

An Analysis of "Chattering" in Cold Rolling for Ultra Thin Gauge Steel Strip

(Kusuo Furukawa) (Ikuo Yarita) (Yoshikazu
Seino) (Takafumi Takimoto) (Yoshio Nakazato)
(Kichizaemon Nakagawa) (Ichiro Fukunaga)

:

93 94

(1)

(2)

(3)Zn

Synopsis :

An abnormal vibration, called "Chattering", often occurred in case of an extremely heavy cold rolling up to 93-94% total reduction. Practical and theoretical researches into this phenomenon at DCR mill have led to the following conclusions and to the establishment of preventive techniques. (1) The fluctuations in strip thickness during Chattering corresponds to the second mode intrinsic oscillation frequency in the roll alignment. Therefore, Chattering may occur in case the frequency of fluctuations in the rolling condition caused by poor lubrication coincides with the said intrinsic frequency. (2) Chattering arises from degenerated ability of lubricant under aforesaid severe



超薄鋼帯の冷間圧延における

「チャタリング」現象の解析

An Analysis of "Chattering" in Cold Rolling for Ultra Thin Gauge Steel Strip

古川九州男*

Kusuo Furukawa

鎌田征雄**

Ikuo Yarita

清野芳一***

Yoshikazu Seino

滝本高史****

Takafumi Takimoto

Yoshio Nakazato

Kichizaemon Nakagawa

福永一郎*****

Ichiro Fukunaga

Synopsis :

An abnormal vibration, called "Chattering", often occurred in case of an extremely heavy cold rolling up to 93~94% total reduction. Practical and theoretical researches into this phenomenon at DCR mill have led to the following conclusions and to the establishment of preventive techniques.

(1) The fluctuations in strip thickness during Chattering corresponds to the second mode intrinsic oscillation frequency in the roll alignment. Therefore, Chattering may occur in case the frequency of fluctuations in the rolling condition caused by poor lubrication coincides with the said intrinsic

態にある場合に頻繁に観察され、一例として圧延速度が 800m/min の場合、70mm のピッチで目標板厚 0.16mm に対して ±25% 程度の板厚変動が生じ、ひどい場合にはコイルの破断にまで至り、不良製品の発生や圧延能率を著しく低下させる事態が生じた。筆者らは圧延材、圧延油、ロール、

いて検討した結果を述べる。

2. チャタリングの発生状況

2.1 極薄冷延鋼板の圧延工程

DCR ミルにおける極薄冷延鋼板の冷間圧延は

するとともに、DCR ミルの圧延特性や極薄冷延

Fig. 1 に示すような工程を経ている。このよ

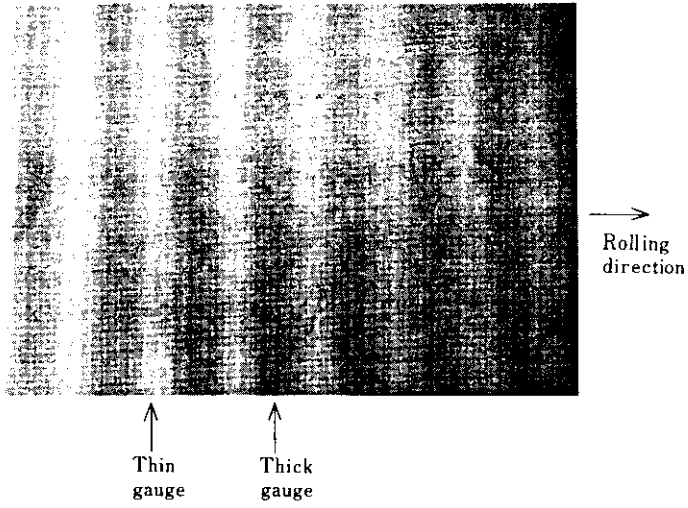
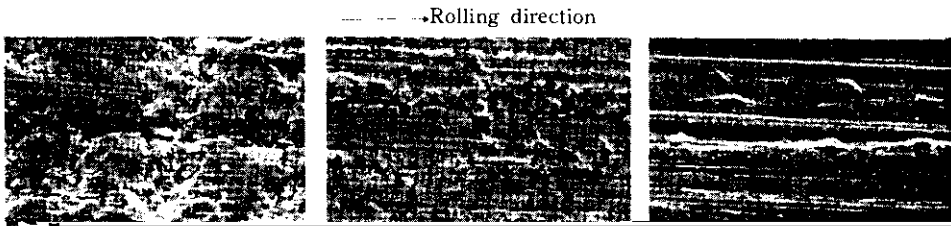


Photo. 1 Typical example of strip appearance when Chattering occurred



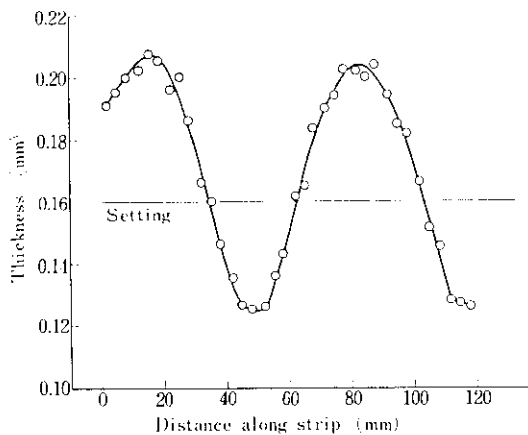


Fig. 3 Typical thickness profile when Chattering occurred

り、約 200Hz の周波数に相当する。Photo. 3 はこの場合の(a)最大板厚部と(b)最小板厚部における

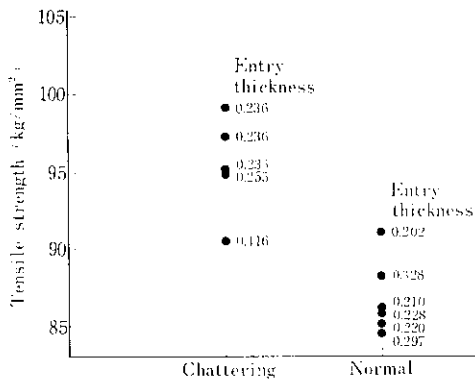


Fig. 4 Tensile strength of strip at entry of DCR mill

2.3 圧延材の変形抵抗とチャタリングの関係

Fig. 4はチャタリングが発生した場合と発生しない場合の DCR ミル圧延前の材料の引張強さを

...

...

20

して0.023~0.026以下であることが必要となる。

この値は、鋼材の品質に大きく影響する。

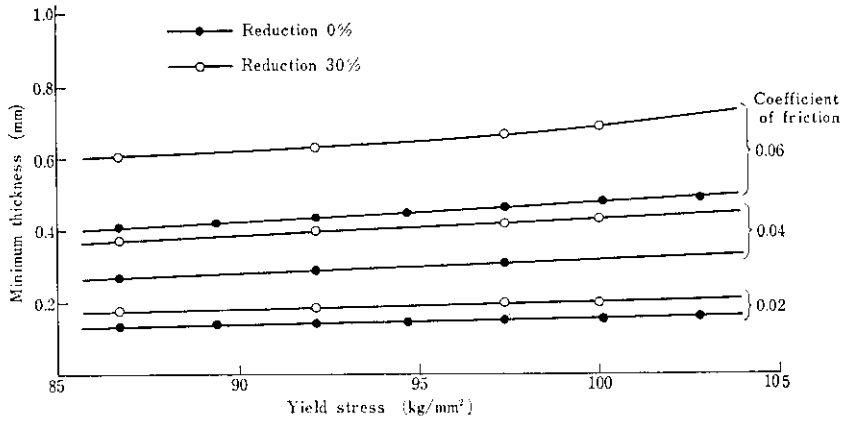
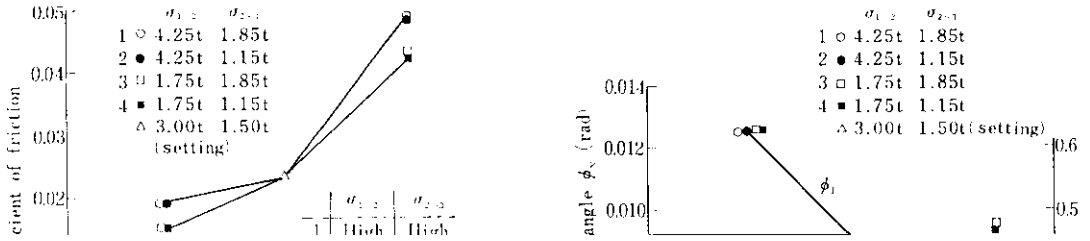
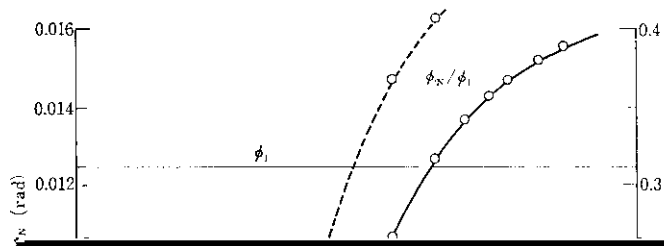
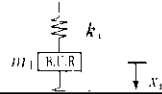
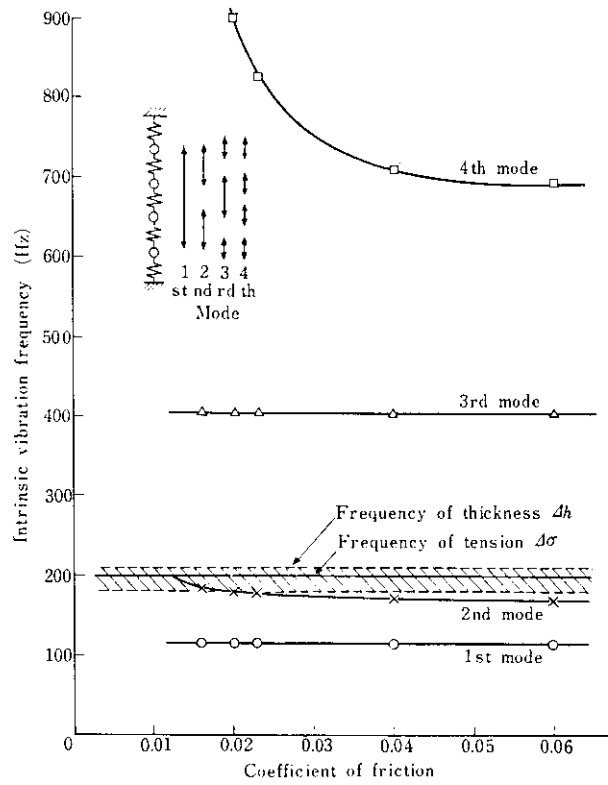


Fig. 9 Influences of yield stress on minimum thickness (calculated by K. Tong & G. Sachs's theory)





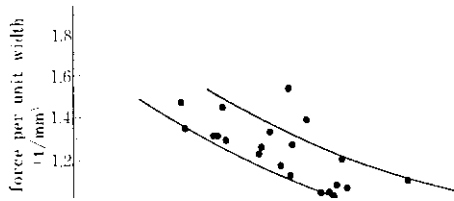




(calculated by vibration analysis on 4 degrees of freedom)

近い圧延を行うときに、圧延油の乳化タイトや乳

Fig. 11 から、接触角は板厚が薄いときには厚

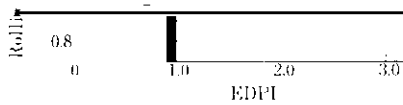


α_0 : 膜の破断面積の割合

S_m : 金属対金属接触結合部のせん断強さ

S_f : 潤滑膜のせん断強さ

潤滑状態が流体潤滑から境界潤滑さらに極圧潤滑へと苛酷になるにしたがい、高温・高圧により



を失なう。この状態では α_0 の増大により摩擦抵抗が急増し、潤滑性を低下させる。

Fig. 17 Effect of EDPI (emulsion distribution

4.3 圧延油によるチャタリングの防止

profile index) on rolling force



以上述べたように、チャタリングを防止するには圧延油の潤滑性の低下を防止することが必要となる。

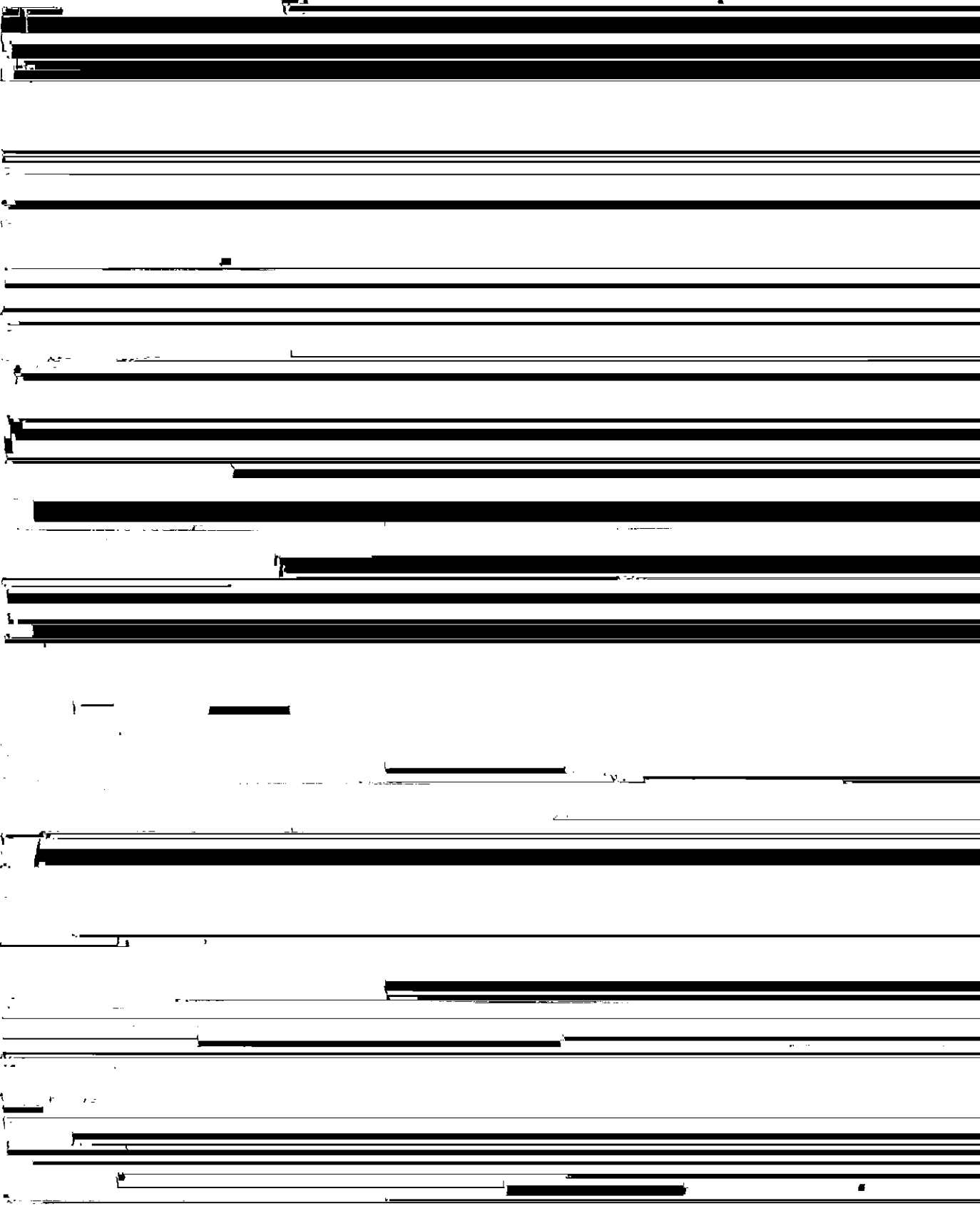
4.3.1 エマルジョン粒径の適性値制御

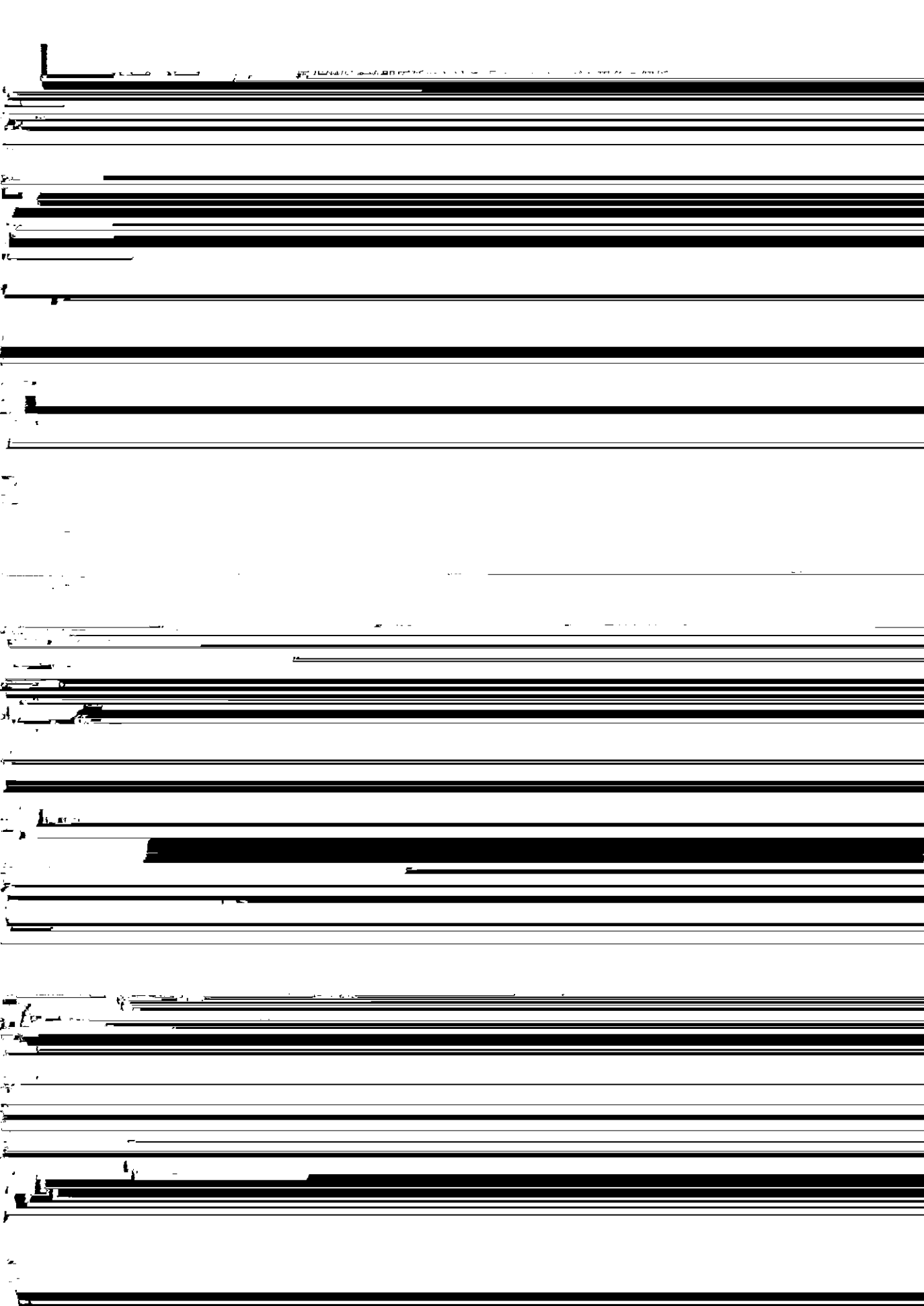
Table 4 Comparison of oil film strength

40-

Oil film strength

Lubricant B





$$k_t = k_0(\bar{\epsilon} + \beta)^n \quad \dots (A-9)$$

ここで、 σ_t : 前方張力
 H : 入側板厚
 h : 出側板厚
 f_3 : 圧下力関数
 l : 板長

幅方向の張力分布は均一と仮定できることから $\partial^2 z / \partial y^2 = 0$ となる。また $a^2 = T/P$ とおくと (A-13) 式となる。

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \quad \dots (A-13)$$

この式の一般解は (A-14) 式のように表わされ

$$\delta_2 = h(1-\nu^2)(k_2 - \sigma_t) / E$$

る。

$$z = C \sin \omega x / a + D \cos \omega x / a \quad \dots (A-14)$$

ここで、

境界条件 $z(0) = z(l) = 0$ から、 $\sin \omega l / a = 0$ と

k_{t1} : 入側変形抵抗

なる。したがって、固有円振動数は $\omega = \pi a / l$ と

- m_2, m_3 : W.R の質量
- k_1, k_5 : ハウジング, B.U.R 軸受によるばね定数
- k_2, k_4 : B.U.R と W.R 間のばね定数
- k_3 : W.R と圧延材間のばね定数
- c : 油圧ジャッキの粘性減衰係数

以下に各ばね定数の算出方法を記す。

(1) k_1, k_5

圧延中におけるハウジングと B.U.R 軸受の変形量は、久能¹⁰⁾によると圧延機全体の約15%にあたる。ゆえに k_1, k_5 は次式から求まる。

$$\frac{1}{k_1} = \frac{1}{k_5} = \frac{0.15}{k} = \frac{0.15}{500} \quad (\text{mm/t}) \dots (A-17)$$

(2) k_2, k_4

これらは、B.U.R と W.R の接触による扁平変形から求められる。Hertz の理論¹¹⁾から、2円柱の接触変形量は次式のように表わされる。

$$\left. \begin{aligned} 1/k_3 &= -\partial S / \partial P \\ S &= h + d_w - E_p \end{aligned} \right\} \dots (A-20)$$

これから、

$$\frac{1}{k_3} = -\frac{\partial S}{\partial P} = -\frac{\partial h}{\partial P} + \frac{\partial E_p}{\partial P} \dots (A-21)$$

ここで、 S : 圧延中の上下 W.R の中心間の距離

E_p : 圧延材に接触する上下 W.R の扁平変形量

h : 出側板厚

$-\partial P / \partial h$ は圧延荷重式を出側板厚で偏微分することにより、次のように求められる。Hill の圧延荷重式¹³⁾を若干変えた新たに P なる関数を (A-22) 式のように定義する。

$$P = P - k_r \kappa W \sqrt{R'}(H-h) Q_p \dots (A-22)$$

ここで、ばね定数 $-\partial P/\partial h$ は摩擦係数、変形抵抗、板厚、圧下率、圧延荷重および張力などにより変化することがわかる。

l_p : 流孔の長さ (655mm)

η : 作動油の粘性係数

($3.9 \times 10^{-9} \text{kg} \cdot \text{s}/\text{mm}^2$)

ここで $\partial P/\partial E$ は...

ここで $\partial P/\partial E$ は...

うに求められる。

$$E_p = \frac{C_0}{8} \cdot p \cdot \ln \left(\frac{2d_w}{(H-h) + C_0 P} \right) \dots\dots\dots (A-27)$$

$$p = P/W$$

これから、

$$\frac{\partial E_p}{\partial P} = \frac{C_0}{8W} \left\{ \ln \left(\frac{2d_w}{(H-h) + C_0 p} \right) - \frac{C_0 p}{(H-h) + C_0 p} \right\} \dots\dots\dots (A-28)$$

ここで臨界減衰係数 c_c を求める。

$$c_c = 2 \sqrt{mk} = 2 \sqrt{m_4 k_5} = 12700 \text{kg} \cdot \text{s}/\text{mm}$$

$c < c_c$ であるから、(A-16) 式に表わされる運動は減衰振動をする。このときの減衰振動の固有円振動数は $q = \omega \sqrt{1 - (c/c_c)^2}$ と表わされる。
 $c/c_c \ll 1$ であるから $q \approx \omega$ となる。

(5) 運動方程式の解

参 考 文 献