

Table 2. Relation between work roll crown and plates crown in actual measurement.

(Up to 3 hours after rolling start)

Buck up roll diameter (mm)	Work roll diameter (mm)	Crown (mm)	Plate thickness (mm)	Plate width (mm)	Average plates crown (mm)
1460~1480	870~880	0	19~20	2600~2700	0.27
		0.10	20~21	2500~2600	0.20
		0.20	16~17	2600~2800	0.15

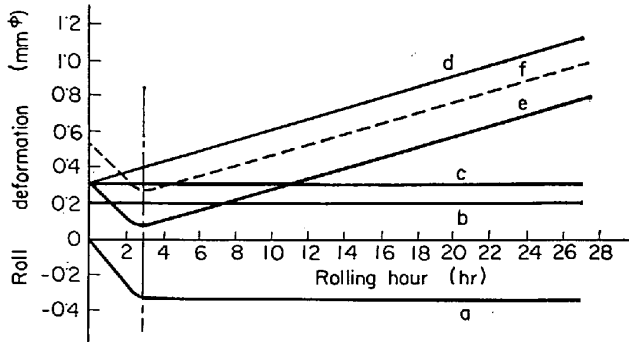


Fig. 4. Relation between roll deformation and rolling hour.

この図からクラウン寸法がわかるように上ロールのみの場合を作図した。またこの場合のバックアップロール径は 1460 mm φ, ワークロール径は 880 mm φ で、その他の数値は平均値を採用した。図中 a はワークロール中央の熱膨張による中高量で 3hr 以後は 0.34 mm φ, b は圧延荷重 1000 t とした場合のロール撓み量(または撓みによる鋼板中厚の 1/2) 0.21 mm, c はバックアップロール使用 3 週間後の半径当たりの摩耗量 0.12 mm に b を加えたもの, d はワークロール直径での摩耗量で 27hr 使用後 0.80 mm φ と b, c の数値を加えたもので 3hr 使用後は 0.09 mm φ, の摩耗量とみてよい。e はロール変形の合成で (b + c + d) - a で、3hr 目の e min の値は 0.08 mm φ となる。つぎに圧延荷重 2000 t の場合のロール変形の合成は同様にして破線 f で表わされ、3hr 目の f min は 0.28 mm φ となる。したがってワークロールのクラウンは 0.08~0.28 mm φ の範囲で付加すればよい。種々のクラウン形状のロールを使用して試験した結果、バックアップロール使用後 4 週目には 0.20 mm φ のクラウンを上下ロールに付けることが効果的に中厚を減少し、最も作業条件に適していることがわかった。またバックアップロールの摩耗の少ない時期には 0.2mm φ より少量のクラウンを適当に付加すればよい。なお実際には鋼板形状を良好にするため、ワークロール組入直後は中間サイズの板巾を圧延し、つぎに最大巾、そして次第に巾のせまい鋼板を圧延しているためクラウンの付加と相まって、全期間を通じ中厚量は非常に微少である。

Table 2 はバックアップロール使用 4 週目に、フラットロールと 0.1 mm φ, 0.2 mm φ のクラウンを上下ロールに付加してワークロール組入使用開始 3hr 以内に圧延した鋼板中厚の実測平均値で、明らかに、クラウンの効果で中厚は減少し、好結果が得られた。しかし鋼板寸法など若干バラツキのある条件で測定したので、クラウ

ンの量だけ中厚は変化していないことは当然である。

4. 結 言

厚板 4 段仕上圧延機のワークロールクラウンを検討するに当たり、ロールの変形を実測または計算し、これに基づいて種々のクラウン付加ロールで試験して最適クラウンを決定し、当厚板工場で実施しているが、鋼板中厚は減少し、作業条件にも適して良好な結果が得られた。

文 献

- 1) C. F. ZOROWSKI and A. S. WEINSTEIN: Iron & Steel Eng., 6 (1962), p. 103
- 2) M. D. STONE: Iron & Steel Eng., 2 (1966), p. 93
- 3) 清水, 内野, 宅見: 鉄と鋼, 52 (1966) 4, p.123

(143) 厚板仕上圧延機の計算制御について

日本鋼管, 鶴見製鉄所

長瀬光夫・二上 菱・島津知佳夫

○松田一敏・宮部 隆・安居孝司・鈴木基也

日本鋼管, 福山建設本部 松原博義

Computer Control of Plate Mill

Mitsuo NAGASE, Kaoru NIKAMI

Chikao SHIMAZU, Kazutoshi MATSUDA

Takashi MIYABE, Takashi YASUI

Motoya SUZUKI and Hirayoshi MATSUBARA

1. 緒 言

一般に計算制御の目的として

- (1) 品質と歩留の向上
- (2) 要員の節減
- (3) 能率の向上

などが考えられるが、われわれは厚板の原価構成の内容からみて (1) の品質と歩留の向上を圧延機の計算制御の第 1 の目標とすることにして、当社独自の方法で開発を進めてきた。

このシステムは、オフ・ラインの工程管理用計算機と有機的に結合されていて、歩留の向上が一層確実に得られるようになってきている。制御用計算機が行なう圧下スケジュールの計算方式は、板厚制御および形状制御を目的として、圧延機のロールの形状変化を中心としたデータ解析の結果から得られた基準式を、実際のおのおのの鋼板についてのデータで補正していくものである。

昭和 40 年 9 月に制御用計算機(日本電気製 NELOG 310)を設置し、以後調整、試運転、改造を行ない、同年 12 月

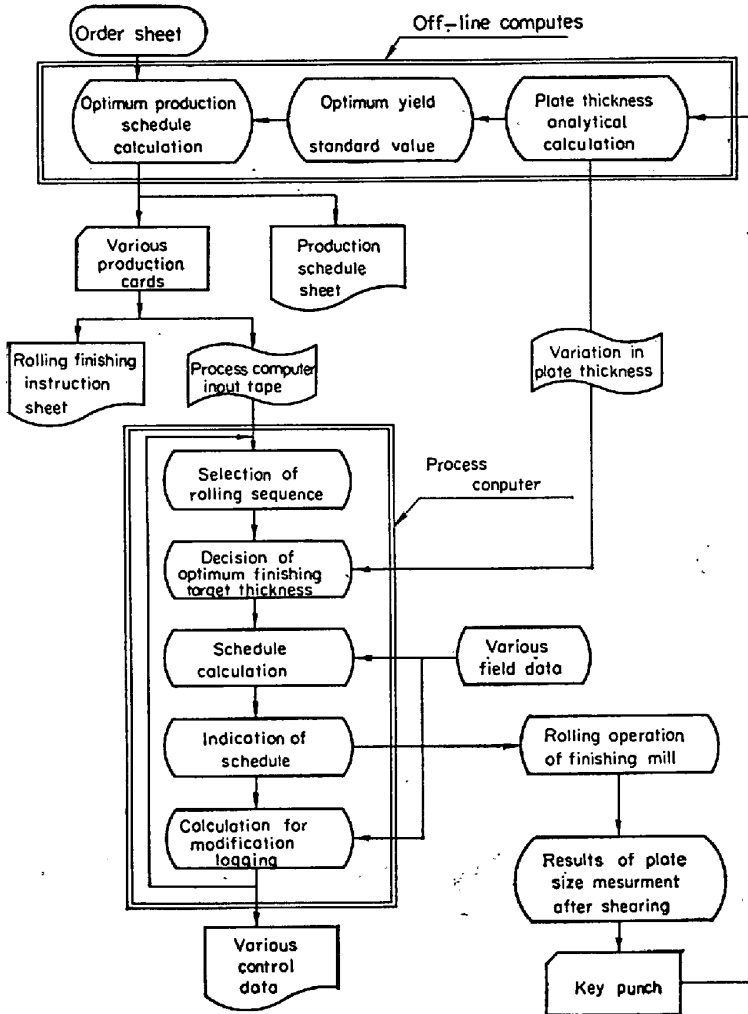


Fig. 1. Control system.

より稼動に入り、現在まで順調な成績を収めている。

この計算制御によつて成品の厚さの板間変動は、手動の時に比較して減少し、歩留は平均して 1~2% の向上をみている。

2. 制御システム

この制御システムは Fig. 1 に示すように、制御用計算機と工程管理用計算機との有機的な結合によつて、確実な効果が得られるように考慮してある。オフ・ラインの計算機では、鋼板の厚さについて規格、寸法別に解析計算を行ない、その結果から最適な歩留

$$\eta = F_1(\sigma_A, \sigma_B, \delta, \sigma_\delta, \sigma_w) \dots \dots \dots (1)$$

を決定する。ここで

- σ_A : 板厚の板内変動
- σ_B : 板厚の板間変動
- δ : 中高量
- σ_δ : 中高量の変動
- σ_w : 計画に対するスラブ重量の変動

この最適歩留を使用して、注文から最適な工程圧延計画が得られるように工程管理用計算機によつて計算が行なわれる。

一方制御用計算機にも σ_A, σ_B が与えられて、規格、寸法別に最適目標厚さ t_m が計算される。圧延の結果、板厚がこの t_m になり、また鋼板が良好な形状となる基

準圧下スケジュール S_i' を計算し、さらにこれにおのおのの鋼板についてのデータによる補正を行なつて最終的に実際の圧下スケジュール S_i を算出する。

制御用計算機には圧延すべきスラブと鋼塊の最小限の情報 Fig. 2 に示すような紙テープによつて与えられる。このテープをまちがったテープ・リーダーにかけたり、あるいはテープにミス・パンチがあつた場合には、読込みを中止して警報を発する。また手動入力設定盤は、操作者がどのような誤操作をしても、計算機本体にその影響を与えないように考慮しており、ハードウェア上の安全装置とソフトウェアの組合せによつて、正常な操作のみが計算機に受入れられるよになつている。手動入力には必ずまちがいが起こるといふ前提でないと、思わぬ誤操作によつて成品の品質に悪影響を与えるから、スイッチ類についても十分にフル・プルーフにしておかねばならない。

3. 数式モデル

制御用計算機での圧下スケジュールの計算は前に述べたように t_m に極めて近い板厚を得るための板厚制御と、良好な形状を得ようとする形状制御を目的としている。

数式モデルの作成は、圧延過程のロール形状の変化を中心に、長期間のデータの解析によつて行なわれている。ロール摩耗と圧延作業の観察データから、良好な形状を得るための圧下スケジュールは、ワークロール組替後の圧延履歴によつて一定の傾向をもつて変化すること、および使用するワークロールによつてその直径 D_w が変化しても、ロール組替後の経過時間 h

を D_w^2 によつて修正することで、基準の圧下スケジュールと同一スケジュールで圧延可能であることが明らかとなつた。

圧下スケジュールの数式モデルはこの 2 点を中心として、これをおのおのの鋼板のデータによる修正を加えてスクリュードダウンの基準値 S_i を計算するものである。数式の大略は次の通りである。

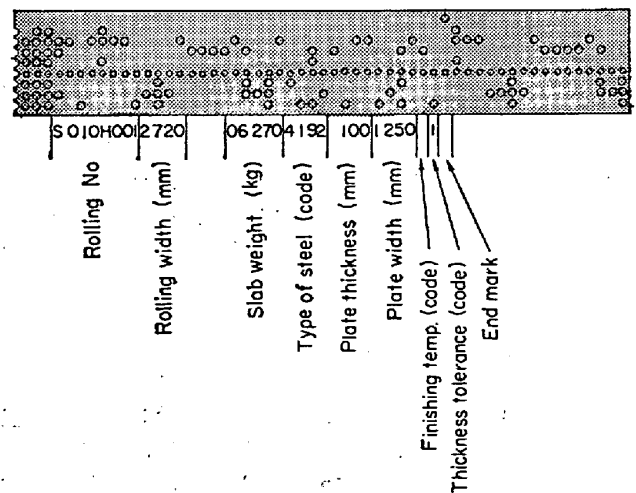


Fig. 2. Input data tape.

Table 1. Some examples of rolling schedule.

Slab No.	Product dimensions mm × mm × m	t_m (mm)	Rolling schedule for last 3 passes			Finishing temp. (°C)	Deviation from t_m (mm)
31	13 × 2200 × 18	13.2	17.4	15.3	14.5	940	0.0
32	12 × 1765 × 24	12.2	16.1	14.3	13.5	910	0.0
33	20.5 × 2100 × 14.5	20.5	26.9	23.7	22.4	990	0.0
34	20 × 2200 × 14.5	20.2	26.4	23.2	22.0	1000	0.0
527	25.4 × 2800 × 15	25.7	32.2	28.7	27.4	1000	+0.1
528	25 × 2100 × 20	25.1	31.4	28.2	27.0	930	0.0
529	16 × 1829 × 39	15.6	20.0	17.7	16.9	920	-0.1
530	"	"	"	"	"	910	0.0
35	7.5 × 2700 × 14	7.5	7.8	7.5	7.4	785	0.0
36	6 × 2650 × 18	5.7	5.0	4.9	4.9	760	+0.1
37	6.4 × 2438 × 17	6.5	6.3	6.1	6.0	750	-0.1
38	6 × 2225 × 22	5.4	4.8	4.7	4.7	750	+0.1

Table 2. Comparison between manual operation and computer control.

		Thick- ness (mm)	Width (mm)	Number of data	Average plate edge thickness (mm)	Variation in longi- tudinal plate thickness		Average plate crown (mm)	Standard plate yield (%)
						Within plate(mm)	Between plate(mm)		
Manual	4820	13.5	2340	160	13.72	0.08	0.18	0.31	83.0
Computer control	4820	13.5	2340	175	13.51	0.07	0.05	0.22	84.8

まず目標厚さ t_m は次式で与えられる。

$$t_m = F_2(t_0, \Delta t, \sigma_A, \sigma_B, \sigma_i, W, h, \gamma) \dots \dots (2)$$

ただし

- t_0 : 注文厚
- Δt : 厚さ許容限界
- σ_i : 誤差項
- D_w : ワークロール組入時直径
- W : 成品巾
- h : ワークロール組替からの経過時間
- γ : 熱処理による修正項

この t_m を使って基準圧下スケジュール S_i' を次式で求める。ここで Suffix i はパス回数を示す。

$$S_i' = S_{i-1}' + K_i(G_i - G_{i-1}) \dots \dots (3)$$

$$\text{ただし } S_i' = G_i + \phi \dots \dots (4)$$

ここで

$$G_i = F_3(t_m, W, L, D_w, D_B, w_R) \dots \dots (5)$$

ただし

- K_i : 比例係数
- ϕ : 補正項
- L : 圧延長
- D_B : バックアップロール組入時直径
- w_R : ロール摩耗量 (膨張と摩耗の差)

S_i' は基準圧下スケジュールであるからおのおのの板についての測定量によつて、変形抵抗などの補正をして最終的に S_i なる圧下スケジュールを計算し、この結果を圧下手の前の表示盤にネオン管で表示される。

Table 1 に実操業の例を示す。

4. 計算制御の効果

Table 2 に板厚解析計算結果と、それにもとづく基準鋼板歩留の値を、手動の場合と計算制御による場合とを比較して例示した。

これによると、計算制御により板厚の板内変動は大差

ないが、板間変動が減少し、このために基準鋼板歩留が 1.8% 高い値となつている。したがつて同一寸法の鋼板に対して軽いスラブを分塊することが可能であり、歩留の上昇が認められる。

また各種の数式モデルを開発する段階で、鋼板の圧延プロセスが理論、経験の両面から十分に検討され、解明されたため、鋼板形状を中心とした鋼板の品質がいちぢるしく向上した。

5. 結 言

以上述べたように、正確な板厚と良好な形状を有する鋼板を圧延することを目指して、厚板四重仕上圧延機の圧下スケジュールを決定する基本の数式モデルを、ロールの形状変化を中心として行ない、この基本式をおのおのの鋼板についてのいくつかの測定値によつて補正して最終のスケジュールを算出し、これを表示して圧下手の操作の基準とする方法を採用した。この結果鋼板の板厚の板間変動は減少し、歩留向上をすることができた。