

Fig. 4. Relation between the mean specific pressure and the velocity-modified temperature.

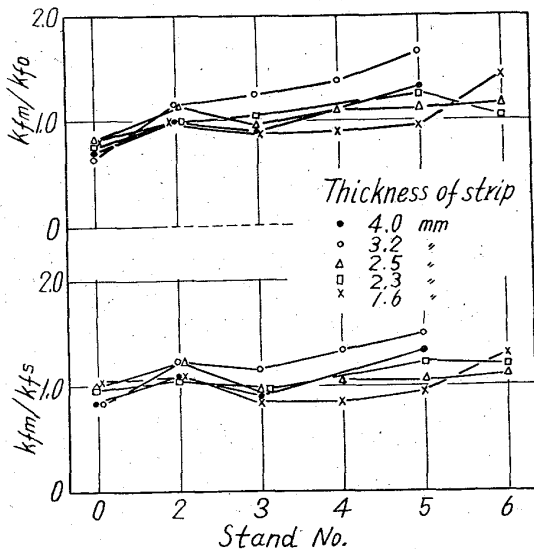


Fig. 5. Comparison of the measured mean specific pressure with the calculated value of Orowan's and Sims' equations. K_{fm} : measured mean specific pressure K_{fo} : calculated value of Orowan's equation k_{fs} : calculated value of Sims' equation

実測値より求めた平均変形抵抗と OROWAN および SIMS が導いた理論式による計算値との比較を行つてみた。計算にあたり井上²⁾の高速度引張試験によつて求めた低炭素鋼の変形抵抗の測定値を用いた。Fig. 5 に実測値より求めた平均変形抵抗と OROWAN および SIMS の両式より求めた値との比較を示す。OROWAN および SIMS のいずれの式によつて求めた変形抵抗も大差のないものであつたが、OROWAN の値は第 1 スタンドのみが若干低目であつた。一般的に実測値より求めた平均変形抵抗は計算式より求めた値よりも高目で両者の比は SIMS の場合が約 0.8~1.5 で OROWAN の場合約 0.7~1.6 の範囲内にあつた。実測値との相違の原因は圧延荷重の測定精度と正確な圧延温度および圧下率の推定が困難なこと

などによるものと考えられる。しかし実用上の範囲内では連続ホットストリップミルの圧延荷重を理論式を用いて推定できることが明らかになつた。

VI. 結 言

1. 連続ホットストリップミルの仕上圧延機の圧延荷重は第 6 号スタンドを除いて板厚 3.2~2.3mm 材では単位巾あたり約 0.9~1.1 t である。
2. 平均変形抵抗は出口スタンドに進むにつれて次第に上昇することが認められ歪速度(ϕ)および歪速度修正温度(T_m)との関係が認められた。
3. OROWAN および SIMS の両式を用いて計算した結果と実測値を比較すると実測値が若干高目となつた。

文 献

- 1) J. C. FISHER & C. W. MACGREGOR: J. Appl. Mech., 67 (1945) A-824, 68 (1946) A-11
- 2) 井上勝朗: 鉄と鋼, 41 (1955) 5, 6, 8
- 3) E. OROWAN & K. J. PASCOE: J. Iron & Steel Inst. (U. K), Special Report No. 34 (1946)
- 4) R. B. SIMS: Proc. Inst. Mech. Eng., 168 (1954) p. 191~200

621, 771, 237, 016, 2, 014, 3, 621, 771, 068
(102) ダウンコイラの作業経験と捲取

状態の判別式 63102

(ホットストリップミルのダウンコイラに

関する研究—I) 479~481

八幡製鉄所戸畑製造所 ○木村達也

Experience in Down-Coiler Operation of a Hot Strip Mill and a Discriminant of Coiling Conditions.

(Study on a down-coiler for hot strip mill—I)

Tatsuya KIMURA.

I. 緒 言

ホットストリップミルによる生産は、近時量的に増加したばかりでなく品種および寸法的にも多様化した。中でも造管用、造船用および各種構造用材などの厚手かつ巾広のものの生産に当つては捲取可能限界が直接その工場の製造可能寸法を決定する場合があります。捲取可否について問題となることが多い。一方、通常のホットストリップミルに設置されているピンチロールおよびマンドレルで構成されたダウンコイラに関して、捲取可能限界を求めるのに有力な手懸りとして直接使用できるような計算式は無く、例え有つたとしても公表されたものは無いようである。そこで既設の捲取機についてはその捲取可能限界を無駄なく用い、また新設する場合には適切なる容量のものを決定する指針として以下に簡単な解析を試みた。

II. ダウンコイラの操作

Fig. 1 によつて説明する。同図は仕上圧延機から出てきたストリップの頭端がピンチロールおよびラップロールに誘導されてマンドレルに捲付いた状態を示している。この後ラップロールを図示点線のごとく外方に開き

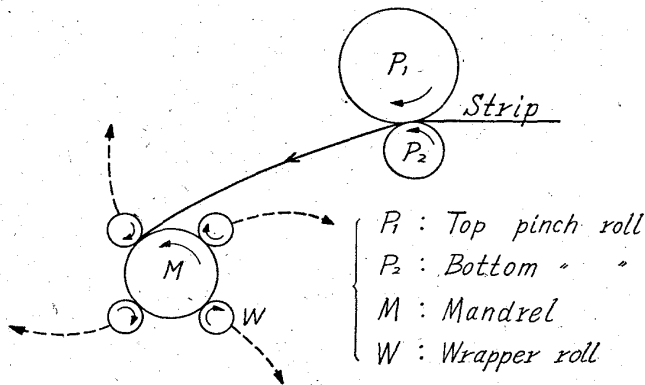


Fig. 1. Schematic drawing of down-coiler.

捲取りはマンドレルのみによつて仕上圧延機との間で若干張力をかけながら行われる。つぎにストリップ尾端が仕上圧延機を抜ければピンチロールモータを発電機として作動させピンチロールとマンドレルの間で張力をかけて尾端までを捲取る。

III. 作業経験

ダウンコイラに依る捲取作業についての経験を要約すればつぎのごとくである。

(1) ピンチロールおよびマンドレルモータの所要馬力

ストリップの速度および巾に関して、これらの馬力は比例したものを必要とする。板厚に関しては厚手のもの程大きな馬力を要する。さらに材質に関しては硬質のものほど(同一材質であれば捲取時のストリップ温度が低いほど)大きい馬力を必要とする。

(2) ラップロールの操作

先述のごとくラップロールはストリップ頭端をマンドレルに捲付けた後外方に開くのが普通である。しかし板厚がある程度以上のものになると捲付後しばらくラップロールを閉じたまま保持し可成りの捲付回数を与えてからでないと、開いた場合にコイル内面とマンドレルがスリップを生じ捲取困難に陥るようになる。板厚がさらに厚くなるとこの状態がいちじるしくなり、その場合ストリップの頭端から尾端までラップロールを開かず常にコイル外面に押付けたまま捲取らねばならないようになる。この場合、捲取後のコイルをマンドレルより取出しコイルの軸方向を鉛直に立てて床上に置くと捲取時にできた多少の左右捲ずれが均らされてしまうのが見受けられる。すなわちコイルは十分に捲締められたもの(タイトコイル)ではなく実質上ルースに捲かれたものといえる。さらにタイトルとルースコイルの限界はストリップ材質が硬くなる程板厚の簿手側に移行する。Table 1 は八幡製鉄(株)戸畑製造所第2熱延工場における1例である。

IV. 解析

(1) 張力を加えた場合の板の塑性曲げモーメントの板にかかる単位巾当りの外部張力を K' 、板内面および外面の曲率半径をそれぞれ a および b とし、Tresca の降伏条件を用いて板の曲率半径 a 上における単位巾当りの塑性曲げモーメント M'_{op} をもとめると次式を得る。

$$M'_{op} = Y(a^2 + b^2 - 2C^2) / 4 - aK' / 2 \dots\dots\dots (1)$$

Table 1. Influences of strip thickness and coiling temperature on coiling operation.

		Strip thickness	
		6.5mm	9.5mm
Coiling temperature	600°C	Loose coil, Can open wrapper rolls after several wrappings on the mandrel	—
	680°C	Tight coil, Can open wrapper rolls early	Loose coil, Can not open wrapper rolls during coiling

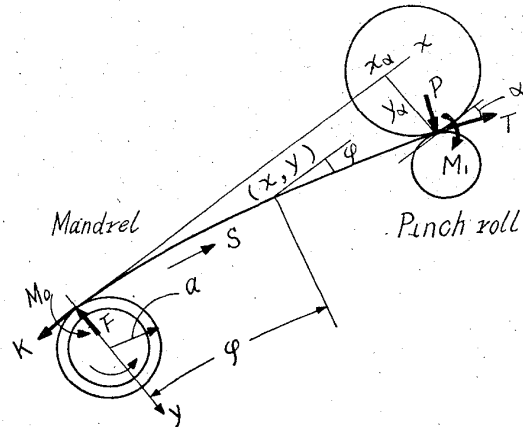


Fig. 2. Forces acting on strip.

ただし $C^2 = a \cdot b \cdot \exp. [-K' / (Y a)] \dots\dots\dots (2)$
 Y は板の降伏応力

(2) 曲げモーメント式の簡単化

板厚を t と示せば、実作業において $K' \leq t \cdot Y$ なるべき故、仮りに $K' = t \cdot Y$ とし (2) 式に代入すれば $C^2 = a \cdot b \cdot \exp. (-t/a)$ となる。所で実際設備において t/a は極めて小さく概略 1/30 以下である。従つて $C^2 = a \cdot b$ とし差支えない。この結果 (1) は式ぎつのように簡単化される。

$$M'_{op} = Y \cdot t^2 / 4 - aK' / 2 \dots\dots\dots (3)$$

(3) ピンチロールとマンドレル間の板の弾性曲線

Fig. 2 は捲取中の状態を示すものとする。板が捲付けられている点を原点として図示の方向に x および y 軸を取る。ピンチロールとマンドレルの間にある板に着目し、その両端で板に作用する接線方向およびノルマル方向の力を T, K および P, F としさらに曲げモーメントを M_1 および M_0 とする。該部分について力の釣合いから次式を得る。

$$x \text{ 方向 } K = T \cos \alpha - P \sin \alpha \dots\dots\dots (4)$$

$$y \text{ 方向 } F = P \cos \alpha + T \sin \alpha \dots\dots\dots (5)$$

また、任意の点 (x, y) における曲げモーメント M_ϕ は $M_\phi = (x_a - x)F - (y_a - y)K + M_1 \dots\dots\dots (6)$

つぎに該部分の弾性線の方程式を考える。原点より弾性

線に沿う距離を S 、かつその点での弾性線に対するノルマルが y 軸となす角を φ とすれば

$$d\varphi/dS = M\varphi/EI \dots\dots\dots (7)$$

ここに E はヤング率、 I は断面 2 次モーメントである。
(6) 式を (7) 式に代入し、一度 S で微分した後積分を行い、 $E \cdot I(d\varphi/dS)_{\varphi=0} = M_0$ 、 $E \cdot I(d\varphi/dS)_{\varphi=\alpha} = M_1$ の境界条件と (4) および (5) 式の関係を用いると次式を得る。

$$T = K + (M_0^2 - M_1^2)/(2EI) \dots\dots\dots (8)$$

(4) 捲取状態の判別式

これまでの式において、板巾を B とし $B \cdot M'_{op} = M_{op}$ 、 $B \cdot K' = K$ と示すことにする。しかして $M_0 < M_{op}$ かつ $\rho_0 = \alpha$ の場合コイルは弾性的に捲かれたものとなり、 $M_0 = M_{op}$ かつ $\rho_0 \geq \alpha$ の場合は塑性的に捲かれたものとなる。ここに ρ_0 とは $\rho_0 = EI/M_0$ をいう。

a) コイルが弾性的に捲かれる場合

上述に依つて $E \cdot I/a < BYt^2/4 - \alpha K/2$ が成り立つ。整理すれば次式を得る。

$$K < BYt^2/2a - 2EI/a^2 \equiv \Phi \dots\dots\dots (9)$$

一方、(8) 式の T は $T \leq BtY$ なるべきであり、また M_1 は板の形状、仕上圧延機と捲取機間の張力などによつて変るが、全般的に塑性曲げを生ぜしめるほどのものではないから、これを省略して次式を得る。

$$K < BYt - M_0^2/2EI \dots\dots\dots (10)$$

(10) 式において、この場合 $M_0 = EI/a$ を代入すれば $K < BtY - EI/(2a^2) \equiv \Theta$ を得るが簡単な計算により $\Phi < \Theta$ が証明されるから結局この場合の条件としては (9) 式となる。

b) コイルが塑性的に捲かれる場合

上述に依つて $E \cdot I/a \geq E \cdot I/\rho_0 = BYt^2/4 - \alpha K/2$ が成り立つ。整理すれば次式を得る。

$$K \geq \Phi \dots\dots\dots (11)$$

一方、(10) 式においてこの場合 $M_0 = M_{op}$ を代入し整理すれば、

$$f(K) \equiv 4a^2K^2 + (32EI - 4BYt^2a)K + B^2Y^2t^4 - 32EIBYt < 0 \dots\dots\dots (12)$$

を得る。 $f(K)$ を吟味すると 2 実根 ϕ_1 および ϕ_2 を有する。さらに Φ と比較すると $\phi_1 < \Phi < \phi_2$ が証明されるから結局この場合の条件としてはつぎのようになる。

$$\Phi \leq K < \phi_2 \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{ただし } \phi_2 = [(BYt^2a - 8EI) + 4\sqrt{EI\sqrt{4EI - BYt^2a} + 2BYta^2}]/(2a^2)$$

V. 結 言

ホットストリップミルのダウンコイラに関して、本報では従来の経験を要約すると共にコイルが弾性的に捲かれるかまたは塑性的に捲かれるかの判別式として、ストリップの厚みと巾、降伏応力、ヤング率、コイル半径および捲取時の張力間関係を明らかにした。

文 献

- 1) R. HILL: (鷲津, 山田, 工藤共訳): 塑性学, p. 288

62/1771, 237, 016, 2, 014, 3, 621, 771, 068
(103) ピンチロールおよびマンドレルの

所要馬力の解析

(ホットストリップミルの

ダウンコイラに関する研究—II) 48/1, 482

八幡製鉄所戸畑製造所 ○木村達也

Calculation of the Required Power for Pinch Rolls and a Mandrel, and Comparison of the Results with Experience (Study on a down-coiler for hot strip mill—II)

Tatsuya KIMURA.

I. 緒 言

第 I 報において、捲取状態の判別式を導いたが、その過程において簡単化された曲げモーメントの式とピンチロールとマンドレルの間の張力の関係を得た。本報ではこれらを用いてピンチロールに要する制動馬力およびマンドレルに要する捲取馬力を求める式を導出する。つぎに第 I 報にて述べた経験と解析結果の比較を行う。

II. マンドレルに要する捲取馬力

ストリップの速度を V とし、その他の記号は前報の通りとする。記号の単位をメトリック系にて表わすと、マンドレルに要する捲取馬力 IP_m はつぎのごとくになる。

(1) 弾性的に捲取する場合

$$IP_m = V(M_0 + \alpha K)/(75 \cdot a) \dots\dots\dots (1)$$

この場合前報 IV-(4) より $M_0 = EI/a$ であるから (1) 式はつぎのものになる。

$$IP_m = V[EI/a + \alpha K]/(75 \cdot a) \dots\dots\dots (2)$$

(2) 塑性的に捲取する場合

この場合前報 IV-(4) より $M_0 = M_{op} = BYt^2/4 - \alpha K/2$ であるから、これを (1) 式に代入すれば次式が得られる。

$$IP_m = V(BYt^2/4 + \alpha K/2)/(75 \cdot a) \dots\dots\dots (3)$$

特に $K = \Phi$ について (3) 式を計算すると次式が得られる。

$$IP_{m,K=\Phi} = V \cdot B \cdot t^2 [2Y - Et/(3a)] / (300 \cdot a) \dots\dots\dots (4)$$

また、 $K = 0$ について (3) 式を計算すると次式が得られる。

$$IP_{m,K=0} = V \cdot B \cdot Y \cdot t^2 / (300 \cdot a) \dots\dots\dots (5)$$

III. ピンチロールに要する制動馬力

ピンチロールに要する制動馬力を IP_p と示す。

(1) 弾性的に捲取する場合

$$IP_p = T \cdot V / 75 \dots\dots\dots (6)$$

第 I 報 IV-(4) に述べたごとく、第 I 報 (8) 式中の M_1 を省略して (6) 式に代入すればつぎのごとくになる。

$$IP_p = V[K + M_0^2/(2EI)]/75 \dots\dots\dots (7)$$

この場合 $M_0 = EI/a$ であるから結局つぎの式が IP_p となる。

$$IP_p = V[K + EI/(2a^2)]/75 \dots\dots\dots (8)$$

(2) 塑性的に捲取する場合

この場合 $M_0 = M_{op} = BYt^2/4 - \alpha K/2$ であるから、これを (7) 式へ代入して次式を得る。