

圧延機の大電動機駆動方式における負荷分担の問題

Load Balance in the Twin Motor Driving System for Rolling Mill Operation

田 附 修* 西 政 隆*

Osamu Tazuke

Masataka Nishi

内 容 梗 概

最近の逆転式熱間圧延機は大容量化し、高性能なものが要求されるようになり、このため駆動方式は双電動機方式となり、わが国においてもほとんどこの方式が用いられるようになった。また、熱間のみならず最近では冷間圧延機にも採用されはじめている。われわれはこの方式の駆動制御設計に必要な圧延現象を明らかにするために二、三の実験と検討を行い、上下ロールの周速差に対する負荷分担比およびロールの径差に対する所要負荷馬力の関係を実験的に解明した。

1. 緒 言

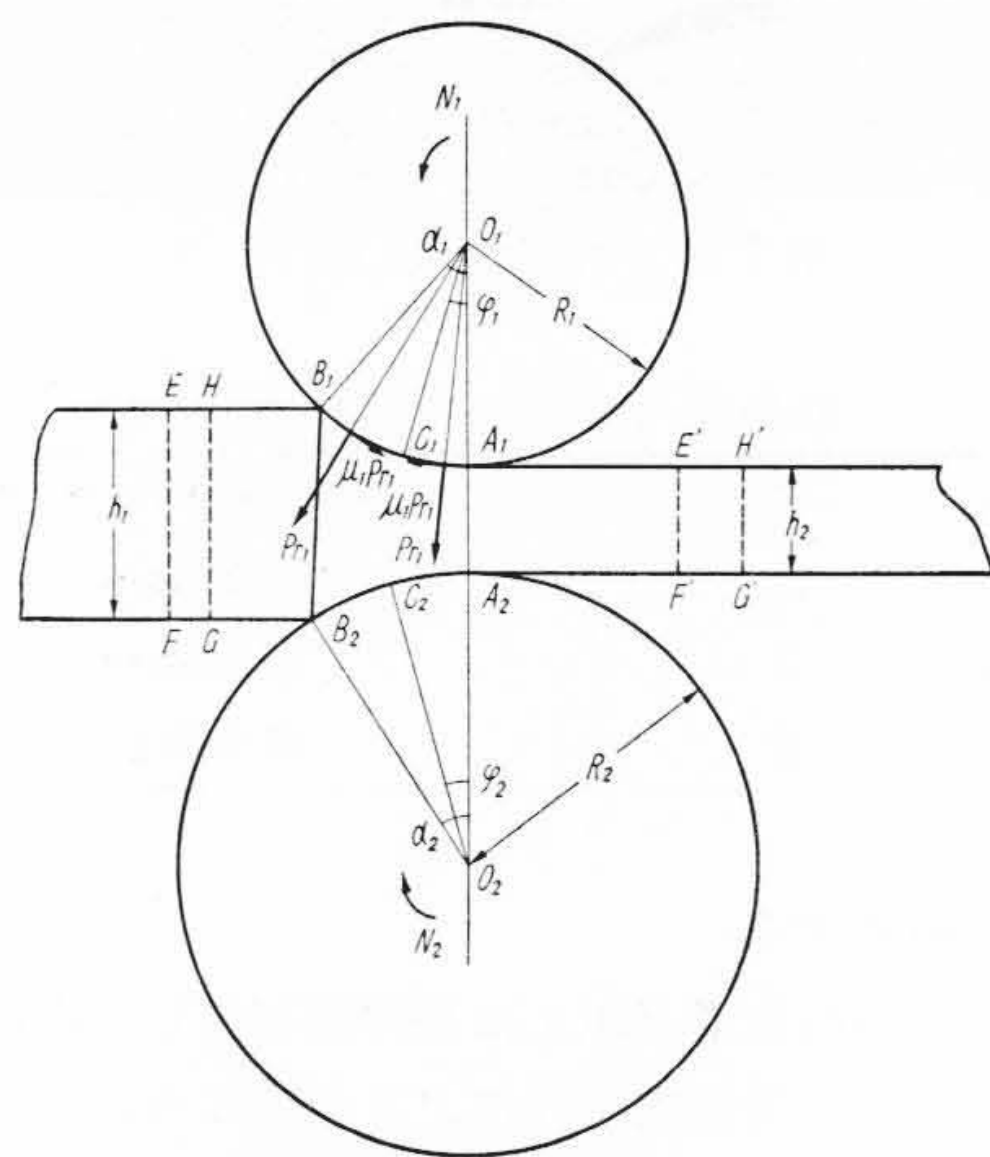
逆転式熱間圧延機において 5,200 kW (7,000 HP) 程度以上の大容量のものでは、駆動用直流電動機の製作上および運転性能上の見地から上下ロールを別個の電動機で駆動するいわゆる双電動機駆動方式が、すでに米国ではかなり古くから行われ、わが国においても最近その設置例がふえてきた。

また連続式冷間圧延機においても高速化に伴う電動機の大容量化、および運転性能向上などの見地からも、最近高速連続式冷間圧延機の駆動にもとり入れられている。

この方式の一つの大きな特長は上下ロールが別個の電動機で駆動されているために、各ロール径が異なっているにもかかわらず駆動電動機に対し所要の制御を行うことにより運転可能であるということ、このため高価なロールを常に同一径とした組で揃える必要がなく、きわめて経済的である。したがって最近ではスキンプラス圧延機あるいは逆転式冷間圧延機においても補強ロールを駆動して本方式が用いられるようになった。

しかし、駆動側としては圧延上の諸条件に対し各ロール電動機に特殊の制御を要することは当然である。本論においては双電動機駆動方式の制御はどうすべきかについて圧延負荷側の条件を実験的に解明した一例を紹介し、あわせてこれに対する多少の理論的考察を試みた。ただしこの圧延負荷側の条件をいかに電気制御回路上に盛りこんで設計するかについては別の機会にゆずるとして本論においては負荷の特性の紹介に止める。ただこの種の負荷の現象は多数の要素条件がからみ合った非常に複雑なものであり、本論に述べるような簡単な取扱いは多少危険とも考えられるが、ある程度方向は示唆するものと考えられる。この点大方の御批判を仰ぐ次第である。

* 日立製作所日立工場



第1図 圧延状況 (板がまっすぐな状態)

2. 双電動機方式に対する駆動制御の目的

駆動制御の目的はもちろん機械を最適状態において運転し、最良の製品をうることであり、逆転式熱間圧延機の場合は圧延材がそらないでまっすぐな状態であることを原則とし、冷間圧延機の場合もやはり張力を零にしたとき板がまっすぐな状態で圧延されて出てくることを原則とするものと考えられる。板がまっすぐな状態でロールから出てくる条件は、第1図において板の出口点における上下表面 $A_1 A_2$ の速度が等しいことと考えられる。今簡単のためにロールと板とは上下の各中立点 $C_1 C_2$ においてのみ互の間にすべりが無いものとし、そのほかの点では出口側では板の方が早く入口側では板の方がおそくその間にすべりがあるものとする。かつ両者の間の速度比は、中立点における板厚と、考えている部分の板厚との比で表わされるものとする。

A_1 点の板の表面速度 v_1 は

$$v_1 = R_1 N_1 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \left[1 + \frac{R_1}{2h_2} \varphi_1^2 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \right] \dots (1)$$

で表わされ、また A_2 点の板の表面速度 v_2 は

$$v_2 = R_2 N_2 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \left[1 + \frac{R_2}{2h_2} \varphi_2^2 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \right] \dots (2)$$

となる。ただし R_1, R_2 : N_1, N_2 は上下各ロールの半径、角速度、 h_1, h_2 は入口、出口の板厚、 φ_1, φ_2 は中立角で十分に小さいとする。

一方中立角 φ_1, φ_2 は上下ロールの接触弧で囲まれた部分 $A_1 B_1 B_2 A_2$ 部分の力のつり合と圧下量の条件とから得られる次式より求められる。ただしここでロールの接触弧全域においてその半径方向圧力の強さ Pr_1 (上ロール) および Pr_2 (下ロール) はおのおの均等であるとし、かつロールと板の間の摩擦係数 μ_1 (上ロール)、 μ_2 (下ロール) も均等であるとする、さらに板の内部剪断力はいっさい無視し、圧延前において垂直方向に区切った板を構成する仮想のセグメント $EFGH$ はそのまま垂直方向に押しつぶされて $E'F'G'H'$ になるものと仮定し、かみ込み角 α_1, α_2 は φ_1, φ_2 と同じく十分小さくかつ前後面張力はないものとする。今板の単位幅につき考えるとまず垂直方向の力のつり合として、

$$\begin{aligned} & \int_0^{\alpha_1} Pr_1 R_1 \cos \theta d\theta + \int_{\varphi_1}^{\alpha_1} \mu_1 Pr_1 R_1 \sin \theta d\theta \\ & - \int_0^{\varphi_1} \mu_1 Pr_1 R_1 \sin \theta d\theta = \int_0^{\alpha_2} Pr_2 R_2 \cos \theta d\theta \\ & + \int_{\varphi_1}^{\alpha_1} \mu_2 Pr_2 R_2 \sin \theta d\theta - \int_0^{\varphi_2} \mu_2 Pr_2 R_2 \sin \theta d\theta \end{aligned} \dots (3)$$

これより、

$$\begin{aligned} Pr_1 R_1 \left[\alpha_1 + \mu_1 \left(\frac{\alpha_1^2}{2} - \varphi_1^2 \right) \right] &= Pr_2 R_2 \left[\alpha_2 + \mu_2 \left(\frac{\alpha_2^2}{2} \right. \right. \\ & \left. \left. - \varphi_2^2 \right) \right] \dots (4) \end{aligned}$$

次に水平方向の力のつり合として

$$\begin{aligned} & \int_0^{\alpha_1} Pr_1 R_1 \sin \theta d\theta + \int_{\varphi_1}^{\alpha_1} \mu_1 Pr_1 R_1 \cos \theta d\theta \\ & - \int_{\varphi_1}^{\alpha_1} \mu_1 Pr_1 R_1 \cos \theta d\theta + \int_0^{\alpha_2} Pr_2 R_2 \sin \theta d\theta \\ & + \int_0^{\varphi_2} \mu_2 Pr_2 R_2 \cos \theta d\theta - \int_{\varphi_2}^{\alpha_2} \mu_2 Pr_2 R_2 \cos \theta d\theta \\ & = 0 \dots (5) \end{aligned}$$

これより

$$\begin{aligned} Pr_1 R_1 \left(\frac{\alpha_1^2}{2} + 2\mu_1 \varphi_1 - \mu_1 \alpha_1 \right) \\ + Pr_2 R_2 \left(\frac{\alpha_2^2}{2} + 2\mu_2 \varphi_2 - \mu_2 \alpha_2 \right) &= 0 \dots (6) \end{aligned}$$

モーメントのつり合の条件として

$$\begin{aligned} & \int_0^{\alpha_1} Pr_1 R_1 \left(R_1 + \frac{h_2}{2} \right) \sin \theta d\theta \\ & + \int_0^{\varphi_1} \mu_1 Pr_1 R_1 \left\{ \left(R_1 + \frac{h_2}{2} \right) \cos \theta - R_1 \right\} d\theta \\ & - \int_{\varphi_1}^{\alpha_1} \mu_1 Pr_1 R_1 \left\{ \left(R_1 + \frac{h_2}{2} \right) \cos \theta - R_1 \right\} d\theta \\ & = \int_0^{\alpha_2} Pr_2 R_2 \left(R_2 + \frac{h_2}{2} \right) \sin \theta d\theta \\ & + \int_0^{\varphi_2} \mu_2 Pr_2 R_2 \left\{ \left(R_2 + \frac{h_2}{2} \right) \cos \theta - R_2 \right\} d\theta \\ & - \int_{\varphi_2}^{\alpha_2} \mu_2 Pr_2 R_2 \left\{ \left(R_2 + \frac{h_2}{2} \right) \cos \theta - R_2 \right\} d\theta \end{aligned} \dots (7)$$

ロール径は板厚に比べて十分大きいという仮定を用いると (7) 式より

$$\begin{aligned} Pr_1 R_1^2 \left\{ \frac{\alpha_2}{2} - \frac{h_2}{2R_1} \mu_1 (2\varphi_1 - \alpha_1) \right\} &= Pr_2 R_2^2 \left\{ \frac{\alpha_2^2}{2} \right. \\ & \left. - \frac{h_2}{2R_2} \mu_2 (2\varphi_2 - \alpha_2) \right\} \dots (8) \end{aligned}$$

が得られる。さらに圧下量の条件より

$$R_1 (1 - \cos \alpha_1) - R_1 + R_2 (1 - \cos \alpha_2) - R_2 = h_1 - h_2 \dots (9)$$

これより

$$\frac{R_1}{2} \alpha_1^2 + \frac{R_2}{2} \alpha_2^2 = h_1 - h_2 \dots (10)$$

ここで

$$R_1 = R_0 (1 + \Delta R) \quad R_2 = R_0 (1 - \Delta R) \dots (11)$$

$$Pr_1 = Pr_0 (1 + \Delta Pr) \quad Pr_2 = Pr_0 (1 - \Delta Pr) \dots (12)$$

$$\mu_1 = \mu_0 (1 + \Delta \mu) \quad \mu_2 = \mu_0 (1 - \Delta \mu) \dots (13)$$

$$h_1 = h_2 (1 + \Delta h) \dots (14)$$

とおき、 $\Delta R, \Delta Pr, \Delta \mu, \Delta h$ はおのおの十分小さいとして上式より φ_1, φ_2 を求め (1) 式 = (2) 式とすると

$$\begin{aligned} \Delta N &= \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} = -\Delta R \left(1 + \frac{\Delta h}{2} \right) + \frac{\Delta h}{2} \Delta Pr \\ &= -\Delta R + \frac{\Delta h}{2} \Delta Pr \dots (15) \end{aligned}$$

が得られる。

すなわち、ロール径が板厚に比べ大きくかつ殺しが十分小さい場合には、板がまっすぐに出るためには A_1, A_2 点の板の表面速度が等しいと仮定すれば、近似的にロールの周速が等しいことを意味する。ロール周速と板の出口点の速度は前に述べたように先進率および中立角の大きさだけ異なるはずであり、これらはロール径差、板の上下面におけるそ性変形抵抗の差、摩擦係数の差などによ

第1表 実験圧延機仕様

圧延機	4重可逆圧延機 130φ/300φ×300L ただし作業ロールは各種径のものに取替可能 手動式スクリュウダウン装置一式付
駆動用電動機	20kW直流電動機×2台（双電動機駆動） 220V 120 rpm
素材	アルミ板 10t×100W×500L 圧下率は各パス 約15%におさえる

り影響をうけるが、ロール径差に直接影響されるロール周速の差に比べて十分小さいことを意味する。したがって今われわれが目的とする板がまっすぐに出るという条件は、ロール周速が一致しておればよいことになる。それゆえ駆動制御としてはロールの径がちがっていてもロールの周速を同一になるように設計すればよい。このため電動機としては上下それぞれ速度制御をすればよいことになる。実際に初期の双電動機駆動においてこの定速度制御が試みられたこともあったようである。

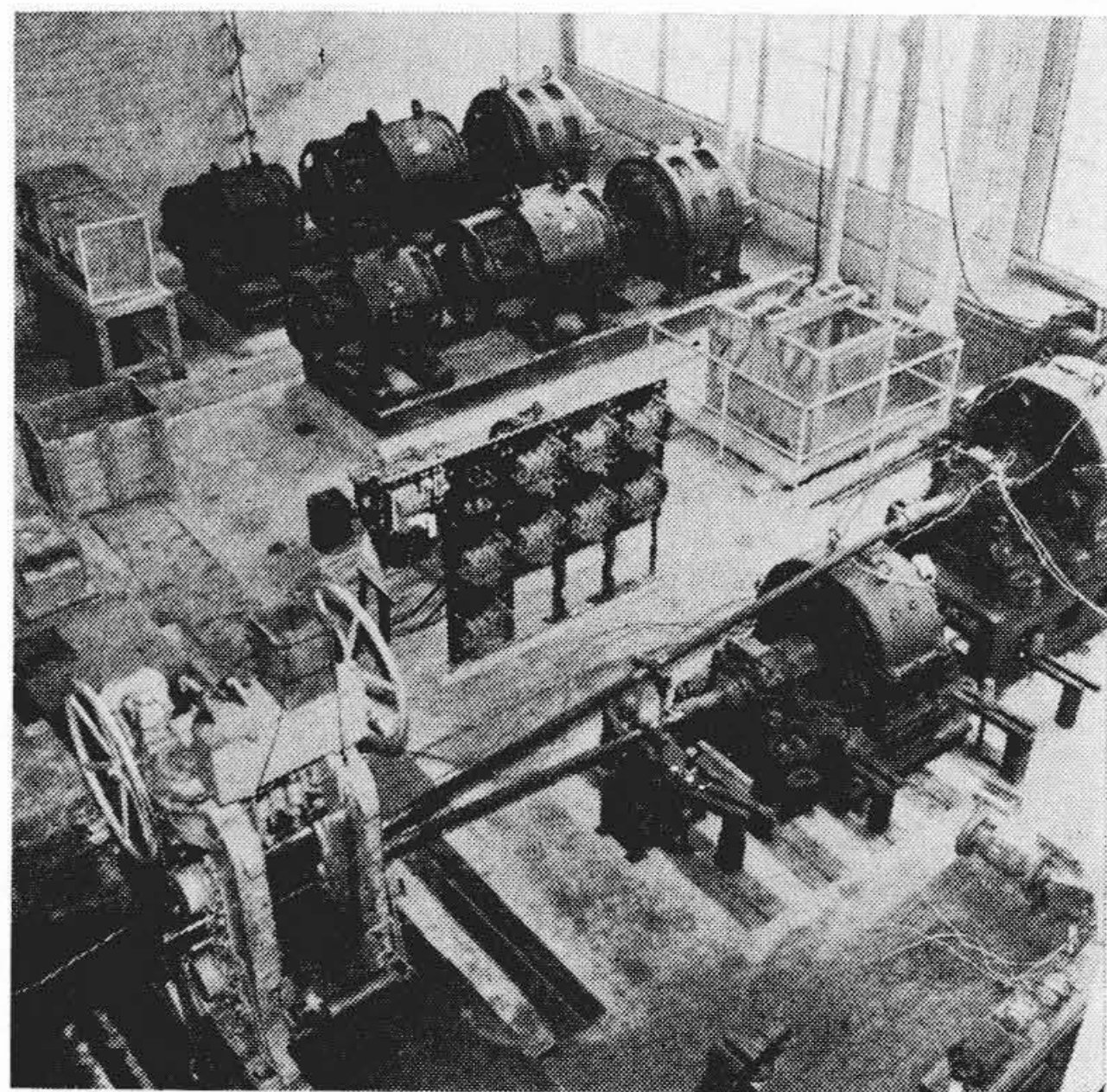
ただ定速度制御を行うと、冷間圧延機のように圧延材のそ性変形抵抗が高い場合、わずかの速度制御の誤差、あるいは与える速度指令の誤りにより、大きな不平衡負荷が上下ロール電動機に発生し、かつそれが永続する場合が考えられる。また、熱間圧延においても板のそりの曲率半径 R_c が A_1A_2 点の速度比、あるいは上下ロール周速の比により次式で定まるとすると

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_c}{h_2 + R_c} \dots\dots\dots (16)$$

厚板圧延機のようにかなり薄いものまで圧延する場合には h_2 が小さいために、わずかの速度誤差でもかなり極端なそりを招致する場合があります。したがって速度制御を行う場合には速度指令の与え方、その制御誤差および速度検出機構には十分注意を要するものと考えられる。

現在一般に工業的に用いられている制御は、定速度制御ではなくて負荷分担制御である。これは上下ロールの周速に差があった場合その間に負荷の授受が行われることを利用しかつ定速度制御の難点を克服したものと考えられる。この場合ロール周速の差に対する負荷授受の大きさの程度を知ること、この制御系統の設計を行う上に必要不可欠でありさらに冷間圧延機の場合ロールその他の機械的強度の調査にも大切である。また熱間圧延機の場合に板のそりとの関係を調べる、および冷間圧延の場合にその板の表面仕上り度との関係を調べることはその制御精度の決定上必要である。

次にロール径の差 ΔR 、板の上下のそ性変形抵抗の差 ΔPr 、あるいは摩擦係数の差 $\Delta \mu$ などに基因する負荷分担の変動を考えなくてはならない。負荷分担制御を行っている場合 ΔPr 、 $\Delta \mu$ の変動が表われると実際のロール



第2図 実験装置

径差以上に大きなロール周速の差を惹起し不工合となる。 ΔR はあらかじめ最も簡単に予知されるものであり、 ΔPr 、 $\Delta \mu$ に比しその程度は最も大きいと考えられ、かつそれが双電動機方式の利点でもあるのでロール径の差が板のまっすぐに出るという条件に対し各ロールの所要消費馬力、あるいは回転力にどのような影響を及ぼすかを調べるのが駆動制御上必要となってくる。これらの事項につき行った実験につきその結果の一例を次に述べる。

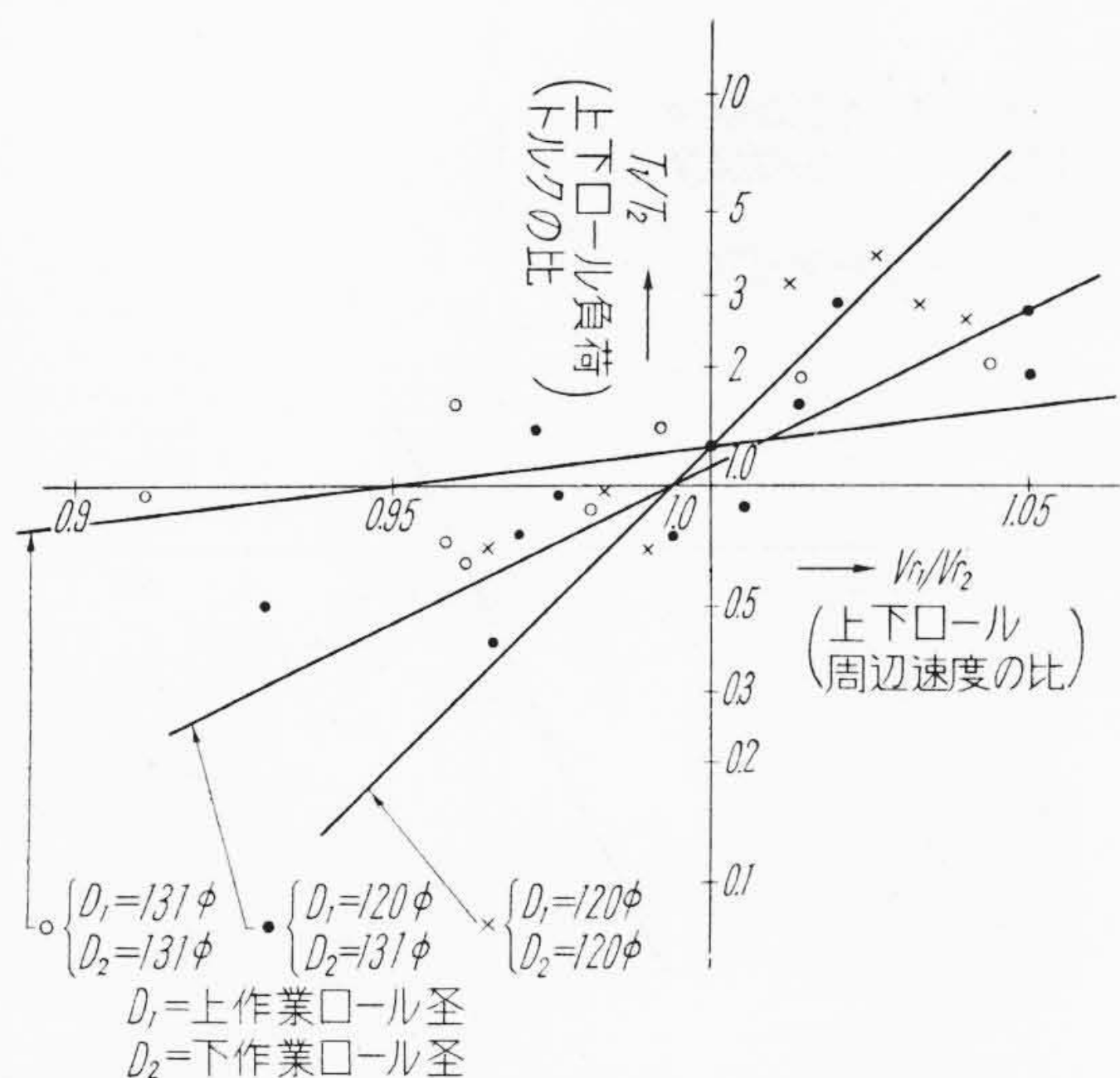
3. 熱間圧延の場合の実験

本実験は日立工場における四重の実験圧延機を双電動機駆動方式に改造して行ったものの結果である。その圧延機、駆動電動機ならびに圧延材仕様を第1表に示し全景を第2図に示す。

駆動制御の対象となるのは電動機速度あるいはロール周速であるので横軸にロール周速の比率をとり、第3図は縦軸に上下ロールの所要回転力を、第4図は板のそりをとった。ただし第3,4図とも板はロールでかまれているだけではかに板のそりを抑制する力はいっさいない場合であり、第4図の板のそりは同図で定義されているものである。

第3図よりわかるように圧延材の条件が同一でも、ロール径によりロール周速の差に対する負荷の授受の大きさの程度は異なりロール径が大きいほどその値は小となっている。ロール周速の差が大きくなるにつれて負荷の授受能力は大となっているが、その差が小さい部分ではその値は第2表に示すようになる。

なお、双電動機方式における負荷分担の問題は、きわめて重要な問題であるが、現象が複雑なためか従来ほと



第3図 双電動機駆動方式におけるロール周辺速度と負荷トルク（熱間圧延）

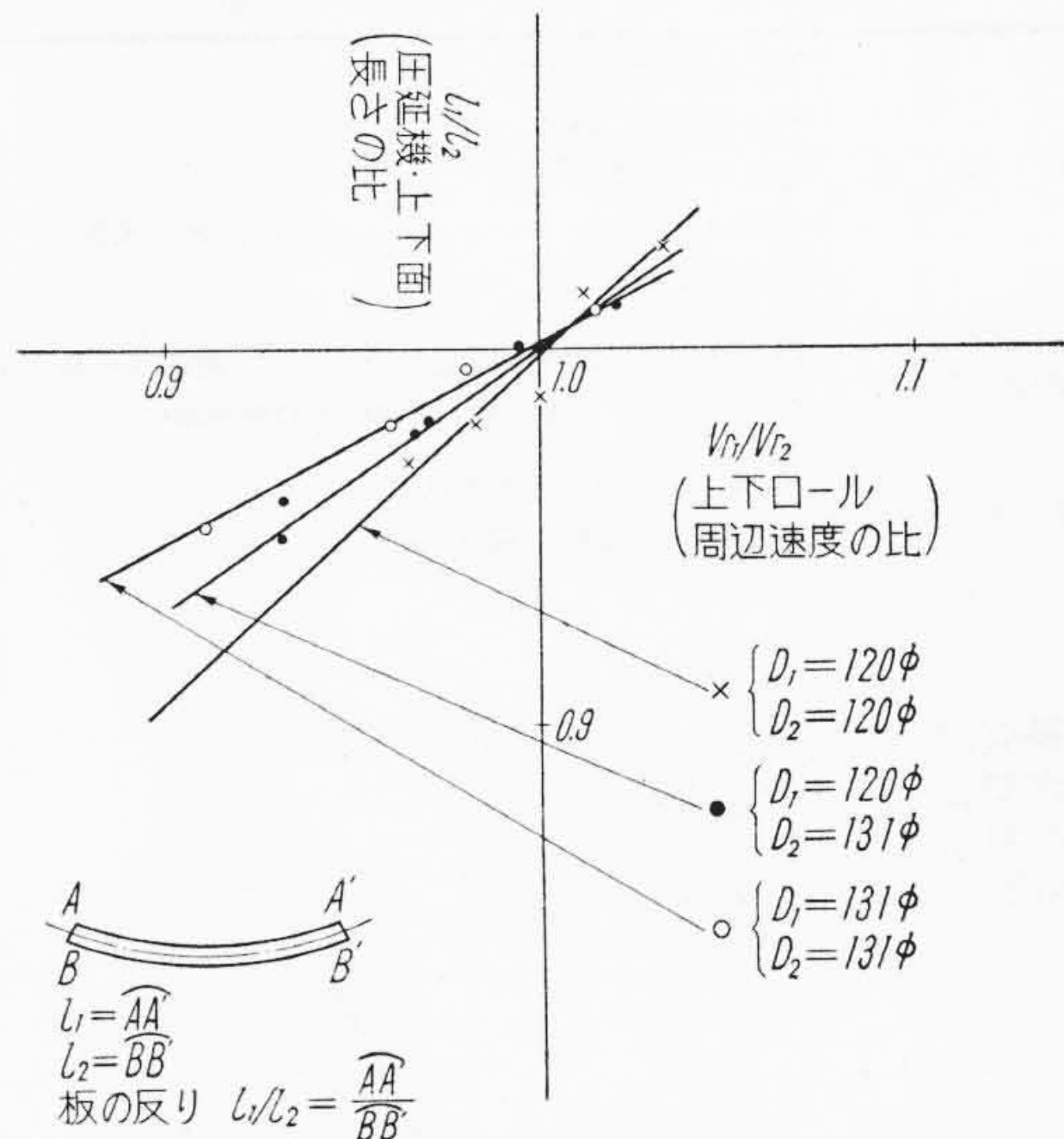
第2表 ロール周辺速度の差に対する負荷トルクの差

ロール径	$\Delta T/\Delta v$
$D_1=120\phi$ $D_2=120\phi$	50
$D_1=120\phi$ $D_2=131\phi$	20
$D_1=131\phi$ $D_2=131\phi$	6

んどそれに対する説明は報告されていない。わずかに Iron & Steel Engineer 誌 1958年4月号に U.S. Steel Co. の実験結果が報ぜられている程度のものであるが、これによると上下とも 450φ ロールを用いた場合25%の圧下率で1%のロール周速の差は約14%の負荷分担の変動となり、かつ、この関係数値は上ロール 400φ 下ロール 490φ の組合せでも変らなかったということを報告している。この点われわれの実験と多少異なっているようでありなお詳細検討を要する事項と思われる。

ただしこの U.S. Steel Co. の実験では圧延材は厚み 12 mm 温度 2,200°F のスラブである。このほかこれら数値としてはロール、圧延機の諸元は不明であるが、Westinghouse Electric Corporation で約4%のロール周速の差が30%の負荷分担の変動となりまた約7%のロール周速の差は50%の負荷分担の変動を生ずると報告している。

次に板のそりについて考えると、第4図よりロール周速の差が大になるにつれてそのそりの程度の増し方は大となっているが、その差が小さい部分では第3表に示すような関係となる。これよりロール径を小さくするにつれてロール周速の差に対して板のそりの程度が大きくな



第4図 双電動機駆動方式におけるロール周辺速度と板のそり（熱間圧延）

第3表 ロール周辺速度の差に対する板のそり

ロール径	$\Delta l/\Delta v$
$D_1=120\phi$ $D_2=120\phi$	0.9
$D_1=120\phi$ $D_2=131\phi$	0.7
$D_1=131\phi$ $D_2=131\phi$	0.5

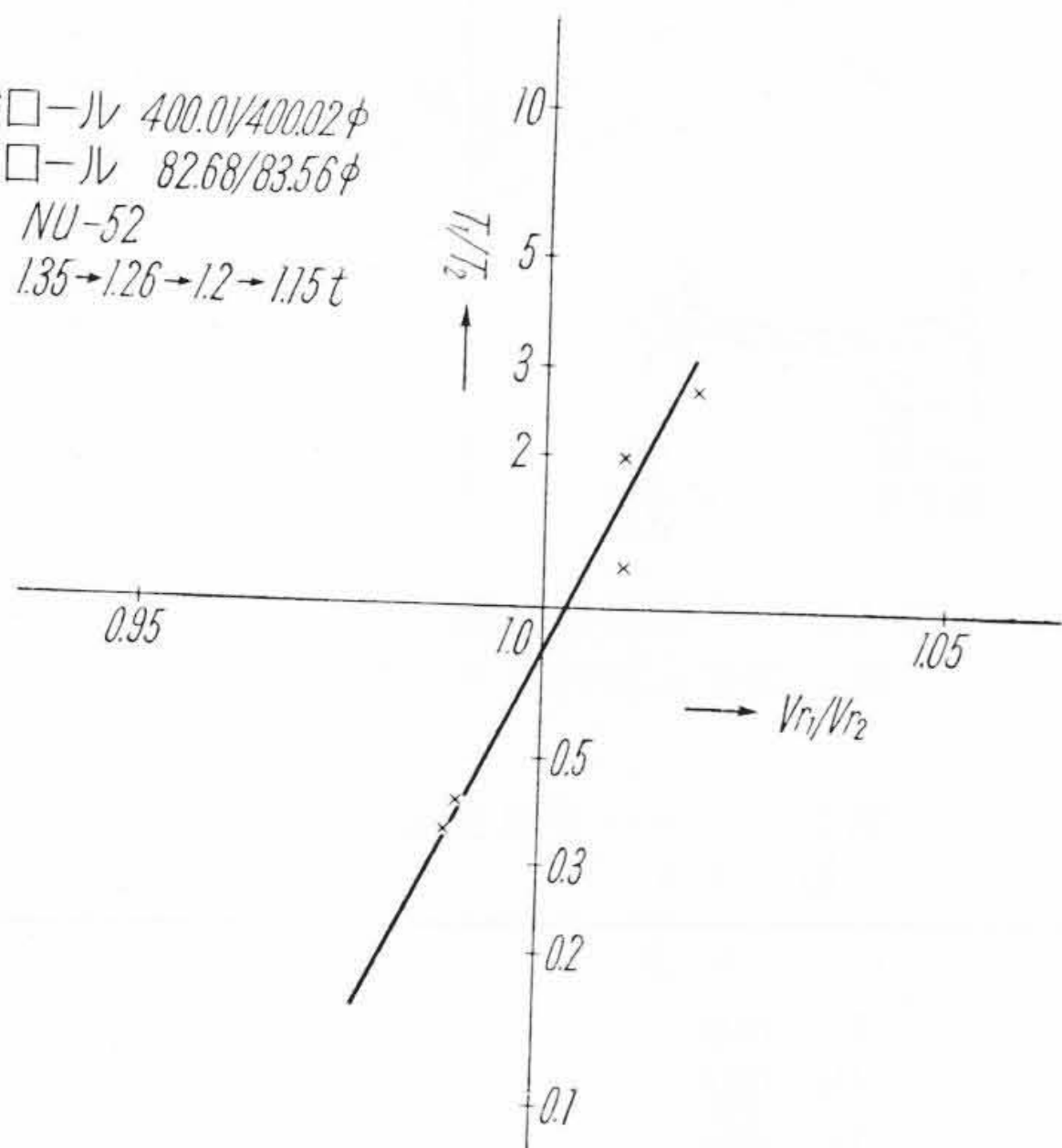
っていくことがわかる。なお U.S. Steel Co. の上記報告でもこの板のそりについて言及しており、われわれと同一の定義による板のそりは、ロール径が上下とも 400φ の場合、上ロール 400φ 下ロール 490φ の組合せの場合いずれもロール周速の差に対して同一関係を保持し、ロール周速1%の差は板のそりすなわち上下表面圧延距離の比約1.2%の差を惹起すると報告している。

ロール径が上下で異なった場合の所要回転力比については第3図より知ることができる。すなわち上下ロールの周速が等しく、かつ上下ロール径が等しい場合には、上下の回転力比は約1.2であるものが、上ロールが下ロールよりも約10%小さいときには、その比は約1.1となり、所要回転力はロール径にほぼ比例していることがわかる。この関係は U.S. Steel Co. の報告よりもただちに知ることができる。すなわち上下ロールの径がともに 450φ で周速が等しい場合、上下の所要回転力比は約1.2であるに対し、上ロール 400φ、下ロール 490φ の場合にはその比は約1.0となり同実験ではロールのパス高さと入口テーブルのパス高さの差はたいした意味をもたなかったとあるので、やはり所要回転力比はロール径にほぼ比例することがわかる。そしてさきに述べたように、板が

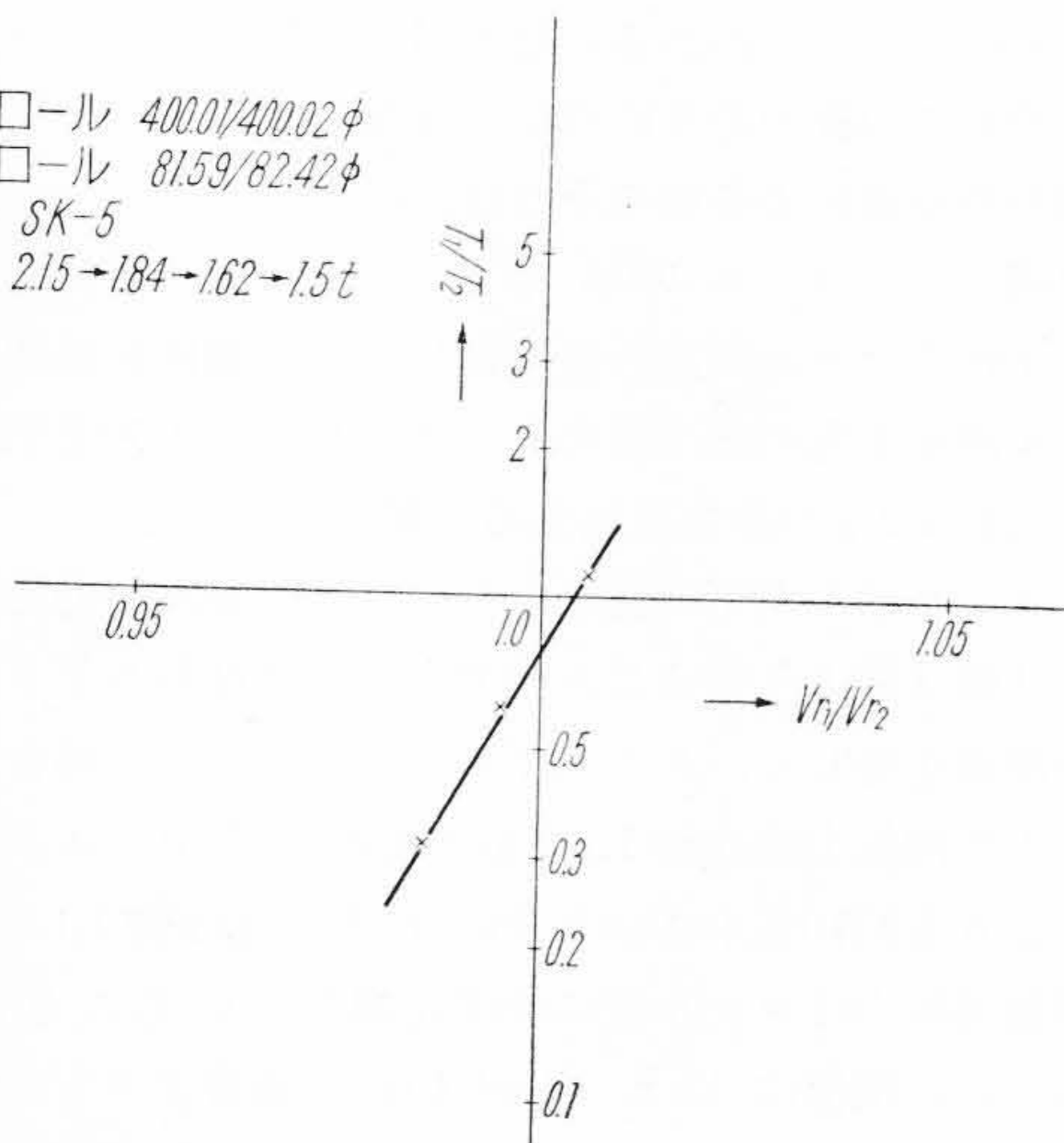
第4表 冷間圧延機仕様

圧延機	4重可逆冷間圧延機 80φ/400φ×300L
	控えロール駆動方式 作業ロールとデフレクタロールとの距離=920 鋼帯張力=約3t~0.3t
駆動用電動機	75kW(100HP) 直流電動機×2台 補強ロール双電動機駆動方式 ±440V ±500/1,000rpm
リール電動機	40kW(55HP) 直流電動機 ±220V ±400/1,600rpm

補強ロール 400.01/400.02φ
作業ロール 82.68/83.56φ
材料 NU-52
板厚 1.35→1.26→1.2→1.15t

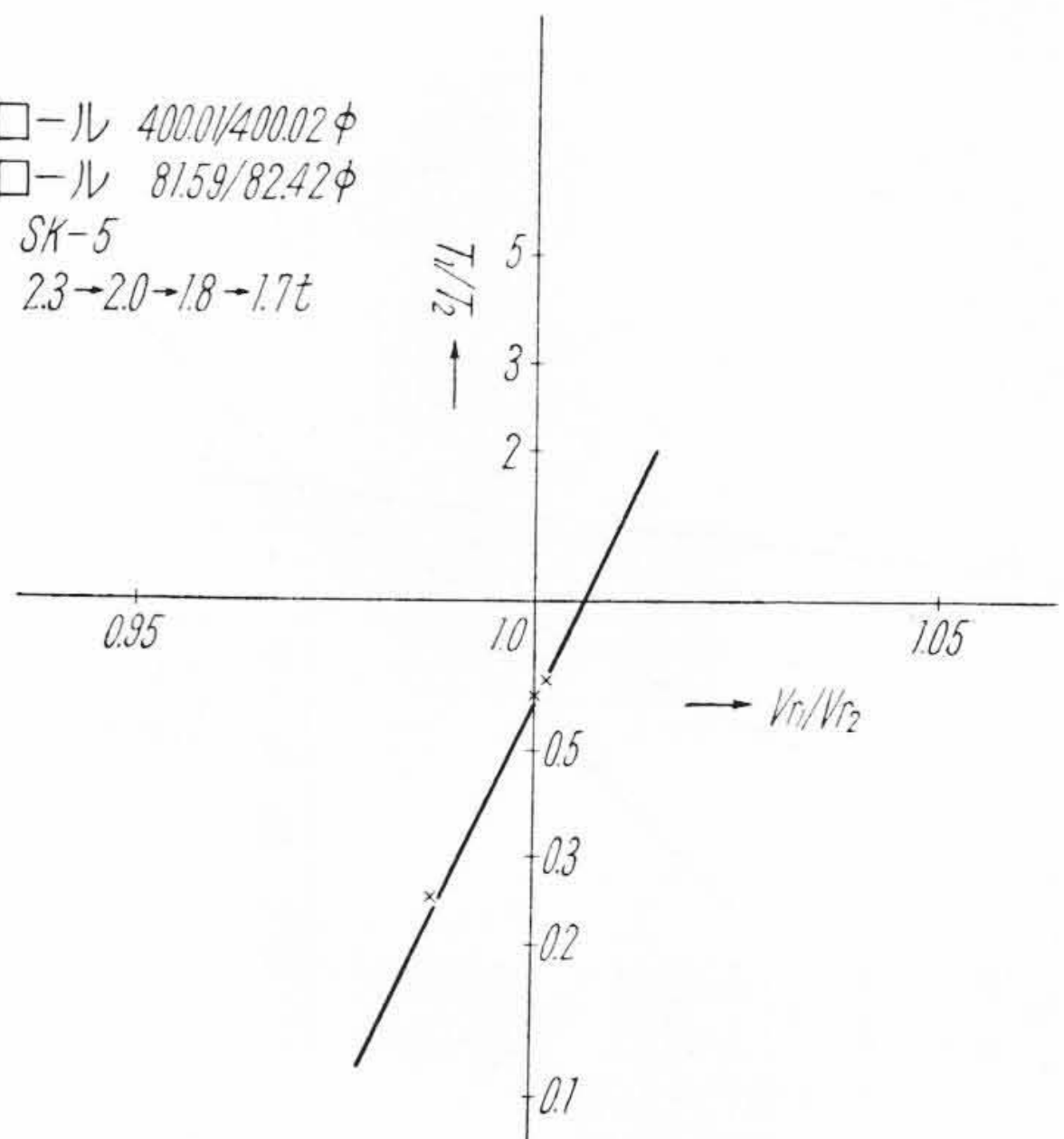
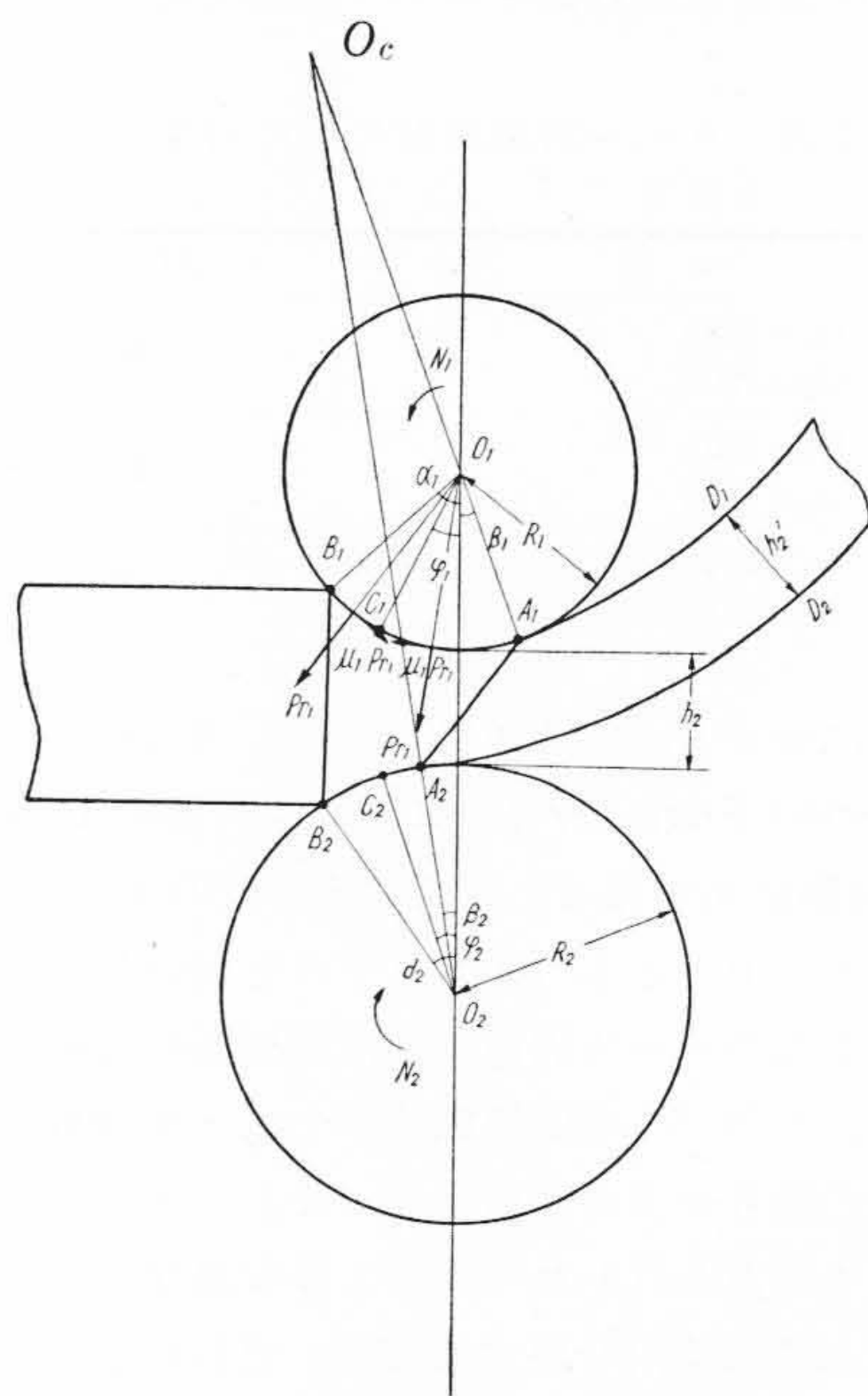
第5図 双電動機駆動方式におけるロール
周辺速度と負荷トルク(冷間圧延—その1)

補強ロール 400.01/400.02φ
作業ロール 81.59/82.42φ
材料 SK-5
板厚 2.15→1.84→1.62→1.5t

第6図 双電動機駆動方式におけるロール
周辺速度と負荷トルク(冷間圧延—その2)

まっすぐに出るためにはロールの周速が等しいという結論と組み合わせるとき、ロール径が異なった場合でも板をまっすぐに圧延するにはロール径の相等しい場合と同一の馬力分担比で電動機の手速のみ変えて負荷制御をす

補強ロール 400.01/400.02φ
作業ロール 81.59/82.42φ
材料 SK-5
板厚 2.3→2.0→1.8→1.7t

第7図 双電動機駆動方式におけるロール
周辺速度と負荷トルク(冷間圧延—その3)

第8図 圧延状況(板がそる場合)

ればよいことを意味する。

4. 冷間圧延の場合の実験

第5, 6, 7図に示すものは第4表に記載したような圧延機において上下ロール周速比を変えた場合の負荷分担比の変化の関係を示すものである。熱間圧延の場合と同じくロール周速の差が大になるにつれて負荷分担の変化の割合は増大していくのがわかる。この場合板厚、圧下の大小にあまり関係せず1%のロール周速の差は約40~50%の負荷分担の変化を惹起しているようである。

5. 理論的考察

今一般化するために板がそる場合につき考える。第8図にそれを示す。

ここでは Rc は板の内側の曲率半径であり β_1, β_2 はそれぞれ板の上下における出口角がある。2章で考えたのと同じようにここでは $A_1B_1B_2A_2$ 部分の力のつり合について考える。しかるときまず垂直方向の力のつり合として

$$Pr_1R_1\left\{\alpha_1+\beta_1+\mu_1\left(\frac{\alpha_1^2}{2}+\frac{\beta_1^2}{2}-\varphi_1^2\right)\right\} \\ =Pr_2R_2\left\{\alpha_2-\beta_2+\mu_1\left(\frac{\alpha_2^2}{2}+\frac{\beta_2^2}{2}-\varphi_2^2\right)\right\} \dots\dots (17)$$

水平方向の力のつり合として

$$Pr_1R_1\left\{\frac{\alpha_1^2}{2}-\frac{\beta_1^2}{2}+\mu_1(2\varphi_1-\alpha_1+\beta_1)\right\} \\ +Pr_2R_2\left\{\frac{\alpha_2^2}{2}-\frac{\beta_2^2}{2}+\mu_2(2\varphi_2-\alpha_2-\beta_2)\right\}=0 \\ \dots\dots\dots (18)$$

モーメントのつり合より

$$Pr_1R_1^2\left\{\left(\frac{\alpha_1^2}{2}-\frac{\beta_1^2}{2}\right)+\frac{h_2}{2R_1}\mu_1(2\varphi_1-\alpha_1+\beta_1)\right\} \\ =Pr_2R_2^2\left\{\left(\frac{\alpha_2^2}{2}-\frac{\beta_2^2}{2}\right)+\frac{h_2}{2R_1}\mu_2(2\varphi_2-\alpha_2-\beta_2)\right\} \\ \dots\dots\dots (19)$$

が得られる。次に圧下率の条件より

$$\frac{R_1\alpha_1^2}{2}+\frac{R_2\alpha_2^2}{2}=h_1-h_2 \dots\dots\dots (20)$$

また第8図の幾何学的図解より

$$\beta_2(Rc+R_2)=\beta_1(Rc-R_1) \dots\dots\dots (21)$$

$$h'_2=h_2-\frac{(Rc-R_1)(R_1+R_2)}{2(Rc+R_2)}\beta_1^2 \dots\dots\dots (22)$$

また

$$\frac{v_1}{v_2}=\frac{Rc}{Rc+h'_2} \dots\dots\dots (23)$$

$$v_1=R_1N_1\cos\varphi_1\frac{h_2}{h_2}\left\{1+\frac{R_1}{2h_2}\varphi_1^2\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\right\} \dots\dots (24)$$

$$v_2=R_2N_2\cos\varphi_2\frac{1+\frac{R_2}{2h_2}\varphi_2^2\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)}{1+\frac{R_2}{2h'_2}\beta_2^2\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)} \dots\dots\dots (25)$$

次にロールの所要回転力は上ロールの場合

$$T_1=\int_{\varphi_1}^{\alpha_1}\mu_1Pr_1R_1^2d\theta-\int_{-\beta_1}^{\varphi_1}\mu_1Pr_1R_1^2d\theta \dots\dots\dots (26)$$

下ロールでは

$$T_2=\int_{\varphi_1}^{\alpha_1}\mu_2Pr_2R_2^2d\theta-\int_{\beta_2}^{\varphi_1}\mu_2Pr_2R_2^2d\theta \dots\dots\dots (27)$$

である。

ここで前に用いた仮定ならびに Rc は R_1, R_2 に比し十分大きい場合につき限定して考え

$$T_1=T_0(1+\Delta T) \dots\dots\dots (28)$$

$$T_2=T_0(1-\Delta T) \dots\dots\dots (29)$$

とおく。

一般的な取り扱い是非常に複雑となるので問題を上下ロールの径が等しい場合におけるロール周速の差に対する ΔT の関係と上下ロールの周速が等しい場合にロール径の差が ΔT に及ぼす影響の二つに分けて考える。

まずロール径が等しい場合には上式より下記関係式が求められる。

$$\Delta T=-\frac{4R_0}{h_2}\sqrt{\frac{2\Delta vr}{\Delta h-2\Delta vr}} \dots\dots\dots (30)$$

$$\text{ただし } \Delta vr=|\Delta R+\Delta N| \dots\dots\dots (31)$$

で、この場合板は第8図のように上にそる場合である。これよりロール周速の差 $2\Delta vr$ に対して負荷分担の変動はロール周速の差が大になるにつれてその変化の割合が増大することがわかる。

次にロール周速が等しくロール径が異なった場合であるがこれは同じく(17)~(27)式を解いて

$$\Delta T=\Delta R \dots\dots\dots (32)$$

となる。

すなわち所要負荷回転力はロール径に比例することを知らる。

6. 結 言

圧延材がまっすぐな形で圧延されるにはロール周速をほぼ等しくすればよいであろうこと、そしてこのためには上下ロール電動機の定速度制御を行えばよいはずであるが種々な理由により現今においては上下ロール電動機の負荷分担制御で代用していることを述べ、このために駆動制御の設計上必要となるロール周速と負荷分担の関係につきわれわれの行った実験のあらましと、それに対する簡単な理論的考察を試みた。

ただしこの種圧延現象は非常に多数の要求、条件の錯綜したきわめて複雑なもので実験データにもかなり大きなばらつきが認められる。さらに理論的に解明する場合にも特に上下ロールの周速に差がある場合にそうであるが圧延材の中に仮想した垂直方向平面で区切られたセグメントがそのまま垂直方向に押しつぶされて圧延されると仮定すること、また熱間圧延において、板厚に比しロール径が十分大きいとする仮定、あるいは摩擦が介在するのにロール径方向圧力が接触弧全域にわたって均等とする仮定、冷間圧延におけるロール平坦化の無視などかなり乱暴な仮定を用いている点にも問題がある。しかしながら圧延材の中の応力分布を考慮し、これを不均等なものとしてそ性変形条件を用い、さらにこれにロール平

平坦の問題を加味して上下ロール径の差異、さらにその周速の異なる場合について一般的に解明することは至難といわなくてはならない。

なお実際にロール周速と負荷分担の関係はそのときのロール径、圧延材の厚み、圧下率、そ性変形抵抗など多種多様の諸元により影響されるはずであり、以上の実験結果を定量的に一般に適用することはもとより不適當であり、さらに厚板圧延機のように圧延材の一面は終始テーブルローラと接触し、上下の温度の異なると考えられるもの多カリバーのロールでロール圧延面の高さテーブルローラ高さが種々異なるものなどについてもそれだけの考慮を払わなくてはならない。また標準状態であってもロール径の異なるとき所要負荷回転力はロール径に比例するという推論もさらに慎重に多数の実験を積み重ねる要があると思われる。

駆動制御の設計の上からは、われわれはこのような複雑なかつ不確定の要素の多い現象の制御に対し、すべての事態に対処しうるような融通性のある内容をもった設計を行うことが必要である。

以上われわれの行った実験と、適当な仮定を用いて得た理論的考察に対し、われわれの考えを述べ、さらに一般的な結論をうるには検討を続行することの必要性を説いた。しかしこの実験結果あるいは理論的な考察はこの複雑な現象解明上少なくとも一つの指針となるものと信ずる。この点諸賢の御批判を仰ぎ、さらに本問題の研究を進めたいものとする。最後に本実験に協力いただいた日立製作所日立工場白木氏、日立研究所前川主任、小西研究員そのほか日立工場の関係諸氏に厚く御礼申上げる。



特許の紹介

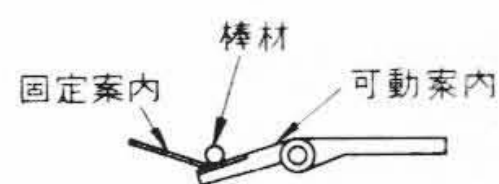


特許第233847号

原 口 成 人

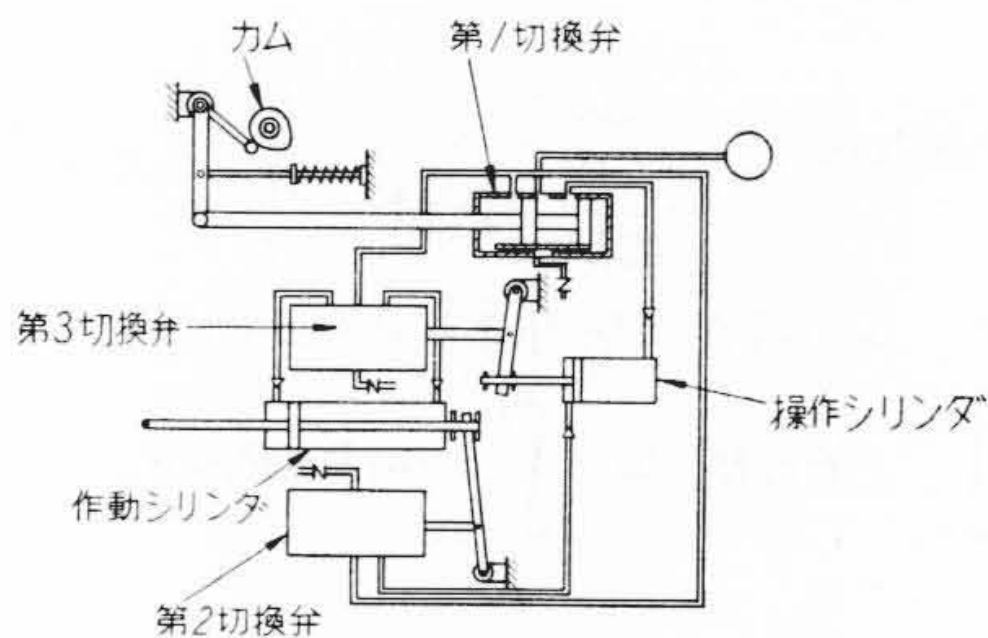
丸棒走間剪断機の可動ガイド操作機構

棒材を連続的に走行させながらこれを一定の長さに剪断する丸棒走間剪断機においては棒材の被剪断部分を一時的に支持し、剪断後その支持を解除してこれを下方に落下させる働きをする可動案内装置が設けられる。第1図はこの種案内装置の一例を示すもので1は固定案内、2は可動案内、3は棒材である。この可動案内装置は剪断後の棒材を落下させるために開いたのち、引き続き送られてくる棒材を支持するために急速に元の閉じられた状態に回復する必要がある、しかもこの動作指令は剪断指令と同期的に与えられる一方、剪断速度や剪断長さの変化とは独立して調整できるものでなければならない。



第1図

本発明は油圧機構によって上述の目的動作を遂行できるようにしたもので丸棒の剪断動作と連動する第1切換弁、この第1切換弁によって送られる圧油によって案内を開く作動シリンダ、この作動シリンダの動作に追従して一定時間後に動作する第2切換弁、この第2切換弁によって送られる圧油によって動作する操作シリンダおよびこの操作シリンダの動作に追従して一定時間後に動作しそれによって前記動作シリンダを旧位置に復させるとともに前記案内を閉じるところの第3切換弁などによって構成されるものである。(高橋)



第2図