

# 討16 福山における連続—熱延直送圧延の自動化システム

日本鋼管(株)福山製鉄所 ○松村勝己 堀江俊輔 政岡俊雄  
柴田忠夫 山本正治 竹中正樹

## 1. 緒言

福山第五連铸設備は、第二熱延工場に直結され、直送圧延(HDR; Hot Direct Rolling)を目的として、昭和59年9月に稼動した。この建設に当り、HDRの省エネルギー効果を最大ならしめるために、最新の技術を集大成し、工程・物流の同期化、連続铸造スラブの無加熱圧延、铸造と圧延を一貫した品質つくり込みと徹底的な自動化、省力化を図った。本報ではこれら自動化システムの概要を報告する。

## 2. HDR 操業管理システム

HDR効率化のポイントは、製鋼・圧延間の操業を完全に同期化することにある。当所では、2つの製鋼工場と5基の連続铸造機を有し、薄板、厚板、大形各一次ミルへの素材供給を行っている。この物流競合の中で、最適なHDR操業を行うには、製鋼と圧延を一本化した操業計画の策定とその実行管理が不可欠であり、59年9月にHDR操業管理システム(Fig. 1)を構築した。

### 2.1 システムの概要

製鋼・圧延間の物流を完全に同期化する計画策定は実行直前に行ったのでは間に合わない。新生産管理システム<sup>1)</sup>は週間段階から実行可能なスケジュール組立てを行い、実行段階では計画達成率の向上と操業変動に対する調整を容易に行えるようにした。

HDR計画では、圧延サイクルの組立てと铸造ポジションの設定を同時に行い、週間計画段階の先ず初めにこれを確定する。

以降、毎日の操業実績変動は全て日程計画時のHCR・CCRスケジュール調整で吸収する。スケジュール組立てのメッシュは分単位の時刻ベースとし、計画精度向上を図った。

実行段階では铸造・圧延間の同期を铸片1枚毎に管理する必要がある。そのため、铸造と圧延の操業進捗を実時間で捉え、同期化状況が相方の運転室で把握できる様にした。また操業トラブル発生時の計画変更を容易に調整できる様、HCRサイクルとの順位入替、铸造ポジション変更等を端末操作で可能にした。

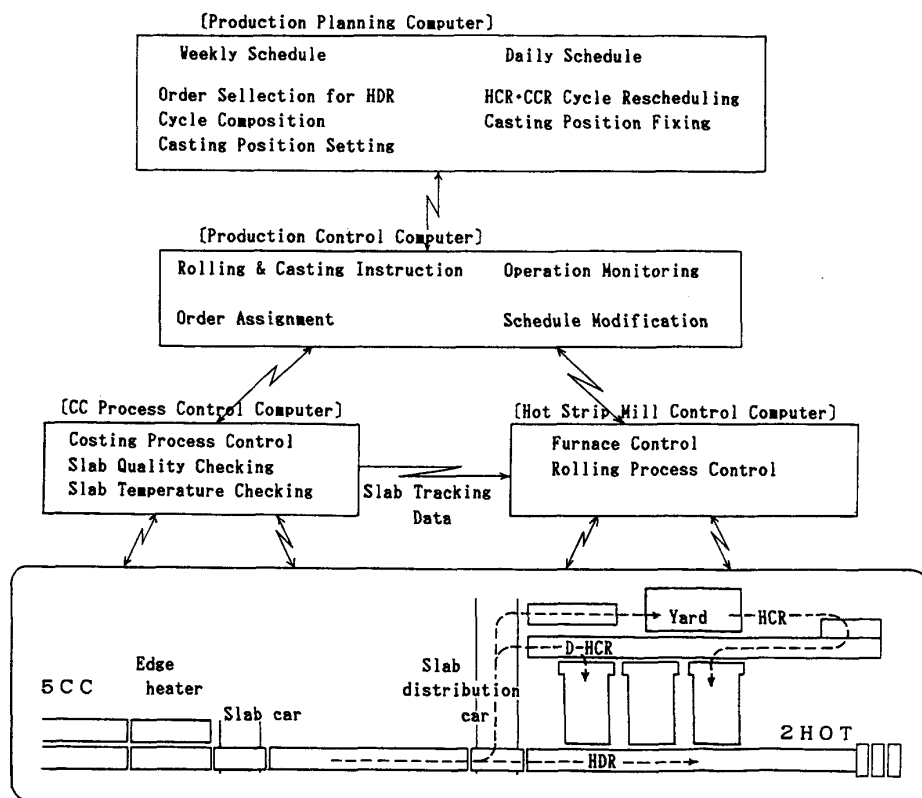


Fig.1 Outline of HDR production control system.

2.2 システムの特徴

(1) プロセスコンピューターとの有機的な機能分担；H D Rでは鋳片が圧延ラインに到着するまでに、その品質情報や温度条件をチェックし、オーダーへの引当可否、H D R可否の判断を行わなければならない。この処理に許容される時間はわずかである。当システムでは指示通りの鋳片が造りこめたかどうかの判断をプロセスコンピューターが行うことを前提に、機能分担を図った。

(2) 操業状況自動監視；時々刻々の実績データを基に、現時点以降のチャージ単位鋳造予定時刻と圧延予定時刻を8時間先まで予測し、両者間に所定のリードタイム差が発生する場合にアラームを発生する操業状況自動監視機能を整備した。

(3) 計画変更シミュレータ；連続化したプロセスの操業調整を容易に行うため、一方のスケジュール変更が他方に及ぼす影響を自動的に計算表示する計画変更シミュレータを開発した。

3. 第五連鋳プロセスの自動化

連鋳プロセスでは鋳片の品質をライン内で計測・制御することが極めて困難である。一方H D Rでは高速鋳造、鋳片の高温均一化および鋳片の表面・内質性状の品質保証が要求される。このため各種の鋳造条件をきめ細かく、かつ正確に、徹底的に制御することをポイントに自動化を図った。また非定常、異常作業についてもH D Rの機会損失防止を目的として、極力自動化した。

具体的な対応施策を Table.1 に、システム構成を Fig. 2 に示し、以下特徴的なものを記す。

Table 1 Functions needed and equipment

Item	Function	Necessary equipment		
		Plant equipment	Automatic system	Automatic equipment
Hot direct rolling	High speed casting	<ul style="list-style-type: none"> <li>Large tundish</li> <li>Width change during casting</li> <li>Hydraulic high cycle oscillation mechanism</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abnormal casting monitor</li> <li>New type mold oscillation control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concave meter at right under mold</li> <li>Temperature profile meter</li> </ul>
	High and uniform temperature slab discharging	<ul style="list-style-type: none"> <li>Air/Water mist spray cooling</li> <li>Heat insulating cover</li> <li>Slab edge heater</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dynamic control of secondary cooling</li> <li>CC-DR synchronizing control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Roll gap meter</li> <li>Temperature profile meter</li> </ul>
	Quality securing	<ul style="list-style-type: none"> <li>VB type caster with small roll pitch</li> <li>Vacuum slag cleaner</li> <li>RH degasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Forecast system of slab quality during casting</li> <li>Quick analysis of molten steel</li> <li>Width change control</li> <li>Judging quality of slab for HDR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automatic temperature measurement, sampling in tundish and analysis</li> <li>Burr remover</li> <li>Hot state defect detector</li> </ul>
Other rationalization	Manpower saving	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automatic air sealing fasten/unfasten</li> <li>Automatic mold powder feeder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automatic casting control</li> <li>Automatic cutting length control</li> <li>Automatic slabcarring operation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Slab number marking machine(except HDR)</li> <li>Tundish pre-heating controller</li> <li>Man-machine-interface terminals using CRT-display with Key board</li> </ul>

3.1 モールド鋳込制御

鋳片の表面と表層下品質の造り込みに最も重要な、モールド湯面制御には高感度の小型渦流距離計を開発導入し、2.5 m/minの高速鋳造下でも±3 mmの制御精度を達成した。

モールド振動は高速安定鋳造に対して、非サイン波形振動が適しており<sup>2)</sup>、マイコン内部のROMに基準となる波形を記憶させておき、鋳造条件に応じて最適な波形を油圧サーボ系で実現するシステムを開発、実用化した。

3.2 鑄片温度制御

二次冷却帯にはミストスプレーノズルを採用しエッジの過冷却防止のために、スプレー巾切り制御を行い、H D R専用のスプレー制御定数をテーブル化している。また異常時に鑄造速度が所定の値より下がると、H D Rはできなくなるが、H C Rはできるように制御定数を自動変更する機能も持たせた。

エッジ加熱帯では、鑄片1枚毎に、圧延指示温度と圧延までの時間予測に基づき、最小投入エネルギーを計算制御し、原単位低減を図った<sup>3)</sup>

3.3 鑄造品質予測システム

鑄片の表面、内質に関する品質保証は、モールド～二次冷却帯の鑄造条件の履歴管理によることにした。鑄片の1 m毎の鑄造履歴はストランド当たり130点のセンサー情報から、280項目のデータに変換記憶される。鑄片単位の品質評価は、切断時にこれらのデータを総合して鋼種グループ毎に最大50項目の指示データに対して行われる。

3.4 運転室の統合

H D R効率化のポイントである鑄造と圧延の同期化を図るために、鑄造プロセス側の運転室を1ヶ所に統合した。統合のネックはトーチカッターの切断監視の遠隔自動化であったが、I T Vの活用と切残し検知の自動化によって解決した。また集中指令室は鑄造床に設置し、要員の機動運用を可能にすると共に、操作デスクにはC R T / K Bを全面的に採用し、コンパクト化した。

4. 第二熱延工場における計算制御<sup>4)</sup>

H D Rの効果を最大限に発揮するため、第二熱延工場においては、加熱炉からコイラーまでの設備を更新・改造を行うと共に、1984年11月に計算機システムをFig. 3に示すように更新した。

4.1 システムの特徴及び主要機能

H D Rにおける鑄造・圧延の実時間同期化を可能とし、圧延制約緩和と品質精度向上を狙い、計算制御モデルの精度向上を図った。H D R関連主要機能を以下に示す。

(1) 操業管理；H D Rにおいては長期的にみた鑄造予定とのマッチン

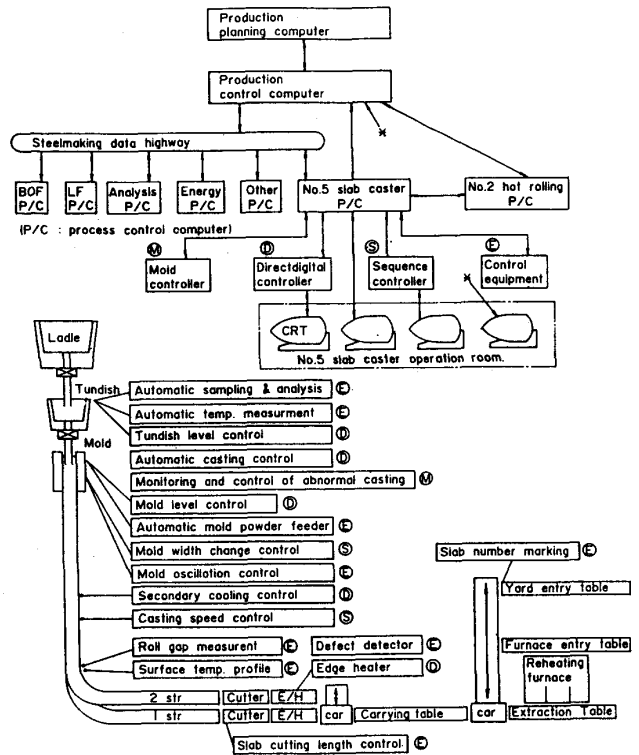


Fig.2 Fully automatic system in the No.5 slab caster.

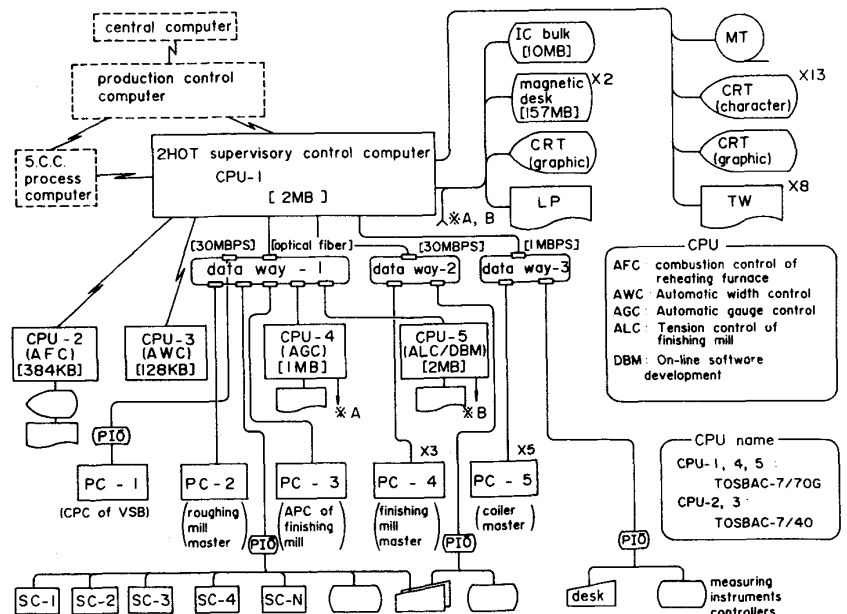


Fig.3 Configuration of process control computer system in Fukuyama No.2 Hot strip mill.

グが必要なため、従来のスラブ単位のリールペーシングの他に、グループ単位での圧延スケジュール管理を行っている。これはFig.4に示すように、サイクル内スラブ構成をHDR材と加熱炉材にグループ化し、至近の加熱炉材グループのスラブ抽出ピッチ調整により、後続材HDR材グループ圧延開始予定時刻を守る方式をとっている。また、連鑄・圧延間の同期が大きく外れた場合は、稼働率確保の為HDR材と加熱炉材の圧延順変更を可能とした。

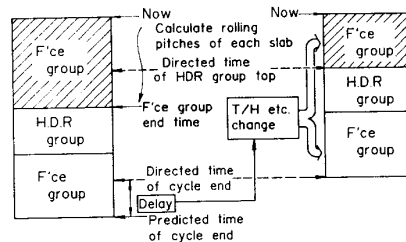


Fig. 4 Concept of rolling schedule control.

(2) 品質制御；HDR効果をより大きくする為には、幅圧下能力拡大、鋼種・サイズ等の圧延制約を緩和するスケジュールフリー圧延が不可欠であるが、前者の対応としてVSBを油圧化し多パス化する事により、幅圧下能力を150mmとすると共に、大幅圧下時の材料先・後端部幅不足防止の為ショートストローク制御を導入した。また、後者の対応として、ロール摩耗分散の為仕上後段スタンドワークロールを任意のパターンでシフト可能とし、仕上圧延機セットアップモデルも全面的に見直した。特に、材料板厚方向温度分布を厳密に求める事により、加熱炉材、HDR材にかかわらず、高精度な材料温度予測を可能とした。

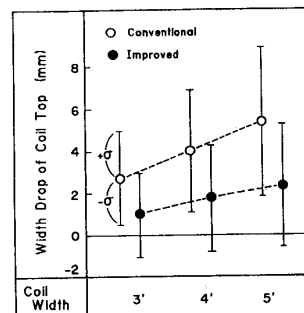


Fig. 5 Average width shortage at leading end of strip.

4.2 効果

HDR量、質の拡大はもとより品質制度も大幅に向上した。Fig. 5, 6に、それぞれVSBショートストロークによる材料先端部幅不足の改善効果量及び、仕上温度予測精度を示す。温度モデルのレベルアップにより板厚適中率は25%改善された。またTable.2にワークロールシフトによる同一幅圧延能力拡大と板厚プロファイルの改善例を示す。更に、ワークロールベンダー能力増強とシフト効果を利用して、積極的なプロファイル・形状制御を実施している。

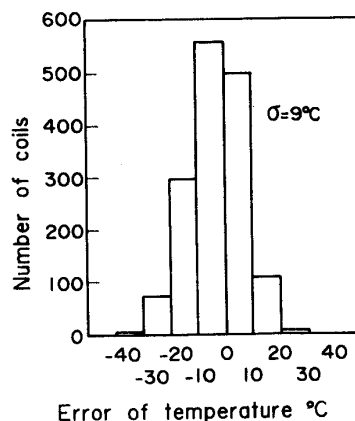


Fig. 6 Accuracy of predicted finishing delivery temperature.

5. 結言

本自動化システムは、1984年9月に稼動し、その1チャージ目より、順調にその機能を発揮し、HDR実施率の拡大と、省エネルギー化に大きく貢献している。

今後は、HDR量・質の一層の拡大に向けて、スケジュールフリー化を指向し、製鉄所の一貫コスト低減、トータルな品質精度改善に向けて、連鑄、熱延の各種制御モデルのレベルアップを図っていく所存である。

6. 参考文献

- (1) 大西ほか：日本鋼管技報 No. 108 (1985), p. 67-74
- (2) 半明ほか：鉄と鋼 71 (1985), s 249
- (3) 内田ほか：鉄と鋼 72 (1986), s 265
- (4) 岩本ほか：日本鋼管技報 No. 111 (1986), p. 25-33

Table 2 Example of improvement of the roll wear and thickness profile after rolling the strips with same width.

	Without Shift	With Shift
Roll Profile		
Rolling Schedule		
Strip Profile (Last Coil)		