

る平均値として抗張力 70kg/mm<sup>2</sup>, 降伏点 45kg/mm<sup>2</sup> 伸び 25% の結果を得ている. 第 1 圖は管の仕上温度と機械的性質の關係を示す.

### V. 要 約

油井用鋼管の製造は多量生産方式であることが望ましいと共に, 品質並びに歩留の向上が特に重要な条件となる. この生産に従事した製造者の立場から, 品質上の管理, 管の加工法等に関する問題点を指摘し, 実際に処理した概要について述べたものである.

## (59) 薄板の壓延理論 (II)

(The Theory of Rolling Applicable to Sheets and Strip (II))

東洋鋼板 工 桑 原 康 長

○工 久 能 一 郎

### I. 緒 言

薄板圧延の基本的概念については前報<sup>1)</sup>において取扱い, 主応力面をロール面に直交する円群と考えた場合の応力平衡式を求め摩擦による附加的剪断応力の影響を塑性条件に取り入れた二次元解を得た. 本報に於いては圧延可能限界並びに先進率に就いて理論的考察を行う.

### II. Sticking 限界

ロール圧力分布の式は Slipping の場合と Sticking の場合で異なり

Slipping の場合

$$p = K[A + 2/r^2 e^{\pm rV} (\mp rV - 1)] e^{\pm rV} \dots \dots \dots (1)$$

Sticking の場合

$$p = K[A' + \ln(\alpha^2 + \beta^2)] \pm S/2 f(\alpha) \dots \dots \dots (2)$$

但し  $K = SW = 1.15 S_0 W$ ,  $S_0$ : 塑性変形応力,

$$W = (\sqrt{1 - \alpha^2} + \sin^{-1} \alpha / \alpha) / 2,$$

$$\alpha = 2up/S, u: \text{摩擦係数},$$

$$\beta = \sqrt{h_2/R'}, R': \text{ロール半径}$$

$$h_2: \text{出口厚み}, r = 2u/\beta, V = \tan^{-1} \alpha/\beta,$$

$$\alpha: \text{任意点の挟む角}, f(\alpha) = -\alpha + (2 + \beta^2)/\beta$$

$$\tan^{-1} \alpha/\beta, A, A': \text{積分常数}$$

である. 何れの式が適用されるかの判定をすることが必要である. (1) 式は  $p = Kf_p(\lambda, r, V, q_1, q_2)$  (但し  $\lambda$ : 圧下率,  $q_1, q_2$ : 前後方張力比) なる 6 個の直接作業条件で表わされる.

従つて  $f_p = \alpha / (2\mu w)$  なる關係があり摩擦力が次第に増大し  $S/2$  に等しくなつた時 Sticking が起り,  $\alpha = 1$ ,

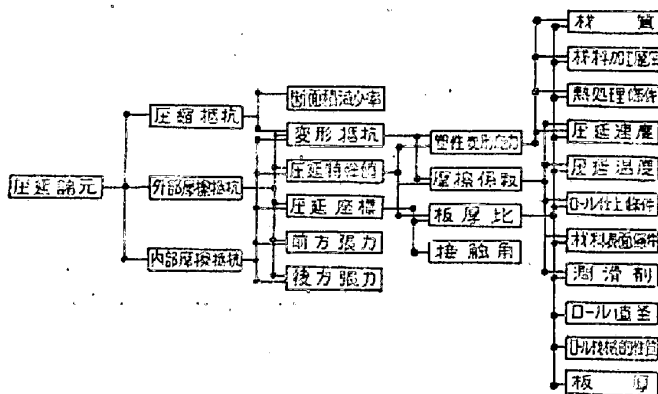
$w = 0.785$  となるから  $f_p$  の限界値は

$$(f_p)_{lim} = (P/K)_{lim} = 1 / (2 \times 0.785 \times \mu) \dots \dots (3)$$

である. 即ち Sticking 限界は摩擦係数によつて異なり冷間圧延の場合は  $\mu < 0.1$  であるから Sticking の起る可能性は凡ど無い.

### III. 壓延諸元に影響する諸要素

圧延圧力分布解は変形抵抗  $K$ , 圧下率  $\lambda$ , 圧延座標  $V$ , 圧延特性値  $r$ , 前方張力比  $q_2$ , 後方張力比  $q_1$ , の 6 個の直接圧延条件によつて決定される.  $r, V$  は極めて重要で且つ便利であるので上記の如く名付けた. これ等直接条件はそれぞれ間接条件によつて影響されるが要約すれば, 第 1 圖示す如きものである.



第 1 圖 壓 延 條 件

### IV. No Slip Point の位置と壓延可能限界

No Slip Point の位置は出入口側それぞれの圧力分布曲線の交点として求められる. (1) 式の出入口点にそれぞれ境界条件を入れて両式を等しいと置くと, 圧延座標を  $V_n$  として

$$Q_1 e^{r(V_1 - V_n)} = Q_2 e^{rV_n} - 4V_n/r$$

$$\text{又は } Q_1 e^{rV_1} = (Q_2 e^{rV_n} - 4V_n/r) e^{rV_n} \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{但し, } Q_1 = (1 - q_1) - 2(rV_1 - 1)/r^2,$$

$$Q_2 = (1 - q_2) + 2/r^2$$

となりこの条件より  $V_n$  を求めることが出来,  $\lambda, r, q_1, q_2$  の各値に対する値を求めた.

圧延可能限界は圧延機の容量に左右されることは勿論であるが塑性学的見地より圧下率及び後方張力が大きいと No Slip point が出口点の外に出て滑りを生じ逆に前方張力が大きいと騒音現象を生ずる. 滑り限界としては  $V_n = 0$  なる条件より

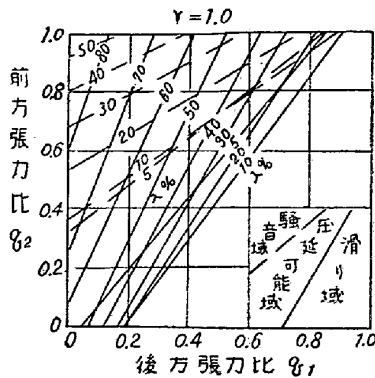
$$Q_1 e^{rV_1} = Q_2, q_2 = 1 - (Q_1 e^{rV_1} - 2/r^2) \dots \dots \dots (5)$$

騒音限界としては  $V_n = V_1$  なる条件より

$$Q_1 = Q_2 e^{rV_1} - 4V_1/r,$$

$$q_2 = 1 - \{(Q_1 + 4V/r)e^{-rV} - 2/r^2\} \dots \dots (6)$$

となる圧延特性値  $r$  及び圧下率  $\lambda$  をパラメーターとして  
 圧延可能限界を前後方張力に関して第 2 図に例示する。



第 2 図 圧延可能限界

圧下率 5~90%, 圧延特性値 0.5~10 に変えて計算  
 せる結果次のことが推論される。

(i) 滑り域は後方張力を増すと増加し前方張力を増  
 すと減少するが、圧下率、圧延特性値が大きくなると前  
 方張力の影響は少くなり殆んど無関係になる。

(ii) 騒音域は滑り域と逆の傾向にある。

(iii) 圧下率が大きくなると滑り域が増大し騒音域が  
 減少する傾向が、圧下率が小さく 20% 程度の辺に複雑  
 な領域がある。

(iv) 圧延特性値が小さいと滑り域騒音域共に増加し  
 圧延可能域が減少する。又圧延特性値の小さい程前後面  
 張力の影響が大きい。張力零の場合摩擦係数が小さく板  
 厚比が大きい程圧延可能域が小さいという実験結果と良  
 く一致している。

V. 先進率

一般に先進率は板の出口速度  $V_2$ , ロール周速  $V_n$  と  
 より  $\delta = (V_2 - V_n)/V_n$  なる値で示される。今圧延各  
 部の体積が変らぬとすれば  $V_2 h_2 = V_n h_n$  であり又  $h_n$  の  
 値は、 $h_n = h_2 + 2R'(1 - \cos \alpha_n) \doteq h_2 + R'd_n^2$  と近似され  
 るから

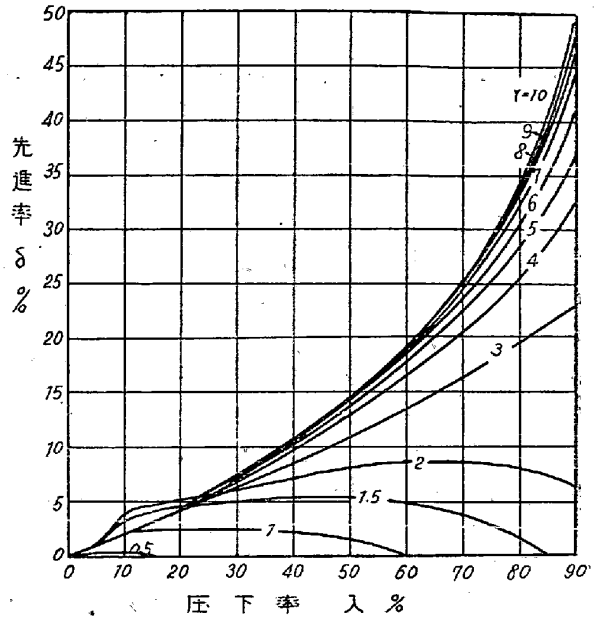
$$\delta = h_n/h_2 - 1 = (R'/h_2)\alpha_n^2 = (\alpha_n/\beta)^2 = \tan^2 V_n^2 \doteq V_n^2 \dots \dots (7)$$

となり圧延座標  $V$  を採用すれば  $\tan V_n^2$  で表わされ又  
 $V_n$  が小さければ  $V_n^2$  で近似される。

(i) 圧下率及び圧延特性値の影響

前後方張力を一定とした場合の圧下率及び圧延特性値  
 の影響を考える。第 3 図は張力零の場合のものである。  
 圧下率 90% 迄について次のことが推論される。

(a)  $r < 2$  の場合には圧下率を増すと先進率が増加し



第 3 図 先進率 (張力零)

或る極大値から反つて減少するが、 $r > 3$  の場合は一様  
 に増加する。但し圧下率 90% 以上では減少する。先進  
 率零の点は滑りを始める限界である。

(b) 圧下率が 30% 以下の場合には  $r=2$  の近くで先  
 進率は極大となる。

(c) E. Siebel<sup>2)</sup>, 及び A. Pomp, W. Lueg<sup>3)</sup> の実  
 験結果と比較するに、摩擦係数或はロール直径が小さく  
 $r$  の小さい場合には極大値を有するのに対し  $r$  の大きい  
 場合には一様に増加する傾向は一致している。

(d) 実験結果と数値的に比較すると理論式の方が幾  
 分高目である。これは巾抜りの影響摩擦係数の算定の適  
 否にもよるが、最大の原因は接触域に於いて加工硬化の  
 ために No Slip Point が変形抵抗一様とした場合より  
 出口側に寄るためと考えられる。加工硬化を考え逐次積  
 分を行えば正確であるが近似的には出入口の変形抵抗比  
 を乗じ補正出来る。

(ii) 前後方張力の影響

前方張力を増すと先進率は増加し後方張力を増すと減  
 小するが圧延特性値の小さい程前後方張力の影響が大き  
 い。

(iii) 最大先進率

先進率が最大になるのは No Slip Point が入口点  
 に来た場合であるから  $S_{noz} = (\tan V_1)^2 = \lambda/(1-\lambda)$  である  
 が、 $r$  が大きくなれば前方張力が材料の変形抵抗に等し  
 くなつても騒音域に達しない。  $g_1=0, g_2=1.0$  なる条件  
 を (4) 式に入れて最大  $V_n$  が求められる。

VI. 結 語

圧延作業に影響する諸要素を直接圧延条件に集約し、それぞれのものに就いて圧延可能限界、先進率を数値的に求め検討した。

参 考 文 献

- 1) 桑原, 久能: 鐵鋼協會, 昭和 25 年 10 月發表
- 2) Siebel, E., Osenberg, E: Mitt K. W. Inst. Eisenf, Vol 16, 1934.
- 3) Pomp, A., Lueg, w.: Mitt K. W. Inst. Eisenf., vol 17, 1935

(60) 可逆式四段冷間壓延機の据付

(Installation of the 4-High Rev. Cold Strip Mill)

東洋鋼板下松工場 岡田英之助・内田 良一

○ 篠 巖

I. 緒 言

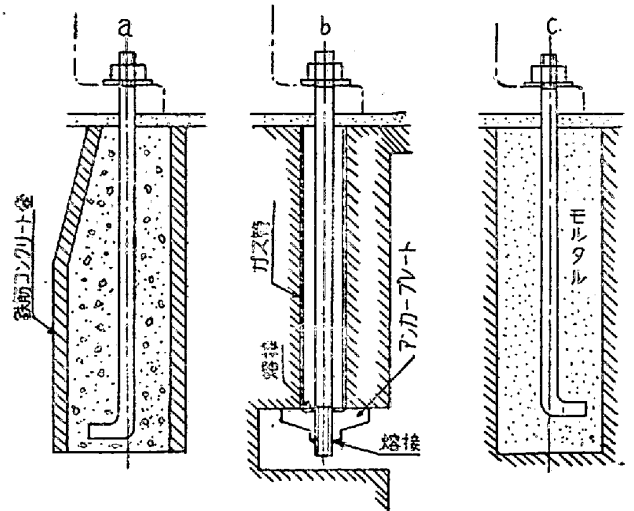
据付を行つた圧延機は 16-1/2 吋×49 吋×42 吋四段可逆式ストリップミルで約 1.9mm 厚めのホットストリップを圧延して鉄力原板とするもので圧延機本体重量約 290t である。据付に際しては据付面に於ける強度並びに安定性と各機械の単独並びに相対的据付寸法の正確を期すると共に堅実なる工事手段を採用して工業の修正再施工を極力回避する事を得た。又配管工事には漏油防止及び配管系統の清掃, フラッシングの完璧を期した。

II. ベンチマークの設定並に基礎ボルトの埋設

各機械の据付寸法の正確を期する為、その基準となるベンチマークの設定は基礎土木工事に於ける墨打とは独立して精密に施工した。圧延機を中心を通つて直交するセンターラインの決定には 4m のピームコンパスを使用し且つスチールテープによる直角三角形の各辺実測によつてチェックしたが、基礎コンクリートの打上面は複雑な表面を呈して実行困難であるのでベースコンクリートの打上直後基礎コンクリートの仮枠工事に先立つて施工し基礎の外側に予め準備したベンチマークに罫書を入れて残し基礎コンクリート打上後の据付工事はこれを基準として芯出を行う事とした。

据付に使用した基礎ボルトの型式を第 1 図に示す。

a は圧延機ベッドプレートの基礎ボルトで 2-1/2 吋径×96 吋が 16 本で基礎コンクリートの打上に際し

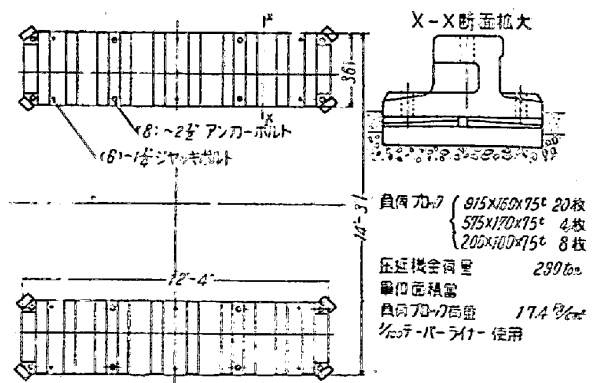


第 1 図 基礎ボルトの型式

て埋設すとベッドプレートの基礎ボルト孔に支障なく入る事は困難である。依て図示の如く鉄筋コンクリート壺を製作して仮枠工事に際しこれを芯出して設置し基礎コンクリートを打上げた。コンクリート壺の中に基礎ボルトを固定する方法は後に述べる。b はピニオンモーター電動機等を使用せる型式で基礎にエヤーダクト或は配管ダクトがありベースアンカーの取付が容易なものである。c は小型補助機械用のもので仮枠に固定して埋設した。

III. 各機械の据付

小型補助機械の据付はウェッジライナーを使用して通常的手段によつたが、圧延機本体のベッドプレートその他振動衝撃或いは移動荷重を考慮すべきものは据付の強度を確保し得ると共に据付の修正再施工を回避する堅実な手段を採用した。次に圧延機のベッドプレートを一例として詳述する。(第 2 図参照)



第 2 図 圧延機ベッドプレート用負荷ブロック

基礎コンクリートを打上げた表面は通常脆弱なるモルタル層によつて覆われこれを界して荷重を支持する事は