

ネ全体としての弾性係数が求まる。housing, ロール, ネジ, 各 plate の弾性は測定よりそれぞれ 194, 340, 315 および 170 ton/mm<sup>2</sup> で全体としては 62ton/mm<sup>2</sup> となり, この値は Fig. 1 で 1mm 変化に要する荷重とほぼ等しい。

VI. 実験用圧延機各部の計算式での変形量<sup>1)</sup>

1. ハウジングの変形については柱部と上下梁部に分けて計算を行なった。柱部は単純引張と考え, また梁部は弾性理論より導びかれた(2)式を用いて計算を行なった。

$$\delta_g = P/EI_g \cdot [m \cdot (I_g/I_a) (\alpha_1/\beta)^2 + l/2 \{2(\alpha_1/\beta)^2 - l/2(\alpha_1/\beta) + l^2/24\}] \dots \dots \dots (2)^{2)}$$

(2)式中,  $\delta_g$  は梁部のたわみ,  $P$  は圧延荷重,  $I_g$  は梁部の断面二次モーメント,  $I_a$  は柱部の断面二次モーメント,  $m$  は上下梁部の中立軸の距離,  $l$  は左右柱部の中立軸の距離,  $\alpha_1 = l^2$ ,  $\beta = 8[l + m(I_g/I_a)]$ ,

(2)式に各値を代入して housing の変形量を求めると

$$l_H = 12 \cdot 67 \times 10^{-7} \cdot P(\text{mm}) \quad (P \text{ は } \text{kg}) \dots (3)$$

(3)式に  $P=50\text{ton}$ ,  $70\text{ton}$  をそれぞれ代入すると変形量は  $6 \cdot 31 \times 10^{-2}\text{mm}$ ,  $8 \cdot 83 \times 10^{-2}\text{mm}$  となり実測値が近い値となつていことが分る。

2. 圧下ネジ, 圧下 block の圧縮変形量についてはこの部分をネジ谷底径の円柱の一つの部分と考え単純圧縮として計算を行なった。これを  $l_s$  とすると(4)式で示される。 $l_s = P/2 \cdot l'/A_s \cdot E \dots \dots \dots (4)$

(4)式に  $l' = 215\text{mm}$ ,  $A_s = \pi/4 \times (90)^2$ ,  $E = 2 \cdot 1 \times 10^4 \text{kg/mm}^2$  を代入すると(4)式は(4')式となる。

$$l_s = 8 \cdot 05 \times 10^{-7} \cdot P \text{ mm} \dots \dots \dots (4')$$

(4')に  $P=50\text{ton}$ ,  $70\text{ton}$  を代入すると変形量は  $0 \cdot 04\text{mm}$ ,  $0 \cdot 056\text{mm}$  となり実測値と非常に異なりこの測定部分の接合状態が良好でなかつたための誤差が大きくなつていものと考えられる。

3. ロールの位置変化量は曲げ応力, 剪断応力によるたわみを(5)式および(6)式を用いて計算を行なった。

$$Y_1 = P/384EI \{8(3L^2 - b^2)(x-n) - 32(x^3 - n^3) (2x-L+b)^4/b\} \dots \dots \dots (5)^{3)}$$

$$Y_2 = P/2\pi ND^2 \{4x(L-x)/b - (L-b)^2/b - 4bn/b \dots \dots \dots (6)$$

さらにロールの扁平変形については  $Y_f = 1 \cdot 155 \times P/EW \dots (7)$  式により各値を代入して計算を行なった。

(5)(6)(7)式の和であるロールの変形は  $Y = 3 \cdot 306 \times 10^{-7} \cdot P \text{mm} \dots (8)$  となる。ここで各場合と同様  $P$  を  $50\text{ton}$ ,  $70\text{ton}$  とした値を求めると  $0 \cdot 025\text{mm}$ ,  $0 \cdot 035\text{mm}$  となり実測値と非常に異なる。測定値は軸受部分の変形<sup>4)</sup>も含まれるが, この部分の取付状態に原因があるものと考えられる。

4. bearing plate および filler plate の部分の変形は円弧と平面の接触変形と考え Herz の導びいた式を用いた。

$$\delta_B = 2q(1 - V^2/\pi E) (1/3 + \log 4\gamma_0/b) \dots \dots \dots (9)$$

(9)式に各値を代入して  $P$  を  $50\text{ton}$ ,  $70\text{ton}$  として  $0 \cdot 048\text{mm}$ ,  $0 \cdot 072\text{mm}$  となる。これらの結果より本実験に使用した圧延機ではロール軸受部分の欠点によつて圧延機の剛性が小さくなつて表われていると考えられる。

VII. 結 言

圧延機各部の変形量を測定した結果, 各部分の弾性特性の影響は, ロールとそれに付随した軸受部分の変形が  $40 \sim 50\%$  をしめ, 圧下ネジ, housing, block の順となつた。また一般に圧延機の剛性は housing post の剛性に依存するものと考えられがちであるが, 圧延荷重に対する各バネ係数を持つた, バネの配列と考えると圧延機の剛性は, 弱い剛性を持つ部分によつて決定されるものと考えられる。

文 献

- 1) 桑原康長: 東洋鋼板技報, 19, p. 1~24
- 2) 籠田三郎: 日本鋼管技報, 26, May 1963, p. 24~35
- 3) C. RARKE 著, 鈴木, 矢吹, 竹内芝訳: 板材の圧延
- 4) 第18回, 21回圧延理論分科会資料

(110) 高性能の特殊鋼中小形圧延設備の計画と操業について

愛知製鋼

西川 政一・斎藤予思雄・岩津 学治  
○加藤 亨・嵯川 作次

Design and Operation of High Quality Rod Rolling Mill for Alloy Steel.

Masaichi NISHIKAWA, Yoshio SAITO,  
Gakuji IWATSU, Tohru KATOH  
and Sakuji NINAGAWA

I. 緒 言

近年におよび特殊鋼の需要の伸びは目覚ましいものがあり, 特に自動車工業の発展に伴つて, 量とともに品質の面でも, 需要家の要望は年とともに高度のものとなつてきている。この量と品質の要望に対して, 当社において自動車用鋼を主体として, ステンレス, 軸受鋼, 工具鋼などあらゆる鋼種に亘つて工業的, 経済的に最高の品質水準の製品を生産し, かつ量産のできる中小形線材のコンバインドミルを計画し, 昭和38年2月より操業に入つた。その結果, 製品の寸法精度, 脱炭の減少, 表面疵の減少に対して, 非常によい成績を従来の製品に比較して得た。よつてその内の製品の寸法精度について報告する。

II. 寸法精度向上のために払つた考慮

圧延工場の機械配置の概要は Fig. 1 に示す通りであり, その主なる仕様は Table 1 に示す。この設備に対して, 寸法精度としては, Table 2 に示すものを目標とし, JIS の寸法精度とは全くかけ離れた高精度のものを量産できるように設備に対し, あらゆる角度から理論的考察を加えた。その考察の主なる点は次の通りである。

i) 加熱設備

加熱設備としては, 均熱した鋼材を圧延機に供給し, 鋼片の温度差によつて生ずる製品寸法の変動を極力押えるために, 鋼材の三面から熱を吸収することのできるウ

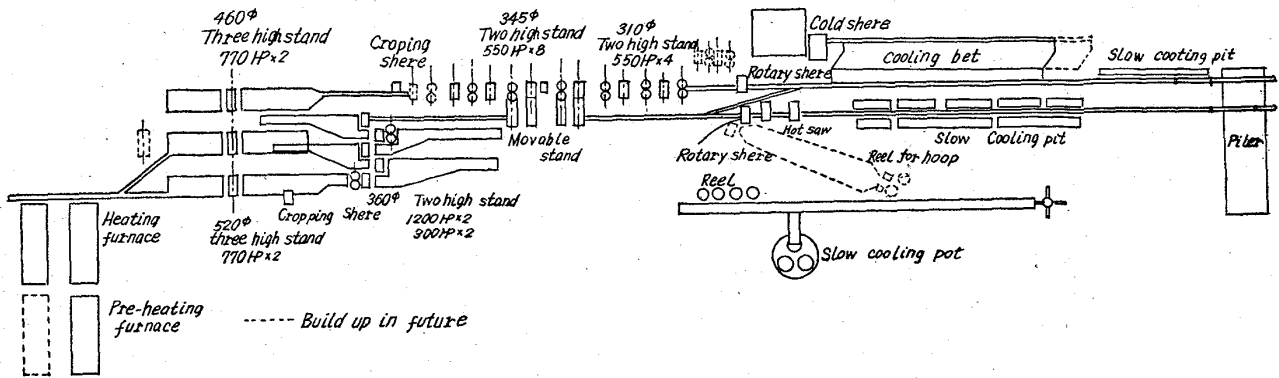


Fig. 1. General plan of rod mill.

Table 1. Specification for rod mill.

Item	Specification
Capacity	15,000 t /Month (at 2 shift)
Sort of steel for rolling	Carbon-steel alloy-steel for-construction, stainless-steel, Bearing steel, spring steel, etc
Billet size	123 <sup>s</sup> × 4.0 <sup>M</sup> 450 kg 95 <sup>s</sup> × 4.0 <sup>M</sup> ~ 2.0 <sup>M</sup> 283~142 kg
Range of rolling bar size	Round 5~50mm φ (wire rod to 25mm φ) Square 13~50mm Flat 110~20mm × 15~4mm Hoop 110~30mm × 2.0~1.5

Table 2. Tolerance of rod or bar at plan and comparison with JIS.

i) For round bar

Diameter of rod and bar	Our new rolling mill		JIS Tolerance
	Tolerance	Roundness	
5~10 φ	±0.10	0.10	±0.40
11~15 φ	±0.14	0.14	〃
16~25 φ	±0.18	0.18	〃
26~35 φ	±0.24	0.24	±1.8%
36~40 φ	±0.26	0.26	〃
41~50 φ	±0.28	0.28	〃

ii) For flat bar (Spring steel)

Bar size		Tolerance			
		Our new rolling mill		JIS	
Width	Thick-ness	For width	For thickness	For width	For thickness
40~50	For 4mm	±0.25	±0.10	±0.50	For: 5mm ±0.15
60~70	〃	±0.35	±0.10	±0.60 ~0.80	〃 ±0.15
80~110	For 6mm	±0.55	+0.12 -0.09	0.80 ~1.00	For 7mm ±0.20

オーキングハース式の特種加熱炉とし、鋼材の表面温度と内部温度の差を 30°C 以内にするために、炉内雰囲気

温度と鋼材表面温度の差を極力少なくした。このため熱伝導度の極端に悪い高合金鋼に対しては、予熱炉を特に設け、予熱炉で鋼材を変態点付近の温度まで徐々に上げて、低温で均熱させ、その後仕上加熱炉に入れて所定温度まで上げる方式を取った。このように常に理想的な加熱時間と加熱温度曲線を取り得るようにし、鋼材の均熱には万全を期した。

ii) 圧延設備

圧延設備はこの海外にも例のない高精度の寸法精度の製品を圧延するため次の点に特に考慮を払った。

(1) 粗圧延機は寸法精度に大きく影響を与える材料の振り、スタンド間における材料の圧縮と引張りを避けるために連続圧延機は採用せず、完全に機械化された三重式圧延機を採用した。

(2) 32丸以上の製品は、その圧延途中の断面は大きく、中間圧延機においては、材料にループを出させて、圧延速度を自動制御し、材料に圧縮または引張を与えないことは、現在の圧延機製作技術では難しいので、これも連続圧延機は採用せず、ジグザグ配列圧延機を採用し、寸法精度の向上を図った。

(3) ループを出して圧延速度の自動制御のできる小さい断面積の材料に対しては、連続圧延機を採用し、材料が振れることは水平、垂直スタンドの交互配列を取って防止し、材料の引張り、圧縮はスタンド間のループの量を光電管で検出して、圧延速度を自動制御する形式を採用して防止し、寸法精度の向上を狙った。

(4) 圧延機がロールに噛込まれる瞬間に生ずる電動機の回転速度の Impact-Drop については、連続列に対して、特に重要視し、各電動機に各個別の整流器を有する単独給電駆動方式を連続列に採用し、Impact-Drop は電動機の Base-Speed で 1% 以内とし、Recovering-Time は 250mm S とした。これによつて鋼材の先端の圧縮作用によつて生ずる寸法の不同を極力少なくするように図った。

(5) 中間圧延機、連続式仕上圧延機は圧延荷重によるスタンドの歪を極力少なくするために、予圧式スタンド (Prestress stand) を設置した。

(6) 孔型の摩耗による製品の寸法の変動を防止するために、各孔型の圧下率は極力少なくした。

III. 操業実績および考察

38年1月末より試圧延を開始し、2月よりジグザグ列を主体とする中丸関係は営業運転に入り、5月より連続

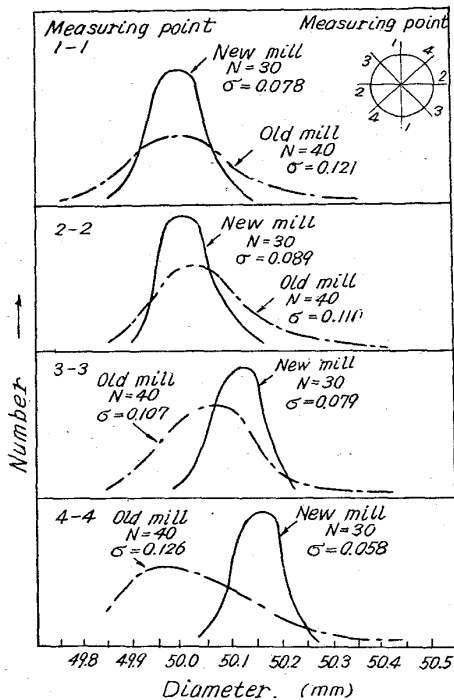


Fig. 2. Example for comparison of the new rolling mill and old rolling mill at 50φ round bar tolerance.

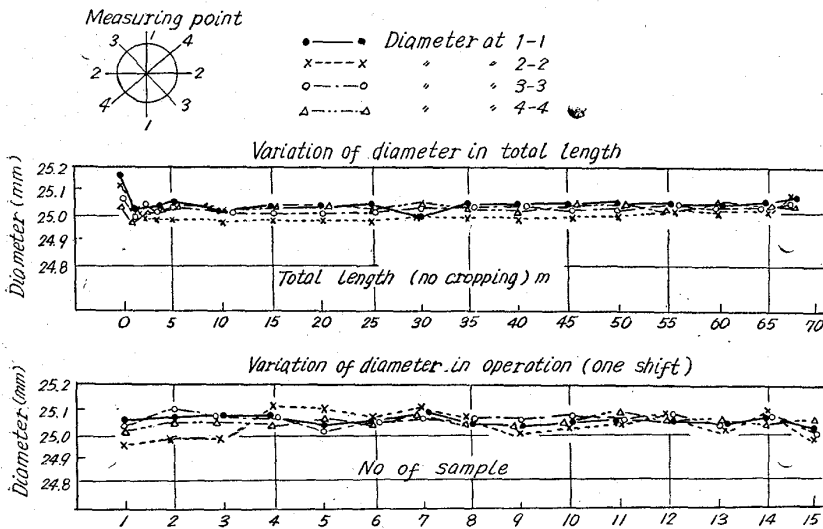


Fig. 3. Example for measuring at 25φ round bar.

列を主体とする細丸関係が営業運転に入った。計画において、いろいろ考慮した手段によつて目標とした寸法精度は十分に達成する実績を得るに至つた。Fig. 2 にはその 1 例として、本圧延設備と旧圧延設備にて圧延された 50 丸製品の寸法精度比較を示す。この図において、旧工場のは、絶えずロール調整が行なはれており、一方本設備のものはこの試料採取中数回しかロール調整は行なはれておらず、非常に寸法はよく安定していることを示すものである。この例が示すごとく、本設備においては、製品の横方向の直径、図中の記号で 2-2 の部分は、他の部分に比して、常にバラツキの大きい傾向を有している。このことは次の Fig. 3 にもこの傾向

は現はれており、連続列のスタンド間のループの量の変動が、2-2 の方向、すなわち丸鋼のオーバル側の寸法の変動に大きく影響を与えていることを示している。さらに Fig. 3 に示す 1 本の鋼材の中における寸法の変動に対しても、この傾向は判然とでており、電動機の impact-drop がいかに寸法精度に大きく影響を与えるかがわかる。すなわち、連続圧延機の寸法精度に対して、特に丸鋼のオーバル側の寸法精度に対しては、常にスタンド間のループの量を一定にし、材料にかかる張力、または圧縮力を一定するように、正確にして、かつ安定した電動機速度の自動制御を行なう必要があり、電動機速度制御の巧拙は寸法精度に致命的な影響を与えるといつても過言ではないことを経験した。

しかし Fig. 2, Fig. 3 に示す通り、計画において考慮された均熱された鋼材の圧延機への供給、歪の少ない圧延スタンド、圧下率の少ない孔型の採用の効果は十分にでており、Fig. 2 の例は、旧工場はロール径 600mm の中形圧延機であり、本設備の例は 345mm のロール径であるにも拘らず、本設備の方が遥かによい寸法精度を 50 丸の製品の 1-1 の寸法、すなわち天地方向の寸法に得ているのは、これらの考慮の正しかつたことを示すものであろう。また、Fig. 3 においてはいわゆる天地方向の製品寸法はほとんど変化しないといえるほど変動はしていない。

また、図中の 3-3、および 4-4 の部分の製品寸法はこれらの例では寸法変動のバラツキも少なく良好である。これは水平、垂直ロールの交互配列によつて材料を振らないことと、圧延機の誘導装置のすぐれていることを示すものである。

以上を総合して、本設備は当初の目的を遥かに上廻る従来の圧延製品の概念を超越した引抜製品に近い寸法精度の製品を製造することを工業的規模で実現したものであつて、鋼材の均熱、鋼材のスタンド間の振りと引張り、圧縮、歪の少ないスタンド、圧下率が少なく摩耗の少ない孔型などの理論的な寸法精度向上の対策を取れば、圧延製品の寸法精度は従来よりも大巾に向上することを示すものであろう。当社においては、この結果一般には製品検査工程中の寸法検査は省略した。

一方生産量においても、月間 41 品種の製品寸法の異なるものを圧延して、1 交代 7,500 t/月の実績を上げており、高精度の寸法精度の製品にも拘らず量産設備としての機能を十分に発揮している。

#### IV. 結 言

高品質の製品を量産する目的で計画し、建設した中小形線材のコンバインド圧延設備において、高品質のものを生産するための理論的考察をあらゆる方面から加えた設備にした結果、従来の設備では到達し得なかつた高品質の製品を量産することができた。特に本報はその寸法精度についての報告を行ない、理論的考察が予期以上の効果を上げたことを報告するとともに、連続圧延機の寸

法精度に電動機の手速度調整方式が大きな影響を与えることを明かにした。

(111) 線材におけるキャップド鋼の品質について

神戸製鋼所, 神戸工場

佐伯 修・○中沢喜与志

On the Quality of Capped Steel in Steel Wire.

Osamu SAHEKI and Kiyoshi NAKAZAWA.

I. 緒 言

神戸製鋼所・神戸工場では 1961 年 11 月 LD 転炉操業開始当初からボトルトップ鑄型によるキャップド鋼を製造するためいろいろ検討を重ねて、1962 年 7 月より順次キャップド鋼に切換え、現在では一部の鋼種を除いてリムド鋼線材はほとんどキャップド鋼塊として製造している。以下はキャップド鋼切換えに際して従来のリムド鋼と比較して調査した結果を簡単にまとめたものである。

II. 素材製造概要および調査項目

調査対象材, 化学成分, および主な用途を Table 1 に示す。鑄型は角型正方形ボトルトップ 6 t 型を使用し, 注入温度 1560°C 前後, ノズル 24mm φ で上注, 注入時間約 4min, 蓋打時間 3min 前後で造塊, トラックタイム 2~3 hr, 均熱温度約 1280°C, 均熱時間約 4hr で分塊, 製品圧延抽出温度約 1050°C で圧延し, 出荷するまでの工程では主として成分偏析状況, リム層の厚さなどを調査した。出荷後の工程では伸線性, 溶接性, 冷間加工性, 切削性について検討を加えた。

III. 素材の品質

(1) 成分偏析状況

鋼片サンプルの断面状況から, リムド鋼は溶鋼の成分(とくに S)の濃縮程度が大きく, 頭部中心部の濃厚偏析部は明瞭であるがキャップド鋼はリミングアクション早期制止によつて成分濃縮程度は小さく, 濃厚偏析部も不明瞭になり, 鋼塊縦方向, 横方向の成分のバラッキは小さいと考えられる。

鋼塊縦方向, および横方向の偏析状況を Fig. 1 に示す。分析試料は 110mm□ 鋼片サンプルより採

Table 1. Chemical composition of the steels investigated.

Steels	Chemical composition (wt%)					Main usage
	C	Si	Mn	P	S	
W	0.08~0.13	≦0.03	0.30~0.60	≦0.040	≦0.045	Mild steel wire, Common nails
X	≦0.09	≦0.03	0.35~0.65	≦0.015	≦0.018	Welding electrode core wire
Y	0.14~0.19	≦0.03	0.30~0.60	≦0.040	≦0.040	Cold-drawn steel bar
Z	0.08~0.13	≦0.03	0.30~0.60	≦0.045	≦0.045	Steel wire for cold heading quality

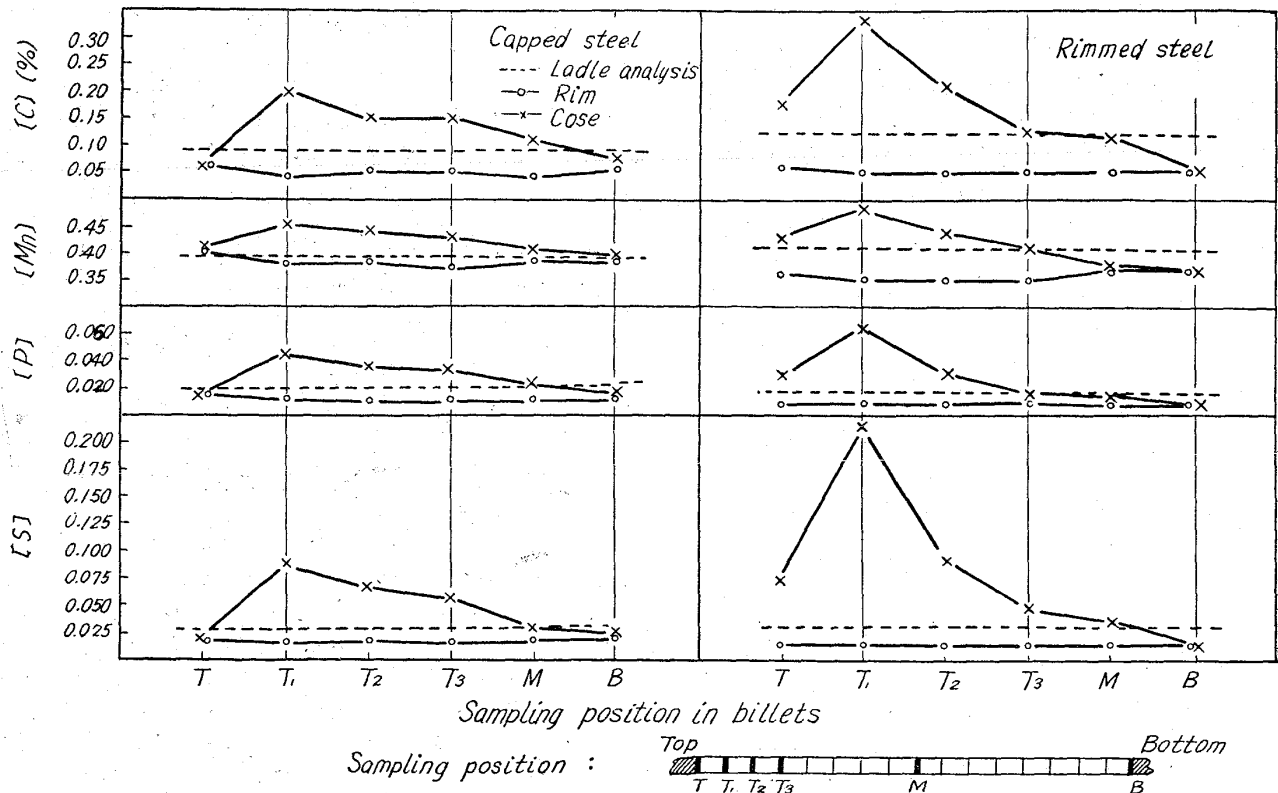


Fig. 1. Segregation in the billets of capped and rimmed steels of W.