

Table 1. Nitrogen content of test ingots.

Ingot	O ₂			
	99.7%	95%	90%	80%
T	0.0029	0.0033	0.0040	0.0048
M	0.0030	0.0032	0.0031	0.0040
B	0.0022	0.0023	0.0030	0.0036
Mean	0.0027	0.0029	0.0034	0.0041

硬度とも何れも明確な差異は認められなかつた。たゞ降伏点伸びにおいてのみ Fig. 3 に示すごとく吹込み酸素純度別の差異が認められた。これは降伏点現象が他の諸性質に比して時効性の影響を受けやすいためと考えられるが試験数が少いためさらに実験を継続して検討を重ねたい。

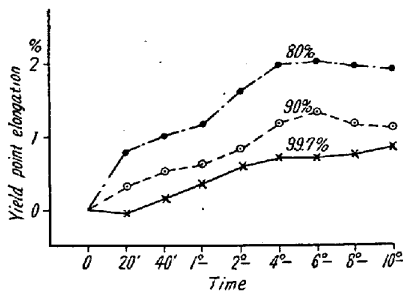


Fig. 3. Variation of yieldpoint elongation by artificial aging at 60°C.

IV. 結 論

薄板用極軟鋼の熔製に当つて純酸素および低純酸素(95%, 90%, 80%)を各々単独に鋼浴中に吹込み、鋼浴の窒素含有量および成品の時効性の酸素純度による差異を調査した結果つぎのごとき結論をえた。

(1) 鋼浴の窒素含有量の吹込み酸素純度による差異は溶解期の吹込みにおいては認められないが、精錬末期のベッセマライジングにおいては吹込み酸素純度が低くなる程高くなる傾向にある。

(2) ベッセマライジング時の脱窒率より推定して、鋼浴窒素含有量の最低限界値は純酸素吹込みで0.0020%程度、低純酸素吹込みで0.0045%程度である。

(3) 成品の時効性の差異については未だ研究を続けているが現在までのところ降伏点伸びにおいて最も影響が大きいようである。

(文献省略)

(111) 圧延理論式における変形抵抗の実験的検討

Some Experimental Study on Yield Stress of Theoretical Formula for Rolling Load.

K. Kato.

日本鋼管 技術部技術研究所

工 加 藤 健 三

I. 緒 言

従来より報告されている圧延理論式において圧延荷重を算出するには理論式中の変形抵抗の項に材質、変形量、変形速度等に依存する変形抵抗実測値を代入して計算を行つており、また、この変形抵抗実測値を求めるために内外において各種の研究が行われている。しかし圧延技術者にとってこれら変形抵抗実測値を用いて圧延荷重を求める場合、理論的立場の相異から式によつて異つた値が算出されることが多く、圧延理論式の選択に困難を感じる。これらの不便を打解するためには各現場に適する実験式を求めることも必要であるが、圧延荷重実測値との関係において各式における変形抵抗が如何なる値を示すかを知ることも重要であるので、圧延荷重の実測値より各理論式における変形抵抗を求め比較検討を加えた。

II. 圧延理論式における変形抵抗

理論式としては実験的なものも含めて多くの式が報告されているが、今回は特に熱間圧延において代表的なもののみなされている Ekelund, Karman, Orowan の三方面から検討を加えた。

(1) 従来よりよく利用されてきた Ekelund 式

$$P = b_m \sqrt{R(h_1 - h_2)} \times \left[1 + \frac{1.6\mu\sqrt{R(h_1 - h_2)} - 1.2(h_1 - h_2)}{h_1 + h_2} \right] \times \left[k + \frac{2\eta v \sqrt{(h_1 - h_2)/R}}{h_1 + h_2} \right]$$

P: 圧延荷重, R: ロール半径, h₁: 圧延前板厚

h₂: 圧延後板厚, b_m: 平均板巾, T: 温度 (°C)

v: ロール周速

$$k = (14 - 0.01T)(1.4 + C\% + Mn\%)$$

$$\mu = 1.05 - 0.0005T$$

$$\eta = 0.01(14 - 0.01T), \quad \Delta h = h_1 - h_2$$

変形抵抗に関する式は上式の第三項である。

(2) Karman 式を基本とする Trinks 法および Tselikov 法

Trinks 法: 図式解により二次元圧縮拘束変形抵抗 S_{Trinks} を求める。

Tselikov 法: 二次元圧縮拘束変形抵抗は次式で示される。

$$S_{Tselikov} = \frac{p_s \cdot \Delta h (\delta - 1)}{2h\phi \left[\left(\frac{h\phi}{h_2} \right)^\delta - 1 \right]}$$

$\delta = \frac{\mu}{\tan \theta}$ を求めて図式解で S が求められる。

(3) Orowan の理論を基本とする Orowan-Pascoe 式

(i) 板巾が平均板厚の 6~8 倍以上の場合二次元圧縮拘束変形抵抗は

$$S_{Orowan} = \frac{P}{b_m \sqrt{R \cdot \Delta h} (0.8 + \sqrt{R \cdot \Delta h / 4h_2})}$$

(ii) 板巾が (i) より小で平均板厚の 1.5~2 倍以上の場合

$$S_{Orowan} = \frac{P}{b_m \sqrt{R \cdot \Delta h} \left[0.8 + 0.5 \frac{\sqrt{R \cdot \Delta h}}{2h_2} - \frac{h_m}{3b_m g} \left(\frac{\sqrt{R \cdot \Delta h}}{2h_2} - 0.2 \right)^3 \right]}$$

ここに $h_m = (2h_2 + h_1) / 3$ $g = \sqrt{R \cdot \Delta h / 2h_0}$

(4) 平均変形抵抗

$$p_s = \sqrt{R \cdot \Delta h}$$

III. 実験条件および結果

以上の各式が最も適すると考えられる板巾板厚の帯鋼の圧延に対して実測を行った。

圧延荷重の測定にはワイヤストレンゲージを接着した測定臼をロール軸承部に挿入して平均荷重を測定できるように配線し、温度は光電管および光高温計を用いて測定した。圧延材の成分はすべて 0.06~0.08% C, 0.30~0.42% Mn の軟鋼である。実測を行ったロール径は 540φ 前後で、圧延条件は Table 1 に示すごとくで Exp. A と Exp. B とは板巾が異なり、Exp. C は板厚、圧下、速度等が異なっている。

先づ Ekelund 式圧延荷重計算値と実測値を比較したが、Exp. I は大体一致、II は測定値の方が低く、III は測定値の方が高くでた。これら三種の実験につき、平均変形抵抗 p_s 、Ekelund による変形抵抗 k および $\left[k + \frac{2\eta v \sqrt{\Delta h / R}}{h_1 + h_2} \right]$ 、Trinks 法による拘束変形抵抗

Stirns, Tselikov 法による $S_{Tselikov}$, Orowan-Pascoe 式による S_{Orowan} を実測圧延荷重値を基にして求めてプロットしたのが Fig. 1~Fig. 3 である。

Fig. 1 および Fig. 2 は大体類似の変形抵抗を示し、特に板巾の大きな方が安定な測定ができており、変形抵抗もやや低く出ている。これらに対し Fig. 3 の Exp. C の場合は板厚が小になると共に圧延速度も増大しているので変形抵抗は高くなる。しかし三種の実験を通じていづれの場合も p_s が最高値を示し、 S_{Orowan} , S_{Trinks} , $S_{Tselikov}$ の順になつていることは興味あることである。また、Ekelund による k および $\left[k + \frac{2\eta v \sqrt{\Delta h / R}}{h_1 + h_2} \right]$ は Exp. A では S_{Orowan} と S_{Trinks} の中間に入るが、Exp. B では S_{Orowan} に近く、Exp. C では S_{Trinks} , $S_{Tselikov}$ よりも低い値を示している。従つて Ekelund 式による計算においては圧

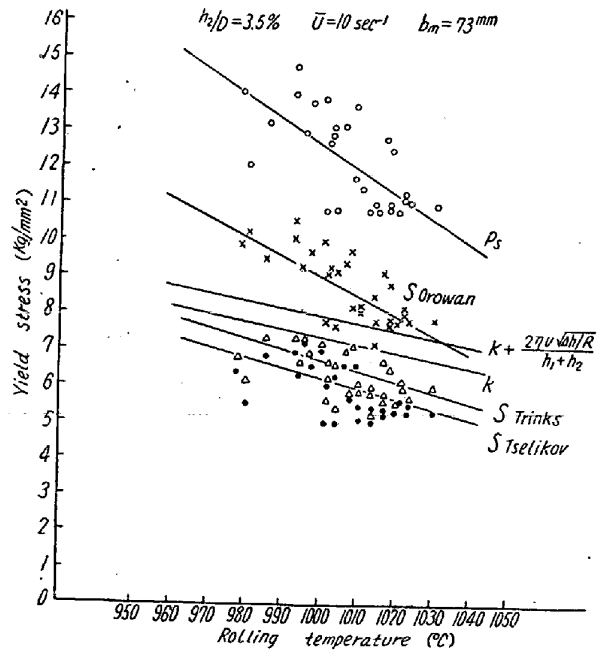


Fig. 1. Comparison of flow stress. (Exp. A)

延条件の差によつて種々異つた値が出るのがわかる。 S_{Trinks} , $S_{Tselikov}$ の関係は冷間圧延時でも同様な傾向

Table 1. Rolling condition.

	b_m	h_1	h_2	$\Delta h / h_1$	$2R$	n	h_2 / D	\bar{u}
Exp. A	73 mm	30 mm	18.5 mm	38.4%	535 φ	51.7rpm	3.5%	10s ⁻¹
Exp. B	282	30	18.5	38.4	545	51.7	3.5	10
Exp. C	220	11	8.5	23	545	120.0	1.6	30

$$\bar{u} = \text{mean deformation velocity} = \frac{\Delta h}{h_1} \sqrt{\frac{R \cdot \Delta h}{v}}$$

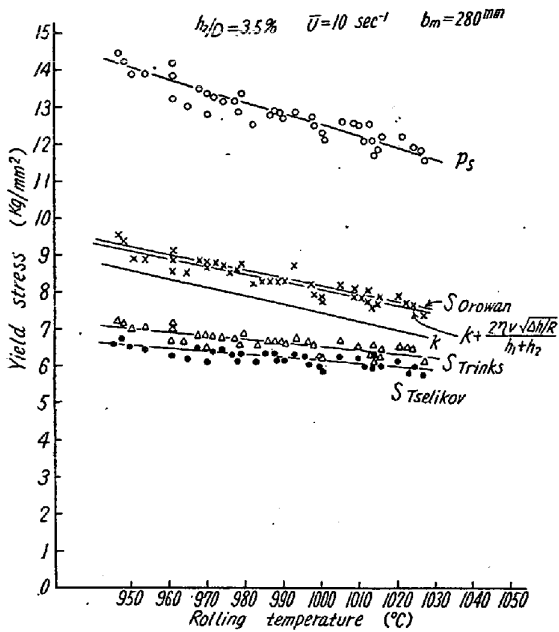


Fig. 2. Comparison of flow stress. (Exp. B)

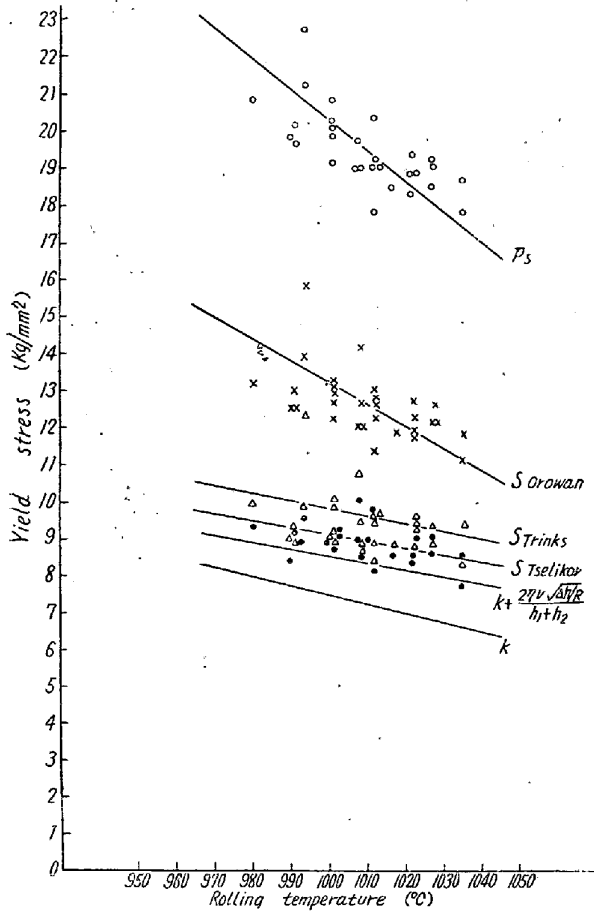


Fig. 3. Comparison of flow stress. (Exp. C)

で, Nadai による変形抵抗がこれらの中間に入る。

以上の Karman 式による変形抵抗に対して, Orowan

は Nadai の傾斜した粗平面の理論から出発して熱間圧延の場合は Sticking の場合と考えてよいとして計算式を出している。本実験においても S_{Orowan} は Karman 系統の値と異なった値を示し, 全体として高い。

つぎに拘束変形抵抗が各種圧延因子を含有している平均変形抵抗に対して如何なる関係にあるかを検討するために S/p_s の値と圧延温度との関係をしらべたのが Table 2 であり Orowan と Karman との関係が逆になっていることが示されており, 高温になるに従い両者が一致する傾向を有していることがわかる。

Table 2.

		950°C	1000°C	1050°C
S_{Orowan} p_s	Exp. A	0.730	0.720	0.700
	Exp. B	0.685	0.640	0.640
	Exp. C	0.645	0.625	0.630
$S_{Tselikov}$ p_s	Exp. A	0.480	0.495	0.560
	Exp. B	0.470	0.480	0.520
	Exp. C	0.460	0.455	0.505

IV. 結 語

圧延理論式における変形抵抗を圧延荷重実測値より算出して比較検討を加えた結果, つぎのことがわかった。

(1) 変形抵抗の大きさは平均変形抵抗 p_s , 二次元圧縮拘束変形抵抗 S_{Orowan} , S_{Trinks} , $S_{Tselikov}$ の順で, Ekelund による変形抵抗は圧延条件によつて順序が異なる。

(2) S/p_s と圧延温度との関係は Karman 式と Orowan 式とでは傾向を異にする。

(3) 理論式に実測変形抵抗を直接代入して圧延荷重を求める際には注意を要す。

(112) 各個駆動の連続圧延機による条鋼の圧延について

On the Rolling of Rod and Bar by Continuous Rolling Mill Separately Driven.

T. Harada, et alius.

八幡製鉄光製鉄所作業課

太宰三郎・○原田利夫

I. 緒 言

各個駆動の連続圧延機においては, 各スタンドの間で全部 loop を作つて圧延を行う場合と, 2つのスタンドを1つの group とし group 間では loop を作るが