

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.1 (1969) No.2

ホット・ストレッチ・レデューサーのロール管理システムの開発

Development of Roll Control System for the Hot Stretch Reducing Mill

清水 忠夫(Tadao Shimizu) 黒崎 雅夫(Masao Kurosaki) 阿部 俊男(Toshio Abe) 田
口 芳男(Yoshio Taguchi)

要旨：

当社西宮工場では、昭和 41 年 12 月から、20 段 3 ロール型式のホット・ストレッチ・レデューシング・ミルの稼働を開始した。6"高周波電縫管造管機に連結されたこのミルは、10A～65A (3/8"～2 1/2") の種々の規格の小径鋼管を製造している。最高 20 段におよぶタンデム・ロール・スタンドについて、素材・製品に応じた最適のパス・スケジュールを決定するため、独自の構想による機械計算プログラムを開発するとともに、複雑なロールショップのための体系的な管理システムを設計し HSR ロール管理システムを確立した。その結果、品質向上など製造技術的な成果のほか、設備稼働率向上、ロール・コストの低減など生産技術的にも多くの成果がもたらされた。

Synopsis：

Being combined with 6" high-frequency electric-resistance welded tube mill, a 20-stand HSR mill built at Nishinomiya Works in December 1966, can produce small diameter tubes of 3/8" to 2 1/2". Computer program for roll pass schedule has been developed according to our own method, which satisfies requirements for quality of pipes and severe mill specifications. System design was also applied to the roll shop for the mill to plan and control production and roll usage. As the result, the mill is in practice producing pipes of good quality at the lowest roll cost and with high productivity.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

ホット・ストレッチ・レデューサーのロール管理システムの開発
 Development of Roll Control System for the Hot Stretch Reducing Mill

清水 忠 夫*
 Tadao Shimizu

黒 崎 雅 夫**
 Masao Kurosaki

阿 部 俊 男***
 Toshio Abe

田 口 芳 男****
 Yoshio Taguchi

Synopsis :

Being combined with 6" high-frequency electric-resistance welded tube mill, a 20-stand HSR mill built at Nishinomiya Works in December 1966, can produce small diameter tubes of 3/8" to 2 1/2".

Computer program for roll pass schedule has been developed according to our own method, which satisfies requirements for quality of pipes and severe mill specifications.

System design was also applied to the roll shop for the mill to plan and control production and roll usage.

As the result, the mill is in practice producing pipes of good quality at the lowest roll cost and with high productivity.

1. 緒 言

当西宮工場では、既設の6"高周波電縫管造管機に連結して、20段ホット・ストレッチ・レデューサー(Hot Stretch Reducing Mill, 以下HSRと称す)を新設し、昭和41年12月より稼動を行なっている。

HSR は鋼管用熱間圧延機の一つである。一般

に10~24段のタンデム・スタンドを有し、高温に加熱した鋼管をとおして、漸次、連続的にその外径を絞りながら、同時に相隣るロール・スタンド間の引張力によって肉厚を調整することができる。このため、継目無鋼管製造の仕上工程として開発が進められて来た。

近年、HSR を電縫管造管機に連結し、一定外径の電縫鋼管から多サイズの小径管を生産することが多くなった。その理由としては

* 西宮工場管理課課長

*** 西宮工場管理課

** 西宮工場製造部造管課掛長

**** 西宮工場製造部造管課

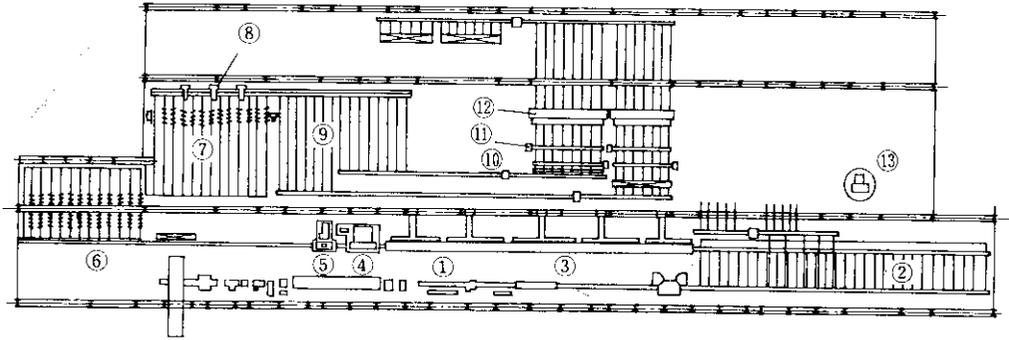


Fig. 1 Layout of welded tube HSR line (see Table 1)

- (1) 小径管を高能率で大量生産できる
 - (2) 熱間仕上であるため、管溶接部と母材部が均一な組織となり、加工性のすぐれた製品が得られる
 - (3) 小径管でも内面ビードの切削除去ができる
 - (4) 小径厚肉管の製造が可能である
- などがあげられる。

当工場では HSR ライン建設と並行して、ロール使用方法の解析、使用計画の標準化を行ない、また独自の構想によるパス・スケジュールの機械計算プログラムを開発するとともに、ロールショップ管理システムの設計・導入を行なった。これにより、HSR ラインの稼働当初からロール管理諸機能が円滑に働き、設備稼働率や品質の向上またロール在庫管理の面でみるべき成果がもたらされた。

以下当工場が開発、確立された HSR ロール管理システムの概要について述べる。

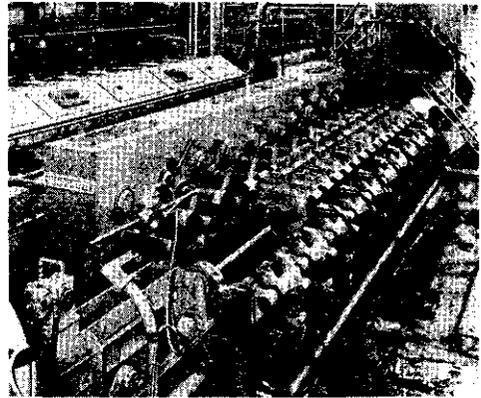


Photo. 1 Hot Stretch Reducing Mill

2. 設備の概要

HSRラインの設備配置およびその概要はFig.1, Table 1 に示すとおりで、Innocenti 社製の20

Table 1 Outline of equipment in HSR line

Item No.	Equipment	Description
1	High-frequency induction welded tube mill	Mill makes 89.1mm(3½") O.D. mother tubes
2	Mother tube skid table	Mother tubes are stocked and conveyed to furnace
3	Continuous heating furnace	Tubes are heated up to abt. 900°C
4	Hot stretch reducing mill(see Photo. 1)	20-pass stretch reducing mill of 3-roll design has one induction motor and 20 variable speed hydro-mechanical drives, for finished tubes 17 to 76.3mm O.D.
5	Flying saw	Used for cutting the tubes leaving the HSR mill into desired length from 12 to 22m at max. tube speed 7m/sec
6	Kickout equipment No. 1	Hot tubes are rapidly transferred to the No. 1 cooling table
7	Cooling table No. 1	Screw type cooling table for cooling and transferring the tubes
8	Cold saws	Multi-length tubes are cut into the required lengths
9	Cooling table No. 2	Chain type cooling table
10	Straightners	Two high speed, 6 roll type tube straightners
11	End facers	High speed end facing machines
12	Hydraulic testing machines	With multi-headstocks and operated automatically
13	Roll lathe	Grinding the roll calibers according to the pass schedules

段ホット・ストレッチ・レデューサー (Photo. 1) を中心とするラインは、既設の 6" 高周波電縫管造管機から母管の供給を受ける。

HSR の構造と特長は以下のとおりである。

- (1) 20スタンドを有し、各スタンドには Photo. 2 に示すようにハウジングに 3 個のロールを組み込んだロールユニットを据え付ける。
- (2) このロールユニットは交互に転倒させた状態(丫人丫…)で、スタンドにセットされ、タンデム・スタンドを構成する。
- (3) 素材母管として各製品に適した肉厚の 80A 電縫鋼管を用い、加熱後タンデム・スタンドをとおして外径 65A~10A に圧延する。
- (4) 各管の仕上りサイズによって、HSR の必要スタンド数および圧下スケジュールは異なるが、これらは reducing, sizing の 2 セクションに大別される。Fig. 2 に外径についての標準パス・スケジュールを示す。

3. ロール管理システムの構成

3.1 システム開発の動機と目的

HSR において、多種多様な製品を圧延するた

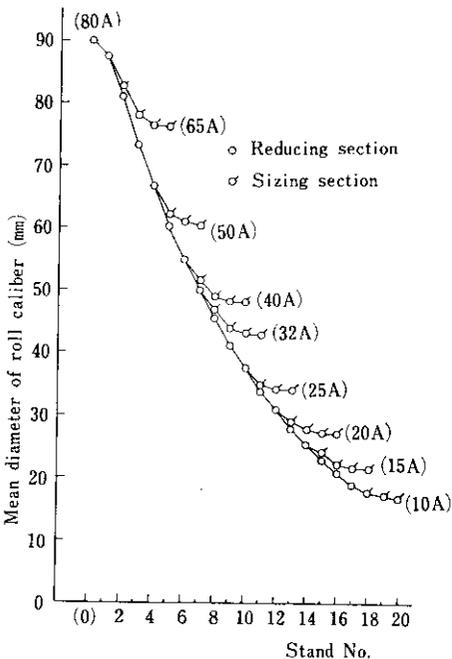


Fig. 2 Standard of pass schedule for SGP



Photo. 2 Roll unit of HSR mill

めには、それぞれの規格、サイズに応じた最適のパス・スケジュールを設計しなければならない。

このためには、数多くの要因を算定することが必要であるが、最適化の手順はかなり複雑である。したがって、計算を能率化し製品の品質向上と安定をはかるためには、その手順の標準化と機械計算プログラムの開発がなによりもたいせつであると考えられた。

また数多くのパス・スケジュールを実際に構成するためには 100 個以上のロールユニットを常備しなければならない。通常、ロールはハウジングに組込まれたまま、圧延⇒研削のサイクルを繰り返すが、熱間圧延中に生じた表面変質層を除去するために、研削のたびにその孔型はより大きなものへと変えること(オーバーサイズ)が必要となる。しかし、各ロールユニットは最小研削代をこえる範囲で自由にオーバーサイズできるために、複雑なネットワークを形成している。そのため一度その管理を誤ると、ロール待ちによるミル稼働率の低下やロール・コストの増大、ランニング量の増加など重大な支障や損失をまねくことが予想される。

こういったことから、造管部門と工場管理部門のプロジェクト・チームによる調査活動を実施し、設備稼動以前に下記の機能を有する管理システムを設計するとともに、オペレーターの習熟期間短縮のためシミュレーターによる教育訓練を実施した。

- (1) 機械計算プログラムによるパス・スケジュールの効率的な設計
- (2) ロール使用計画の最適化
- (3) 加工・整備作業の能率向上を含む総合的なロール管理

3.2 ロール管理システムの位置づけ

ロール管理システムは Fig. 3 に示すように、素材→設備→製品といった生産システムと、これを統制する生産管理システムの中に位置づけられ、これらを調整する機能を有している。一般の圧延機においても、ロール管理は生産計画に対してかなり重要な意義を持つが、HSRの場合はロールユニットの1回当りの圧延トン数が小さく、オーバーサイズの関係が複雑なため、この管理システムは生産管理システム、生産システムと特に密接に関連している。

なお、ロール管理システムは機能上、ロール設計システムとロール・ショップの2つのサブシステムから構成される。

3.3 ロール設計システム

パス・スケジュールは圧延計画の基調となるものであり、製品の規格、サイズ、素材在庫、設備能力などに応じて最適なものが要求される。しかし設計の手順にはかなり自由裁量の余地があり、また設計担当者の恣意的な作業によって生産管理活動へも大きく影響することがあり、手順の標準

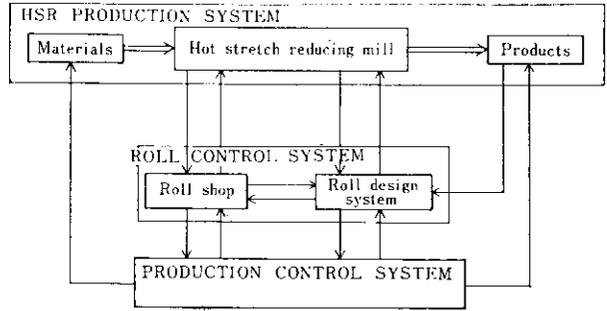


Fig. 3 Structure of the control system for rolls of HSR

化、計算の効率化がシステム開発の目的となる。ロール設計システムの主要な構成要素は計算プログラムとこれを正確に理解し活用するための設計マニュアルである。

一般の技術者や作業長により、受注検討や品質向上のためのパス・スケジュールの変更が容易に行ないることが、開発されたシステムの大きな特長である。これはまた、設計技術の向上やプログラム自体の管理のために、実験データを解析し改善をはかる技術管理機能にもつながる。

3.4 ロール・ショップの構成

ロール・ショップは、計画班、管理班、整備班の

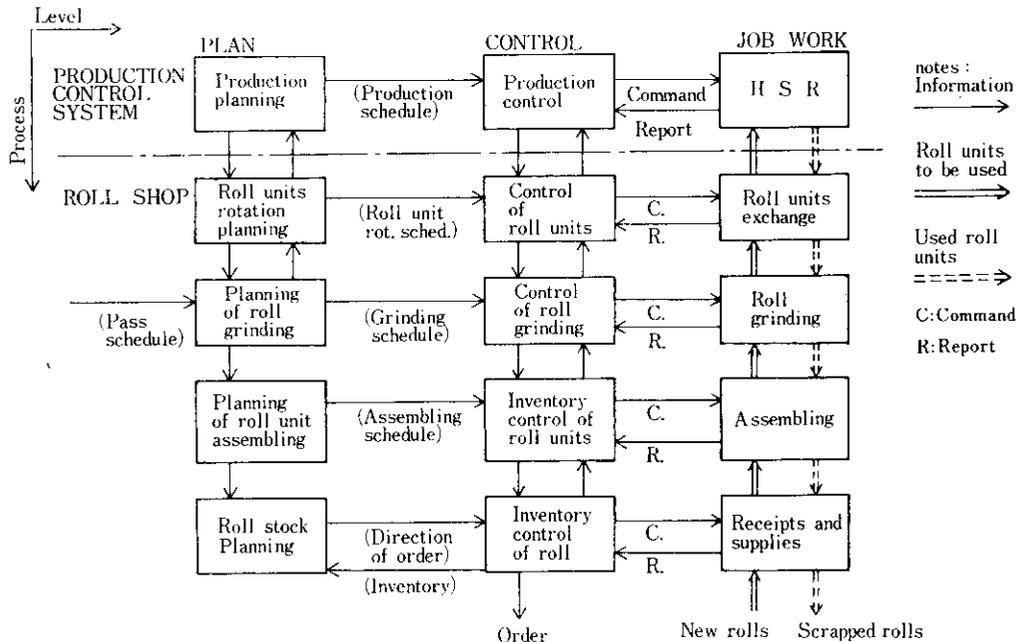


Fig. 4 Organization of the roll shop

3要素から構成される。

ロール計画班の機能は、ロールの使用・加工・整備という3つの日程計画を作成し、生産計画との調整をはかるといふ定例業務のほか、適正在庫量の設定や生産計画立案手順の合理化への寄与など、調査・改善業務を遂行することである。

ロール管理班は作業手配、進捗管理、現品管理の機能を有し、ロール管理盤ならびにカード・システムにより運営される。

ロール整備班はロールとハウジングを組立てロールユニットとし、所定のロール孔型に研削するとともに、不要ロールユニットの分解、ロール廃却などの整備・研削作業が主要機能である。

これらの関係を Fig. 4 のシステム・マトリックスに示す。

4. パス・スケジュール設計プログラム

4.1 ロール設計システムの機能

HSR におけるパス・スケジュールには次の項目を含んでいる。

- (1) 要求された製品に適應した母管サイズの決定
- (2) 圧延目標寸法の設定
- (3) 所要スタンド数の決定
- (4) 所要の外径・肉厚を得るための各スタンドへの圧下率配分と孔型の決定
- (5) 所要のサイズ・形状を得るためのロール回転数の設定
- (6) ロール研削、ミル運転に必要なデータの算出

これらのうち、電子計算機によって算定するのは理論的性格の比較的強い(4)と(5)の項目である。その他は担当者が適宜決定し、またときには管理者の意志決定を含むマクロな判断で処理される。いずれにせよ、これらの決定は以下に示すように諸システムと密接な関連があり、恣意的な判断による損失を防ぐため、その手順を標準化し、関連資料、機械計算プログラムの使用方法、管理データの測定法とあわせて、ロール設計マニュアルにまとめた。

ロール設計システムは、Fig. 3 に明らかなよ

うに関連システムとの間に次のような関係を有している。

(1) 製品との関連

製品の品質に対して、圧下率配分、孔型設計、回転数設定は直接作用するものであり、品質情報はパス・スケジュール設計システムの重要なインプットとなる。

(2) 生産管理システムとの関連

素材の発注・手配・前処理を行ない、また HSR の圧延計画を作成する生産管理システムとの間には、適正な母管の選定、素材の在庫状況によるパス・スケジュールの変更などの点で、深い関連がある。

(3) HSR 設備の各機構との関連

ロール孔型、ロール回転数の指定を具現するものが、ロールユニットおよび HSR 本体などであり、これらの性能諸元、耐久性が、直接、間接にパス・スケジュールへ与える影響は大きい。

(4) ロールショップとの関連

パス・スケジュールは、製品の多様化に比例してその数がふえる。これらを最少限のロールユニットによって構成してロールおよびハウジングの経済的な使用をはかるとともに、ロールユニットの寿命、在庫状況などの情報が、パス・スケジュールの満たすべき必要条件としてフィードバックされる。

4.2 ロール孔型の設計

各スタンドへの外径圧下率配分およびだ円率などの設定がロール孔型設計の主要部分であり、所期の製品外径や良好な外面形状を得るためには、その最適化が必要とされる。

各スタンドの孔型および隣りあうスタンド間の

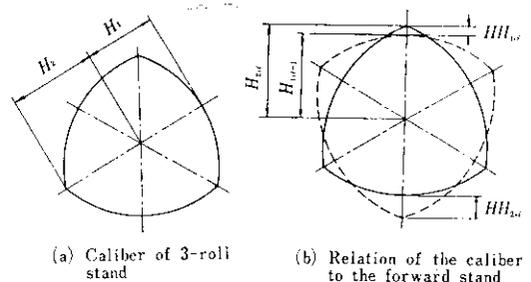


Fig.5 Caliber of 3 nad-otll stand

関係は Fig. 5 に示すとおりで、各スタンドについて、 H_1 は短半径、 H_2 は長半径、 $D=H_1+H_2$ は公称径、 $X=H_1/H_2$ はだ円率として示される。また HSR の入側より数えたスタンド番号を i とすれば、スタンド間について

最小圧下量：

$$HH_{1,i}=H_{2,i}-H_{1,i-1}$$

最大圧下量：

$$HH_{2,i}=H_{2,i-1}-H_{1,i}$$

上記圧下量の比： $HH_{3,i}=HH_{2,i}/HH_{1,i}$

上記圧下量の差： $HH_{4,i}=H_{2,i}-H_{1,i}$

外径圧下率： $RD_i=(D_{i-1}-D_i)/D_{i-1}$

となる。

reducing セクションでは、孔型の寸法精度への要求がゆるやかである、ロール原単位およびロール管理の点から共通スタンドの多いことが望ましい、などの理由により、固定された一連の系列のものとなるのが普通である。

しかし、これにつづく sizing セクションでは所要の外径寸法を得るために各製品サイズごとにそれぞれ異なった系列を準備する必要がある。また、最終スタンドで真円な製品を得るために、 RD 、 HH_1 、 HH_2 、 HH_3 、 HH_4 はいずれも出側に進むにつれて漸減し、また常に正となることが要求される。

sizing セクションのロール孔型設計では、これらの条件を満たす外径圧下率、だ円率を試行錯誤によって求めるが、従来の圧延例を解析し、各種の特性値間の関係を分析した結果、次の計算式により非常によい値が得られることを見出した。

$$RD_j=a_1 \cdot RDS+a_2$$

$$X_j=b_{1j} \cdot RD_j+b_{2j}$$

ただし

j : 出側から数えたスタンド番号

a_1 , b_1 , a_2 , b_2 : j および sizing セクションの全スタンド数 n_s によって決る係数と定数

RDS : sizing セクション全体の外径圧下率

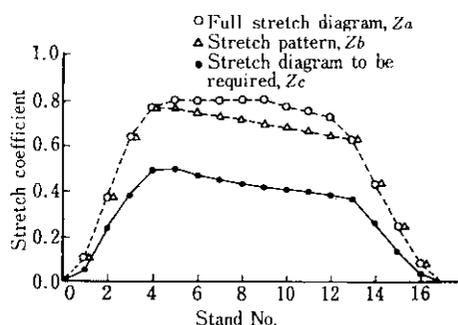


Fig. 6 An example of relations in stretch diagrams

4.3 ロール回転数の計算

HSR において製品肉厚の制御は、母管の肉厚選択のほか、ロール孔型による外径圧下率の配分と、ロール回転数による引張力の調整によって行なわれる。

ロール回転数の設定を誤った場合、パイプの破断、肉厚や内面形状の不良などが生じ、品質、歩どまり、生産性などへ大きく影響する。最適なロール回転数ダイアグラムを設定するためには、各スタンドの、肉厚圧下率、肉厚圧下率と外径圧下率の比、stretch係数(=引張力/熱間抗張力)などを仮定する方法が考えられる。実験と実施を繰り返した結果、stretch 係数ダイアグラムによって設定するときが最も良く、操業の安定性と高い品質水準が得られることが認められた。

Fig. 6 にはロール回転数の計算過程で必要な stretch ダイアグラムの関係が示されているが、その手順は以下のとおりである。

(1) full stretch 係数ダイアグラムの設定

与えられた母管に最高の引張力 (full stretch) をかけた状態であり、パイプとロールとの接触面に働く摩擦力によってダイアグラムの形状が制約される。また、圧延中のパイプの破断を防ぐため各スタンドの full stretch 係数 Z_a は 0.7~0.8 以下、すなわち、引張力 $\leq 0.7 \sim 0.8 \times$ 熱間抗張力におさえねばならない。

このダイアグラムによって圧延すれば、肉厚の最も薄い製品が得られる。

(2) stretch パターンの設定

所要の肉厚を得る場合には、full stretch から

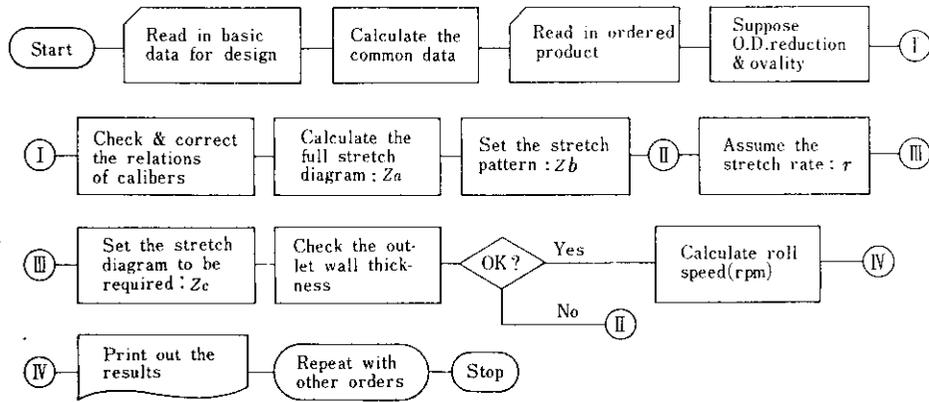


Fig. 7 Flow chart of pass schedule design program

の若干の余裕が生じる。これをミルの入側または出側に集中的に配分することによって内面形状の調整を図ることができる。この配分を指定するために stretch パターン Zb を設定する。

(3) 必要 stretch 係数ダイアグラムの設定
 外径減少率と肉厚減少率の間には、HSR についての圧延理論¹⁾ から次の関係が導かれる。すなわち、第 $i-1$ 、第 i スタンドでのパイプ外径 D 、肉厚 W について、

$$\ln(W_i/W_{i-1}) = \{(1 - 2t)/(1+t)\} \cdot \{\ln(D-W)_i/(D-W)_{i-1}\}$$

ただし

$$t = (1 - Zci)(1 - WD_i)$$

$$WD_i = (W_i + W_{i-1}) / (D_i + D_{i-1})$$

Zci : 変形に必要な stretch 係数

上式によって、各スタンドのパイプ外径と、肉厚および必要 stretch 係数 Zc の近似値とを与えれば、肉厚をよりいっそう正確に求めることができる。

stretch 係数 Zc は stretch パターン Zb と stretch 率 r により求められる。

$$Zci = rZbi$$

ここで、stretch 率 r は full stretch のとき 1 となる係数であり、最初は適当な近似値が与えられる。すなわち、stretch 係数ダイアグラム Zc から最終スタンドの肉厚を求め、これが圧延目標肉厚と一致するまで stretch 率の修正を行なう。

4.4 電子計算機によるロール設計プログラム

多種多様な製品に対してそれぞれパス・スケジュールを準備する必要があるほか、ロール寿命そのほかの条件によって、各サイズに共通に使用される reducing セクションの設計基準を変更する場合などには、膨大な量の再計算が要求される。

こういったことから、ロール設計手順の標準化を進めるとともに、電子計算機によるパス・スケジュール計算プログラムの作成を行なった。計算のフローチャートを Fig. 7 に示したが、この内計算機へインプットする項目は

(1) 共通基準

ロール回転数の調整範囲, reducing セクション各スタンドの孔型 (外径, だ円率), sizing セクションのロール孔型設計基準 (外径圧下率, だ円率設定のための係数・定数), ロール回転の中立点算出基準, 標準負荷 (t/h), 熱膨張係数, 摩擦係数など,

(2) 製品別基準

製品公称寸法 (外径・肉厚), 圧延目標寸法 (外径), 母管寸法 (外径・肉厚), 使用スタンド数 (reducing, sizing 各セクション別), stretch パターン設定基準など, である。

なお設計手順は Fortran-IV によってプログラムされており、Univac-494 を使ってパス・スケジュール 1 ケース当たり約 5 秒で計算, プリント

が行なわれる。

5. ロールショップの設計

5.1 ロールユニットの動き

HSR における圧延ロールは、3・1で述べたように、ハウジング内に組込まれたロールユニットの状態で圧延⇒研削のサイクルを回る。圧延後のロールは熱によって生じた表面の変質層（厚さ約0.5mm）を取除いた上で、さらに研削されてほかの孔型に仕上げられる。

したがって、各ロールユニットの寿命は、Table 2 に示すごとく、研削寿命と廃却寿命とに分類される。

ロール孔型は、reducing, sizing セクションの別および製品サイズ、スタンド番号によって表示されるが、これに対応したロールユニットの状態をロール管理上の単位エレメントとする。sizing セクションでは、しかし、Table 3 に一例を示すように、上位のエレメントにオーバーサイズ出来ないときがある。たとえば #10 スタンドのロールユニットは #9 スタンドのエレメントに研削できない。このときこれらのエレメントは、同一ステップにあると考える。すなわち今の例では、第1ステップに #8, 9, 10が、第2ステップに #7の各エレメントが位置し、このステップ間（#10を #7へ）ではオーバーサイズが可能である。

ロールユニットがひとつのステップに留まり得る期間が研削寿命であり、使用可能な期間内の圧延重量で表わされる。その値は reducing セクションで約1,200t, sizing セクションで、約400 t である。

さらに、各ロールユニットは Fig. 8に示すロール・サイクルの中で次々と上位のエレメントにオーバーサイズされて、ロール表面のチル層がなくなれば分解される。ロールユニットの廃却寿命はその組立てから分解されるまでの期間である。なお現在購入中のロールは #1 スタンドのサ

イズまで使用可能である。

5.2 ロールユニットの消費

5.2.1 特定サイズにおける消費

特定のサイズのみを生産する場合、ロールユニットの消費量は次のようになる。

生産量 T 、ロールユニットの研削寿命 t_r, t_s (r : reducing, s : sizing 各セクション) のとき、ロール・ユニットの取替回数がそれぞれ $k_r (\geq T/t_r)$, $k_s (\geq T/t_s)$ となり、ロールユニットの消費量 C は、以下のように算出される。

(1) k_r, k_s が2以下のときは使用中および研削中の各1組を準備する必要があるので、

$$C_r = k_r \cdot n_r, \quad C_s = k_s \cdot n_s$$

(2) k_r, k_s が3以上のときは次ステップへオーバーサイズが可能なものが生じて来るため、reducing セクションでは #1 スタンドからの廃却分を各回に1個、sizing セクションでは第1ステップ用として n_{s1} 個を、それぞれ補充すればよい。

$$C_r = 2 n_r + (k_r - 2) \cdot 1$$

$$C_s = 2 n_s + (k_s - 2) \cdot n_{s1}$$

ただし

n_r, n_s : 各セクションのエレメント数

n_{s1} : sizing セクションの第1ステップのエレメント数

また、ロールユニットのランニング量 N は、研

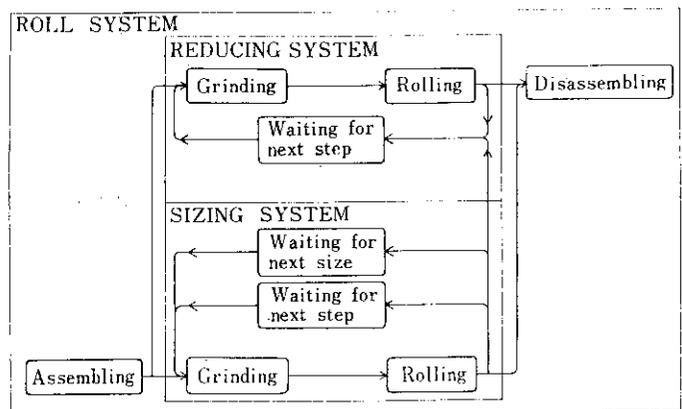


Fig. 8 Cycles of roll units

Table 2 Lives of roll units

	Reason for regrinding	Criterion	Approx. value of life
Regrinding life	1. Wear over the allowance	1. Red.: by rolled tonnage Siz.: by check of tube O. D.	1. Red.: 1200ton Siz.: 400ton
	2. Roll roughness	2. According to the condition	2. Indefinite
Disassembling life	1. Lack of chilled cast iron layer	1. By change in color	1. Until the 1st stand
	2. Roll crack	2. According to the condition	2. Indefinite

Red.: reducing section, Siz.: sizing section

Table 3 Example of roll calibers in sizing section for SGP 40A

(48.6mm O.D. × 3.5mm Wall)

Stand NO.	Mean diameter D(mm)	Larger semi-axis H ₂ (mm)	Smaller semi-axis H ₁ (mm)	Difference in H ₁ (mm)
7	51.42	26.41	25.01	
8	49.75	25.31	24.44	> 0.57
9	49.18	24.65	24.53	> -0.09
10	49.06	24.53	24.53	> 0.00

削時間, 整備時間からの制約がないとき,

$$N_r = 2n_r, N_s = 2n_s$$

となる。

なお, 生産量 T は研削寿命 t の整数倍とならないことが多い。このため, 研削寿命の短い sizing セクションは, HSR のサイズ替の際, その余命を無視してオーバーサイズされる。したがって, HSR においては, sizing セクションの研削寿命またはその端数を 1 期とする時間単位を用いることが便利である。

5・2・2 一般的状態での消費

HSR では多サイズの生産が普通であり, その場合のロールユニットの消費量, ランニング量は (1) reducing セクションの各エレメントは各サイズに共通である, (2) 各サイズの sizing エレメントはすべてより大径のサイズへオーバーサイズ可能である, (3) 事故の発生, 研削・整備能力などからの制約が無視できる, などの条件のもとでは次のようになる。

$$C_{r,t} = \sum k_{r,t} \quad C_{s,t} = \max C_{s,t}$$

$$N_{r,t} = 2 \max n_{r,t} \quad N_{s,t} = \max C_{s,t}$$

ただし l : 各生産サイズ

t : 全体

たとえば, SGP 40A, 50A をそれぞれ, 6, 2 期生産する場合, それぞれのロール消費量は

Table 4 のように計算される。また全体の消費量 C , ランニング量 N は, **Fig. 9** のロール・フローチャートに示されるように, $C_{r,t} = 3, C_{s,t} = 20, N_{r,t} = 12, N_{s,t} = 20$ となる。

一般には, さらに多種類の製品が一定期間内に生産されるが, この場合も, 各サイズ別消費の計算やフローチャートによる解析などから, ロールユニットの, (1) オーバーサイズ計画, (2) ランニング数の設定, (3) 消費量の算出, が可能となる。

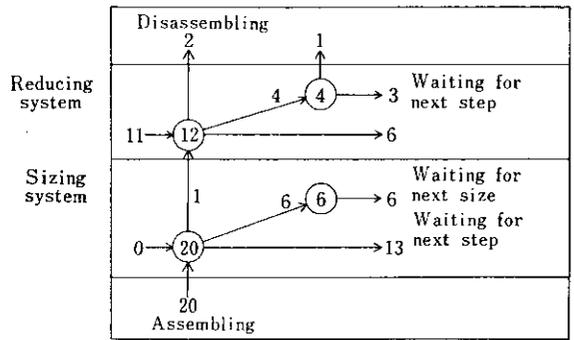
Table 4 Example of calculation of consumed roll units

Tube size (O.D. mm)	Number of elements			Number of running periods		Number of consumed roll units	
	n_r	n_{s2}	n_{s1}	k_r	k_s	c_r	c_s
SGP 40A(48.6)	6	1	3	2	6	12	20
SGP 50A(60.5)	4	0	3	1	2	4	6
Total	—	—	—	3	8	—(3)	20

5・3 ロールユニットの個別管理

個々のロールユニットに整備組立ての段階で一定の追番を発番することによって, これらの個別管理を行なうことができる。

また, ロール・フローチャートを時間軸および対応エレメントについてさらに詳細に表示することにより, (1) 庄延日程計画, (2) ロールユニット使



(SGP 40A) (SGP 50A)

note: Amounts of consumed roll units are shown in circles

Fig. 9 Example of roll unit flow chart

用計画, (3)加工日程計画, (4)整備日程計画, が作成される。これらを用いることによって

- (1) 詳細な条件のもとでのロールユニット消費量およびランニング量の算出・検定
- (2) 計画の円滑な進ちょく管理
- (3) 事故に対しての迅速な処置などが可能となる。

5.4 ロール・ショップの設計と導入

特異な性格を持つ HSR システムにおいて, 恣意的, 場当りのロールユニットの管理を行なうことは, ロール・コストを増加させるだけでなく生産計画の遂行にも重大な支障をもたらす恐れがある。これらを未然に防ぐために, 次のような基本的構想のもとに, ロール・ショップのシステム設計を行なった。

- (1) 各月の生産計画に基づいて, 経済的なロールユニット計画を作り, これにしたがって, 進ちょく管理を行なう。これはまた研削作業, 整備作業への負荷の予測・平滑化にとっても重要である。
- (2) ロールユニット管理の精度が生産計画の良否に大きく左右されるので, ロールユニット管理から見た生産計画最適化ルールを探索・設定するほか, 月々の生産計画との調整を行なう機能を与える。
- (3) ロールユニットは個別管理が必要であり, カード・システムの実施, 管理盤などの視覚的器材の活用などが望ましい。
- (4) ロールユニットを, reducing, sizing グループに分け, また後者のグループをさらに製品サイズ別のサブ・グループに分けた管理を行なうことが合理的である。
- (5) ロールユニットの寿命がシステム全体から見ると常に #1 スタンドまでとは限らず, したがってまだ使用可能なロールでも取りはずし後, 長期保留となる分は廃却または廃却扱いとするように, 適当な基準を設けたロール在庫管理を行なうことが必要である。

これらのことから, HSR ライン稼動に先立って, Fig. 4 に示した構造を持つロール・ショップを設計し, あわせて

- (a) ロールユニット管理方式とその手順の標準化

- (b) 管理用具(帳票・カード・管理盤)の設計製作

- (c) 管理組織の編成と構成人員の査定
- (d) ロール・ショップ要員への導入教育および模擬管理盤, 模擬カードを使用した演習などを行なった。

また, 稼動開始後, ロールユニットの研削, 廃却寿命, 研削機能力および整備能力, またパス・スケジュールの変更などに即応して, システムの修正, 管理基準値の変更, ロールユニット適正ランニング量の再設定などのフォローアップ活動を進めている。

6. ロール管理システム導入の成果

6.1 パス・スケジュール適用の結果

従来は, 計算の繁雑さのため, ロール孔型のだ円率, stretch 係数の配分など種々の設計要因を変えたパス・スケジュールを準備することが困難であったが, 電子計算機を用いることによって, これらの要因をパラメトリックに変化させることが可能となり, 最適パス・スケジュールの選択が容易となった。

初期のロール設計プログラムでは, ロール回転数計算のために, まず肉厚圧下率を仮定する方式をとっていた。これによるパス・スケジュールで圧延されたパイプの肉厚は, しばしば予想値より薄く仕上り, そのため, 所要の製品肉厚を中心に 0.05mm ずつ離れた数種の出側厚みに対してパス・スケジュールを準備し, 試圧後その中より選択しなおす必要があった。

その後この方式をやめて, 4.3 に述べた full stretch 係数ダイアグラムから出発してロール回転数を算出する手順を採用した。また, 計算に使用する各種基準値の適正化を行なったことにより, 最近の圧延実績では, 計算値と実際の肉厚は許容範囲内におさまっている。

パス・スケジュールは, 製品の規格 (JIS, BS, ASTM など), 径, 肉厚, 使用素材の寸法, 圧下パターンなどによって異なっており, 現在約 600 種が登録されている。また, この計算に当たって

(a)

17.15 * WALL BOKAN 80A SCH.NO. S- 6603200

STANDS TOTAL=		RED	+SIZ	DOUT	ROU	ROSS	ZDF						
20		17	3	17.31	80.76	9.09	-0100						

NO	OD	Rd	H2	H1	X	HH1	HH2	HH3	HH4	NO	INPLUG	ONITE	EXENT	WIDTH
18	17.77	6.67	9.13	8.64	.9459	.16	1.93	9.10	.49	18	17.28	19.36	17.10	15.0
19	17.36	2.34	8.70	8.65	.9941	.06	.48	7.47	.05	19	17.31	17.51	5.31	15.1
20	17.31	.25	8.66	8.66	1.0000	.00	.05	12.39	-0.00	20	17.31	17.31	.00	15.0

(b)

80A	MOTHER TUBE	OD	WALL (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
17.15 * WALL	FINAL TUBE	89.10 *	2.60	2.60	2.60	3.40	3.40	3.40
		17.15 *	2.20	2.30	2.40	2.20	2.30	2.40

STANDS TOTAL=		RED	+SIZ	DOUT	ROU	ROSS	ZDF						
20		17	3	17.31	80.76	9.09	-0100						

(c)

17.15 * 2.20 89.1 * 2.60 (17 : 3) SCH.NO. 6603201

NO.	O.D.	DIA. RED	WALL	K. RED	Y	Z	ZMAX	ROLL RPM	GEAR	F.O.	REL.	.80	.85	.90	.95
0	90.00	.00	2.600												
1	87.52	2.76	2.630	-1.17	.50	.07	.10	80.3	608.6	1	574.	452.	488.	516.	505.
2	81.00	7.49	2.601	-1.94	.50	.25	.35	86.1	699.9	2	583.	467.	496.	525.	554.
3	73.54	9.29	2.607	-2.23	.70	.44	.62	96.6	727.5	3	608.	485.	519.	546.	576.
4	66.78	9.29	2.655	-1.20	.86	.55	.77	110.5	770.7	4	642.	514.	546.	578.	610.
5	60.63	9.20	2.615	-1.52	.86	.57	.80	121.5	778.0	5	648.	512.	551.	583.	616.
6	55.06	9.20	2.576	-1.47	.86	.56	.79	134.0	775.8	6	647.	517.	550.	582.	614.
7	49.99	9.20	2.539	-1.44	.86	.56	.78	147.9	764.3	7	637.	510.	541.	571.	605.
8	45.39	9.20	2.503	-1.41	.86	.55	.77	163.7	747.2	8	623.	498.	529.	560.	591.
9	41.22	9.20	2.469	-1.39	.86	.54	.76	181.4	725.5	9	609.	486.	514.	544.	574.
10	37.42	9.20	2.435	-1.37	.86	.53	.75	201.3	728.6	10	607.	486.	516.	546.	577.
11	33.90	9.20	2.402	-1.36	.86	.53	.74	223.8	720.0	11	600.	480.	510.	540.	570.
12	30.85	9.20	2.369	-1.37	.86	.52	.73	249.3	707.9	12	590.	472.	501.	531.	560.
13	28.02	9.20	2.336	-1.39	.86	.51	.72	278.0	700.1	13	583.	467.	496.	525.	554.
14	25.44	9.20	2.303	-1.41	.86	.51	.71	310.7	693.8	14	570.	463.	491.	520.	549.
15	23.10	9.20	2.270	-1.4	.86	.50	.70	347.9	684.6	15	570.	456.	485.	513.	542.
16	20.97	9.20	2.235	-1.52	.86	.49	.69	390.2	679.8	16	566.	453.	482.	510.	538.
17	19.04	9.20	2.200	-1.59	.86	.48	.68	438.7	681.3	17	568.	454.	483.	511.	539.
18	17.77	6.67	2.184	-1.73	.90	.42	.60	477.7	703.6	18	586.	469.	498.	528.	557.
19	17.36	2.34	2.120	-2.28	1.00	.22	.31	492.6	707.4	19	590.	472.	501.	531.	560.
20	17.31	.25	2.191	-0	1.00	.05	.07	493.8	687.8	20	573.	459.	487.	516.	545.

Z MEAN	.526	ZDF	-.010	SEISAN RYO	TON/H	2148	17.19	18.26	19.33	20.41
ELONG	6.83	TWR	15.38	IRIGUCHI SPEED	M/S	1.00	.86	.91	.97	1.02
		TDR	80.76	DEGUCHI SPEED	M/S	7.36	5.89	6.25	6.62	6.99

Fig. 10 Example of pass schedule printed-out from computer
 (a) sizing section roll caliber (b) tube sizes to be produced (c) wall reduction & roll speed

REQUISITION FOR REGRIND OF HSR ROLL UNIT										
						DATE	/	/	.	NAME
Size	Spec.	Unit No.	Stand No.	Dia. of inscribed circle	Allowance	O.D. of bite	Offset of bite	Width of roll groove	Holder	Tip
			RED, SIZ							
			No.	mm	+ -	mm	mm	mm	mm	
Actualy ground dia.				mm	Date of regrind			Name		
Notes :										

Fig. 11 Requisition card for roll unit regrinding

は、HSR ラインの各機械の調子によってラインスピードを即座に切替え得るように、種々の負荷 (t/h) に対するロール回転数をも表示するようなくふうが行なわれている。Fig. 10 に計算機による印刷例を示した。

6・2 ロール・ショップの稼動状況

ロール・ショップにおいては、月間計画表に基づくロールユニットの組立や研削などの作業が、管理班と整備班の間に設けられたカード・システムにより円滑に実施され、管理盤の併用とあいまって十分な現品管理が行なわれている。なおこのほかに、研削バイトの研磨、切断機用ソーブレードの目立て、ロールの在庫管理などの作業も行なわれている。

ロール孔型の磨耗や肌荒れは、直接、製品の寸法・外観に影響を及ぼすので、適切な管理が必要とされる。そこで、ロール管理班では、現在使用されているロールユニットが何トンの圧延を行ってきたかを常に把握しており、一定の寿命を超えたユニットに対しては早めに新ユニットとの交換を命じて、圧延製品の品質維持に努めている。

はずされたロールユニットは、特に事故のない限り使用計画に基づいて、オーバーサイズまたは解体の振分けが行なわれる。研削指示のためにはロール・カードのほか、ロール孔型仕様の明細を記入した研削依頼票 (Fig. 11) が添えられる。

整備班は、これを研削する前に、3個のロール間のギャップとガタを入念に点検し、組込の状態を確認している。これは、圧延中のロールのぐらつきや不適正なギャップから、パイプの外面にロールによる段疵が入るのを防ぐためである。

sizing セクションでは製品外径が小さくなるほどロール表面の肌荒れや磨耗がはなはだしく、再研削までに圧延しうるトン数は、reducing セクションの $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{8}$ にわたっている。

HSR ライン稼動当初に生じた研削機能力の低下、ロールユニット数の不足などの問題は、ロール管理班の短期間の経験およびシステム解析によってただちに解決された。

すなわち、ロールユニットの使用計画と関係の深い生産日程計画の作成基準として、

- (1) 径小管から径大管へ進む方法を、径小管から径中管、径中管から径大管へ進む2系列を併行させること
 - (2) 同一サイズの圧延日数が長くなる場合、これを月2回以上に分割して圧延すること
- の2つが、上記の問題解決に最も効果的であることが判明した。以後この方式を採用することにより、ロール使用計画、研削計画の立案・検討段階で、研削機能力やロールユニットランニング量の制約から、生産計画を修正することはほとんどなくなった。

7. むすび

当工場に新しく設置されたホット・ストレッチレデューサーの稼動に伴って、パス・スケジュール設計手順の標準化とその機械計算化、また、ロールユニットの動きの解析とこれを管理するロール・ショップの設計を行ない、独自の構想によるHSR ロール管理システムを確立した。

これにより、設備の順調な稼動、製品の品質向上、ロール・コストの低減など所期の成果を十分にうることができた。

なお今後の問題としては、継目無鋼管製造設備と連結されたHSRへの適用、母管供給設備の高速化と関連して要求されて来る迅速なサイズ替に対処するため、パンチカードによるパス・スケジュールのプリセット方式の開発などが必要と考えられる。

参 考 文 献

- 1) Neumann u. Hanck: Stahl u. Eisen, 75 (1955) 22, 1452