

分塊圧延工場の総合計算機制御

All-round Computer Control System of a Blooming and Slabbing Process

宮崎 義利* 蜂谷 整生** 南 徹**
Yoshitoshi Miyazaki Seio Hachiya Tôru Minami

藤木 勝美*** 宅間 豊*** 柏木 雅彦***
Katsumi Fujiki Yutaka Takuma Masahiko Kashiwagi

要 旨

八幡製鉄株式会社堺製鉄所に納入された分塊圧延工場計算制御装置は、分塊圧延工程全体の最適制御を追求して開発されたものである。均熱炉段取りおよび焼上げ予測制御は、鋼塊の均熱炉への装入および抽出の指示、分塊工程全体の作業計画作成を行ない、圧延の自動運転が最適パススケジュール計算に基づいて自動的に行なわれる。本稿においては、これら制御システムおよびオンライン制御の基礎となる自動トラッキングを含む情報処理システム、計算機ハードおよびソフトシステムについて述べる。

1. 緒 言

分塊圧延は一次製品の加工工程であるが、取り扱う製品の種類、仕様は多様であり、また鋼塊の均熱炉前到着から製品スラブ手入場に至る分塊工程処理時間は非常に長く、かつ中間の処理過程、処理順序などの作業計画のたてかたは多種多様である。また分塊圧延は次工程の材料を供給する立場からも正確な情報の流通を確保する必要がある。

八幡製鉄株式会社堺製鉄所に設置、現在運転中の分塊圧延工場用計算制御装置は、このような分塊圧延工程にメスを加え、生産性の向上と品質の向上とをめざして新たに開発されたものである。

分塊圧延工場計算制御システムは、HITAC 7250 システム⁽¹⁾により構成され、その機能は

- (1) 全ラインの情報処理および生産管理
- (2) 均熱炉段取りおよび焼上予測制御
- (3) 圧延ライン自動運転制御

よりなる。ここで、段取りおよび焼上予測制御は、オンラインで、生産ラインの状況に応じたダイナミックな作業計画を作成するものであり、また圧延ラインの自動運転は、オンライン最適パススケジュール計算に基づくミルの自動運転を行なうものである。

このような分塊圧延工場計算制御適用のメリットは

A. 生産性の向上につながるものとして

1. 段取りのダイナミックスケジュールリング制御により
 - 1.1 過均熱時間の減少
 - 1.2 トラクタタイムの短縮
 - 1.3 空炉時間の減少
 - 1.4 各種休止予定の事前計画によるむだ時間の減少
 - 1.5 オンラインの高精度焼上予測活用による生産性向上
 - 1.6 出鋼計画と実績との速応修正による生産性向上
 - 1.7 異常作業時の計画修正による生産性の向上

また 2. 最適パススケジュール計算による自動圧延により

- 2.1 圧延パス数の減少
- 2.2 規定どおりの運転による機器の安全の確保とダウンタイムの減少

などが得られ、

また 3. 人員の削減が

- 3.1 段取り表示
- 3.2 自動圧延
- 3.3 情報の自動処理

によって達成される。

また B. 品質の向上につながるものとして

1. 材質に応じた段取り制御による過均熱の合理化
2. 自動圧延と段取り制御による製品の均一化
3. 情報の信頼性と流通の速応性による管理の向上

などがあげられ、

さらに C. 製造原価切下げにつながるものとして、

1. 在炉時間の短縮による均熱炉燃料原単位の低下
2. 自動圧延による圧延電力費の削減
3. スケールロス・ミスロールの減少による生産歩留の向上

など、多角的な高度な成果が期待される。

以上のように、本システムの特長は、情報処理およびミルラインの自動運転に加えて、分塊工程全体の長時間にわたる最適性の追求を行なっていることである。

なお、本システムの開発にあたっては、八幡製鉄株式会社、日立製作所協力のもとに事前のプロセスの解析を経て、新しい考えが取り入れられて設計製作され、さらに約半年にわたる現地調整を経て実用化に成功したものである。

2. 計算機制御システム⁽²⁾

2.1 概 要

堺製鉄所は、大形高炉 2 基から、大形 H 型鋼を製造する大形工場と熱延コイル、薄板を製造するストリップ工場までの工程を擁する最新鋭一貫製鉄所で、各設備はいずれも大能力でかつ高度に効率的に操業するように建設されている。この銑鋼一貫工程の要(かなめ)となる分塊圧延工程は、転炉工場から年間 450 万 t トンの鋼塊を受け入れて、これを大形向鋼片と、熱延向鋼片に圧延して、これら二つの流れに送り出す機能を持つ。このうち主として大形向鋼片を製造する条用分塊工場は昭和 40 年から操業していたが、第 2 高炉に合わせて計画された板用分塊工場の建設に当たっては、分塊工程をいかにして効率的に大量生産を行わせるかについて多くの配慮が払われた。

その結果、昭和 42 年に建設された板用分塊工場は、条用分塊工場

* 八幡製鉄株式会社建設本部

** 八幡製鉄株式会社堺製鉄所

*** 日立製作所日立工場

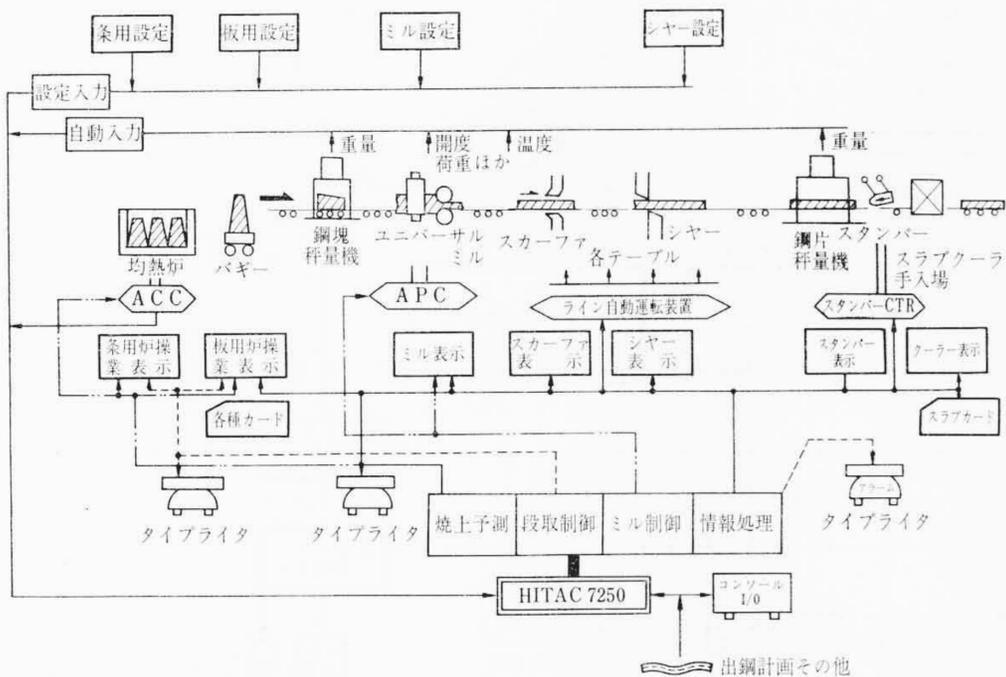


図1 分塊工場計算機制御システム図

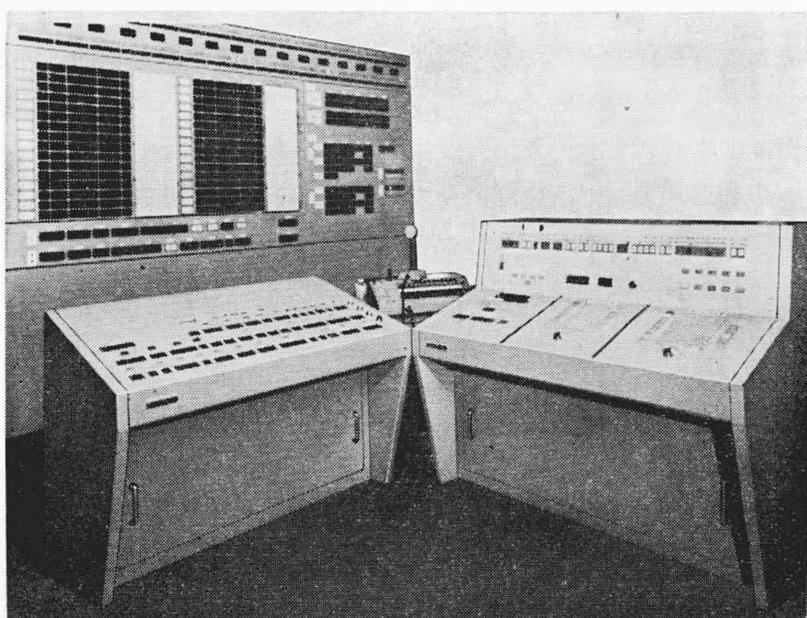


図2 操作デスク

と均熱炉を共有してコの字形レイアウトとなり、また後工程はスラブクーラの設置により、熱延工場と直結し、さらに積極的に新鋭設備、自動運転装置、集中管理方式などが導入されたが、これらの頂点にあって、条用分塊も含めて全体として、高能率に最少人員で良好な品質の分塊圧延を効率的に遂行することを期待して計画、導入されたのが、本稿に詳述する計算機制御システムである。

本計算機制御システムは、新設の板用ユニバーサル分塊圧延ラインと、既設の条鋼用分塊圧延ラインの二つの分塊圧延工場の制御を同時に行なっている。この2分塊工場は並列に配置されており、均熱炉を共有している。計算機制御システムの制御範囲は、板用分塊ラインおよび条用分塊ラインの両者に対する均熱炉段取りおよび焼上予測制御、および情報処理、ならびに板用分塊ラインのミル自動運転制御である。

製鋼工程から台車により分塊工場に到着した鋼塊（インゴット）は、計算機の指定する時刻に、指定する均熱炉ピットに装入される。また、均熱焼上予測時刻と圧延ライン状態を考慮して、鋼塊を抽出する均熱炉ピットと抽出時刻が計算機より指示される。これらの作業計画の作成は、段取りおよび焼上予測制御システムによって行なわれる。段取り制御の意味を端的に示すと「製鋼工場の出鋼予定および実績、分塊工場の圧延休止予定および実績、装入抽出作業実績をもとに、現在および将来の均熱炉の装入抽出作業、圧延の各種休

止時刻をダイナミックに指示するもの」であり、総合的な分塊工場作業計画を作成し、均熱炉能力の向上、無駄時間の排除、生産能力向上を図るものである。

次に、抽出されたインゴットはインゴットバギーにより圧延ラインへ運ばれる。圧延ラインにおいてインゴットは、インゴットスケール、ミル、スカーフア、シヤ-、スラブスケール、スタンプ、スラブスラーを経てスラブ手入装置に至る。その間、鋼塊の均熱炉前受け入れから、スラブクーラまで、鋼塊の仕様を各運転室に伝え、必要な各制御システムに与える。またライン上におけるインゴットの作業過程をトラッキング（追跡）し、実績値をとり込み、記録印字や実績カードを出力するのが情報処理システムである。

インゴットがミルに達したとき、オンライン情報に基づく最適パススケジュール計算を行ない、その結果により端末装置であるAPC（Automatic Program Control）装置に指令を与えて自動的に圧延を行なうのが、ミル自動運転システムである。

このほか計算機制御システムの円滑かつ、安定な運転を行なうために、起動停止制御を受け持つシステムオペレーション、故障や異常発生時にその処理を行なう異常処理などの管理システムなどより、計算機制御システムが構成されている。

以上述べたところでもわかるように本システムは従来のプロセス計算制御とは異なり、特定のプロセスのみを制御するに止らず工場全体を最適条件下で運転することを目的としている。

このためミル制御のような Mass の制御と段取り制御のような情報の制御とをあわせ持つシステムであり、計算機制御の一方を示しているといえる。

図1はシステム説明図、図2は操作デスクの一部、図3は各システム間リンケージを示したものである。

2.2 段取計算システム

分塊工場は転炉工場から間断なく送りこまれる熱塊を待ち時間なく受け入れ、同時に定められたスケジュールに従って鋼片を生産しなければならないが、品種別の圧延能率の相違、鋼塊受入ピッチの変化のほか作業条件の変動を吸収して、安定した分塊圧延を継続するために十分な均熱能力を必要とする。従来、分塊工場では圧延能力の1.5倍の均熱能力を設備することが常識とされていたが、効果的設備投資の見地から近年は必要最少限の均熱炉を設置して、これを無駄なく使用するようになってきた。堺分塊工場はこれをさらにおし進めて、二つの圧延ラインが9基の均熱炉を共用する方式をとったため、両圧延ラインの能力のアンバランスが生じてもトータルとして製鋼能力にマッチする均熱炉能力を保有していれば良いので非常に効率的である。

しかしながらこれは、頻りにロール型替を行なって大形向粗形鋼片を製造する条用分塊と、高能率にスラブを圧延する板用分塊との性質の異なる二つの圧延ラインから構成されるために、受入鋼塊の加熱のための均熱炉使用計画、焼上鋼塊の抽出圧延計画を適正に行なわないと、無駄時間が生じたり、均熱能力不足となったりする危険が高い。通常これを均熱炉段取り計画と呼び熟練者を専任して常時調整に当たらせるが、この段取り方と呼ばれる担当者の巧拙は分塊工場能力を大きく左右するものであった。しかし、段取り方による方法では、計画の基礎データが少なく精度も悪く、したがって将来長時間にわたる最適計画は困難であり、さらに条用分塊・板用分塊の両者についての最適性は期し難い。

そこでオンラインコンピュータの導入により、長時間にわたる出鋼計画・分塊操業計画に関する情報を入力して、均熱炉の装入抽出最

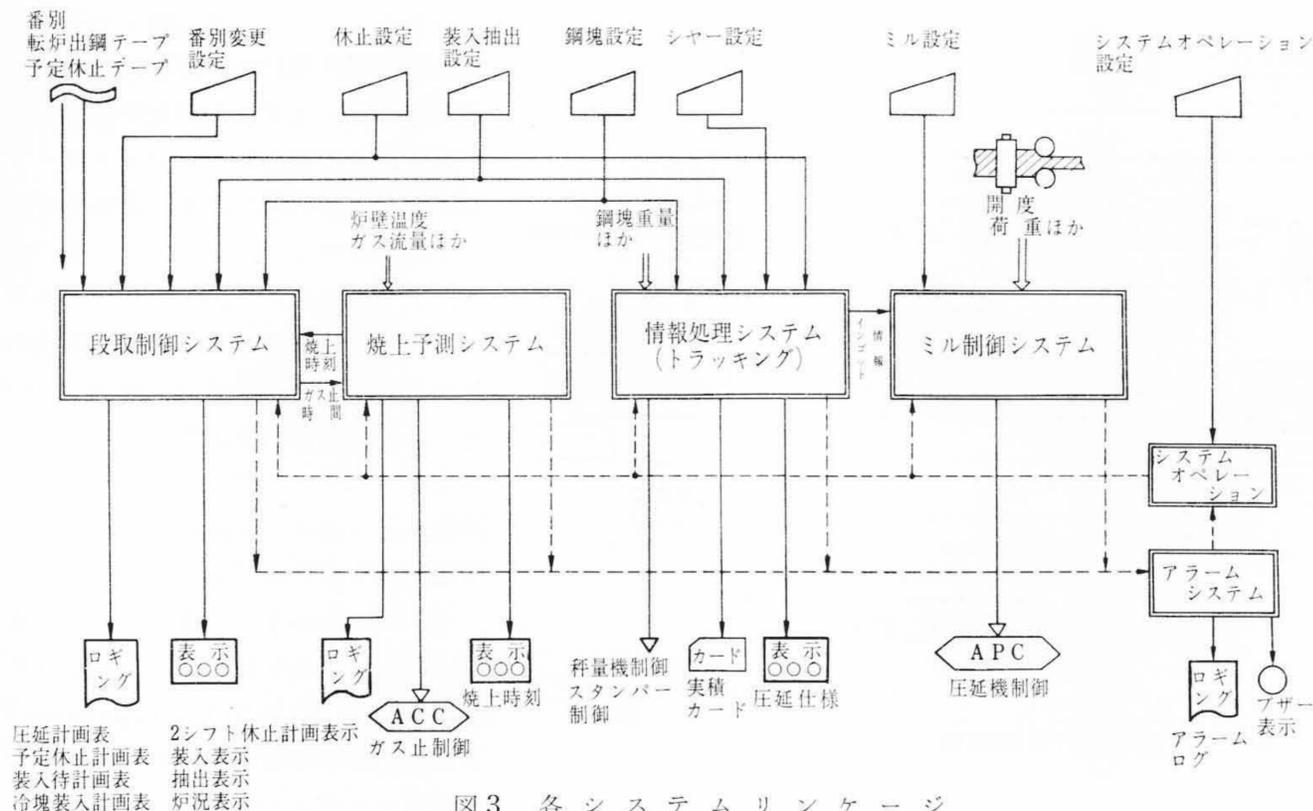


図3 各システムリネージュ

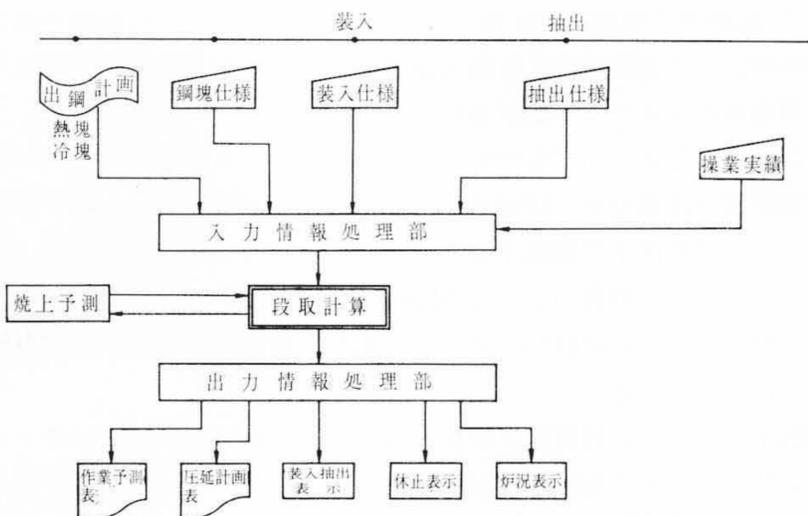


図4 段取システム入出力図

計画を最適条件で更新決定、指示することにより、均熱炉能力の拡大をはかったものである。

図4は本システムの入出力情報を示したものである。段取りシステムの初期入力が出鋼計画情報である。出鋼計画情報は約1シフト分の情報であり、段取りシステムはすでに均熱炉に装入されているチャージも含めて約2シフト分の分塊工場操業条件を認識し、作業計画を立てる。

この結果は圧延計画表予定休止計画表として出力され作業指示が行なわれる。表1は圧延計画表の一例を示したものである。

作業計画は定期的にその時点の情報に基づいて更新され、無理のない最適計画が決定されるが、突発事故などにより段取りシステムの指示どおりに操業できない条件が起こり、オペレータの判断により計画の変更をせざるを得ない場合には装入、抽出、休止などの実操業設定を行なうことにより、段取りシステムは実操業を優先処理し、これを新たな操業条件としてその時点での最適計画をやり直している。

段取りシステムの構成は図4に示すとおりで、出鋼計画や実績操業を処理し、段取りメイン部への情報リネージュを行なう入力情報処理部、段取り計算主体部、段取り計算結果を処理し、各出力機器へ出力する出力情報処理部からなる。

出力機能は下記のとおりである。

表1 圧延計画表の一例

3分塊工場 12月8日 2番 17時9分																				
抽出順別位	ビットNo.	新旧炉別	圧延予定時刻	鋼番	型別	塊別コード	铸型コード	本数	装入量	装入方法	出鋼時刻	冷熱別	装入終時刻	装入済	抽出可能時刻	B	S/T	指定炉	圧延指定時刻	試験No.
1	83	2	17:08	245646	20	8013	6142	12	0	0	7:04	1	10:40	1	17:08	0		00-00	25 18	0
2	73	2	18:36	245658	20	8013	5090	20	0	0	11:58	1	14:10	1	18:36	0		00-00	22 31	0
3	72	2	19:07	245660	20	8013	6142	12	0	0	12:38	1	14:33	1	18:39	0		00-00	21 18	0
4	92	2	19:25	245618	20	8018	6181	10	0	0	0:00	1	10:00	1	19:10	0		00-00	27 19	0
5	61	2	20:10	245659	20	8013	6142	13	0	0	12:30	1	15:10	1	20:10	0		00-00	17 20	0
6	93	2	20:32	245663	20	8022	8110	16	1	0	14:31	1	16:26	1	20:32	0		00-00	41 26	0
7	62	2	21:18	245666	20	8013	6110	16	1	0	15:04	1	17:05	1	21:18	0		00-00	40 26	0
8	91	2	21:55	245621	20	8013	6142	12	0	0	22:42	1	11:55	1	21:55	0		00-00	26 18	0
9	83	2	22:13	245665	20	8043	6150	12	1	0	14:54	1	17:19	0	22:01	0		00-00	39 23	0
10	71	2	22:42	245667	20	8013	6142	12	1	0	15:35	1	18:00	0	22:42	0		00-00	37 19	0
11	81	2	23:01	245668	20	8013	6142	12	1	0	15:43	1	18:08	0	22:50	1		00-00	38 19	0
12	52	1	23:20	245670	20	8014	6142	8	3	0	16:23	1	18:38	0	23:08	0		00-00	42 13	0
13	82	2	23:35	245616	20	8013	6142	12	0	0	20:39	1	13:35	1	23:35	0		00-00	24 18	0
14	41	1	0:05	245670	20	8014	6142	4	3	0	16:23	1	18:28	0	0:05	0		00-00	43 13	0
				245675	20	8014	6150	4			17:53		19:53							0

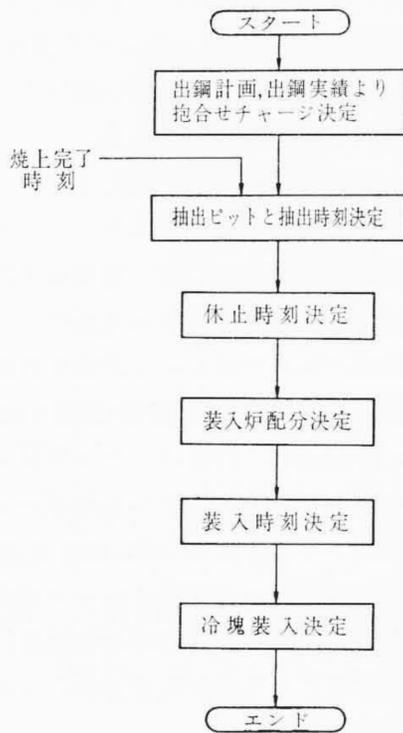


図5 段取り主計算部

- (1) 1チャージの編成(抱合せ)と、どの均熱炉にいつ装入すべきかの指示……圧延計画表, 装入表示
- (2) どの均熱炉からいつ抽出圧延するか指示……圧延計画表, 抽出表示
- (3) ロール組替, 食事休止, 定期点検などの指示……予定休止計画表, 休止表示
- (4) 加熱待の指定……休止表示
- (5) ボトムメイギング, 排滓(はいし)などの均熱炉保守指示……炉況表示
- (6) 圧延作業順序……圧延計画表
- (7) 冷塊装入指示……冷塊装入計画表
- (8) 出鋼ピッチ調整指示……装入待発生アラーム

次に段取り主計算部の概略フローチャートを示すと図5のようになる。

まず出鋼計画情報より加熱パターン, ロール形状, 分塊到着時間, インゴット特性などから二つのチャージ間で抱合せが可能か否か決定する。

これによりある1基の均熱炉へ装入すべきチャージ単位を決定する。

抱合せ装入は1基の均熱炉に異なった2チャージを1/3チャージ分ずつ装入するもので, 均熱炉中既設の条用均熱炉の容量が転炉1チャージの2/3の容量しかないために生ずる端数1/3チャージを処理するものである。

条用炉に対し板用炉は1基にチャージ装入可能であるため抱合せ決定は行なわれない。

次に抽出ピットと抽出時刻決定が行なわれる。

未装入チャージについては出鋼計画情報より予定トラックタイムを算出し, これにより0次焼上予測計算にて焼上完了時刻を予測し, 既装入チャージについては焼上予測システムより焼上完了時刻を受信し, 各設備能力, 生産計画などを考慮して, 総合能率最大となるように抽出時刻, 抽出ピットを決定する。

この後, あらかじめ予定されている計画休止, たとえばロール組

替, 定期点検, 食事休止などをもっとも合理的な時間に決定する。

この休止時刻決定後, ピットクレーン干渉, 装入待時間, 鑄型, 炉の位置などを考慮したコスト行列を作り, 線形計画法にて装入炉配分の決定を行なっている。

その後さらに長時間にわたる均熱炉余裕を見込んで冷塊を処理することができるかどうかを確認して, 炉に余裕がある場合は冷塊装入の決定を行なっている。

本段取りシステムの対象としている分塊工場は粗型ロールを用いる条用ラインとフラットロールを用いる板用ラインの2ラインを制御対象としているため, 条用ラインにおけるロール組替時刻の決定などに見られるように1ラインの制御に比べ複雑なシステム構成となっている。

さらにダイナミックな作業計画上重要なことは, 現場オペレータと計算機システムとの対話が円滑に行なわれることである。

すなわち, かかる数式モデルを有する計算機システムの解に対し, 人間の判断によるリアルタイムな解の修正が容易に行なわれねばならない。このことは段取りシステムのみならず, 焼上, ミル制御についても言われ, 人間判断による手動介入により, それが適正であればその情報を優先的に処理し, モデルのずれを修正することが可能で, それに基づいて計算機システムが処理を続けることができる。

段取りシステムにおいてはこのような人間との対話のために段取りメインルーチンと同程度の処理ルーチンを有している。

段取りシステムの基盤をなすものが, 均熱炉における鋼塊の抽出可能時刻の決定, すなわち焼上予測である。分塊圧延においては鋼塊の適正な均熱度を必要とし, かつそれを出来るかぎり早く知ることが必要であることから, 従来より各社において焼上予測システムが開発研究されているが, 十分な信頼性をもってオンライン制御に適用することはむづかしい問題であった。

われわれは本システムにおいて, 特に大形均熱炉の操業のあらゆる状況において安定した予測をする新しい方式を開発した。すなわち, 溶鋼注入から鋼塊装入までの鋼塊の履歴から均熱炉装入時の鋼塊内部各層の温度分布を求め, 装入以後均熱炉プロセス量より燃焼系の熱平衡から求められる鋼塊の動的入熱量と, 鋼塊周辺領域での輻射熱伝達として求められる鋼塊入熱量との両者から熱平衡式のオンラインモデル修正を行なって鋼塊温度分布変化を求める。しかるのち予測にはいり, 鋼塊が所定の抽出可能温度分布条件を満足する時点を予測計算する方式を採用した。

この焼上予測はできるかぎり早目に知る必要から, 0次, 1次, 2次計算に分かれており, 0次計算は番別出鋼予定入力時に段取りシステムが出鋼予定時刻から線形1次式により在炉時間を求めるものである。1次計算は鋼塊の均熱炉装入時に行なわれるもので, 鋼塊の注入終了後から装入までの履歴, 装入完了直後の均熱炉炉壁温度などの最新の情報による0次再計算である。

2次予測計算は均熱炉装入後行なわれる上述のモデル計算であり, 装入後の動的燃料流量, 炉壁温度, 鋼塊仕様, 装入量などを要因として焼上時刻計算を行なう。

この方式により, 在来の予測方式に比べて, あらゆる鋼塊仕様, 炉況の変動, 特殊な均熱炉操業にも追従しうるすぐれた成果が得られている。

2.3 ミル自動運転システム

ミル制御システムの目的は, 圧延能率の向上, 圧延機に対する機械的衝撃過負荷を防止する安全運転の確実な実施, 熟練作業者の削減, 作業者の労働負担の軽減, および品質の均一化にある。

ミル自動運転制御は, ① オンライン情報の取り込み, ② 最適パススケジュール計算, ③ 計算結果に基づくミルおよび周辺補機のシーケンス制御ならびに位置ぎめにより実行される。

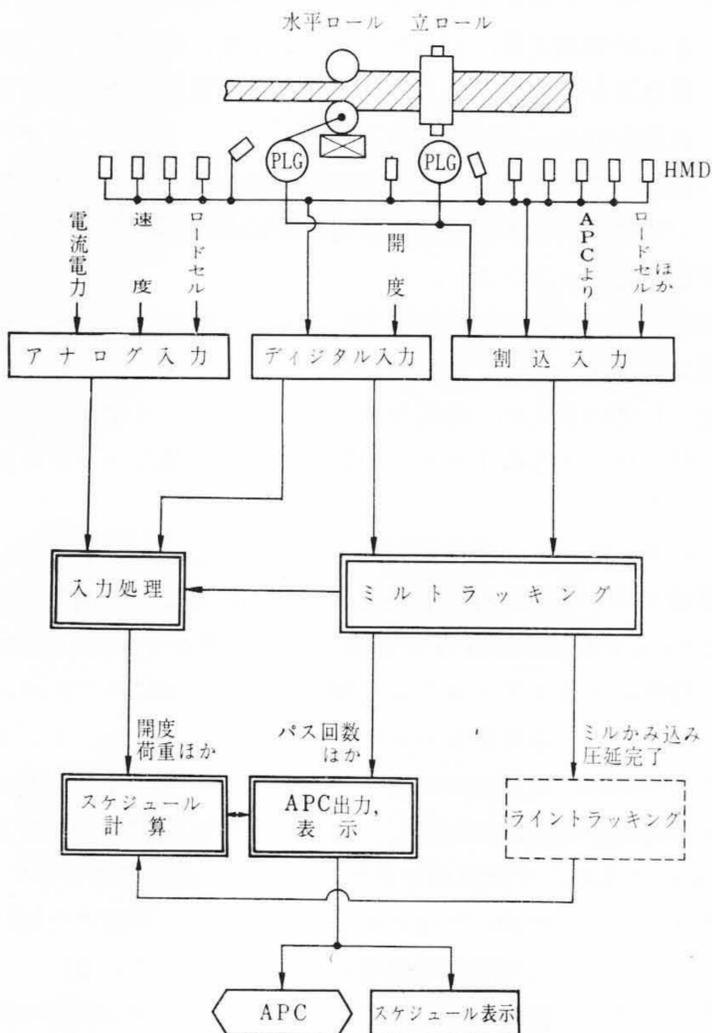


図6 ミル制御タスクリンケージ

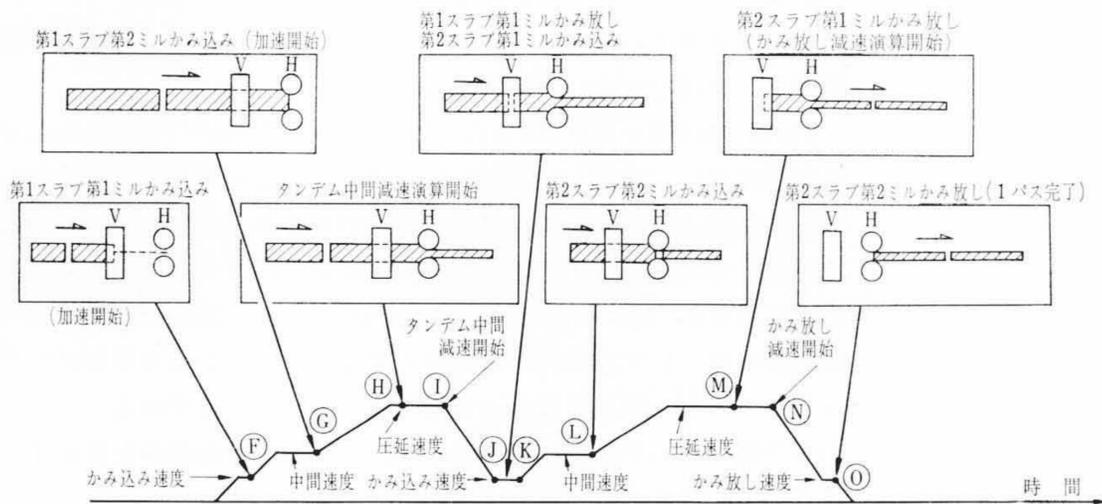


図7 タンDEM圧延速度パターン

その計算機プログラムとしては、インゴットの追跡およびオンライン情報取込み処理を行なうミルトラッキングタスク、最適パススケジュールを計算するパススケジュールタスク、直接ミルおよび補機を制御するAPCに指令を与えるAPC出力タスクなどにより構成される。

図6はミル制御システムのブロック図である。

ミルトラッキングタスクは、ミル回りにおけるひん繁なインゴットの動きを追跡するもので、HMD (インゴット検出器)、ロール正逆転、圧延荷重、水平垂直ミル回転パルスカウンタのオーバーフローなどの信号により動作し、高速処理を必要とするタスクである。分塊圧延機のミル回りトラッキングは、鋼塊の動きが複雑なことから、周囲条件が悪いことのため、もっともむずかしい問題の一つである。たとえばHMDによるインゴット位置の検出は、ミル回りの蒸気、スケールの飛散、残留などの影響を受け、チャタリングや誤検出を生じ誤動作のもととなる。そのため、チャタリング防止回路や、圧延荷重からのバックアップ信号、水平、垂直ミルの回転パルス信号などを取り込んで総合的判断を下すことができるよう考慮されている。

トラッキングタスクに対するこれらの信号の割込みには、デジコンテーブル法を用い、正確なトラッキングを確保している。また、これら割込みは、インゴットの動作に伴い高ひん度に発生するので高速な処理を可能とする配慮が必要である。

ミル制御システムの処理範囲にはいったインゴットの仕様は、情報処理システムより与えられる。パススケジュールタスクは、与えられた圧延仕様に実圧延荷重に基づき、電気および機械設備の能力を最大に利用し、かつ圧延技術上許される条件で、インゴットの焼上げ具合に応じた最適パススケジュール計算を行なうものである。

ミルおよびミル回り補機の直接の制御は図1に示すようにAPCによって行なわれ、計算機は、計算されたスケジュールに基づき、運転に必要なすべてのデータを、APCからのサービスリクエストに応じて各パスごとにリアルタイムでAPCに与える。

この段階までには、入出力の合理性チェックが多重に行なわれ、正しいと確認された出力により圧延が行なわれる。もし異常が発見されれば、その段階に応じて手動圧延要求からミルの非常停止までの種々の手段が自動的にとられる。

本システムによるミルの自動運転のパターンを、インゴット2本が連続した状態で圧延するタンDEM圧延の場合を例にとり図7に示す。

本ミル制御システムの成果は寸法精度上、特に問題となる幅精度において十分な精度を有し、動特性は従来のCPC (Card Program Control) の壁をやぶり、14 t級の標準鋼塊において、シングル圧延で500 t/h以上という熟練オペレータと同程度の圧延能率をあげることができた。

2.4 情報処理システム

情報処理システムは入力情報、工程、作業実績を把握管理し段取、焼上、ミルの各システムへ各種情報を伝送し、これらの出力を表示、各種記録を作成するとともに、制御装置に出力する中枢処理システムである。

情報処理システムの構成は出鋼計画と鋼塊情報の受信、均熱炉への装入、抽出処理、ライントラッキング、カード出力、ロギング出力、ライン表示などのタスクから構成されている。

分塊工程への情報はその量が多大なことのほかに、段取りシステムでも述べたようにその変更、追加、取消などの処理が多いこと、各種トランザクションが多いこと、操業が複雑なため

に突発的異常操作が多発することなどのため、情報の扱いには細心の注意が必要である。

情報処理システムのおもな機能は次に示すとおりである。

- (1) 各種操作機よりの設定入力取込、処理
- (2) 生産管理上重要な各種生産実績カード出力
- (3) ミルライン各運転室への生産指示表示
- (4) 在炉中のインゴット状況の表示、ロギング
- (5) 秤量機、ローラテーブル、スタンパーなどの自動運転制御
- (6) 段取、焼上、ミル各システムへの情報リンケージ

情報処理単体システムとしての重要な機能は実績カードの出力である。

ミルラインに流れるインゴットはインゴット秤量機にて重量、圧延機にて圧延時間、仕上温度、シャーにて実績せん断長、採片枚数、スラブ秤量機にてスラブ重量、というように各種情報が発生する。

これらのトランザクションをリアルタイムにインゴットと対応づけるためライン全域にわたって自動ライントラッキングが行なわれている。

表2 ハードウェア概略仕様

機 器	構 成
C P U	HITAC 7250 コア 16 K 割込レベル 32
外 部 記 憶	H-7511-1~2 磁気ドラム装置 95 K×2 セット
チ ャ ネ ル	システムチャンネル 外部割込要因 24×8 カウンタ 36 セット コミュニケーションチャンネル アナログ入力 94 点 デジタル入力 80 点 デジタル出力 320 点 タイプライタ 3 セット ガードパンチャー 2 セット
電 源	MG付 440 V 60 Hz 3φ

分塊ミルラインは、材料が可逆であり、かつ複数個が独立に動くためインゴットの位置検出と弁別が困難であることや、異常操業(事故による逆送など)があることなどのため情報の混乱が生じやすい。

本システムのトラッキング方式ではライン全域にわたって設置された HMD のオンオフ信号、テーブル正逆転信号を入力としたデシジョンテーブル法とトラッキングシミュレータ方式とを採用しトラッキング失敗を防止している。

トラッキングはラインをトラッキングエリアと呼ぶ8個のブロックに分割し、各ブロックの入口、出口に設けられた HMD によりインゴットがどのブロックにあるかを認識し、各材料の情報リンクを付けていく。

ライントラッキングの手法としてデシジョンテーブル方式はプログラムが複雑になり、高速処理速度を必要とするが HITAC 7250 の高速処理性はミル回りトラッキングとともに十分なレスポンスを持っている。

ライントラッキングの失敗は誤圧、誤せん断、ミスカードとなって現われ、その被害は甚大である。このための HMD の故障、テーブル信号の故障、インテグレーションなどによる誤動作を未然にチェックし、アラームするとともにその修正を容易に行なうことが必要である。

計算機がインゴットの存在位置をいかに認識しているかを表示するとともに、ライン異常の手動修正を可能にするために、トラッキングシミュレータが各運転室に設置されている。

情報処理システム中ミルライントラッキングとともに重要なものに、均熱炉装入抽出処理タスクがある。装入抽出処理タスクには均熱炉操業の複雑な機能が盛り込まれており、焼上予測、段取り制御システムの情報処理としてのかなめである。また抽出時にはライントラッキングとリンクして情報を与える重要なタスクである。これに関連して、装入抽出設定デスクおよび均熱炉表示盤を介して計算機と操業運転員との対話が行なわれるが、計算機のオンライン制御上重要なものである。

これらの情報処理システムにより、分塊工場の各運転室は流れてきた材料に対応した作業命令によって適正な分塊作業を実施でき、しかも鋼塊・鋼片出来高、技術管理用データは自動的にカードパンチされ、これを直接、事務用中央計算機に入力することによってほとんど入力を介しないで、迅速に正しくデータ集計がなされ、従来の人間による工程記録方式に比べ大幅な要員削減と、高度な生産管理が実行できるようになった。

3. ハードウェアシステム

ハードウェアは HITAC 7250 コア 16K を中心に、磁気ドラム 95K×2 セット、割込みレベル 32、アナログ入力 95 点、ディジ

表3 メモリ容量

システム名	タスク数	容量 (kW)	%
システムプログラム	—	22.0	12.0
情報処理	41	56.5	30.0
ミル制御	9	16.5	9.0
焼上予測	7	8.5	5.0
段取り制御	27	42.5	23.0
サポート	—	3.0	2.0
テーパー	—	35.0	19.0

タル入力 320 点、デジタル出力 80 点である。

I/O 機器はコンソールのほかに IBM 735 形タイプライタ 3 台、IBM 29 形カードパンチャー 2 台より構成されている。

表2はハードウェア概略仕様を示したものである。

各運転室に設置された機器には板用分塊の管制室にインゴット仕様を設定する鋼塊設定デスク、装入抽出デスク、工場の休止状態を設定する休止デスク、システムの起動、停止および保守を行なうシステムオペレーションデスク、現在の炉況および段取り結果を表示する炉況表示盤およびカードパンチャー、ロギングタイプライタがあり、条用分塊管制室には装入抽出休止デスク、ミル運転室には各種圧延モードその他を設定するデスクおよび圧延仕様表示盤、シャワー運転室にはトラッキングシミュレータおよびシャワー表示盤が設置されている。

このほかスカーファ、スタンプ、スラブクーラ運転室に今回または次回のスラブ仕様表示盤が設置されている。

これらの設定については各運転室の操作員が行なうが板用主管制室については全システムの監視も含めコンピュータシステム設定者が常時配置されている。

4. ソフトウェアシステム

HITAC 7250 ソフトウェアシステムはオンライン時にはプロセスモニタシステム (PMS) の制御下であり、PMS の下に各アプリケーションプログラムがタスク構成となっている。

PMS は外部割込みによるタスクの起動、タイマー制御、各種 I/O サービス、コア分割制御、CPU および I/O 異常検出、タスク間制御を行なっており汎用パッケージである。したがってアプリケーションタスクは複雑な I/O 制御、割込制御はいっさい必要なく定められた言語に従って容易にコーディングすることができる。

メモリ容量の内訳は表3に示すとおりであるが、PMS 12%、テーブル 19%、サポートタスク 2%、アプリケーションタスク 67% で圧倒的にアプリケーションタスクのしめる割合が多いのは本システムの複雑さを示すものである。

またコア 16 kW に対しドラム 190K を処理している訳であるが、これらは HITAC 7250 の高速性、PMS の速応性、アプリケーション上の種々の考慮のうえで成り立っている。

アプリケーションタスクの一つであるがシステムの起動、停止を容易にするためシステムオペレーションなるタスクを作成し、PMS と一般アプリケーションタスクの中間に存在し情報処理、焼上、段取り、ミルの各システムを制御する。

分塊計算機制御システムでは情報処理システムの起動をまず行ない、安定後ミル、焼上段取りシステムの起動を行なう。

システムを起動させるには下記の条件を満たす必要がある。

- (1) 各システムの使用するテーブル、コントロールワードのイニシャル
- (2) 各システムで使用するタイマーのイニシャル
- (3) 各システムのタスクを起動可能状態にする
- (4) 各システムへの入力情報の完備

表4 アナログ入力エラーの例

エラーコード	センスバイト	SDB	エラー内容
0	—	—	エラーなし
1	2 ¹	—	—
2	2 ²	—	DC電源断
3	2 ³	—	—
4	2 ⁴	—	取込値パリティ
5	2 ⁵	—	アドレスおよびゲイン指定ミス
6	2 ⁶	—	アンサーバックなし
7	2 ⁷	—	AD オーバフロー
8	2 ⁰	2 ⁰	—
9	—	2 ¹	—
A	—	—	CPUへ転送中エラー発生
B	—	—	未定義のデバイス使用
C	—	—	実行不可ファンクション指定
D	—	—	データチェイン指定ミス
E	—	—	—

5. システム完成の経過

本システムは昭和41年1月に八幡製鉄株式会社で研究に着手し、7月日立製作所に発注されて、以降両者により積極的に理論的解明、既設設備の操業データの解析、作業の分析を経て設計製作されたものである。42年12月初め現地据付けに至り、ハード調整および、情報処理システムに関するソフトデバッグを完了したのは43年1月下旬である。段取りおよびミル制御については、磁気ドラム外部記憶装置の追加が必要であつたためにこれより遅れ、43年5月より現地調整にはいって9月にソフトデバッグおよびAPCなど出力装置との総合連動調整を終了、10月よりモデル適正化をはかりつつ、操業にはいった。

その間、ミル制御については、検出器、出力装置、およびこれらと計算機のリンケージを含み、システムとしての安定した運転を確保すること、段取り関係については、開発システムに、実操業からみたプラクティカルな面、操業者とのインターフェースを強化することなどに努力を払った。また、ソフト的には、190K語のメモリを必要とする従来に例をみない大規模かつ高速性のオンラインリアルタイムのマルチプログラムシステムを完成するために、プログラムのリンケージ、処理時間の問題の検討に努力した。

6. 結 言

今回開発された分塊圧延機の計算制御システムは、分塊圧延工程の生産作業全体をオンラインで管理し、最適制御するものである。この構想および手法は他の鉄鋼プロセスのプラントおよび製鉄所内全体の総合システムとしての制御、または鉄鋼以外の他産業の生産ラインのオンライン制御に適用することが可能であり、今後の計算機制御システムに一時期を画するものである。

本装置は長期にわたる研究開発調整の結果実用に成功したものであるが、計算機制御装置は、他の設備と異なり、操業方法の内部に立入り、これを定めてしまうものであるだけに、実績をフォローし、操業を改善するために計算機制御システムのメンテナンスとしての改善が必要となるであろう。

おわりに、本設備の完成は、八幡製鉄株式会社、日立製作所、多数関係者の並々ならぬ努力とご指導のたまものであり、ここに厚く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 岩田：オートメーション 11, 12~76 (1966-11)
- (2) 宅間ほか：日立評論 50, 761 (昭43-8)
- (3) 松永：制御工学 11, 50 (1967-10)
- (4) 平本ほか：日新製鋼技報 16, 59 (1967-5)

(5) 各システム起動後のトランジェント現象の吸収
システムオペレーションは上記(1)~(3)の処理を行なう。

(4)はオペレータが行ない、(5)は各システム内タスクのスタートルーチンが行なう。

システムオペレーション上特に問題なのはシステムの一部が混乱を起こしても、それを他のシステムに波及させないこと、またそのためにシステムをダウンさせないことである。

たとえば段取り制御システムでは入力情報が膨大なため、予期しないトラブルが発生し、段取り結果が実操業に使えないとき、APCが故障しミルシステムのダウンにまで影響を及ぼすとき、これらのトラブル時に各システムを独立に切り放すことができ、また各システム内のリンケージを他の方法でバックアップする方法を採らねばならない。

システムオペレーションはあくまで各システムのトラブル時に対処するものであり、機器のトラブルに対しては異常処理が対処する。

以上の処置を行なうため4個の押しボタンスイッチにより各システムの起動、切り放し、再スタートが行なわれるようになっている。

機器の異常についてはハードウェアによって検出されPMSの中のエラー処理ルーチンを通り、アプリケーションに渡され、アプリケーションに合った処理が行なわれるようになっている。

一例として表4に示したのはアナログ入力の異常検出点である。

HITAC 7250 システムにおいてはこのアナログ入力のほかすべてのI/O機器、CPUの異常について標準化された合理的エラー検出とその処理ルーチンが完成している。