

技 術 資 料

モルガシャーマ式圧延機

菅 蒲 正 俊*

MORGÅRDHAMMARS SYSTEM ROLLING TRAIN —A REVIEW—

Masatoshi Shobu

I. 結 言

特殊鋼線材、すなわち、ステンレス鋼、高速度鋼をはじめ、ニッケル、クローム鋼、クロームマンガン鋼、高炭素鋼、快削鋼にいたるまでの鋼種の線材を圧延するのに、従来はガレット式圧延設備によつていた。ガレット式は、人力に頼ること多く、そのため、圧延速度に限度があり、その結果、圧延温度の降下大で圧延材の先端と末端との圧延温度差が大きく、したがつて、コイル単重が小さい欠点を持つている。これに対し、連続圧延機はガレット式の短所なく、量産の点できわめて優れており、普通鋼線材の量産にその効力を発揮することが、きわめて大である。ゆえに、初めの設備費を多く要するにも拘らず、約 30 年前に、ドイツの Rheinhausen や Niederrheinische 等において、また、日本の富士製鉄や神戸製鋼所等において、半連続式の稼働を見、その量産および製造単価の引下げに果たした功績は、まことに顕著なものがあつた。また、最近、数年前より、水銀整流器や磁気増巾器のごとき、電気機器の発達によつて、仕上直線連続圧延機も苛酷な速度制御の要求を満たすことができ、直線式連続圧延機の稼働を見るに到つた。アメリカでは Bethlehem (Sparrows point) や Jones & Laughlin (Aliquippa) 等において、ドイツでは Rheinhausen や Niederrheinische 等において、イタリーでは Torino において、日本では八幡製鉄の光工場において、その操業をみている。しかしながら、直線連続の圧延設備においては、特殊鋼線材、特にステンレス鋼や高速度鋼の圧延には無理な点があり、やはりガレット式により圧延されて来た。ところが、最近特殊鋼製造に伝統を持つスエデンにおいて、特殊鋼圧延に適した全連続式圧延設備が設計製作され、後述の製鉄所において、円滑な操業を行い、優れた線材製品を製作している。これは、スエデンの Morgårdshammars Mek. Verkstad A.B. の設計・製作によるもので、一見して、スタンド

配置はガレット式のものであるが、圧延材の送りにすべてレピーターを使用し、直流電動機およびローラーガイドの助けにより、連続圧延の条件に適つたものである。

モルガシャーマ式圧延機は、一昨年、弊神戸製鋼所において稼働をみたので、この新圧延設備について、以下説明する。写真 1 に、圧延設備の全景を示す。

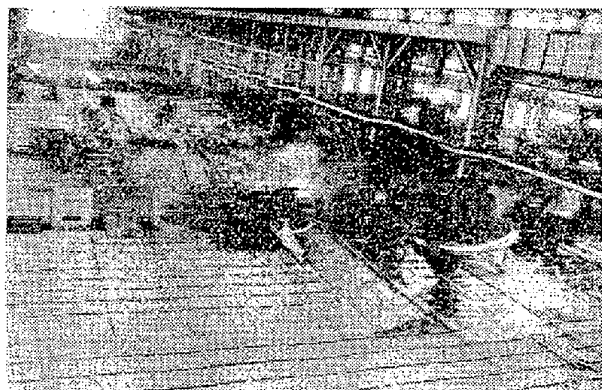


写真 1 モルガシャーマ式線材圧延機の概観

なお、現在モルガシャーマ式圧延機の稼働している工場は次の通りである。

Sweden: A. B. Bofors

Söderfors Bruks

A. B. Kanthal

Hallstahammar A. B.

Fagersta Bruks A. B.

Uddeholms A. B.

Norway: Christiania Spiegerverk

Denmark: Det Danske Staalvalseværk

Finland: Fiskars A. B.

France: Aciéries Eléctiques d'Ugine

S. A. des Hauts Fourneaux Forges &

Aciéries de Pompey Compagnie des

Ateliers et Forges de la Loire

* 神戸製鋼所

Japan: Kobe Steel Works Ltd.

II. 連続線材圧延

連続式圧延機をまとめてみると、3つに大別できる。すなわち、アメリカにおけるごとく、仕上圧延機も2〜4本通しの直線式連続で、一つの電動機により駆動されるものと、ドイツにおけるごとく、仕上圧延機は縦横ロールを交互に使用した1本通しの直線式連続で、各ロールが個々の直流電動機により駆動されるものと、スエーデンにおけるごとく1本通しですべてレピーターにより送られ、2台の圧延機づつを1台の直流電動機で駆動されるものとに分けられる。この3種の代表例をとって比較してみると表1のごとくなる。なお、アメリカ式でも中間圧延機を2台づつとして、角レピーターのみを使用するもの(U. E.)と、中間圧延機が1台づつもの(Morgan)とがある。ドイツ式でも、仕上圧延機で、縦ロール→横ロールの順にならんだもの(Siemag, Demag)と、横ロール→縦ロールの順にならんだもの(Schlömann)とがあり、スエーデン式でも、仕上圧延機が捲線機と反対方向に順次ならんだものと、捲線機方向にならんだものがある。さらに詳細に検討すれば、それぞれの圧延設備に注目すべき点が多いが、詳細については、後述の文献にゆづりたい。表1において、 \bullet は横ロール、 \circ は縦ロール、 \ominus は捲線機、 \dagger は切断機 \times は箆方作業者を示す。

次に、直線式連続の場合、特に問題となる“中びけ”および“噛込みによる回転数変動(インパクト・ドロップ)”について一言しよう。

今、2つのロールを考え圧延材のロールより出て行く速度を S_1, S_2 (m/s)、圧延材の断面積を F_1, F_2 (mm²) 圧延材の重量を W (kg)、比重を 7.85 、通過時間を T_1, T_2 (sec) とすれば、ループの伸び L (m) は次のごとく

なる。

$$L = \frac{1000 \times W}{2 \times 7.85 F_1} \left(1 - \frac{F_2 S_2}{F_1 S_1}\right) \text{ (m)} \dots\dots (1)$$

また、通過時間 T_1, T_2 は次のごとくなる。

$$T_1 = \frac{W \times 10^3}{7.85 \times F_1 S_2} \text{ (sec)} \dots\dots\dots (2)$$

$$T_2 = \frac{W \times 10^3}{7.85 \times F_2 S_1} \text{ (sec)} \dots\dots\dots (3)$$

連続式においては

$$F_1 S_1 - F_2 S_2 = \delta \cong 0 \dots\dots\dots (4)$$

ゆえに

$$L \cong 0 \dots\dots\dots (5)$$

$$T_1 \cong T_2 \text{ となる。} \dots\dots\dots (6)$$

すなわち、連続の条件、 $F_1 S_1 = F_2 S_2$ が成立すれば、ループの伸びがなく、各ロールでの通過時間等しく、圧延材は全長にわたり同じ温度条件で圧延されることになる。しかるに、 $F_1 S_1 = F_2 S_2$ という事は理想であつて、実際には、仲々成立せず、(4)式の δ が存在する。これは減面率や速度の函数である先進があり、インパクト・ドロップがあり、孔型(カリバー)の摩耗があり、加熱温度の不均一等の影響が入ってくるからである。 $F_1 S_1 > F_2 S_2$ のときは、2つのロール間にループの伸びを生じ、 $F_1 S_1 < F_2 S_2$ のときは、引張りを生ず、板の圧延や、線引のときは、むしろ、引張らして逆引力(back tension)をかけ、電力の消費を少くし、製品品質の向上に役立させているが、線材圧延のときは、引張りにより伸びけを生ずると、圧延材の中央が断面不足となり、通常、角オーバル式孔型方式をとるため、角において断面不足となれば、“平圧延”の危険が生じることとなる。また、製品の精度に悪影響を招来することはもちろんである。直線式連続のとき、ループが伸びればその処置に困るの巻ループ・レギレーターを使用するか、引張り気味で圧延する他ないであろう。今、一例として50mm角を8台の

表1 連続式線材圧延機配置の代表例

| | 設置工場 | 製造者 | 配 置 | ビレット寸法 | 機小製品 | 全馬力数 | 減面率 | ストランド |
|-----------|-----------------------------|----------------|-----|-------------------------------------|---------|--------------------|-------|-------|
| 米 国 式 | Jones & Langhlin | U E | | 68 ^o x 9 ^m | 5.0 mmφ | 8100 ^{HP} | 22.0% | 4 |
| | Bethlehem Sparrows Point | Morgan | | 75 ^o x 4.8 ^m | 5.5 mmφ | 7600 ^{HP} | 22.9% | 4 |
| ド イ ツ 式 | Rheinhausen | Schloemann | | 50 ^o x 9 ^m | 5.0 mmφ | — | 19.8% | 4 |
| | Yawata Iron & Steel Co. Ltd | Siemag | | 70 ^o x 9 ^m | 5.0 mmφ | 5470 ^{HP} | 23.1% | 4 |
| ス イ デ ン 式 | Fagersta Brucks A.B. | Morgårdshamars | | 93 ^o x 4 ^m | 5.0 mmφ | 5100 ^{HP} | 20.2% | 1 |
| | Kisla Steel Works Ltd | Morgårdshamars | | 110 ^o x 4.2 ^m | 5.0 mmφ | 8100 ^{HP} | 19.9% | 1 |

直線連続で、引張り気味に、角一オーバル方式で約 10 mm 角に圧延した場合、(3本通し) 10mm 角の先端と中央と末端との断面を示すと図1のごとくなる。

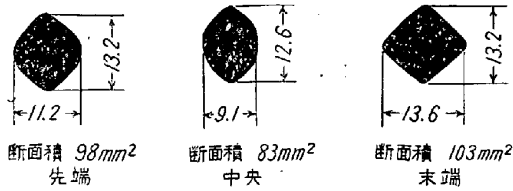


図1 相並んだ2つのロールスタンド間の引張り力によつて起る断面積の変化の例

圧延材がロールに噛込むと、回転数は一旦下り、ハンチング現象を経て、噛込む前の回転数より少し低い速度に落ちつく。これを、我々はインパクト・ドロップと称する。連続において、噛込む前に厳密に $F_1S_1=F_2S_2$ なるよう調整しておいたとしても、この回転数の変化のために変化する。2つのロールの関係は、図2および表2を見られたい。図3に、神戸製鋼新線材工場の主電動機のインパクト・ドロップの回復状況を示す。この場合は、レピーター圧延のため問題にならないが、直線連続で、1例としてスタンド間隔 1.5m 圧延速度 20 m/s のとき、0.075 秒で回復しなければならぬこととなる。要するに次の条件が、良い線材を圧延するための必要条件と言える。

1. 各ロールにおいて、圧延材の全長におたつて、同一温度条件で圧延されること。
2. 圧延温度範囲の小さいこと。すなわち加熱炉を出てから捲線機に巻かれるまでの温度降下の少ないこと。
3. インパクト・ドロップによる回

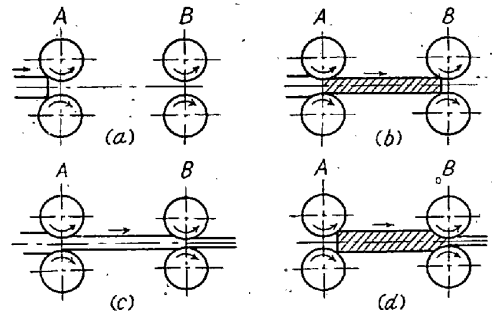


図2 バーがロールに入る際、相並んだロール間の回転速度の変化

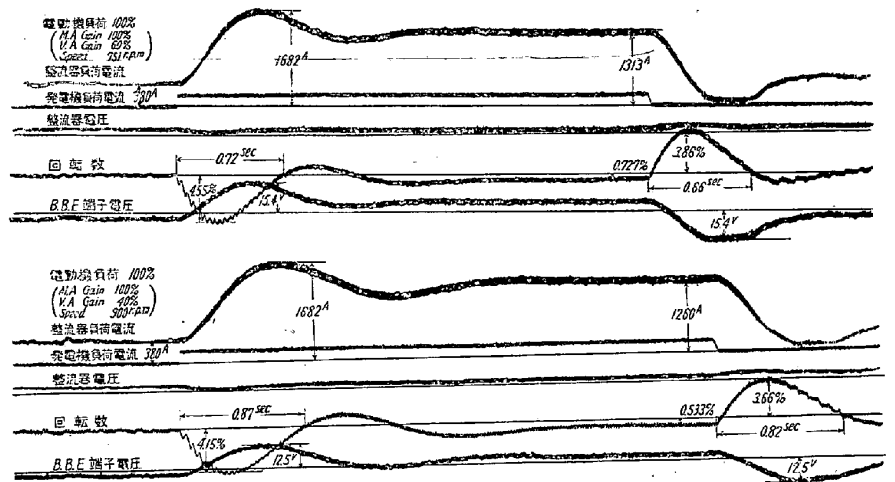
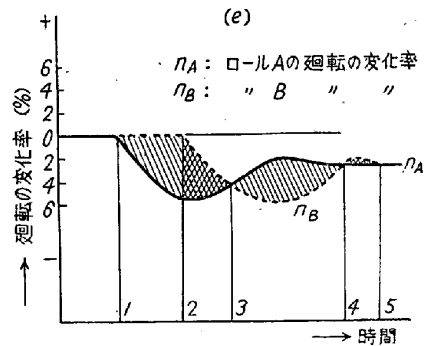


図3 主電動機の特性図

表2. 図2の説明

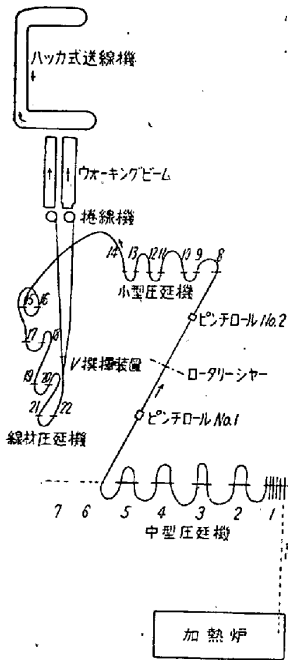
| 図2 (e) | 図2 (a), (b), (c), (d) | 圧延過程 |
|--------|-----------------------|--|
| 1 | (a) | バーがロールAに入る。 |
| 1~2 | (b) | バーがロールBに入る。バーにて引張力ははたらいでない |
| 2~3 | | ロールBの回転が落ちるが、ロールAの回転もそれより尚低い、バーに引張力がはたらく |
| 3~4 | (c) | ロールAの回転が回復し、ロールBの回転は尚落ちてゐる。引張力が緩み、ロールAとロールBの間にループが出来る。 |
| 4~5 | | ロールBの回転にハンチングが起る。バーには時々引張力がはたらく |
| 5 | | ロールA、ロールBの回転が安定する。バーには引張力ははたらかず、ループも生じない |

転数変動の回復は速く各ロール間でひつばりのないこと
 直線式連続圧延機では、上記三つの中、1および2の
 点は充分要求に適い。また、3の点では、電氣的に解決
 できれば問題ない。しかして、上記3つの要求に完全に
 確実に適うものとしてモルガシヤーマ式圧延機が挙げら
 れるのである：

III. 圧 延 設 備

(A) 圧延工程

圧延される鋼片の寸法は、ステンレス、高速度鋼は70
 mm角×4.2m長さ、その他は、110mm角または
 125mm角×2.1m長さ、あるいは110mm角又は125
 mm角×4.2m長さである。



圧延機配置は図4に示すご
 とくで、3つの群に分けられ
 る。それぞれ、中型圧延機
 (7台) 小型圧延機 (7台)
 線材圧延機(8台)と称する。
 中型圧延機は3段ロールで、
 小型圧延機および線材圧延機
 は盲3段ロールである。110
 mm角鋼片より5.0mm丸の
 線材を圧延する場合について
 説明しよう。110mmの角は
 中型圧延機のNo.1スタン
 ドで、菱一菱カリバーにより
 4回圧延して72mm角とし、
 つぎに2回通して、48mm角
 の前のオーバル(厚み40.7
 mm、巾約100mm)に圧延

され、それより、中型圧延機
 の各スタンドで2回、その他のスタンドで1回ずつ圧延
 され、角一オーバル式孔型により減面されていく。すな
 わち中型圧延機では、オーバル、レピーターにより、ス
 タンドからスタンドへ送られ、スタンドの中に角レピー
 ターがあり、オーバルは上のパスよりつぎのスタンドの
 下のパスへ、角は下のパスより同一スタンドの上のパス
 に送られる。小型および線材圧延機では、各列の間は角
 レピーターにより、各スタンドの間は、オーバル・レピー
 ターにより送られる。No.2のスタンドで48.0mm
 の角、No.3のスタンドで36.0mm角、No.4のスタ
 ンドで27.0mmの角、No.5スタンドで20.8mm角
 に圧延され、20.8mm角のつぎのオーバル(厚み12.8
 mm、巾30.0mm)がNo.5スタンドより小型圧延機

のNo.8へ送られる。写真2に中型圧延機のNo.1,
 No.2スタンドを示す。この送りのために、14.9kwの
 電動機により駆動される2台のピンチローラーが使用さ
 れる。このピンチローラーの回転数は圧延材の速度に応
 じるため、周波数変換機により変えられる。ローラーは
 表面硬度約60度(シヨアー)のチルド鋳物で、圧延材
 がローラーより速く進めば、滑るフリーホイールをもつ。
 上下ローラーの間隙は、オーバルの厚みより0.2mm
 位小にされる。このピンチローラーの他に、No.5スタ
 ンドより出たオーバルを第一のピンチ・ローラーまでに
 90度捻り、第二のピンチ・ローラーと小型圧延機との間
 で90度捻り、また、両ピンチ・ローラーの間は常に水
 平に保つために、5箇のねぢりローラーがある。また、
 二つのピンチ・ローラーの間に、ロータリー・シャヤ
 (rotary shear)があり、圧延材の両端に生じるフィ
 シュ・テール(fish tail)を切断し、じ後の圧延を円滑
 にする。このシャヤは、5.5kwの電動機により駆動さ
 れる二組の互いに反対方向に回転する溝付鋸盤である。
 写真3にこの中継装置を示す。

小型圧延機は一直線にならんだ盲3段圧延機で、No.
 8, No.9, No.10とNo.11, No.12とNo.13, No.14
 の3群に分かれる。No.8~No.9, No.9~No.10, No.

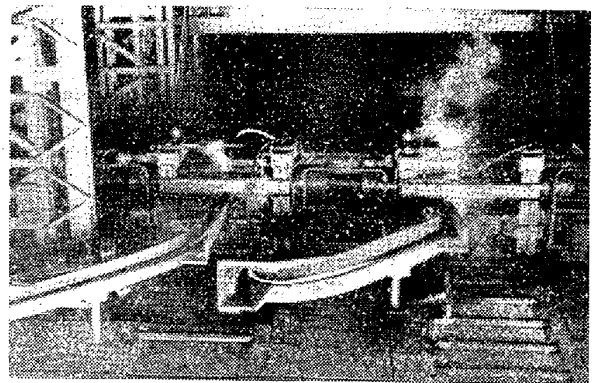


写真2 中型圧延機

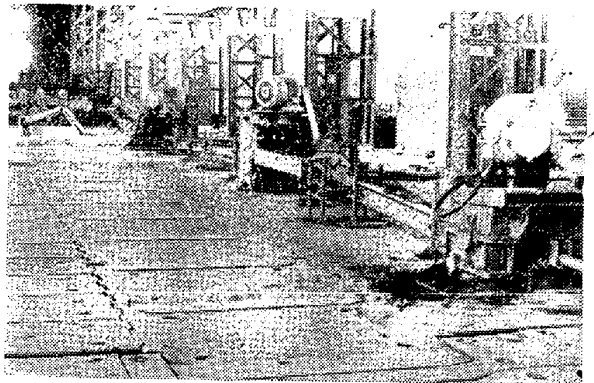


写真3 中型から小型への移送装置
 (ピンチローラー及びロータリーシャヤ)

11~No. 12, No. 13~No. 14 の間は、前記の $\delta (=F_1S_1 \sim F_2S_2)$ が正で、なるべく小になるようにロール直径が設計され、ループの伸びを最小限にする。No. 10~No. 11, No. 12~No. 13 の間は、各群の直流電動機の手速を、界磁制御により調整して、ループの伸びを定める。No. 8~No. 9, No. 10~No. 11, No. 12~No. 13 の間は角レピーターにより、下パスより上パスへ、No. 9~No. 10, No. 11~No. 12, No. 13~No. 14 の間はオーバル・レピーターにより、上パスより下パスへ送られる。No. 13~No. 14 のレピーターには、後述の鞭打ち現象をさげるため、ウィップ、チャンネル (whip channel) がついている。5.0mm 丸圧延のとき、No. 8 で 16.2mm 角、No. 10 で 13.2mm 角、No. 12 で 10.4mm 角、No. 14 で 8.6mm 角に圧延される。写真 4 に小型圧延機の様子が見られる。

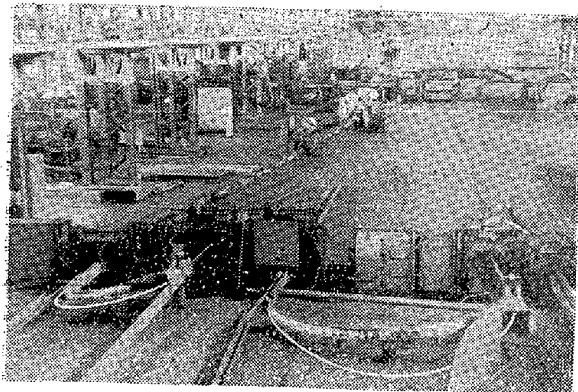


写真 4 小型圧延機

線材圧延機は、各 2 台づゝの圧延機よりなる 4 群である。オーバルは、ウィップ・チャンネルのついたオーバル・レピーターにより送られ、この間のループの伸びも、前記 δ が正で最小になるよう、ロール直径が定められている。

この際先進について考慮する必要がある。先進度は減面率に影響し、すなわち、圧延材のロールの周速より速く出る割合は、減面率の大なる程大である。一例としてループの伸びを前記の (1) 式によつて、0.60%炭素量の 8.0mm 丸を圧延した時の No. 19 と No. 20 の両スタンド間のループの伸びを計算して見よう。この場合の、ロール隙、圧延材寸法、ロール径、および圧延材寸法断面を表 3 に示す。ロールより出る圧延材の速度をロールの周速と仮定すれば (1) 式により

$$L = -0.089m \text{ となる。}$$

ゆえに、この 2 つのスタンド間には先進を考慮しなければ、少しの引張りが生ずる筈であるが、実際には +1.1 m のループの伸びが生じている。

表 3 先進—スリップを説明する為の実際のデータ

| スタンド番号 | 18 | 19 | 20 |
|----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ロールの隙 | — | 1.03 mm | 0.71 mm |
| 寸法 | 9.8×10.0 ×8.3×8.3 | 10.3×3.6 | 7.9×7.9 |
| 断面 積 | 64.0 mm ² | 54.5 mm ² | 49.5 mm ² |
| ロール 径 | — | 260 mm | 289.5 mm |

各群の間は、ループ・レギュレーター (loop regulator) のついた角レピーターにより、一つの群より他の群へ送られる。ループ・レギュレーターは一種のスライダック式抵抗器で、これによりループの伸びを検出し前後のモーターの回転数を調整して、ループの位置を一定にする。換言すれば、ループが伸びようとするれば、先のモーターの回転数をまし、ループがちぢまんとすれば先のモーターの回転数を下げる。むろん、各モーターの回転数は、圧延される製品の寸法、鋼種により、さらにインパクト・ドロツプを考へて、圧延計画に適合した回転数に予め、設定しておく。

各群の間は、鑄鉄製の漏斗をつらねることにより、連絡される。この鑄鉄製の漏斗により、圧延材に疵のつきのを防ぎ、スケールの除去を容易にし、通過中の圧延材の検査をすることができる。

各カリバーの入口、出口の誘導管は、角に対して丸断面、オーバルに対して楕円断面であり、二重になつている。二重の意味は一つには保温であり、一つには、パイプの一端のみを保持することにより、熱膨脹による曲りをふせぐ。

最終スタンドを通過した線材は、エヤー・シリンダーにより作働する V セレクション (V selection) により、二台の捲線機に交互に送られる。

5.0mm 丸および 5.5mm 丸の線材は以上のごとく圧延されるが、これより大きい寸法の製品は、途中のスタンドを抜くか、または、途中のスタンド (No. 14, No. 16, No. 20) で仕上げられて、捲線機で巻かれる。そのスケジュールを図 5 に示す。

最終スタンドと捲線機との間は、前述の鑄鉄製漏斗により連絡されるが、この間に製品冷却管がある。これは製品が捲線機に達するや、光電管よりの感度により、電磁弁を働かして、冷却管中に水を通し、製品表面のスケールを落し二次加工時のスケール除去を、容易な表面状態にする。この冷却装置により、製品は約 50°C の温度降下を生ずる。

捲線機はピンタイプで、55馬力のモーター 2 台により下方よりスパイラル・ベベルギヤー (減速比 2.67:1)

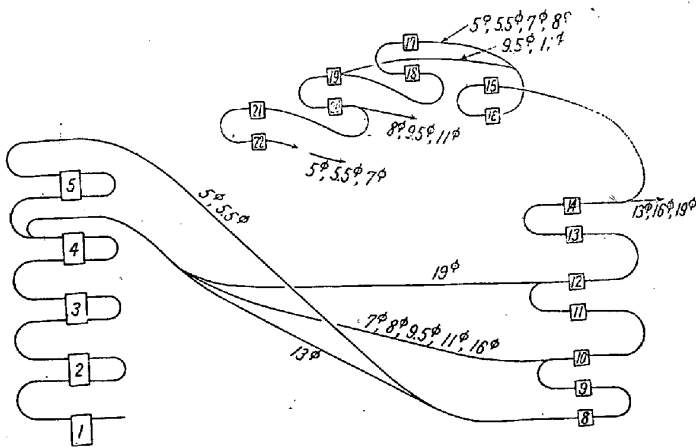


図 5 各種寸法の線材のパススケジュール

を経て駆動され、逆起電力制動により、急速停止が行われる。コイル径は、最小内径 500 mm, 最大外径 1400 mm で、通常 1000/12000 または、1100/1300 が使用される。500 kg 重量の 5・0mm 丸より 25・0mm 丸まで巻きうる。また、コイル冷却用送風機、および最終スタンドの回転数と捲線機の回転数を適応させる電気設備がある。写真 5 は線材圧延機を、写真 6 は捲線機附近を示す。

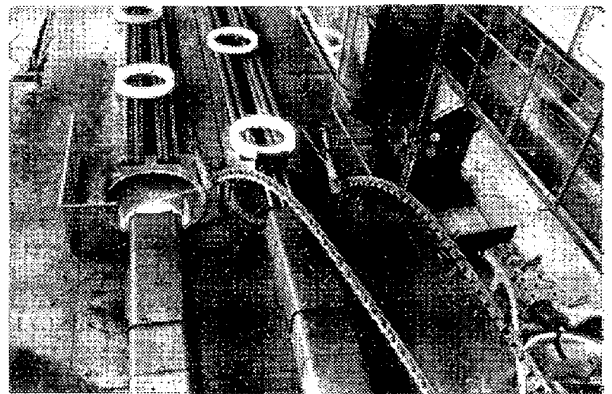


写真 6 捲線機



写真 5 線材圧延機

巻き終ったコイルは、コイルの形がくづれないため、および冷却のため、全長 28m のウォーキング・ビーム (walking beam) により運ばれ、さらに、延 156m のハッカ式送線機 (写真 7) により、冷却されながら、移送される。

ロールの寸法を、初めの径/廃却径×胴長の形で表わせば、中型圧延機は 550φ/492φ×1500 L, No. 8 スタンド 319φ/295φ×600 L, No. 9 スタンド 395φ/365φ×



写真 7 ハッカ式送線機

600 L, No. 10 スタンド 481φ/445φ×600 L, 小型 2 列 小型 3 列, および線材列のオーバルのロールは、265φ/241φ×385 L, 角および丸のロールは 315φ/280φ×385 L である。

70mm 角の鋼片の場合は、No. 1 スタンドの 5 番のパスに入れられ、じ後、上記と同じように圧延される。後に述べるごとく、ステンレス鋼や高速度鋼のような特殊鋼は、中型圧延機で 48.0mm の角まで菱一菱カリバーを使用するので、この場合、70mm 角の鋼片は、炉より直接 No. 2 スタンドに送られる。

(B) 駆動設備

圧延機は、9 台の各 660kW の直流電動機により駆動される。No. 1 および No. 2 のモーターは中型圧延機用で、歯車比 7・2:1 の減速機とカムワルツを、No. 3 のモーターは小型 1 列用で、歯車比 4・8:1 の減速機とカムワルツを、No. 4 のモーターは小型 2 列用で、歯車比 2・22:1 の減速機とカムワルツを、No. 5 のモーターは小型 3

列用で、歯車比 1:61:1 の減速機とカムワルツを持つ。No.6, No.7 のモーターは線材、2 列用でカムワルツのみを、No.8 は線材 3 列用で、歯車比 1:1:41 の増速機とカムワルツを、No.9 は線材 4 列用で、歯車比 1:1:8 の増速機とカムワルツをもつ。

これらのモーターは、300~750 r.p.m. の範囲は電圧制御により、その間および 750~1100 r.p.m. の範囲は界磁制御により回転数が変えられる。また、これらのモーターは、捲線機用モーターおよび水銀整流器とともにアメリカン・エアフィルター (American air filter) を通つた塵埃の無い空気により、強制通風冷却される。この直流源を得るために、3880 KVA および 1940 KVA 各 1 台の変圧器および 1000 KW (750 V × 1.333 A) のポンプ無し封じ切り風冷式多陽極水銀整流器 5 台により、A. C. 33,000 V より所要電圧の直流に換えられる。上記 5 台の水銀整流器は、3 台と 2 台の二つの群に分かれ、9 台の主電動機が、圧延計画にしたがつて、二つの群のどちらにでも連結できる。写真 8 に電気室内の様子が見られる。

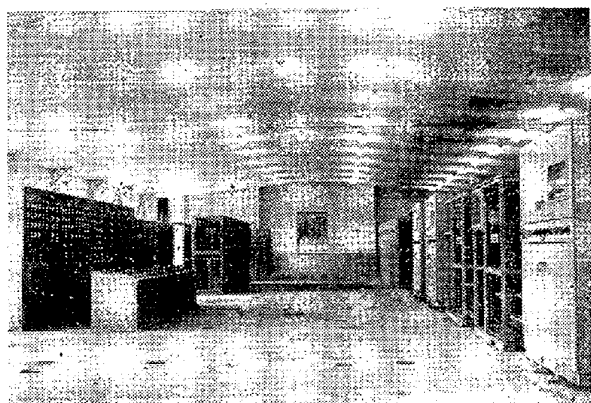


写真 8 電気室

(C) レピーターおよびローラーガイド

モルガシヤーマ式圧延機を円滑に稼働するのに、レピーターとローラーガイドがきわめて重大な役目を果している。レピーターはオーバルレピーターと角レピーターとに分けられるが、オーバルレピーターはきわめて難かしいとされて来たが、モルガシヤーマ社は多年、スウェーデンの Kanthal や Hallstahammar や Söderfors において試験を重ねたもので、われわれが使用の結果は、圧延材は確実に 90° 捻られて送られ、レピーターよりの飛出し (これを throw out と呼ぶ) もきわめてスムーズに行われることが分かった。スローアウトの強弱は、孔型出口の誘導管の長さ、レピーターおよび誘導管の傾斜を調整して行われる。これはスローアウトの強弱は圧延材の大きさ、鋼種、圧延温度により変化するからであ

る。ローラーガイドは、モルガシヤーマ社技師長の Mr. Erick Norlindh の特許で、圧延材の先端を正しい角度で孔型に容易に嚙込ませ、圧延中、正しい保持を行い、またローラーと圧延材との間の転り接触により、圧延材に疵を着けない長所をもっている。ローラーガイドは、テーパまたはボールの転り軸受を装備した二つのローラーと、入ロガイドと、バネ板と、これらを一に組立てる箱とよりなっている。図 6 にその側面図を示す。

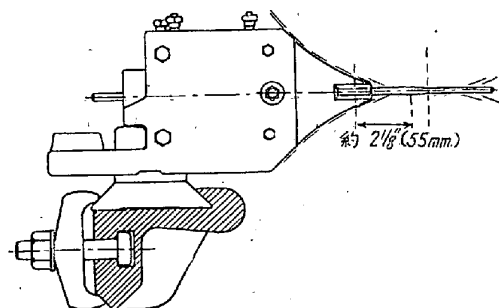


図 6 従来の型のロールスタンドにおける歪の状況

(D) ロール・スタンド構造

ロール・スタンドの構造は、従来の形と本質的に異なっている。従来は、一つフレーム (fram) の中に、ロールが軸受および軸受箱とともに入れられ、これが基礎盤 (ソール・プレート) の上に据えられていた。したがって、ロール・スタンドは圧延荷重により、図 7 に示すごとく応力をうけ、このため、ロールは彎曲し、成品の精度誤差を大きくする。モルガシヤーマ社の設計は、中ロールの軸受箱より二本のねぢ軸が上下に出ており、これに上下のロール軸受箱がはまり、一体に組立てられる。構造の原理を、図 8 にて見られたい。これを我々はロール・ユニット (roll unit) と称する。このロール・ユニットが基礎の上にすえられたポストの上に、中ロールの心が確実に水平で、お互に一直線に置かれ、中ロールの間はスプラインカツプリング (spline coupling) により、上下ロール間は、グリースバス付ユニバーサルカツプリング (universal coupling) により連結される。この構造では、圧延荷重は四本の軸で受けられ、歪みは従来の型の 1/3 程度に減少出来る。また、従来のスタンドに使用される安全皿は、精度の点より使用さず、過荷重によりロール折損の場合、ロール軸端に入られた木片を割り、その害の他におよびのをふせぐ。この構造のもう一つの長所は、製作費用の少ないことと重量の少なくてすむことは、図 9 の (a) と (b) を比較されると、よくおわかり願えると思う。

ロールの軸受としては、S. K. F. の CK タイプの球

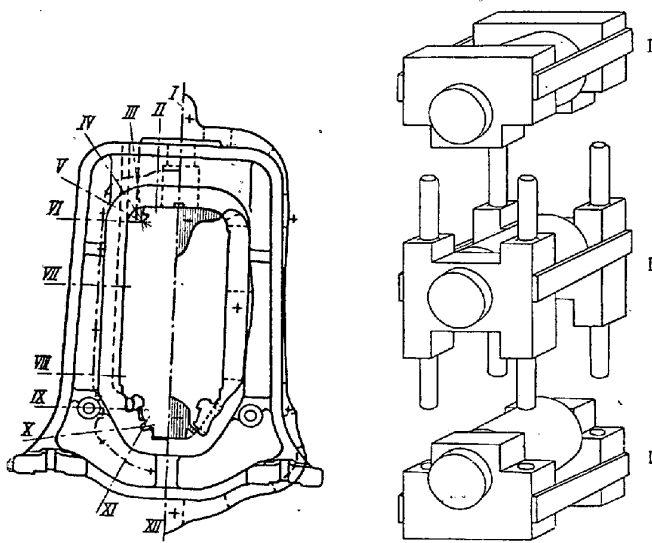


図 7 従来の型のロールスタンドにおける歪の状況

図 8 モルガンシャーマ社設計のロールユニットの構造の原理

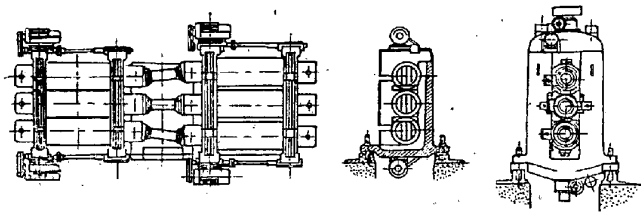


図 9 ロールユニットの比較

面転り軸受が、各ロールネットに1箇所ずつ使用される。これらの軸受が、30:1のテーパをもつロールネットに油圧圧入方式によつて嵌められ、圧入によりベヤリングの間隙を小にしておくことにより、軸方向の荷重に対する軸方向の変位を小にする。また、この“C”タイプは、S.K.F.の特許で、内輪のつばがなく、ローラーが対称形であり、保持器(リテーナー)の構造が砲金板製で、ローラーと内輪や保持器との間の滑りまさつによる発生熱が少くなる考慮が払われている。したがつて、この発生熱の函数であるDN値(D:ベヤリングの内径mm, N:軸の回転数r.p.m.)の大きい時も、グリースの詰め込み潤滑で使用することが出来る。我々の場合DN値の最大の所では、 $DN=252,000$ ($D=140$ $N=1800$)であるが、リチウム基のグリースで、何の支障もなく運転出来る。また、内輪のつばかけによる破損の危険がない。

(E) 圧延通過時間

ある鋼種について、ある寸法に圧延したときの諸元を一つの図にまとめると、種々の点を知るのに便宜である。いま、5.0mm丸の0.60%炭素量の線材圧延のときの一例を図10に示す。この図において、各スタンド

のロール直径、圧延材の速度、通過時間、所要馬力、圧延温度およびスタンド間のループの伸びを示す。これよりわかるごとく、小型圧延機以後の通過時間はほとんど等しく、圧延温度は小型圧延機で少し下がるが、その後漸次上り、最終スタンドにおける先端と末端との温度差は約25°Cに過ぎない。

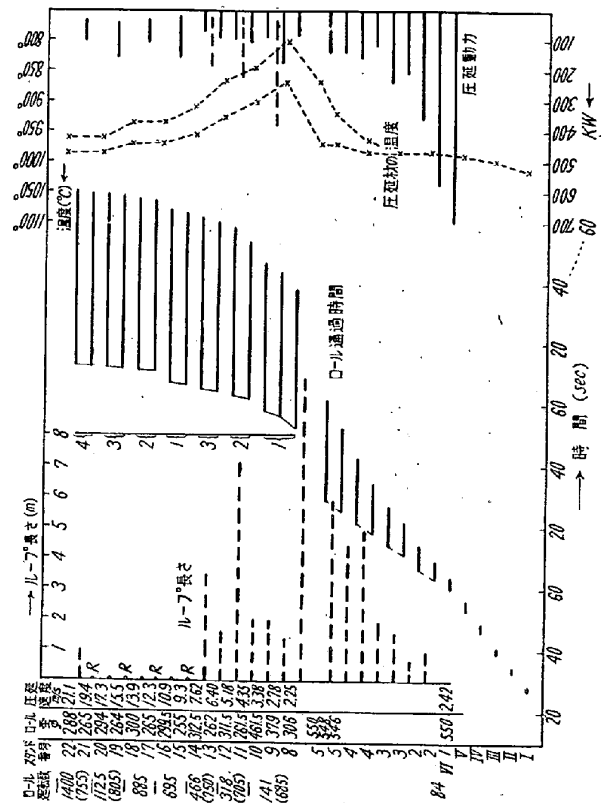


図10 5.0mmφの線材を圧延する際のスタンド別の時間、温度、ループ長及び消費動力

(F) その他の特長

上に述べた特長以外の点を簡単に列挙する。

(1) 機械的結合はすべて、S.K.F.社のオイル・インジェクション(oil injection)方式による。これにより、キー溝の応力集中による軸折損のおそれなく、焼筋による熱応力および変質の害がなく、有効軸径が大きくとれ、また、組立て、取りはずしをきわめて短時間に、容易に行うことが出来る。

(2) フォト・セル(photo-cell)と各種のエアー・シリンダー(air cylinder)との組合わせにより、機械の操作は自動化されている。ロータリー・シャーやVセレクションがそうである。また、諸種の操作をエアーシリンダーと電磁弁とにより行い、静かな、円滑な動作をさせる。スナツプ・シャー、(検査のため、圧延材の尾端を適宜切つたり、ミスロットの発生時に使用する)捲取機でのコイルの取出し作業、ウォーキング、ビームよ

リコイルを送線機にかける作業、送線機よりコイルの集積作業、ミスロッドの捲取機等に利用されている。

(3) 二つのスタンド間のループは、圧延速度のために図 11 の A, B 点において σ なる応力を生じ、P なる力をうける。

$$\sigma = \frac{7 \cdot 85 \times V^2}{10 \times 9 \cdot 8} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$P = \sigma a \quad (\text{kg})$$

ただし V: 圧延速度 (m/s)

a: 圧延材断面積 (cm²) とする。

なほ、圧延材の比重を 7.85、重力加速度を 9.8m/s² としている。

この力のために、圧延材の末端で、鞭打ち現象を生じる。この現象は、上式よりわかるごとく、圧延速度の大きい程、はげしい力で打つ。このため、圧延材の末端は図 12 のごとく、重なつたり (double end) たくれたり (pig tail) するので、ローラーガイドに詰る。このため図 13 に示すウキツプ・チャンネル (whip channel) が高速の所につけられ、圧延材末端の不良化を防ぐ役目をする。

なお、線材圧延機が、捲線機と反対方向に順次並んだ方がよい。図 14 において、捲線機と反対方向にならべ

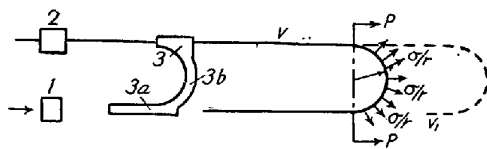


図 11 鞭打ち現象の説明

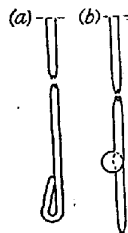


図 12 線材の末端
(a) 重なり, (b) たくれ

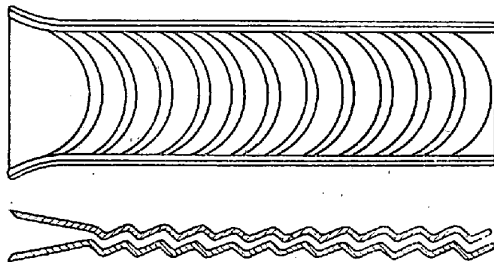


図 13 ウキツプ・チャンネル

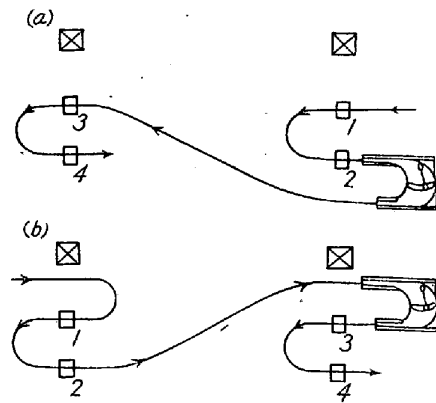


図 14 ウキツプ・チャンネル、レピーター及びロールスタンド間の関係

ば、図 14 (a) に示すごときスタンド配置となり、前記のウキツプ・チャンネルにより、鞭打ちによるトラブルをさけることが出来るが、捲線機方向にならんだとき図 14 の (b) のごときスタンド配置となり、2 と 3 の間のウイツプの処理に困難を生ずることとなる。

(G) 棒圧延

この圧延機は、また、棒の圧延に都合のよいようになつている。そのために、延 54m の冷却床および切断機 (ロータリー・フライング・シヤ、ホット・ソー等) がある。80.0mm 丸~28.0mm 丸は、中型圧延機の No. 5, 6, 7 スタンドで圧延され、25.0mm 丸~13.0mm 丸は、線材圧延のときと同じ工程で圧延される。その他、平、三角、四角 (鋭角) 六角、八角、半丸、半角および異形の棒鋼も圧延出来るが、詳しいことは別の機会にゆずりたい。

IV. 製 品

以上説明した圧延設備によつて圧延された製品について、外観、寸法公差、疵、脱炭、スケール厚さ、ならびに機械的冶金的諸性質が綿密に検査され、合格の上、出荷される。この検査は、品質管理方式にしたがつて、抜取り検査が行われる。寸法公差はマイクロメーターにより、疵は磁気探傷および酸洗いにより行われる。コイル単重は 180~450kg であるのに拘らず、以上述べた長所により、一端より末端まで、同一温度で圧延されるので、品質の均一なことは申すまでもない。

(A) 形状

一断面の最大径、最小径、およびその差、すなわち偏径差が測定される。JIS によれば、最大最小径が規準寸法の $\pm 0.5\text{mm}$ 以内に入り、偏径差が 0.5mm 以内という規格であるが、図 15 および図 16 にみられるごとく、全長にわたり偏径差 0.20mm 以下に充分入ること

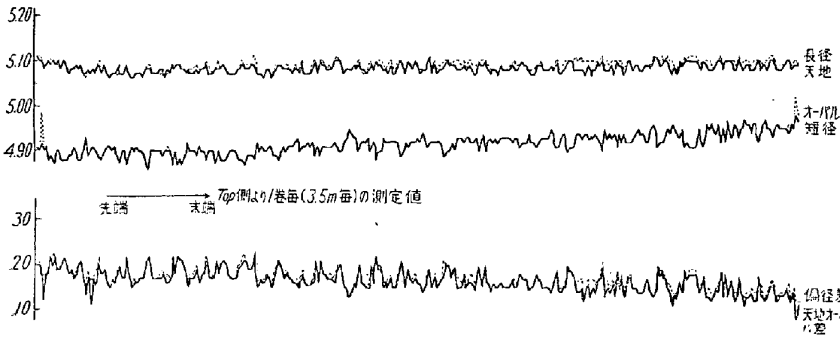


図15 5mmφ 線材の寸法

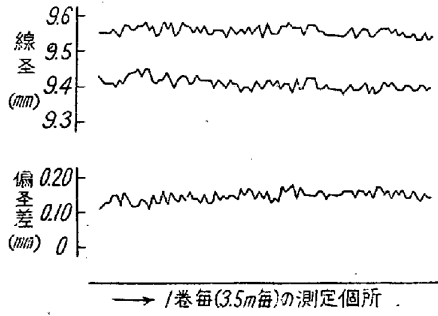


図16 9.5φ 線材の寸法

が出来る。製品としては、5.0mm より 25.0mm までがコイルに巻かれる。図 15 は 5.0mm 丸，図 16 は 9.5mm 丸の一例である。この公差のよいことは、引抜作業のときのダイスの磨耗を減少させる。

(B) 表面疵

表面疵には、折込み、搔き疵、皺疵、あばた、鱗疵、虫食、割れ、かぶさり、へげ等があるが、正しい圧延とロータリー、シャーによるフィツシュ・テールの切捨により発生を見ない。また、両端を酸による腐蝕試験により調べる。写真9に圧延したまゝ、および酸腐蝕後の表面状況を示す。諸種の表面疵の発生原因については、別の機会に説明をゆづりたいが、要するに、均一な最適加熱温度、良いロール表面状況、充分な孔型の冷却、健全な鋼片が、無疵の線材を得るための、主な必要条件と考へてよからう。



写真9 線材の表面状況

(C) スケールの厚さ

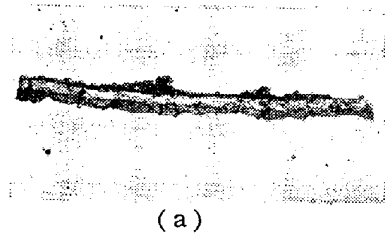
製品に厚いスケールが着いていると、これを酸洗いする場合に、スケールが落ち難く浸蝕時間を長く要し、酸洗い後の表面状況が悪くなる。また、水素脆性を起し易い。前に述べたように、最終スタンドを通過直後に、水冷スケール除去装置があるので製品表面のスケールは非常に薄い。一例として 0.60% 炭素鋼線材について、水冷装置を使用しない場合の線材と比較すると、

表4の通りである。

表4 スケールの厚さ

| 線径 mm φ | スケールの厚さ (捲取前の誘導管内で 水冷却を行った場合) | スケールの厚さ (冷却をしない時) |
|------------|-------------------------------------|----------------------|
| | mm | mm |
| 5.0 | 0.005~0.008 | 0.008~0.011 |
| 5.5 | 0.005~0.008 | 0.010~0.014 |
| 7.0 | 0.007~0.012 | 0.015~0.022 |
| 8.0 | 0.009~0.014 | 0.020~0.030 |
| 9.5 | 0.012~0.023 | 0.025~0.035 |

スケール層の拡大写真を写真10に示す。FeO層が非常に異なっていることに注目されたい。



(a)



(b)

写真10 線材表面のスケール

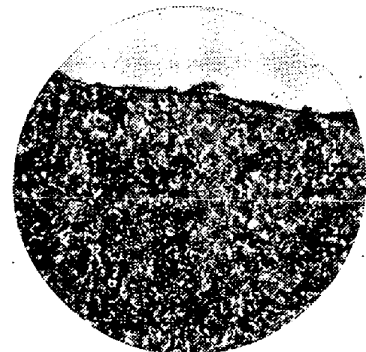


写真11 脱炭状況

(D) 脱炭

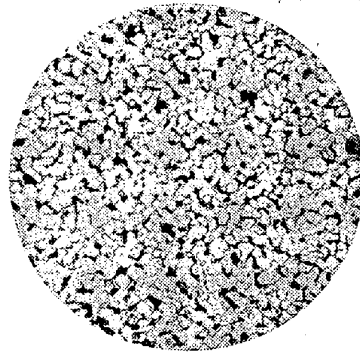
脱炭層の厚さおよび脱炭量は、圧延方式よりも、もちろん、加熱炉の条件が大きい影響をおよぼす。今回は加熱炉については省略させて頂くが、一例として、炭素鋼の製品表面状況を写真 11 に示す。

(E) 機械的性質と顕微鏡組織

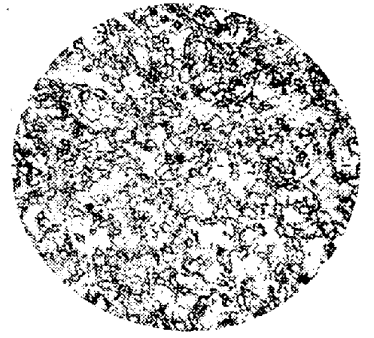
前にも述べたように、品質の均一なことは、形状、疵、脱炭のみでなく、機械的性質や顕微鏡組織においても同様である。しかも、圧延終了温度が高いため二次加工の熱処理を一回行つたものと同じような組織をなし、伸線加工が容易である。特にステンレス鋼は伸線加工に適している。炭素鋼線材の抗張力、伸率の測定結果の一例を表 5 に示す。

表 5 線材の機械的性質

| 材質 (JIS) | 抗張力 (kg/mm ²) | 伸 (%) |
|----------|---------------------------|-------|
| SWRM 3 | 34.5 | 28.6 |
| SWRM 4 | 49.5 | 23.0 |
| SWRM 1 | 51.2 | 22.0 |
| SWRM 2 | 68.3 | 17.0 |
| SWRM 4 A | 85.1 | 13.0 |
| SWRM 5 A | 98.0 | 12.0 |
| SWRM 6 A | 101.1 | 10.0 |



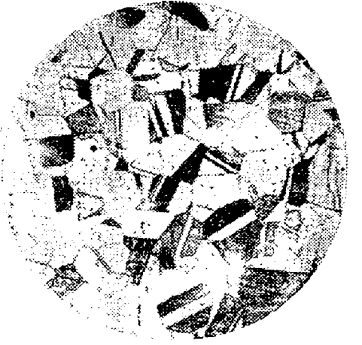
(a) 高炭素鋼×100(2/3)



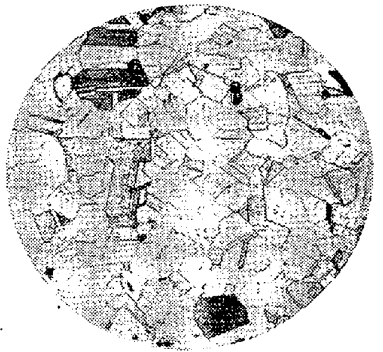
(b) SUS—1 ×350(2/3)



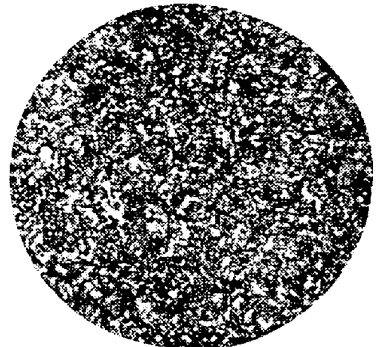
(c) SUS—4 ×350(2/3)



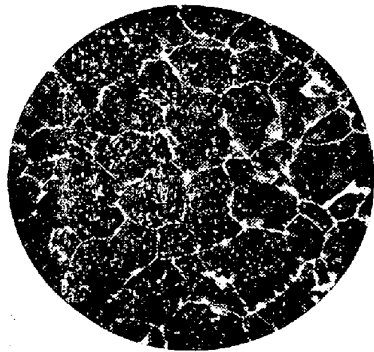
(d) SUS—7 ×350(2/3)



(e) SUS—12 ×350(2/3)



(f) SKH 2 ×350(2/3)



(g) SUJ ×350(2/3)

写真12 結晶粒度

写真 12 にグレイン・サイズを示し、炭素鋼および合金鋼の顕微鏡組織を写真 13 に示す。

V. 結 言

以上、神戸製鋼所のモルガシヤーマ式連続線材圧延機について、その概要および長所を説明し、製品について言及した。

この圧延機は、旧機械工場の建屋が利用され、昭和 31 年 2 月 15 日に基礎工事が着手され、同年 7 月 15 日に掘り方、杭打、配筋、コンクリート打ちモルタル塗り、建屋改修等の工事、ならびに凡ての機械の組立、据付けを完了した。そして 7 月 25 日には 13.0mm 丸の線材を、10 月 1 日には最小寸法

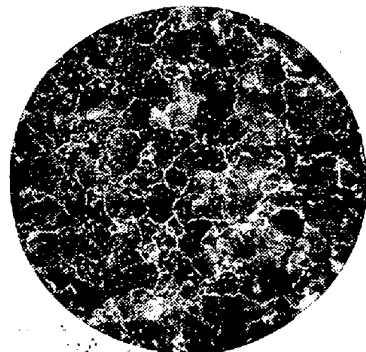


写真13 顕微鏡組織

製品 5.0mm 丸を、10 月 23 日には 7.0mm 丸のステンレス鋼を、10 月 25 日には 7.0mm 丸の高速鋼を、昭和 32 年の 1 月 8 日には 5.0mm 丸のステンレス鋼を、2 月 19 日には 8.0mm 丸の軸受鋼を、何れ

も成功裏に圧延することができた。そして、同年4月より交代作業に移り、5・0mm丸より25・0mm丸までのすべての寸法の普通鋼より特殊鋼に至るすべての鋼種を約20t/hの能力で圧延している。

この圧延機の完成のためにモルガシヤーマ社の Mr. Erik Norlindh と Mr. Elis Jansson の指導をうけたが、その間にこの設備は、“スエーデンらしい”ということで、彼等の鉄に対する伝統と愛着心よりの香りが感ぜられた。そして、彼等の作業標準通りの組立てと運転を行えば、何ら難かしい点が見当らず、従来の“カン”による作業をぬけきつて、水準器と、すきみゲージと定規と計算尺とにより完全な作業を行うことが出来た。

もう一つ感じたことは、圧延される鋼種に最適な温度に加熱しなければいけないということで、圧延温度が適当でなければ、如何に正しい圧延作業も役立たない。このため、われわれは、多くの長所を持つ、日本で初めてのドイツのテルモ・インダストリオフエンバウ社 (Thermo Industrieofenbau) G.m.B.H. の設計による加熱炉を設置したが、紙面の都合上、写真14にその景を示して、説明は別の機会にゆずりたい。



写真14 ビレット加熱炉

文 献

全 般

1. S Erik M. Norlindh: Journal of the Iron and Steel Institute April (1954) p. 391
2. 宮下俊二: 神鋼, 第3巻, 第10号
3. 菅浦, 浅田, 辻: 神戸製鋼, 第7巻, 第4号 p. 163~185
4. Theodor Dahl: Stahl und Eisen 70 (1950) Heft 19 s 543
5. Theodor Dahl: Stahl und Eisen 72 (1952) Heft 11 s 605
6. 橋本 亨: 鋼材圧延法, 修教社
7. 吉田亮英: 特殊鋼の線材圧延要領, 金属 25巻, 1号~4号
8. Herbert Sedlaczek: Das Walzen von Edelmetallen Verlag Stahleisen m.b.H. Düsseldorf 1954
9. U.S.S. Corporation: The making, Shaping and Treating of Steel
10. Hoff und Dahl: Grundlagen des Walzverfahrens Verlag Stahleisen m.b.H. Düsseldorf 1950

11. Hoff und Dahl: Walzen und Kalibrieren Verlag Stahleisen m.b.H. Düsseldorf 1954
12. Ross E. Beynon: Roll Design and Hill Layout Association of Iron & Steel Engineers
13. 生駒 実: 機械の研究, 昭和33年2月号発表予定

圧延設備

1. K. E. Pihlblad: Journl of the Iron and Steel Institute April (1954) p. 406
2. V. W. Johnson: Iron and Steel Engineer, Oct (1955) p. 107
3. H. I. Smith: Iron and Steel Engineer, April (1957) p. 75
4. D. L. Siegelin: Blast Furnace and Steel Plant, August (1954) p. 928
5. Don C. Horsman Iron and Steel Engineer, Dec (1955) p. 53
6. U. U. Magee Iron and Steel Engineer, Sept. (1957) p. 160~165
7. M. L. Saroschtschinski: Walzstrassen, Veb Verlag Technik Berlin 1954
8. 太宰三郎: 製鉄研究, 第220号, p. 1~6
9. H. P. Lemm: Stahl u. Eisen 77 (1957) s. 1181~1195

電機関係

1. 武内志郎: 富士時報, Vol. 30 No. 11957 p. 1
2. Gustav Lemcke: Stahl und Eisen, 73 (1953) Heft 18 s 1156
3. Walter Schemmerling: Stahl und Eisen, 73 (1953) Heft 18 s 1162
4. Heinz Opitz: Stahl und Eisen 73 (1953) Heft 18 s 1191
5. H. E. Larson: Iron and Steel Engineer, Nov. 1952 p. 61
6. Convad von Kissling: Stahl und Eisen, 72 (1952) Heft 4 s. 165
7. Discussion on the paper: Journal of the Iron and steel Institute, April (1953) p. 420
8. W. B. Snyder: Blast Furnace and Steel Plant, April (1950) p. 427
9. 上垣内一郎: 製鉄研究, 220号, p. 29~45

圧延機附属品

1. J. D. Keller: Blast Iurnace and Steel Plant, Oct. (1955) p. 1131
2. Hans Wilhelm Ridderrold: Journal of the Iron and Steel Institute, April (1954) p. 406
3. W. Bailey: Journal of the Iron and Steel Institute Oct. (1913) p. 198
4. Bernard Robinson & W. A. Lugar: Journal of the Iron and Steel Institute, Oct. (1953) p. 183
5. Erich Schneider: Stahl und Eisen 70 (1950) Heft 22 s. 962
6. F. Starkey: Journal of the Iron and Steel Institute Jan. (1955) p. 58

軸 受

1. Axel Leufvén: Journal of the Iron and Steel Institute, April (1954) p. 413
2. Hanns P Lemm: Stahl und Eisen, 70 (1950) Heft 11 s. 452
3. 辻 邦夫: 日本機械学会誌, 第56巻, 第409号 (1953) p. 123~130
4. 辻 邦夫: マシナリー, 昭和33年2月号発表予定
5. 中川敬造: 製鉄研究, 第220号, p. 60~68

そ の 他

1. John Olof Edström: Journal of the Iron and Steel Institute, April (1957) p. 450