LF 操業管理システム (ALFOS)

和泉喜久磨*, 花田 茂*

Automatic Ladle Furnace Operating System (ALFOS)

Kikuma Izumi, Shigeru Hanada

Synopsis

The new process control system for Ladle Furnace called "Automatic Ladle Furnace Operating System" (ALFOS) has been developed in the Machinery Division of Daido Steel.

The system has been operated in Tokyo Steel M.F.G. Co., Ltd. since 1983 and in Chita Plant of Daido Steel since 1985, and has achieved high quality steel grade with decreasing labor cost and production cost.

This paper describes the control functions of ALFOS.

The principal functions are as follows;

- (1) Electric power input control based on Thermal Model
- (2) Alloy calculation taking account of hardenability
- (3) CaO calculation for slag basicity
- (4) Ar flow control
- (5) Printing of the melting report
- (6) Monitoring of the sensor and equipment

1. 結 言

大同特殊鋼㈱ (以下、当社という) は、加熱装置を持った炉外精錬炉として DLF (Daido Ladle Furnace) を各社に納入し、好評を得ている。そして新たに DLF を対象としたコンピュータ・コントロールシステム ALFOS (Automatic Ladle Furnace Operating System) を開発した。

ALFOS は、大幅な人員削減、鋼品質の安定および生産原価低減を目的としている。また、新規に DLF を導入するケースには、DLF の早期戦力化

に有効な手段となる。

ALFOS は、昭和58年東京製鐵株式会社、昭和60年当社知多工場に納入されている。

そこで、本稿では、ALFOS の特長および機能について述べる。

2. ALFOS の特長

ALFOS は、第1表に示す制御を行うことにより、ワンマン・コントロール、鋼品質安定および、生産原価低減をめざしたシステムとなっている。

3. ALFOS の機能

ALFOS の機能構成図を第1図に、当社知多工場における機器構成図を第2図に示す。

昭和60年8月13日受付

*大同特殊鋼㈱機械事業部

第1表 ALFOS の制御目的と制御機能

制 御 の 目 的	コ ン ピ ュ ー タ 制 御 機 能
L F の 機 能	(1) 溶鋼温度コントロール ・電力制御
	(2) 成 分 調 整 ・合金計算処理
	(3) 不 純 物 除 去 (脱 硫, 脱 酸) ・スラグ・コントロール (塩基度調整) ・稀ガス流量制御 ・集じんコントロール
省 力 (ワンマン・コントロール)	・作業誌自動印字 ・上位計算機とのオンライン伝送 ・合金添加装置とのオンライン伝送 ・操業監視

第1図 ALFOS 機能構成図

また、動作ブロック図を第3図に示す。

3.1 電力制御

溶湯の温度のコントロールを行うため、投入電力を制御する。制御モードとして、CPU、プリセット、手動の3モードを用意している。

3.1.1 CPU モード

当社が開発したサーマルモデル(熱精算モデル)をもとにして、溶湯を目標温度に上げるために必要な投入電力量を求め、CC または後工程とのマッチングのため必要な所要時間から、電圧タップおよび電流値を算出し、出力する。

3.1.2 プリセット・モード

タップ電圧および電流値を、プリセットデータとして、予め用意しておき、プリセット NO.を指示することにより、設定電圧および電流を出力する。

プリセットデータは、4組の電圧タップおよび電流値を用意でき、その内容は、操作パネルから容易に変更できる。

3.1.3 手動モード

電極昇降操作機で、タップ切換および電流調整を行う従来の操作方法でバックアップ用に用意されている。ALFOS に異常があった場合は、自動的に手動モードになるように設計されている。

第2図 大同(知多)ALFOS機能構成図

3.2 流量制御

溶湯温度の均一化, サンプル精度の向上および脱硫効果の向上を図るために, ポーラスプラグから吹込む稀ガスの流量制御を行う。

流量制御は, DDC (Direct Digital Control) タイプの調節計を用いて, PI 制御を行う。圧力補正演算, オリフィスから読み取る流量の開平演算も

併せて DDC で行う。

コンピュータは, VCB (Vacuum Circuit Breaker) の入切および LF 処理の状況に合わせ, 流量設定値および稀ガス種類を DDC に指示する。同時に, ポーラス流量実績とパウダインジェクションおよび待機中に使用した稀ガストータル流量実績をロギングする。

計装系統図の一例を第4図に示す。

3.3 集塵コントロール

ALFOS は, LF 直引ダンパおよび集塵主送風機の回転数制御を行う。

3.3.1 ダンパ制御

LF のフードダンパ1点について, 4段階(操業中3段階と停止時)の制御を行なう。

LF 処理中は, 炉内雰囲気安定に保つ必要があり, 必要以上に集塵能力を増加させると, 侵入空気により雰囲気が乱されるおそれがあるので, LF 処理状況に合わせて, ALFOS は, ダンパをコントロールする。

3.3.2 集塵主送風機回転数制御

省エネルギーの観点から, 集塵量に合わせて集塵主送風機の回転数をコントロールすべきであり, ALFOS は, LF, 合金添加装置, タンディッシュ洗浄装置および取鍋洗浄装置で必要とする風量を積算し, その風量から主送風機の回転数を算出し, 出力する。また, トータル風量が, 集塵設計風量値を超えた時は, 計算風量オーバの信号

第4図 計装系統図

を出力し、最も優先度の低い装置に作業停止を指示する。

3.4 合金計算

LFの重要な機能である成分調整を円滑に行うため、ALFOSは、目標値と分析値からLP(Linear Programming)計算を行い、正確かつ安価な合金添加量を銘柄別に指示する。

3.4.1 目標値の決定

成分調整において、LF後目標値は、品質に重要な影響を与える。また、鋼の機械的性質を考慮した目標値を、現在の溶湯の分析値から、人間が計算するのは非常に難しい。よって、ALFOSは、抗張力および降伏点を考慮した炭素当量の式から、現溶湯における最適目標値を決定する。また、当社（知多）の例では、ジョミニカーブを加味した目標値を上位計算機のMERODYシステムからオンラインで受信し、使用している。

3.4.2 合金計算

各元素目標値ごとに、制約式を作成し、目的関数コスト最小で、LP計算を行う。計算時間は約10秒で、各元素目標値と分析値の差分から添加量を求める。また、この計算には、歩留および鉄換算も考慮すると共に、合金添加増分も湯量に組み入れる。

3.4.3 合金添加指示・実績把握

ALFOSは、上記合金計算結果より得られた銘柄別添加指示量を、CRT(Cathode Ray Tube)ディスプレイに表示し、作業者の確認後、合金添加装置へ指示として出力する。

また、ALFOSは、合金添加装置より計重結果を入力し、合金添加実績としてCRTディスプレイに表示する。同時に、添加後の成分予想値もCRTディスプレイに表示する。

3.5 塩基度調整用CaO量算出

精錬において、スラグの塩基度は重要な意味をもつので、ALFOSは、設定された塩基度にするに必要なCaO量を算出する。

LF前で、スラグオフし、LFで造滓する場合は、簡単なロジックでよいが、スラグを残してLFに入ってくる操業の場合は、スラグ分析が問題となるケースが多いので、アーク炉操業からLF前のスラグ組成を類推し、その値を用いてCaO量を算出することもできる。

3.6 成分予想

合金投入の都度、溶湯成分の予想を行う。同時に溶湯量も推定し算出する。また、成分予想値は、CRTディスプレイに表示する。成分予想は下式を用いる。

$$(\text{元素別成分予想値}) = (W \times A + w) / (W + \Delta W)$$

$$(\text{溶湯量}) = W + \Delta W$$

〔記号〕 W : 現在湯量

A : 該当元素分析値

w : 今回添加該当元素純分重量

ΔW : 今回添加総純分重量

3.7 作業誌作成

記録開始ボタンONから終了ボタンONまでの作業内容を、第5図に示す作業誌フォーマットに自動的に印字することにより省力を図る。

3.8 データ・ロギング

下記に示す項目をロギングし、出鋼時に上位計算機に、オンラインで伝送する。

〔ロギング項目〕

LF終了時刻、溶番、取鍋No.、使用電力量、平均力率、消費稀ガス量、受湯重量、出鋼重量、予定鋼種、決定鋼種、分析値、Tap-Tap時間、操業時間、故障時間、合金添加実績、副原料添加実績、電極使用量(接続分)、受鋼温度、最終温度、kwh/℃・出鋼トン

3.9 CRTディスプレイ表示

作業者に、LF操業状況、制御状況を適確に認知させるため、CRTディスプレイを設置し、12画面を用意している。主な画面は以下の通り。

〔主なCRT画面〕

操業監視、操業実績、チャージ情報、合金計算、合金投入実績、センサー動作表示、故障異常状態表示、メンテナンス情報

3.10 伝送

ALFOSは、各種機器とデータ伝送を行う。当社（知多）の例を下記に示す。

(1) 上位計算機 (生産管理情報)

(2) シーケンサ (合金添加装置、台車関係)

(3) DDC (流量制御情報)

(4) 溶鋼温度計 (溶鋼温度)

3.11 操業監視

作業者に、LF各設備の動作状況を適確に把握させるため、また事前保守を容易にするために、ALFOSは、センサー動作表示、故障異常表示、メンテナンス情報監視を行う。