

中間工程の順序計画固定型 一貫操業スケジューリングシステム

01011084	住友金属工業(株)	*今井 太一	IMAI Taichi
01402684	〃	中川 義之	NAKAGAWA Yoshiyuki
	〃	野平 正樹	NOHIRA Masaki
	〃	田村 明	TAMURA Akira
	住友金属システム開発(株)	山口 知子	YAMAGUCHI Tomoko

1. はじめに

近年、鉄鋼製品の高級化、多品種化により、ピレットなどの半製品を製造する製鋼工程は複雑化し、連続铸造(CC=Continuous Casting)機での操業制約が激しい製造現場では、効率的な操業が最大の課題である。

今回当社小倉製鉄所に新設されたCC機導入に際し、物流シミュレーション技術を活用した製鋼工程の操業スケジューリングシステムを開発したので報告する。

2. 問題の概要

(1) 対象工程・物流フロー (図1)

製鋼工程では、転炉で精錬した溶鋼を取鍋に移し、いくつかの二次処理の後、CCで半製品に固める(铸造処理)。一方、取鍋は製品とは別にCC以後、残りの溶鋼を捨てて補修を受ける。本問題ではこの一連の取鍋物流をスケジューリングの対象とする。

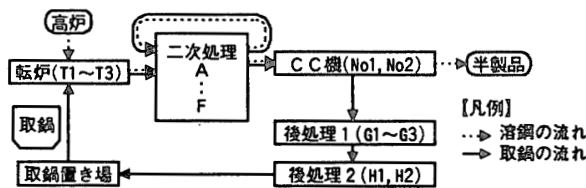


図1：取鍋の物流フロー(10工程、16設備)

(2) 工程レイアウト (図2)

工場は3棟に分かれており、各工程間は各棟を横行する天井クレーンと、棟間を横断する台車を用いて搬送される(搬送される取鍋1杯を1チャージと呼ぶ)。

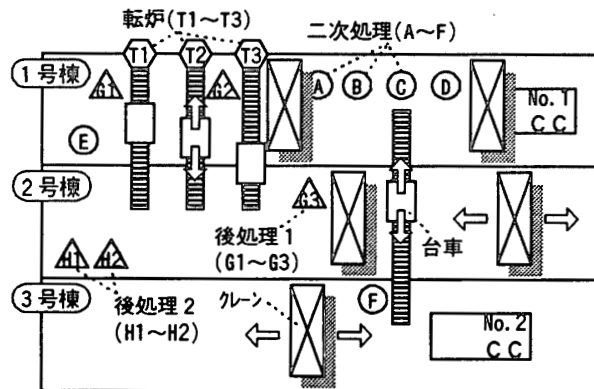


図2：工程レイアウト

3. 問題の主な特徴

(1) 中間工程がボトルネック

- ・中間工程であるCCの生産順序計画が固定(製造計画、CCでの処理順序制約などから決定済)

(2) 操業が複雑

- ・物流パターンが多い(約60パターン)
- ・設備間のバッファがない

(3) 搬送が複雑

- ・同一棟内のクレーン干渉あり
- ・クレーンを占有したままでの処理工程あり

(4) リードタイム厳守

- ・温度低下による品質の劣化防止などの為、一定のリードタイム内での処理が必須

4. 問題解決へのアプローチ

本問題は上記に示す特徴から、工程間バッファを持たないジョブショップ問題であると言えるが、中間工程の順序計画が固定、かつ搬送制約が激しいという特徴から、数理計画的手法による解法では、実用的な時間での求解が困難である。

そこで、まず中間工程(CC)の操業時刻を計算し、それに対して下記2つの物流シミュレーションを活用することにより、段階的に操業スケジュールを作成する方法を適用した。

(1) 工程廻り(バックワード)シミュレーション

中間工程から上工程に向かって工程と時間とを遡る方法に対して、一般的に用いられる標準処理時間による積み上げ方式ではなく、設備・搬送の干渉条件を考慮した物流シミュレーションによるバックワードシミュレーション法を採用した。

(2) 詳細な物流制御のフォワードシミュレーション

全工程を対象とした詳細な物流制御ロジックは、フォワードシミュレーションモデルに織り込んだ。例えば、クレーンのデッドロック回避、搬送効率化を狙いとして、Push型/Pull型の搬送方法切り替えロジックや、搬送状況に応じたクレーン選択ロジックなどを織り込んでいる。

- ・Push型搬送：処理終了後すぐに搬送
- ・Pull型搬送：処理終了後もその設備で待機

5. スケジューリング方法

図3に示すような、2ステップのシミュレーションに人手による結果評価、データ修正のステップを加えた対話型スケジューリング法を開発した。

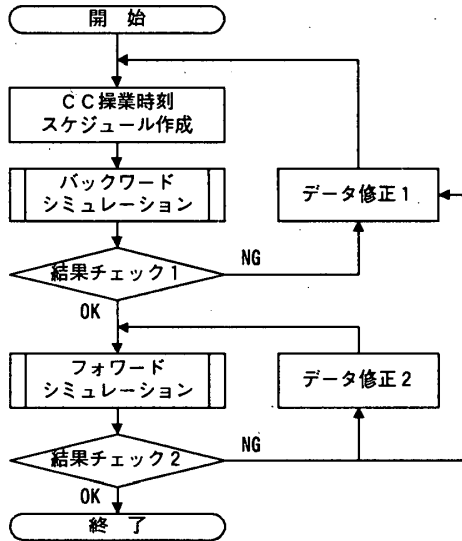


図3：スケジューリング手順

ステップ1：CC作業時刻計算 (図4)

生産計画の各チャージのCC諸元値(鋳造量、鋳造速度など)と、CCの作業条件パラメータ(処理開始時刻、品種切替えの段取時間など)をもとに、各CC毎の作業時刻(CC処理開始時刻、CCへの取鍋到着時刻など)を計算する。

ステップ2：バックワードシミュレーション (図5)

ステップ1のCC作業時刻から、転炉~CC間の作業スケジュールをシミュレーションにて仮決定する。

ステップ3：結果チェック1

①各チャージのリードタイム、②二次処理設備の稼働状況などをチェックする。基準を満たさない場合はCCの作業条件等を変更(データ修正1)してステップ1に戻りリスケジュールを行う。

ステップ4：フォワードシミュレーション (図6)

ステップ3の転炉の作業時刻をもとに、詳細な物流制御ロジック下でのシミュレーションを全工程を対象に行い、設備・クレーン干渉を考慮した作業スケジュールを再計算する。

ステップ5：結果チェック2

①CCの作業時刻、②各チャージのリードタイムなどをチェックする。基準を満たさない場合は、ステップ2(バックワードシミュレーション)で得られた転炉作業時刻を変更(データ修正2)してステップ4に戻るか、CC作業条件等を変更(データ修正1)してステップ1に戻り、リスケジュールを行う。

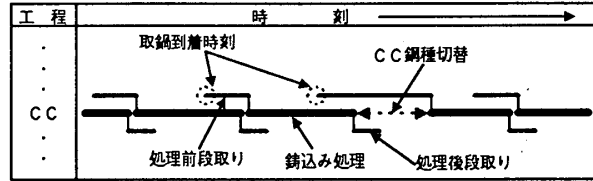


図4：CC作業時刻計算

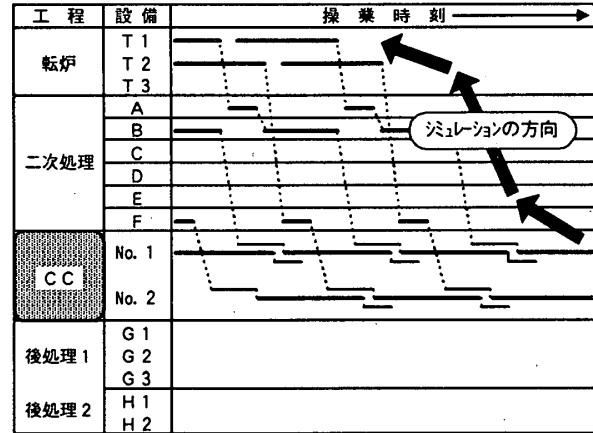


図5：バックワードシミュレーション

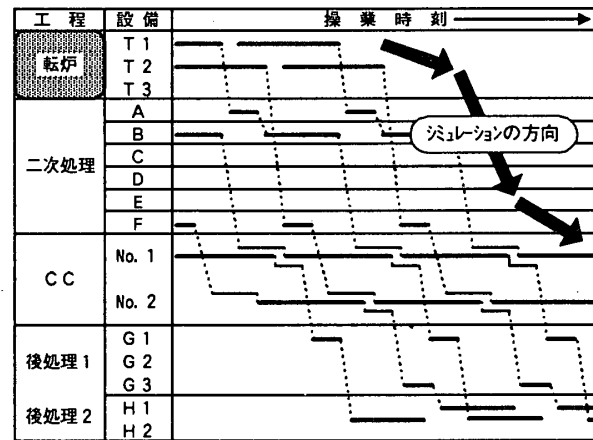


図6：フォワードシミュレーション

6. おわりに

今回開発した作業スケジュールリングシステムは、1日分(40~50チャージ)のデータをバックワード、フォワードとも数秒(DEC3000a)でシミュレーションが可能で、GUI部分の充実などにより高操作性を実現している。

現在、本システムは当社小倉製鉄所の製鋼工場作業システムに組み入れられ、製造現場における日々の作業効率化に効果を上げている。

【参考文献】

井上一郎、冬木正彦：“バックワード/フォワード法に基づく納期重視型生産スケジュールリング” 生産スケジュールリング シボシウ 94 講演論文集、日本OR学会、pp.100-105