷な条件が多く、耐熱亀裂性、強靱性、耐摩耗性のすぐれたロールが要求される。

ロール製造技術⁴⁶⁾もこれに呼応して

(a) アダマイトロールの材質改善

(b) ダクタイルロールの開発

(c) 二重鑄込法の開発

など、長足の進歩を示している。

最近仕上圧延機のロールはカリバーの寿命を延ばすため硬度がシヨア 90~95 度にもおよび、カリバーの旋削には、従来のロール旋盤にかわつて、ロール研磨機 (Plange grinding machine) が採用されているところもある²⁰⁾²¹⁾²⁸⁾。

前に述べた Kocks 式圧延機³³⁾³⁴⁾のように、ステライトロールを用いて、ロールカリバーの寿命をのばしている圧延機もある。

また、タングステンカーバイド (tungsten carbide) の薄いコーティングを施して、3~5 倍のロール寿命を得ている例³¹⁾もみられる。

4.3.3 特殊鋼主体の圧延機の増加

スウェーデン式の連続式圧延機では

(1) ロールスタンドを並列に配置し、スタンド間に 180 度レピーターを備え、1 本通しで圧延材に引張りのかからないループ圧延を行なうので、各スタンドの圧延材断面形状を正確につくることができる。各スタンドのロール圧下調整の管理も容易である。

(2) 圧延材の誘導にローラーガイド (第17図) を使用しているため、圧延材とガイドとの間に摩擦が少なく、製品の表面疵発生の原因とならないなどの長所がある。

一方短所としては、

(1) レピーターを用いているため、圧延材の「むち打ち現象」のため、仕

上圧延速度が約 20m/sec 程度におさえられる。

(2) ループをつくりながら圧延するので、圧延中圧延材の温度が降下し、そのため、材料単重が限定される。など量的な制約条件がある。

ループ圧延の質的長所を生かし、量的欠点を補うために粗列、中間列にはレピーター式圧延機を配置し、仕上列にはドイツ式の垂直、水平直線配置を取り入れて、特殊鋼の高速化を図っている工場が最近建設されている。神戸製鋼第6線材工場、Böhlerwerk社(ドイツ)⁴⁷⁾、Samuel Fox社(イギリス)⁴⁸⁾⁴⁹⁾、Aosta社(イタリア)⁶⁾⁵⁰⁾⁵¹⁾、(第18図)などがその例としてあげられる。

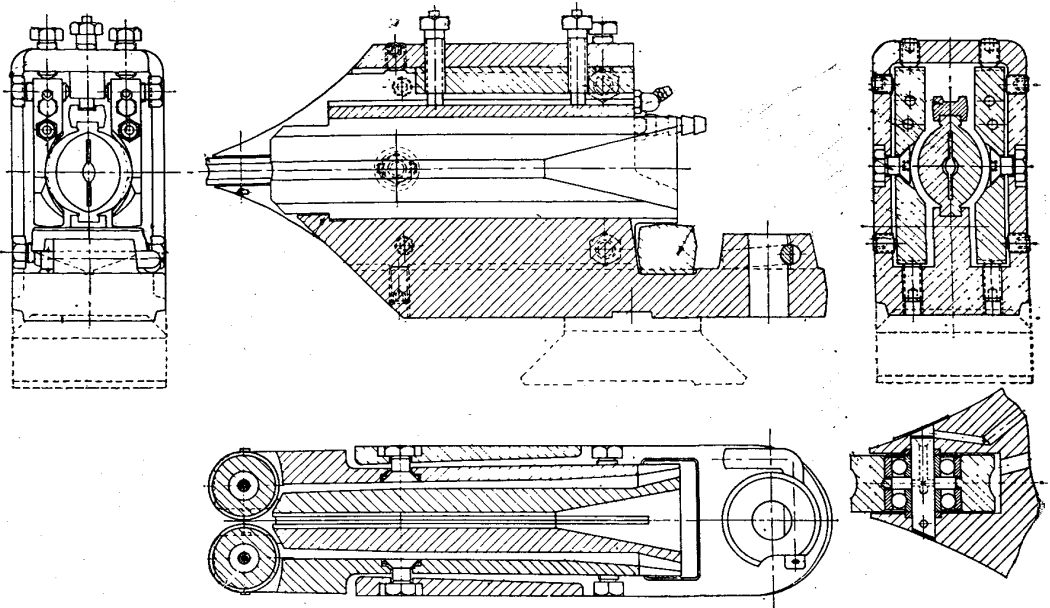
また、粗列は垂直、水平の直線配置、中間列はレピーター式仕上列はドイツ式の垂直、水平直線配置という特殊鋼圧延の工場例²⁴⁾、(第19図)も最近発表されている。

これらの工場例は、特殊鋼主体の圧延機型式の新しい方向を示すものといえる。

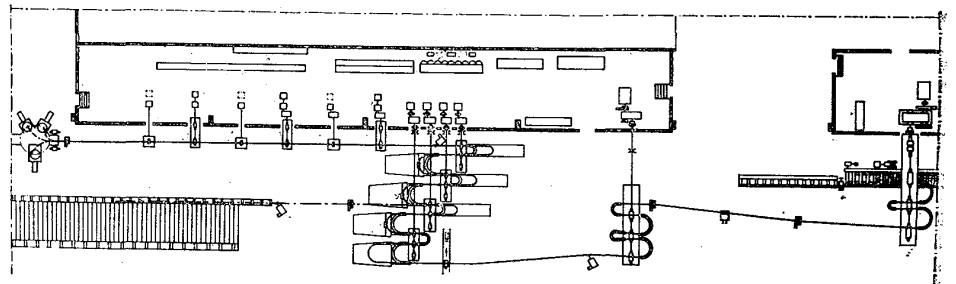
また、最近紹介されているスウェーデン式の新しい圧延機として、同一スタンドが水平、垂直、傾斜で使用され、捻りのない圧延が行なわれる傾斜連続式スタンド(Tilting continuous stand)や材料の曲りを少なくし、ロールへの噛みこみをよくするために各パス毎にスタンドを上下できる Jumping three high mill など、従来の圧延機とは少し趣きの異なつた粗列用圧延機も出現している⁵²⁾。

4.4 付帯設備
4.4.1 捲線機
仕上スタンドで所定の寸法に仕上げられた線材は、捲線機でコイル状に捲きとられるが、線材圧延工場で使用される捲線機には、大別して、ポーリングリール(Pouring reel)、レイングリール(Laying reel)、コンバインドリール(Combined reel)の3つの形式のものがある⁵³⁾。

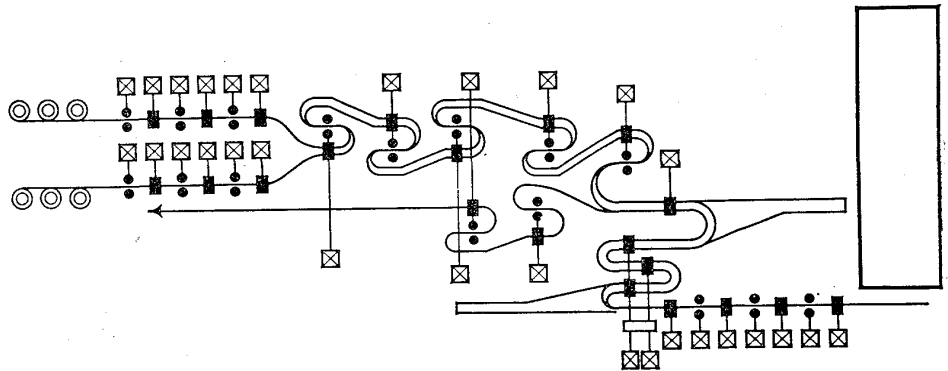
ポーリングリールは第20図に示すような捲線機で、捲取可能な線径は5~38mmφと広範囲であるが、捲取速度は最高25m/sec程度に限定される。



第17図 ローラーガイド。



第18図 Aosta 工場の配置図。



第19図 特殊鋼の線材圧延工場。

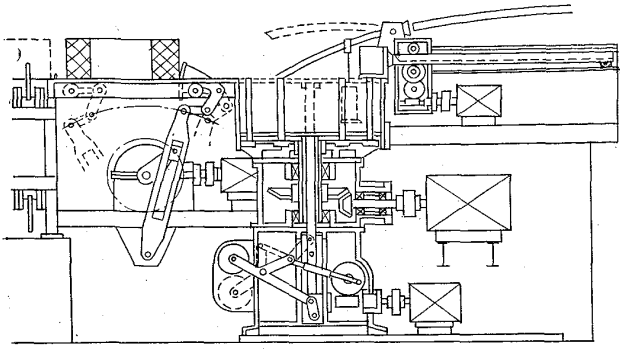
レイングリールは第21図に示すような捲線機で、5~10mmφの線材の捲取りに使用され、捲取速度は30~40m/sec以上まで可能である。

コンバインドリールは、第22図のような捲線機で、ポーリングリールの上に、レイングリールが結合されたような構造で、必要に応じて両者の使いわけができるようになっている。

コイル重量の増加、圧延速度の上昇につれて、捲線機もその条件を満足するものが、発達してきたわけであるが、その他に、最近の傾向としては捲線機に送風機をとりつけ、捲取中に線材を冷却する方式のものがある。

4.4.2 成品冷却設備

最終仕上スタンドを出てからの線材の冷却条件は、線

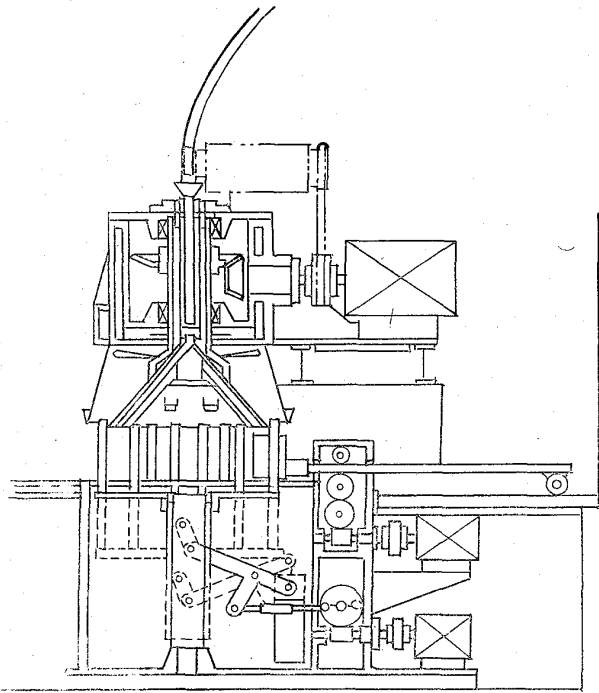


第20図 ポーリングリール.

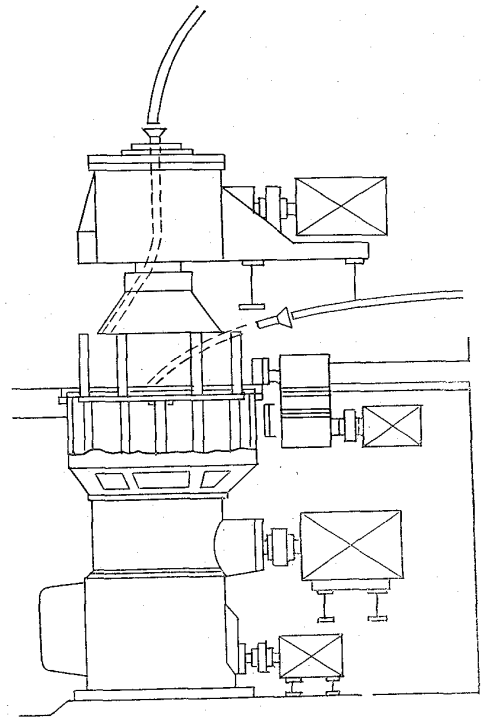
材表面のスケール(酸化皮膜), 機械的性質, 内部組織, 伸線性などの線材品質に大きな影響をおよぼす。

スケールは, 製品歩留, 二次加工前の酸洗(脱スケール)作業, 脱スケール後の線材表面の色, 光沢, 粗さなどに影響があるので, 線材圧延工場ではスケール発生量を抑制する方法をとるのが通例である。

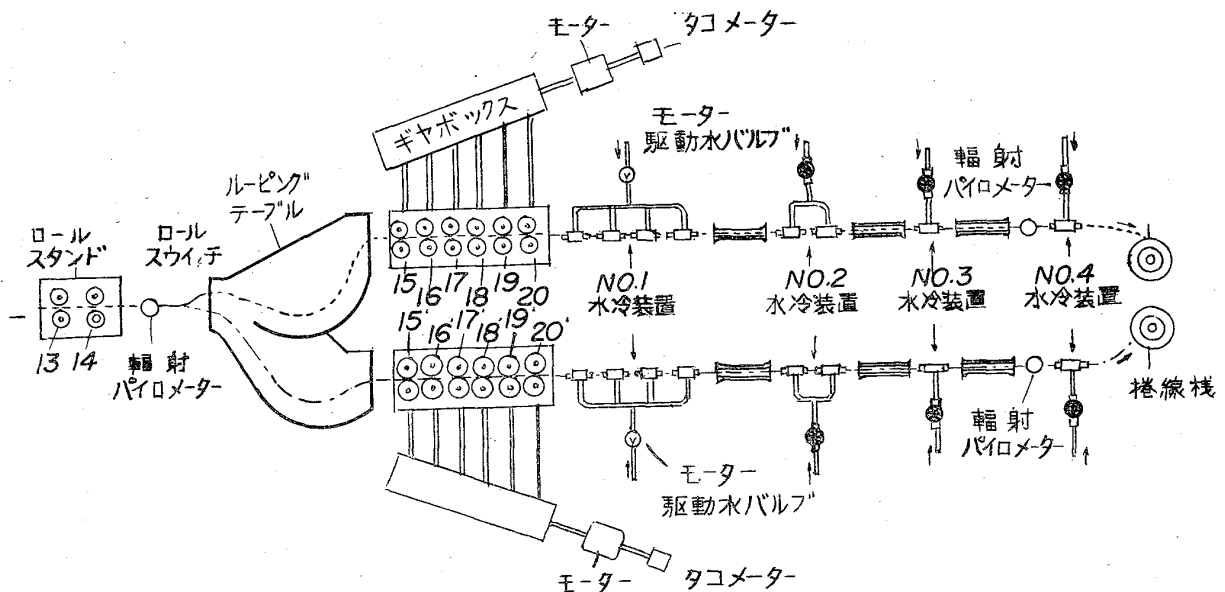
また特に 5~5.5 mm φ の高炭素鋼 (0.6~0.8% C) 線材については, 二次加工前に行なわれるパテンティング処理で得られるソルバイト組織に近い組織を, 線材圧延工場での冷却過程で得られるように, 冷却速度の調節が図られている。



第21図 レイングリール.



第22図 コンバインドリール.



第23図 成品水冷装置の配列.

これらの目的を達成するためには、冷却速度を大きくすることが必要で、(1) 仕上スタンドから捲線機にいたるまでの水による冷却、(2) 捲線機における捲取中の空冷、(3) 捲取後のコイル移送中の空冷、にいろいろと考慮が払われている。

連続式圧延機の通常設備においては、最終仕上スタンド出口の線材温度(圧延終了温度)は約 $900\sim 1050^{\circ}\text{C}$ であり、捲線機までの約1sec位の通過時間中に、高圧水($5\sim 15\text{ kg/cm}^2$)で冷却される。Roebing's Sons社(アメリカ)⁵⁴⁾をはじめとして、いろいろな水冷方法が検討されているが(第23図)、大きいコイル単重、高速圧延では、満足な結果を得ることはなかなか困難である。

次に開発されたのは、捲取中、捲線機を密閉し、送風機により強制空冷を行なう方法で、

Bethlehem Steel社 Johnstown 工場¹⁵⁾⁵⁵⁾(アメリカ1955年)

United States Steel社 Cuyahoga 工場⁵⁵⁾(アメリカ1956年)

Armco Steel社 Kansas City 工場⁵⁵⁾(アメリカ1959年)

Dorman Long社 Lackenby 工場²⁰⁾⁵⁵⁾(イギリス1959年)

United Steel社 Appleby-Frodingham 工場¹⁸⁾²⁰⁾(イギリス、1962年)

などの線材圧延工場にその例がみられる。

また、最近開発された新しい成品冷却設備としては、捲線機にはいつた線材を laying cone から、動いているチェーンコンベヤー(Chain conveyor)の上に落とし、線材をラセン状にして冷却室(Cooling chamber)の中を通し、冷却後にコイル状にする方法がある。この方法によれば、線材のスケール量は大幅に減少し、高炭素鋼線材については、パテント処理を行なつたものと同じような組織が得られるといわれている。Steel Company of Canada Ltd⁵⁶⁾およびフランスのSaulnes社²¹⁾にその実施例がみられる。

5. 品質の管理および諸種の実験調査

5.1 品質の管理

近時工場における品質管理の重要性が大きくとり扱われ、線材圧延作業においても、材料、加熱、圧延、製品の各段階において、各社はそれぞれの圧延設備の形式に応じた管理方式により、品質管理を行なっている。

鋼塊の疵や分塊中に生じた有害な疵は、線材に圧延する前に除去する必要がある。鋼種や圧延される寸法、用途により、いろいろの手入が行なわれている。手入方法としては、チップング(Chipping)、スカーフィング(Scarfiging)、グラインディング(Grinding)、旋削などの方法がとられているが、疵見、検査を容易にするために酸洗い、ショットデスケーリング、磁気探傷なども手入工程に組み入れられている。最近の新しい設備としては分塊中、熱間で材料表面を溶削し、表面疵を除去するホットスカーフィングマシン(Hot scarfing machine)^{57)~59)}や自動研磨機(カータイプグラインダー)があり、手入能率の向上と品質の向上に貢献している。

線材圧延工場に供給された材料は、鋼種により、約 $1100\sim 1200^{\circ}\text{C}$ の最適温度に加熱炉で加熱されるが、

その際、スケール、脱炭、不均一加熱、過熱などが線材の品質に影響をおよぼすので、加熱炉の操作方法には十分注意が払われている。種々の計器をとりつけて、燃焼の自動制御をはかり、加熱温度、加熱時間、炉内雰囲気調整を行なっている。

圧延工程の管理は、圧延機の形式により細部にわたってはそれぞれ異なるが、原則的には圧下調整、カリバー替、ガイド取替、圧延材の疵などに考慮を払っている。

圧下調整の適否は、線材の品質(寸法、表面疵)に大きな影響をおよぼすので、その管理には、最大の努力が払われている。管理方式としては、ロール間隙を測定して、基準の形状が得られているかどうか間接的に管理する方法と、圧延材の形状を直接管理する方法があるが実際にはこの2つの方法を共用して、各ロールスタンドから放出される圧延材の形状を管理している。最近イギリスの線材工場(John Lysaght's Scunthorpe 工場)⁶⁰⁾では、コンピューター(Computer)を使つて、引張りやたくれをなくし、厳密な圧延速度を与え、正確な圧下調整を試みている例もみられる。また走行中、線材の全長にわたつて寸法を測定できるRod profile gauge²¹⁾がBI SRAで開発されている。

ロールカリバーやガイドは、通過する圧延材の量に応じて摩耗するので、一定の取替基準を設けて、すなわち一定のトン数を圧延後、あるいは一定の時間圧延後、取替を行なっている。

圧延材の疵の管理は、圧延工程における疵の発生を早期に適確に把握するために、圧延材のサンプリングを行ない、表面のスケールを剝離して、疵見を行なう方法がとられている。

線材の表面疵を少なくするためには、ロールパスデザイン(孔型設計)も重要な要素である。最も通常なパスデザインとしては、菱一角方式、オーバル(楕円)一角方式が採用されているが、軽い減面率で捻りの少ないパスデザインとして、丸一オーバル方式が採用されている工場が最近ふえている。

前述したように、仕上スタンドを出てからの線材の冷却条件は、線材品質に大きな影響をおよぼすため、その管理に大きな努力が払われている。

圧延された線材については、寸法検査、表面疵検査、その他必要に応じて機械試験、顕微鏡試験、チェック分析を行なつて出荷している。線材の取扱い上でも、さびすり疵など表面状況の損傷がないよう、置場、吊具、運搬設備などにも、大きな注意が払われている。

5.2 実験調査

最近の線材品質に対する要求度は、だんだんと厳しくなりつつあり、それに対処するため、品質向上に関する諸種の実験や調査が行なわれている。

線材の寸法、表面疵、組織、化学成分、機械的性質、スケール、伸線性などについて、最近「鉄と鋼」誌上に発表されている例をみても、第1表のようなものがある。

6. 線材分科会の活動状況

線材分科会は、春と秋に年2回開催し、本年6月に第20回目を開催した。毎回8社(15工場)で、約40名が

第 1 表

発表者 (敬称略)	発 表 誌	実 験 調 査 項 目
大竹, 江口, 木村	鉄と鋼1956年第9号 p. 940 // 1957年第6号 p.637	線材々質におよぼす圧延方式の影響
大宰, 原田	鉄と鋼1957年第3号 p. 385	各個駆動の連続圧延機による条鋼の圧延について
田島, 北川	鉄と鋼1960年第10号 p. 1282	軟鋼線材の引抜性についての一考察
岡本, 江口, 富永	鉄と鋼1962年第11号 p. 1435	鋼線の機械的性質におよぼすフェライト組織の影響
羽室, 永野, 大野	鉄と鋼1963年第10号 p. 1635	平炉鋼および上吹転炉鋼リムド鋼線材の線引性の比較
大宰	鉄と鋼1962年第11号 p. 1392 鉄と鋼1963年第11号 p. 1676	線材の連続式圧延法に関する2, 3の研究
佐伯, 申沢	鉄と鋼1964年第4号 p. 612	線材におけるキャップド鋼の品質について
岡本, 江口, 富永	鉄と鋼1964年第12号 p. 2034	高炭素鋼線材の組織と伸線加工性
鳥取, 阿部, 杉浦 山本	鉄と鋼1965年第5号 p. 1100	硬鋼線材のオーステナイト結晶粒の調整について
岡本, 江口, 富永	鉄と鋼1965年第5号 p. 1102	高炭素鋼線材の材質におよぼす配合主原料の影響

第 2 表

	開催日, 開催場所	議 題	概 要
第11回	昭和35年11月 鉄 鋼 連 盟	1. ロール組替について	ロールスタンドの構造, ロール軸受の構造, スピンドルの構造, スピンドルとロールの着脱方法, ロール組替方法, 組替の頻度
		2. 鋼片置場から成品置場までのタイムスタディについて	鋼片装入所要時間, 炉内時間, 抽出より圧延機までの所要時間, 圧延所要時間, 捲取所要時間, 冷却運搬所要時間
		3. 運搬設備について	起重機リフトトラックなど工場内外の運搬設備
第12回	昭和36年6月 富士製鉄室蘭	1. ロール旋盤の性能と実績について	常用台数, ロール寸法, 材質, カリバー本数, 旋盤の仕様 (最大加工寸法, モーター容量, ロール回転数など) 切削作業 (1回切削量, バイト材質, 切削時間など)
		2. 新線材圧延設備の問題点について	新線材圧延設備の問題点
第13回	昭和36年11月 大 同 製 鋼	1. 線材の疵発生分布状況およびその対策について	軟鋼線材と硬鋼線材について, 線材の表面疵を材料に起因するもの, 圧延方法に起因するものに分類して調査
		2. 仕上成品寸法調査表	軟鋼線材と硬鋼線材の各サイズの線材について, 1巻毎にコイル全長にわたる線径の調査. 線径に影響をおよぼす圧延条件 (ロール径, 回転数, カリバー寸法, ロール調整方法, 減面率など).
		3. 工場設備の概要について	新設された設備で, これまで線材分科会に未発表の工場設備について

第14回	昭和37年5月 吾 孺 製 鋼	1. クロップ切捨量と成品疵との関係	クロップ切捨状況 (クロップの断面寸法, 長さ, 重量) と成品表面疵 (両端 1, 2, 3, 4, 5巻目) との関係
		2. 鋼材寸法と入口ガイドの取付基準寸法	仕上列スタンドについて, 圧延材の形状, 寸法, ガイドの形式, ガイドの寸法, ガイド固定方式
		3. 工場設備の概要について	新設された設備で, これまでの線材分科会に未発表の工場設備
第15回	昭和37年11月 神戸製鋼神戸	1. 鋼片から成品までのスケールロスの調査	同一材料について鋼片重量, クロップ量, 成品重量を実測しスケールロスを調査
第16回	昭和38年6月 富士製鉄釜石	1. 圧延用ロールについて	各スタンドのロールについて, 材質, 硬度, ロール寸法, カリバー数, 切削回数, 1カリバー当りの成品, 圧延トン数, 折損状況など
		2. ミスロール発生原因場所別調査	ミスロール発生原因についての特性要因図の作成. 発生場所別, 原因別のミスロール発生率の調査ならびにミスロール減少対策
		3. 線材の梱包荷姿について	線材の結束状況 (コイル単重, コイル径, 結束線の寸法, 材質, 結束ケ所, 結束方法) ラベル (材質寸法色別, 取付け方法) ユニタイズドバンドル (コイル単重, コイル径, 締付機の型式, 締付力, 締付速度, 結束帯の寸法材質, バンドリング処理量, 作業人員など)
第17回	昭和38年11月 八幡製鉄 光	1. 鋼片手入について	手入設備の種類, 台数手入方法
		2. ガイドについて	各孔型のガイドの形式, 材質, 寸法, 固定方法, 取替頻度, 圧延材の形状, 寸法
第18回	昭和39年6月 住友金属小倉	1. ロールネックベヤリング	各スタンドのロールネックベヤリングについて, ベヤリング型式, 寸法, 使用実績, 内輪着脱方法, 潤滑油の種類, 給油方法
		2. 線材の冷却方法	仕上スタンドから捲線機にいたるまでの冷却水による線材の冷却および捲線機以後の空冷, 線材表面のスケール量
第19回	昭和39年11月 神戸製鋼東京	1. 現場における品質 (表面疵) 管理の方法	鋼片から成品出荷までの工程において, 線材表面疵管理に関するチェックポイント, チェックする人, チェックの場所, チェックの時期, 頻度, チェックの方法, 異常発見時の連絡方法, アクションをとる方法
		2. 線材表面疵に関する工場実験	各社で実施した. 線材表面疵に関する工場実験. 調査結果
第20回	昭和40年6月 富士製鉄室蘭	1. 線材表面疵に関する工場実験	各社で実施した線材表面疵に関する工場実験, 調査結果

参加し, 会期は各2日間, 会場は各社持ち廻りで開催してきた。

議題としては「工場作業実績表」と「品質向上, 能率向上に関する問題」を毎回とりあげ, その他の議題については, 各社の最も関心のあるテーマを1~3とりあげて, 討議研究を続けている。

第1回~第10回線材分科会の内容については, すでに「鉄と鋼」別冊号(昭和36年11月)にとりまとめて発表しているので, 省略するが, それ以後の第11回(昭和35年11月)~第20回(昭和40年6月)分科会の内容について報告する。

毎回議題にとりあげている「工場作業実績表」は, 最近3ヵ月間の各工場の作業実績(たとえば, 作業時間, 運転時間, 運転休止時間, 製品寸法, 製品圧延トン数, 圧延能率, 労働生産性, 作業内容別人員, 製品歩留, 燃

料原単位, 電力原単位など)について, 各社より発表している。

また「品質向上, 能率向上に関する問題」は様式自由とし品質向上, 能率向上の面で効果のあつた実施例を毎回各社1件以上発表している。

その他の議題としてとりあげてきたテーマおよびその内容の概要は第2表の通りである。

7. 結 び

以上, 線材圧延工場における設備と技術の最近の進歩について, ならびに線材分科会の活動状況についての概要を説明した。

あらゆる分野の技術が結集されて, 今日の線材圧延設備および技術の発展をみたわけであるが, 今後ますます各業界メーカーと密接に相携えて, 研究開発に当り,

わが国鉄鋼業の新たな飛躍発展を期したいと思う。

文 献

- 1) 通産省, 日本鉄鋼連盟: 圧延作業調査表 (昭和39年計)
- 2) 鉄鋼界, 昭和40年5月, p. 43~44
- 3) 鉄と鋼, 47 (1961) 13
- 4) 日立評論: 別冊第29号 (昭和34年9月), p. 10~16
- 5) 金属材料: 4巻 (1964) 6, p. 21
- 6) Wire & Wire Products, 11 (1962) p. 1603
- 7) Iron & Steel, 12 (1962), p. 632
- 8) J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 4 (1963), p. 353~364
- 9) 製鉄研究: 第220号, p. 1708~1712
- 10) 富士製鉄技報12巻1号, p. 35~43
- 11) Stahl u. Eisen., (1957) 9, p. 1181
- 12) Stahl u. Eisen., (1952) p. 610
- 13) Wire & Wire Prod., (1959) 11, p. 1493~1499
- 14) Blast Furn. & Steel Plant, (1959) 8, p. 843~848
- 15) Iron & Steel Eng., (1957) 3, p. 71~77
- 16) Iron & Steel Eng., (1964) 2, p. 101
- 17) Metal Industry, (1963) 6, p. 900
- 18) Steel & Coal, (1963) 6, p. 1200
- 19) Iron & Steel, (1963) 8, p. 414
- 20) Iron & Steel Eng., (1964) 8, p. 57
- 21) Iron & Steel Eng., (1965) 1, p. D-57
- 22) 水曜会誌, 13巻, 7, p. 487
- 23) Stahl u. Eisen., (1962) 6, p. 825
- 24) Stahl u. Eisen., (1964) 12, p. 1746~1747
- 25) 燃料と燃焼, 30巻7号, p. 1206
- 26) Iron & Coal, (1959) 3, p. 561
- 27) J. Iron & Steel Inst. (U.K.), (1963) 4, p. 353
- 28) Iron & Steel Eng., (1963) 1, p. 180
- 29) Iron & Steel Eng., (1962) 10, p. 73
- 30) 特殊鋼 (1965) 7, p. 3
- 31) The Wire Industry, (1965) 6, p. 558
- 32) Wire & Wire Products, (1965) 9, p. 1238
- 33) Stahl u. Eisen., (1962) 10, p. 1512
- 34) Stahl u. Eisen., (1962) 12, p. 1873
- 36) Stahl u. Eisen., (1963) 12, p. 1W 910
- 37) Iron & Steel Eng., (1964) 1, p. 46
- 38) Blast Furn. & Steel Plant, (1964) 6, p. 507
- 39) 石川島播磨技報, 38年9月, p. 35
- 40) J. Iron & Steel Inst. (U.K.), (1954) 4, p. 391
- 41) Iron & Steel Eng., (1960) 4, p. 77
- 42) 鉄と鋼, (1958) 5, p. 571
- 43) J. Iron & Steel Inst. (U.K.), (1963) 4, p. 365
- 44) Steel Times, (1964) 10, p. 589
- 45) Iron & Steel, (1962) 12, p. 638
- 46) 日本金属学会々報, 1巻6号, p. 400
- 47) Stahl u. Eisen., (1961), p. 572
- 48) J. Iron & Steel Inst. (U.K.), (1964) 1, p. 42
- 49) The Wire Industry, (1961) 1, p. 57
- 50) Stahl u. Eisen., (1958), p. 1611
- 51) Wire & Wire Products, (1961), p. 1540
- 52) J. Iron & Steel Inst., (1964) 3, p. 261
- 53) "Wire" English Edition, (1959) 2
- 54) Wire & Wire Products, (1957) 10, p. 1179
- 55) Stahl u. Eisen., (1961) 6, p. 870
- 56) Wire & Wire Products, (1964) 10, p. 1605
- 57) 製鉄研究, 第246号, 第249号
- 58) 神戸製鋼技報, 13巻1号, p. 3
- 59) 第20回分塊分科会
- 60) Iron & Coal Trades. Rev., (1961) 11, p. 941
- 61) 神鋼電機第30号 (1965年8月), p. 9~15