

討17 連鑄-熱延直結プロセスの一貫管理システム

住友金属(株) 鹿島製鉄所 大西英行 北野利光 石川克己
谷本善男 平松照生
制御技術センタ 家長吉行

1. 緒言

No.3 CC設備は、CC化拡大による素材コストの合理化と、熱延との直結化による省エネルギーや操業諸元の向上を狙ったものである。そこでの課題は、3CC、熱延両設備に能力差があり、熱延の能力をフルに発揮させるには3CCからダイレクトに装入されるスラブと他のCCで鑄込まれるスラブを混合して圧延するという非常にコントロールの難しい操業形態をとることであった。

つまり、両設備の制約を守りつつ効率良く混合圧延を行なうには、タイミング調整のとれた綿密な鑄込-圧延-一貫計画を事前に組み、各ラインへ適確に作業指示をすると共に、刻々の操業変動に対してタイムリーなアクションのとれる一貫管理システムの確立が必須条件であった。

本報では、今回開発した連鑄~熱延直結プロセスの一貫管理システムの狙い、特徴などを、特に混合圧延スケジューリング機能に絞って報告する。

2. 直結操業とその課題

直結操業の狙いは、高温スラブのダイレクトな加熱炉装入による燃料原単位の低減と、スラブ仕掛り量の低減、製造リードタイムの短縮である。ところが現実には、設備制約や注文の小ロット短納期化などにより、当所の直結操業は非常に複雑な様相を呈している。

直結操業を複雑化させる要因は主として以下のものである。

(1) No.3 CCと熱延の能力差 (No.3 CC < 熱延)

No.3 CCから供給されるスラブのみを単独に圧延するだけでは熱延の生産能力が阻害される。

当所のように熱延の能力を最大限に発揮させようとするれば必然的に他のCCから供給されるスラブとの混合圧延となる。

(2) 鑄込制約、圧延制約による拘束

鑄込制約は主としてCCの能率に係わる制約であり、例えば極力同一鋼種で鑄込ロットをまとめ境界材を減らし連々指数を上げること、巾替を極力減らすことなどである。また圧延制約はロールに係わる制約であり、圧延の順序として広巾から狭巾への巾推移や滑らかな厚推移をすることなどである。これら両制約を同時に満足させるような操業スケジュールが求められる。さらに、CC間では相互に混合圧延の相手を想定し、加熱炉装入までの時間差を考慮した鑄込スケジュールが求められる。

(3) 注文ロットと製造ロットとの乖離 (注文ロット < 製造ロット)

小ロット注文をまとめて鑄込ロットをいかに大きくするかは余剰スラブ抑制の面から重要な問題である。鑄込ロットは鋼種、巾で決まるため、鋼種の適用範囲の拡張や鑄込中巾替などを可能な限り実施してオーダー編成率を良くするチャージ・トライ編成を行なっている。特に混合圧延を前提とした場合、3CCと他のCCの設備的特徴も考慮したオーダー配分方法や、両CCの同期のとれた鋼種・巾決定方法は難しい問題である。

(4) 下工程生産負荷や納期とのバランス

直結操業に主眼を置くと、熱片比率を上げるため、ややもすると納期先行分を先作りする、あるいは作りやすいものをまとめて圧延することとなりがちであり、これらをどうバランスさせるかの適正な判断が求められる。

(5) 操業変動の生産量や操業諸元へのダイレクトな影響

直結操業では、設備、品質トラブルは即、操業変動要因となり、スラブ供給の遅れや先行がそのまま圧延能率の低下、計画圧延量の未達成や高温スラブの熱ロスとなって表われる。そのため、操業変動への迅速かつ適確な対応が従来以上に要求される。

3. 直結操業を支える管理の仕組み

上記の如く複雑な環境の下で直結操業を効率良く行なうには、従来の水準を超えた新たな工程管理技術の確立が必要である。すなわち、連铸-熱延直結プロセスの一貫したスケジューリング機能、各工程での時刻管理機能や操業変動に対する迅速な調整機能、またそれらを支える全工程を網羅した操業管理、品質管理・物流管理機能の充実が上げられる。

特に、操業計画画面では、考え方や意識の変革が必要である。従来はスラブヤードといった中間バッファがあり、連铸、熱延それぞれ個別に最適化を狙って計画を組めば良かったが、中間バッファがなくなることにより圧延パターンを考慮した鑄込計画、つまり鑄込・圧延の同期のとれた双方最適化計画が求められる。また従来は在庫スラブを見て計画を組めば良かったものが、未到着スラブをベースに計画を組むことになり、予測機能や計画外れに対する処置の考慮が必要となる。

さらに、直結操業では物の流れが早いため、計画立案、指示、検査判定、トラッキングなどの実行には、物の流れよりも早い情報収集、伝達や、その情報を使った素早い判断が求められる。

4. 一貫管理システムの主な機能

全体機能を Fig 1 に示す。

(1) 日々鑄込-圧延操業計画機能

鑄込、圧延双方の制約事項を調整しつつ同期のとれた両工程の作業順序を決定する。また計画を評価するため、工程負荷シミュレーション、作業タイミング評価シミュレーションなどを合わせ実施する。詳細は次項で述べる。

(2) 各種振替、変更機能

スラブの品質判定を自動的に行ない予定の注文を振当てると共に、万一不具合発生時は圧延パターンを考慮しながら他の注文への振替を行なう。一方操業進捗などを常に監視すると共に、異常事態に対しては作業順変更やタイミング調整などを実施する。またそれによって生じた操業変更の指示をボイスアナウンスなどを利用しながらタイムリーに行なう。

(3) 物流トラッキング機能

熱間工程での精緻な物流トラッキングが熱片操業成否の鍵となるため、高炉~製鋼~スラブヤード~熱延の全工程を網羅した刻々の物流トラッキングと物流グラフィック表示を一元的に実施している。特にスラブヤードではクレーン内に無線端末を塔載し、スラブの運搬指示、運搬実績の自動

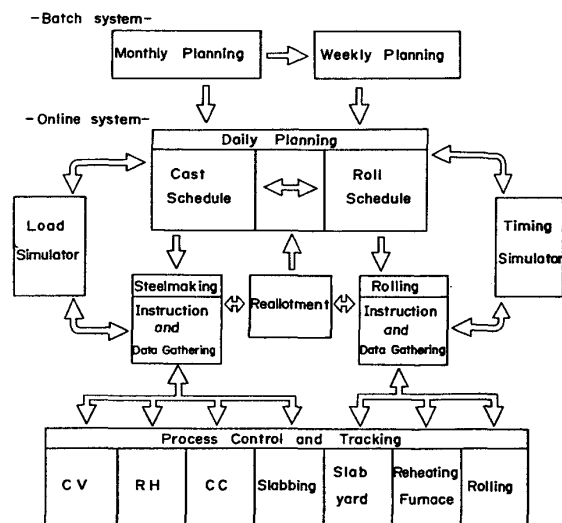


Fig. 1 Function Diagram

取込みなどにより、ヤード内のスラブの物流と置位置のきめ細かい管理を行なっている。

5. 操業計画機能詳細

(1) 鑄込-圧延操業計画システム

概要を Fig 2 に示す。

① 受注内容分析、スラブ在庫分析

スケジュール立案に当たり、保有オーダー内容を納期、鋼種、サイズ、向先などで分析し、圧延対象オーダーの選定と圧延パターンのイメージ付けを行なう。

② 鑄込枠、圧延候補枠設定

鑄込むべきオーダーの選択条件を設定し、CCマシン別に鋼種巾、鑄込量などを決める。また、鑄込枠や在庫スラブを見て圧延候補のオーダー、スラブを選択する。

③ 混合圧延スケジューリング

圧延チャンス別にチャンスの特徴付け（向先、サイズ、混合比など）を行なう。巾、厚推移など圧延制約を考慮しながらダイレクト装入スラブの供給、圧延ピッチのギャップを埋める割合で他のスラブを混合させ、スラブ一本単位の圧延順を決定する。

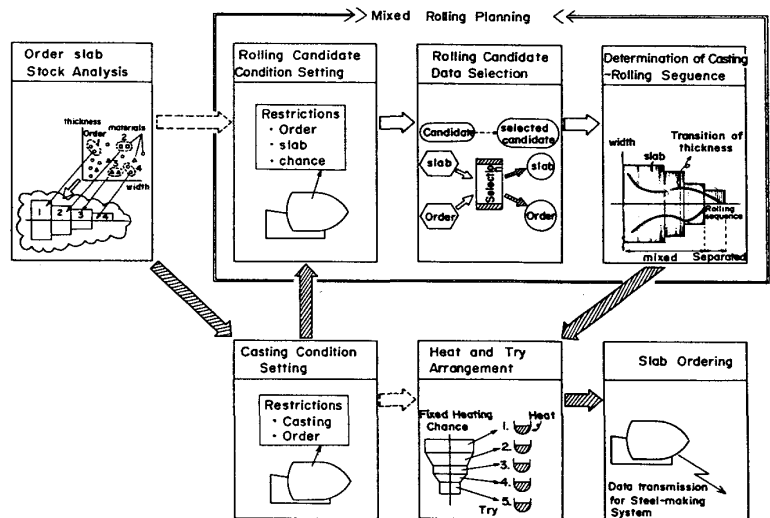


Fig.2 Cast-Rolling operation planning system

(2) 操業計画評価システム

概要を Fig 3 に示す。

① 混合圧延計画評価シミュレーション

下記の評価を判断しやすいイメージにして表示し、一見して問題の所在をわからしめ、最適値探索の試行錯誤を容易にしている。

- a. ロール圧延性（巾、厚パターン）
- b. 下工程向先別供給バランス
- c. 鑄込、圧延のタイミング差
- d. 加熱炉抽出目標温度の推移
- e. 納期先行、遅れ度合

など

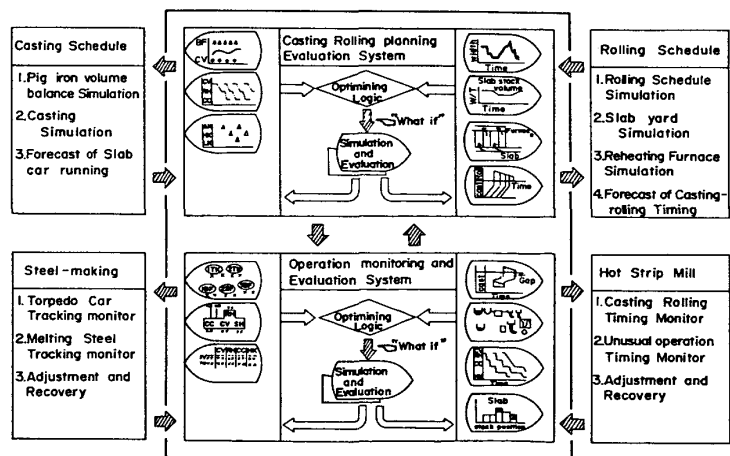


Fig.3 Production planning and operation evaluation system

② 吹錬、鑄込タイミングシミュレーション

転炉からCC間の中間工程の設備競合の防止と待機時間の最小化を狙いとして、鑄込タイミングに合った吹錬タイミングを決定する。

③ スラブ台車回転予測およびスラブ置場シミュレーション

CC鑄込ピッチに合わせたスラブ台車の回転予測、搬入搬出段取指示を行なう。また、スラブ置場別の在庫予測と推定温度表示を行なう。

④ 鑄込、圧延タイミング予測およびタイミング監視

溶鋼、スラブの各工程通過時刻を数分毎に取り込み、予定時刻と対比して表示する。操業変動や材料の順序変更により現時点以降のスケジュールや材料移動がどう変わるか予測する。

6. システム運用上の課題

計画の立案を工程部管制室で、実施段階での調整変更を工場熱片管理室で行なっている。運用上の課題は次の二つである。

(1) スケジュール自動編成上の問題

注文の小ロット短納期化に伴ない自動決定ロジックに反映すべきニーズがますますきめ細かくなり、一部人間介入を余儀なくされている。例えば、

① 鑄込ロットがまとまらない場合、成分値に差の少ない異鋼種ロットをまとめ、成分規格上の共有レンジを狙うことにより、オーダ編成率を上げるロジック。

② ロットがまとまらなくても鑄込みたい至急品がある場合、それを優先的に選び、そのオーダを中心にロットをまとめるロジック、などである。

(2) 計画の総合評価の難しさの問題

スケジュール結果の評価は、注文や在庫の状況で判断尺度が変わったり、生産効率と納期のよう互いの部門の利害が相反したり、また評価指標も数多く例えば加熱温度レベルを揃えることすら難しいなど、一部門、一担当者では公正な判断が困難な場合が多い。

7. 今後の課題

従来から取組んできた熱片スラブの品質安定化、リードタイム短縮活動に加え、巾集約や鋼種ロット集約面の工夫・改善の検討を推進しており、それに伴う従来ロジックの改善を図っている。一方、オーダの消化状況、下工程への材料供給や各ラインの負荷などをやや長期レンジで見極めて混合圧延パターンイメージ付けを行なうため、製鋼-熱延の範囲から更に下工程(冷延・表面処理)を一貫してとらえた操業計画システムを構築中である。

8. 結言

本システムで開発した機能のポイントは、
・複数工程にわたる操業計画の同期化
・円滑な物流コントロールと操業監視
・品質、操業異常時のダイナミックな調整支援
である。これら機能の強化により、加熱炉原単位の向上、仕掛り在庫量の低減、余剰スラブの発生防止などの効果を上げることができた。

参考文献

- (1) 家長 田中 大西 穴戸 ; 鉄と鋼 '82-S900
- (2) 田中 穴戸 大西 石合 登坂 家長; 鉄と鋼 '83-S317
- (3) 家長 日高 穴戸 大西 ; 鉄と鋼 '83-S318
- (4) 谷本 北野 長能 大辻 水田 安田; 鉄と鋼 '84-S356