堂屋敷選鉱工場におけるコンピュータを利用した 浮選操業管理について*

金 谷 浩 一 郎**

Computer Control using XRF Analyser in Doyashiki Con-
centrator of Dowa Mining Co., Ltd.

Koichiro KANAYA

1. は じ め に

同和鉱業㈱深沢鉱山部堂屋敷選鉱工場は、現在深沢および餌釣両鉱山からの粗鉱を処理している。粗鉱はいずれも黒鉱であって、処理量は両者合せて30,000トン/月(56年下期予算)である。昭和54年に出鉱を開始した餌釣鉱処理に伴う増強工事の一環として、オンストリーム蛍光X線分析装置(以下OSAと略記)、コンピュータ、および関連機器から成る、浮選操業の制御装置が設置された。この度、この装置について、発表の機会が与えられたので、その導入の概略を報告する。

2. 導 入 の 経 緯

2.1 導入の目的

OSAは既に昭和49年に当所松峰選鉱工場に導入¹⁾されており、その機能を発揮している。今回の堂屋敷選鉱工場における、OSAを使用した浮選操業の制御システムの導入の目的は次のようである。

- 1) 高品位である深沢、餌釣両鉱の混合処理の早期安定を計ること。尚深沢鉱は昭和48年から処理しており同54年より餌釣鉱との混合処理を開始した。
- 2) 選鉱成績の向上、特に鉛実収率の向上を計ること。
- 3) 運転員の停年退職による減員に対処すること。

以上のような目的で、昭和54年度建設計画の中で承認され、同55年7月OSA据付、8月より運転を開始した。

2.2 装置の概要

装置の主要部は、OSA(理学電機製フローフレックス)、コンピュータ(富士通製、U-1300)、および附属機器より成る。U-1300には、フローフレックスの作動のほか、

* 昭和57年5月19日本会第68回例会において発表

** 同和鉱業㈱花岡鉱業所深沢鉱山部
昭和57年4月14日受理

検量線による品位計算、分析データの時系列グラフ表示、各種データの保存、局所バランスシートの作成、選鉱剤の自動制御、操業に関する指示、等の機能を持たせることにした。検量線以下のソフトウェアは本社計数管理室の設計によるものである。装置の主な仕様を第1表に示す。

2.3 OSAの設置と検量線の作成

OSAは昭和55年7月に設置され、8月より分析を開始した。同年末には全6系列の分析精度が一応許容される範囲となったので、56年2月には、従来現場分析に使用していたγ線分析器(ポータリックス)の使用を廃止し、OSAによる分析によって操業を管理することになった。

検量線については未だ問題があるが、OSA設置に先立ち、予め予想される検量線のモデルを数種想定し、その重回帰計算をマイコンで行なえるようプログラムを用意しておいた。想定した重回帰式の数例は次の通りである。

$$W_i = a_1 I_{Cu} + a_2 I_{Pb} + a_3 I_{Zn} + a_4 I_{Fe} + a_5 I_{Sb} \cdots \cdots (1)$$

$$W_i = (a_1 I_{Cu} + a_2 I_{Pb} + a_3 I_{Zn} + a_4 I_{Fe})(1 + a_5 I_{Sb}) \cdots \cdots (2)$$

$$I_i = (a_1 W_{Cu} + a_2 W_{Pb} + a_3 W_{Zn} + a_4 I_{Fe})(1 + a_5 I_{Sb}) \cdots \cdots (3)$$

ここで

W_i : 成分*i*の化学分析値

I_i : 成分*i*のX線強度比

(1)は東北工試で発表されたもの²⁾であり、(2)は(1)の濃度補正を更にはっきりさせようとしたものである。(3)は一般式³⁾に濃度補正を加えたものである。現在では(1)又は(2)を使用している。(3)については計算式が複雑になることもあって、検討が十分進んでいない。また鉄鋼分析に

第1表 OSA 装置の主な仕様およびその機能

	仕 様	
測定系列数	6 系列（ただし 9 列まで拡張可能）	
測定元素	Cu, Po, Zn, Fe, Ba, Sb	
装 置	X 線分析部	1. フローフレックス 理学電機工業製（スラリーセル固定分光部移動型） 1. 分 光 系 ソーラスリットと LiF 分光結晶 1. 検 出 器 ガス封入型比例計算数管（Cu, Zn, Fe） シンチレーション計数管（Po, Ba, Sb） 1. X 線 管 球 タングステン対陰極（40mA, 50kV）
	データ処理部	1. コンピューター PANAFACOM U-1300（メモリ 64KB） 1. サーマルプリンター PANAFACOM 7010A 1. プ リ ン タ ー FACOM 883A 1. ディスプレイ装置 FACOM 6228KL×2 台 FACOM 6228AL×1 台 計 3 台
	ソフトウェア設計	1. 本 社 計 算 管 理 室
機 能	On-Line 部	1. 蛍光X線強度の測定 1. 測定成分品位の推定と表示（数値表示とグラフィック表示） 1. 測定値の保存（ディスクへ）
	OFF-Line 部	1. 分析（経常）日報の作成（データ保存および月別集計） 1. 分析日報に基く局所バランスの作成 1. 保存データによるデータ解析

関する JIS も検討したが、これも実用まで至っていない。

2.4 捕集剤添加の自動調節へのアプローチ

稼動中の選鉱工場に、捕集剤添加を自動化する場合には、いくつかのアプローチがあるであろう。

当選鉱工場では、以前より、各方の担当責任者が、一定の方針の下に、経常分析、現場分析およびパンニングの結果から総合判断して、捕集剤添加量を決定していた。今回の自動化に際しても、この方法に沿った考え方を踏襲することにし、OSA 分析が従来の装置より、より多くのかつより正確なデータを迅速に提供することになれば、各方の責任者の総合判断に大いに役立つことになる。その段階に進んだところで、総合判断なるものを出来るだけ定量化して行き、最終的にはコンピュータによる捕集剤の自動調節に進むことにした。例えば Cu・Pb バルク

浮選の尾鉱品位の目標値の決め方は、定量化の一例である。また OSA の測定点が 6 点と限られているので、どの箇所を計るかも重要な点である。結局最重点と考えられる Cu・Pb バルク粗選のマテリアル・バランスを常時把握すること、これに浮選速度論（1 次反応式）を近似的に適用し、定量化へのアプローチとすることにした。

2.5 マイコンによる捕集剤添加調節の現場試験

捕集剤調節の自動化への第 1 歩として、昭和 56 年 2 月より、マイコンを使い、次のような方法で、捕集剤調節の現場試験を行なった。第 1 図に浮選回路の略図を示す。

OSA によって 10 分毎に測定される品位から、Cu・Pb 粗選における各メタルの実収率および分離率を計算する。その際、10 分前の給鉱品位と、現在の精鉱および尾鉱品位が、バランスするとした。分離率については、最も浮選速度の遅い Pb をキーマタルと呼ぶことにし、Pb を基

第1図 簡略化した浮選回路

準に次式により、現在の分離率 Z_i を計算する。

$$Z_i = \frac{\ln(1 - R_{pb})}{\ln(1 - R_i)}$$

ここで Z_i : 成分 i の分離率

R_{pb} : 浮鉱中の Pb 分布率

R_i : 浮鉱中の成分 i の分布率

次に、この実収率と分離率が、次の10分間も変わらないと仮定すると、10分後の各メタルの実収率 $\hat{R}_i$ は次式で与えられる。

$$\hat{R}_i = 1 - (1 - R_{pb})^{\frac{1}{Z_i}}$$

$\hat{R}_i$ が決ると、現在の給鉱品位から10分後の精鉱品位および尾鉱品位が計算できることになる。この予測品位が使用に耐え得ると判断されたので、これを用いて、捕集剤調節の指示を行なった。

Z_n 浮選回路では、第1図に示すように、 Z_n 系のニューフィードと、清掃選尾鉱の2点しか測定していないので、バランスを作ることが出来ないが、過去のデータから Z_n 系の総合実収率が分っているので、これを達成するのに必要な尾鉱品位を管理することにした。

第2図 Cu Pb R 系 Pb 品位 の 経 時 変 化

以上のようなテストを56年2～4月に亘って行ない、その結果は、現場の捕集剤調節に極めて有効であると判断された。

2.6 ディスプレイ装置を通しての捕集剤調節の指示

前項で述べたマイコンによる捕集剤調節試験を経て、昭和56年5月から、浮選監視室にあるディスプレイ(CRT)に、捕集剤増減の指示を出すことにし、運転員には、その指示に従うようにさせた。その結果第2図に見られるように、単に品位のみの表示よりも、捕集剤の増減を指示する方が、安定した結果が得られることが分る。従来一般に運転員は増量に対しては迅速にアクションをとるが、減量に対しては慎重すぎる場合が多く、これが捕集剤を過剰にし勝ちであり、ひいては分離率の低下をもたらす原因を作っていたと云える。減量の指示により、早目にアクションをとることが出来るようになり、捕集剤の使用量が減少に向うと同時に、浮選操業の安定度が増して来た。

2.7 捕集剤の自動添加

前項のディスプレイを通しての指示による操業が定着したことで、調節方法に大きな欠陥がないと判断されたので、56年9月から、いよいよ捕集剤の自動添加に移った。第2図に示すように自動化前に比べ、自動化後の方が、追従性が良いと判断できる。自動化に当たって注意すべきことは、捕集剤を増量しても、尾鉱品位がその割合に低下しない場合があるので、捕集剤の上下限を設定するこ

とにしてある。この原因は主に元鉱の性質と粒度に起因するものと考えている。

また元鉱品位の変動に対して、現場では繰返しを適正にすることにより、浮選給鉱の品位変動の巾を小さくすることが従来行われているので、これも定量化して、浮選給鉱品位が一定の範囲になるようディスプレイを通してアクションの指示を出している。

現在では、Cu・Pb バルク系2ヶ所、Zn系2ヶ所、計4ヶ所の捕集剤を自動添加している。他の添加箇所は通常固定しているので、捕集剤の手動調節は殆んど無くなっている。なお自動調節のフローダイアグラムは第3図のようである。

3. 導入の効果

現在までの導入の効果を挙げれば次のようになるだろう。

(1) 安定操業と処理量の増大

OSA 分析の結果直ちにアクションがとられるので、操業が安定した。また現有設備で30,000t/月から、32,000t/月に増処理が可能となった。

(2) 捕集剤消費量の低下

Cu・Pb バルグ系捕集剤の原単位が約10%減少した。

(3) Cu 精鉱品位と Pb実収率の向上

Cu 精鉱 Cu 品位が1%程度、Pb実収率が1%程度それぞれ上昇した。

(4) 少人員による運転

停年退職による人員の減少があったが、現在、磨鉱および浮選の2名の運転員で操業している。

(5) 本システムの開発による技術の蓄積

浮選の操業管理を若干ではあるが定量的に把握できるようになったこと、およびコンピュータの活用に貴重な経験を積んだので、これらの活用を更に推し進めたいと考えている。

4. 今後の問題点

4.1 検量線の信頼性の向上

現在使用している検量線の信頼性については未だ問題が残っている。これらには、OSA の構造に起因するもの、例えば濃度検出法の問題、操業条件に起因するもの、例えばマイラの汚れ防止の問題、検量線の構造に関する問題等、追究し改善すべき問題がある。

4.2 浮選元鉱の粒度管理

浮選元鉱の操業管理用粒度測定には、従来篩分けによることが多いのであるが、捕集剤の自動添加を開始後、特に微粒部分の存在の影響が無視出来ないことが一層顕著となった。微粒部分には捕集剤の効果が小さいこと、また、それが消費する選鉱剤の割合が多いこと等の問題

第3図 試薬コントロールの概略

である。現在では、篩分けによる粒度測定他に、サブシーブサイザによる比表面積径の測定を行ない、浮選元鉱の粒度管理に役立てているが未だ十分ではない。粒度の問題は磨鉱回路に起因するものが多いので、この面の追究も平行して行なう必要がある。

4.3 装置の簡素化とメンテナンスの問題

現在使用している OSA は、重量が大きく、かつ価格も高価である。更に軽量化し、低価格になれば、普及が進むものと思われる。またメンテナンスにもコストがかかるので、これも軽負担にしたい。

4.4 鉱量および流量の測定

現在のところパルプ流量の測定の計装化が遅れているので、この面の検討を行なう必要がある。

4.5 浮選回路のモデル化

浮選操業の自動化には計装技術の向上と、浮選回路の最適モデルの研究が必要である。後者には、シミュレーションに必要な基本的な測度の検討が更に必要であると考えている。

4.6 硫酸銅添加の自動化

Zn 活性用の硫酸銅の自動添加も進める必要がある。

5. お わ り に

深沢鉱山部堂屋敷選鉱工場における、オンストリーム蛍光X線分析装置を含む、浮選回路の制御装置の導入について、その経緯を簡単に報告した。今後も本装置の改良に努力したい。

最後に、本装置の導入に当って、その設置の機会を与えられた鈴木善照現相談役をはじめ上司の方々、直接の契機を作って頂いた横沢化学工業株式会社久保田友信社長、ソフトウェアの設計を担当された本社計数管理室、並びにご指導ご協力を頂いた社内各位に対し、心から感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 金沢敏光他：松峰選鉱場におけるオンライン分析の現況，浮選 VOL. 27, No. 1, p. 21
- 2) 阿部利彦他：重回帰式による検量線の作成，日鉱誌/92, 1056(76-2)
- 3) 浅田栄一他：X線分析p. 43共立出版