

(124) 熱間圧延の研究

日本精工 南部 信吉

Study of Hot-Rolling.

Nobuyoshi NAMBU.

I. 緒 言

圧延技術者がパススケジュールを立案し、均一な製品を計画するにも、軸受設計者が軸受を設計するにも、もつとも必要なことは、パスごとの圧延力を知ることである。熱間圧延力を速かに計算する方法は EKELUND の式がもつとも広く用いられている。然しこれは炭素鋼のみに利用されるもので多くの鋼種に対して用いられない。熱間圧延の理論的考察は SIMS<sup>1)</sup> のものがもつとも新しく BISRA<sup>2)</sup> は広範な実験をもとに貴重な資料をわれわれに呈供している。然し理論的にこの方法を実施することは非常に繁雑で、ある程度の簡便法が E. C. LARKE<sup>3)</sup> の著書に記載されている。筆者は数種の材料について熱間の基準平均変形抵抗を求め、これをもとにして熱間圧延力計算の方法を明らかにし、併せて生産工場において圧延力実測試験を試み、この計算方法を検討した。以下にこの研究を報告する。

II. 熱間圧延における基準平均変形抵抗

熱間圧延力は被圧延材の材質、被圧延材の温度、圧延速度、さらに他の圧延条件、すなわちロール材と被圧延材の摩擦係数、ロール径、板厚などによつて左右される。それゆえに冷間圧延力の計算よりは繁雑であるのをまぬがれない。熱間圧延力実験の数値をもつとも合理的に整理検討を加えなければ普偏性のない単なる実験に止まることが多い。筆者は KÁRMÁN<sup>4)</sup>、SIEBEL<sup>5)</sup> などの圧延理論を参考にして、基準平均変形抵抗  $K_w'$  を考え、これを  $h_1/d$  および圧延温度の函数として表記した。ここに  $K_w'$  は圧延力を扁平を考えないロールの被圧面積  $b_m \sqrt{\Delta h \cdot R}$  で除した数値である。変形抵抗は熱間圧延のときは圧延速度の差異によつて変化するから規準として  $v/d$  を一定としている。ここに

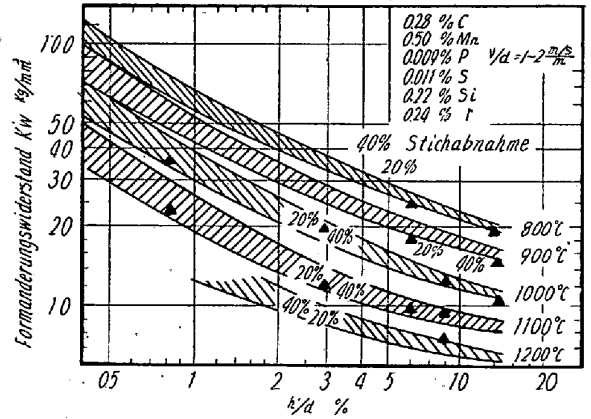


Bild. 1. Dicken-Verhältnis.

- $K_w'$ : 基準平均変形抵抗 kg/mm<sup>2</sup>
- $h_1$ : パス後の被圧延材厚さ mm
- $d$ : ロール径 mm
- $b_m$ : 被圧延材平均巾 mm
- $\Delta h$ : 圧下量 mm
- $R$ : ロール半径 mm
- $v$ : 圧延速度 m/s
- $v/d$ : m/s/m

筆者は以上の考察のもとに 9 種の材質について Bild. 1 に示すようなグラフを作成した。鉄系合金の成分は Tabelle 1 に示す。

III. 熱間圧延における平均変形抵抗

II において基準平均変形抵抗  $K_w'$  なるものを考えた。すなわち  $v/d$  を一定とし温度  $t$  と厚さ比  $h_1/d$  の函数として表示してある。今任意の圧延を考えると、そのときの平均変形抵抗  $K_w$  と  $K_w'$  との関係を知っているならば  $K_w'$  を表より求めることによつて  $K_w$  を知り、求める熱間圧延力  $P$  を次式で求めうる。

$$P = K_w' \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot b_m \sqrt{\Delta h \cdot R}$$

1. 速度係数  $a_1$

材料の変形抵抗と変形速度との間には  $\sigma = K \sigma_0 \epsilon^n$  の関係がある。圧延における変形速度の定義は研究者<sup>6)</sup> によつて区々であるが、圧延時の平均変形速度を  $M = v/$

Tabelle 1. Zusammensetzung.

Stählen Typus	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W
Kohlenstoffstahl	0.48	0.28	0.68	0.011	0.017	0.07				
Hochgekohlter stahl	1.03	0.22	0.27	0.030	0.024					
Flußeisen	0.10		0.47	0.063	0.026					
"	0.28	0.22	0.50	0.009	0.011	0.24				
18-8 rostfreier stahl	0.08	0.45	0.57	0.015	0.015	18.2	9.9	0.60		
13 Chromstahl	2.01	0.38	0.72	0.020	0.020	13.5			0.20	
Schnelldrehstahl	0.74	0.25	0.39	0.032	0.011	4.65		0.44	1.12	17.8

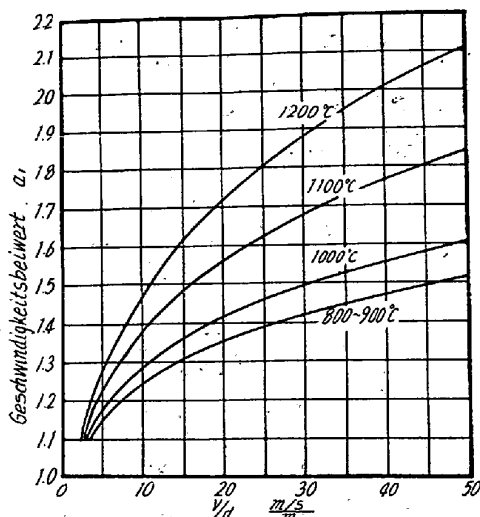


Bild. 2. Geschwindigkeitsbeiwert beim Warmwalzen für Stahl.

$l_d \cdot \ln h_0/h_1$  とすると  $M = v/d \cdot d/l_d \cdot \ln h_0/h_1$  これより  $K_w' = K\sigma_0 M^n = K\sigma_0 (v/d \cdot d/l_d \cdot \ln h_0/h_1)^n$  と記すと、任意の圧延における平均変形抵抗  $K_w = K\sigma_0 (v_n/d \cdot d/l_d \cdot \ln h_0/h_1)^n$  となり、 $a_1 = K_w/K_w' = (d/v)^n \cdot (v_n/d)^n$  この関係を表したものが Bild. 2 である。

2. キャリバー係数  $a_2$

以上は平板に関して考察したが異形の材料を圧延するときは変形抵抗が増加する。キャリバーの形状によつて大凡つぎの値を示す。  $a_2 = 1 \sim 2$

IV. 熱間圧延実験

I ~ III を確認するためにこの実験を行なつた。使用圧延機は 3 段分塊圧延機、圧延材料は、C 0.95~1.10, Si 0.15~0.35, Mn < 0.50, Cr 1.30~1.60, P < 0.030, S < 0.030 と C 0.20~0.25, Si 0.15~0.35, Mn 0.60

Tabelle 2. Stichplan u. Rechnung für Warmwalzen Block Nr. 9.

Kaliber	Gemessener Wert	Stich Nr.	Querschnitt in mm <sup>2</sup>		Breite in mm			Höhe in mm		Höhenverminderung in mm $\Delta h^{3)}$	Stichabnahme in % $\epsilon h^{4)}$	Walzendurchmesser in mm $dAm^{5)}$	Dickenverhältnis in % $h_1/dAm^{6)}$
			Vor dem Stich $F_0$	Nach dem Stich $F_1$	Vor dem Stich $b_0$	Nach dem Stich $b_1$	mittlere Breite $b_m$	Vor dem Stich $h_0^{1)}$	Nach dem Stich $h_1^{2)}$				
I (140)	158	6	110400	104000	355	360	357.5	311	289	22	7.1	575	50.2
	185	7	104000	99200	298	308	303	349	322	27	7.73	569	56.6
	160	8	99200	93500	308	313	310.5	322	299	23	7.15	567	52.8
	95	13	67800	62300	260	265	262.5	260	235	25	9.6	565	41.5
	70	14	62300	56600	265	270	267.5	235	210	25	10.6	566	37.0
II (150)	95	15	56600	50600	210	215	212.5	270	235	35	13.0	566	41.5
	18	23	25200	25000	163	163	163	155	153	2	1.29	571	26.9
III (145)	35	22	27400	25200	168	172	170	163	147	16	9.8	594	24.8
	1.5	24	25000	21000	168	175	171.5	149	120	29	19.5	587.5	20.8

Tabelle 3. Block Nr. 9

Kaliber	Gemessener Wert	Stich Nr.	Gedrückte Länge in mm $l_d^{7)}$	Gedrückte Fläche in mm <sup>2</sup> $F_d^{8)}$	Temperatur in °C $t^{9)}$	Formänderungswiderstand in kg/mm <sup>2</sup> $K_w^{10)}$	Geschwindigkeitsbeiwert $a_1^{11)}$	Kaliberbeiwert $a_2$	Mittlerer Formänderungswiderstand in kg/mm <sup>2</sup> $K_w^{12)}$	Rechnerischer Walzdruck in ton $P_{13)}$	Gemessener Walzdruck in ton $P'$	Hebelarm in mm $a$	Drehmoment in m ton $M$	Leistung $Kw$
185	7	87.5	26500	1105	7.0	1.15	1.1	8.85	234.52	230	39.4	18.1	210	
160	8	80.6	25000	1100	7.0	1.15	1.1	8.85	221.25	256	36.2	18.5	270	
95	13	84.8	22200	1080	7.5	1.14	1.1	9.40	212.44	223	38.0	16.95	360	
70	14	84.8	22600	1075	8.0	1.14	1.1	10.03	226.67	247.5	38.0	18.8	420	
II (150)	95	15	99.5	21200	1070	8.0	1.14	1.1	10.03	212.63	226	44.7	20.2	435
	18	23	23.9	3900	1030	9.0	1.13	1.2	12.20	47.58	55	10.7	1.18	180
III (145)	35	22	69.0	11700	1035	9.0	1.13	1.3	13.22	154.67	152	31.0	9.4	360
	1.5	24	92.0	15780	1025	10.0	1.13	1.3	14.56	229.75	226	41.4	18.7	540

~0.85, Cr 0.90~1.20, Mo 0.35~0.45, P<0.030, S<0.030 でインゴット重量は前者が 800 kg 後者は 1 t である。圧延力の実測は、ブレーカーの下にブロックを装入し、これに抵抗歪線を貼布し、動歪測定機 (DS6-P 型) 新興通信 KK 製とペン書オッシロ 3 素子 II-50 渡辺測器 KK 製を用いて圧延力を両側の圧下スクリー下で測定した。下表に圧延作業の一部を表示し計算の方法を示す。この表の材質は後者の材料である。以下に表の説明を略記する。

- 1)  $F_0/b_0$  2)  $F_1/b_1$  3)  $h_0-h_1$  4)  $\Delta h/h_0 \cdot 100\%$  5) ロール中心間距離— $h_1$ , 区劃キリリバーで, I, II, III とあるはボックス番号, 括弧内の数値は上中, 中下, 両ロールを接触させたときのボックス高さを示す。メーター読みとあるはスクリー的位置を示す数値である。
- 7)  $\sqrt{\Delta h \cdot d_{Am}/z}$  8)  $b_m \cdot l_d$  10) 4) 6) 9) を勘案し Bild. 1 より 11)  $v/d_{Am}$  と温度とを勘案し, Bild. 1 より 12)  $K_w \cdot a_1 \cdot a_2$  13)  $K_w \cdot F_d$

### V. 結果と考察

計算圧延力と実測圧延力は充分満足の行く一致を見た。そのためには断面積をできる限り正確に圧延順序にしたがつて記録すること, ロードセルの検定と温度は正確であることはいうまでもない。  $K_w'$  の値はあらかじめ予備的な圧延を試験圧延機で求めておくこと, 圧延スケジュール中総トルクとあるのは純圧延トルクである。熱間連続帯鋼圧延などにおいてもこのトルクを求めるには, ロールの扁平を考慮しなければトルクを正しく求めることができない場合が生ずるから注意を要する。

### 文 献

- 1) SIMS: Mech. Eng. Vol. 168, (1954)
- 2) COOK: Calculation of Roll Torque in flat Hot Rolling BISRA
- 3) E. C. LARKE: The Rolling of Strip Sheet and Plate
- 4) KÁRMÁN: Beitrag zur Theorie des Walzvorganges, Zeitschrift für angew. Math. und Mech. Vorträge der Dresdener Tagung
- 5) SIEBEL: Stahl. u. Eisen 45 (1925), S. 1563~1566  
Grundlagen zur Berechnung des Kraft- und Arbeitedarfs beim Schmieden u. Walzen V. D. Eh. Nr. 28 (1922)
- 6) W. LUEGU, H. G. MÜLLER: Stahl u. Eisen 76 (1956), S. 1343~1356

## (125) 連続鋼片圧延機の圧延荷重と圧延トルクの測定

富士製鉄釜石製鉄所

工博 小池 与作・大橋 嘉平  
戸田 陽一・熊谷 彰善

### On Measurement of Rolling Load and Torque in a Continuous Billet Mill.

Dr. Yosaku KOIKE, Kahei OHASHI  
Yōichi TODA and Shozen KUMAGAI.

#### I. 結 言

当所の連続鋼片圧延機では diamond-square 孔型の繰返しにより 200mm φ ブルームを 96mm φ ビレットに圧延している。その各スタンドに加わる圧延荷重およびトルクを測定し, 平均圧延力とトルクアーム係数を求めてみた。またスタンド間の鋼片に働く引張力および誘導装置が圧延荷重やトルクにおよぼす影響についても若干調査した結果を報告する。

#### II. 測定概要

##### (1) 圧延機

連続鋼片圧延機は 6 スタンドからなり, 3000kW のミル。モーターより減速機を経て長軸を回転し, こに取付けられている 6 コの傘歯車を介してカムワルツから各ロールを駆動するようになっている。孔型は No.1, 3, 5 スタンドが diamond, No.2, 4, 6 スタンドが square 孔型である。その他の各スタンド諸元を Table 1 に示す。

##### (2) 圧延鋼片

測定を行なった鋼種は SS41 鋼で, 6 t 鋼塊を分塊圧延機で 20mm φ に圧延し, それを長さ 5 m のブルーム 3 本に切断して連続圧延機を通過させた。したがって 1 本目のブルームと 3 本目のブルームの No.1 スタンド嚙込のときの温度差が約 50°C であった。

##### (3) 圧延荷重およびトルクの測定

圧延荷重はロードセルを圧下スクリーウの下に取付けて測定した。圧延トルクの測定はロールと傘歯車間には適当な測定個所がなかつたため長軸表面に数箇所ストレインゲージを貼りつけて測定した。なお長軸に実際に振りモーメントを加えてゲージの歪検定を行なった結果と計算式から求めた歪みとは非常によく一致していた。

#### III. 測定結果

Fig. 1 に各スタンドの圧延荷重と平均圧延圧力を, Fig. 2 に圧延トルクとトルクアーム係数を各ブルームごとの平均値で示した。これらの図にみられるごとく 1 本