

Kazimierz SZTABA^xBarbara TORA^xPROBLEMY STEROWANIA OPTIMALIZUJĄCEGO WIELOSTADIALNYCH
UKŁADÓW TECHNOLOGICZNYCH

Streszczenie. W referacie przedstawiono zasady sterowania oddzia-
łem wielostadialnego odwadniania koncentratu miedzi za pomocą mik-
rokomputera.

Układ sterowania jest hierarchiczny:

- na niższym poziomie zawiera sterowanie operacjami jednostkowymi (sterowanie lokalne),
- na wyższym sterowanie całym oddziałem.

Mikrokomputer służy również do rejestracji i archiwizacji para-
metrów technologicznych. Opisany sposób sterowania optymalizującego
został wdrożony w Zakładzie Wzbogacania Rud Miedzi. Efektem wdroże-
nia jest obniżenie sumarycznego zużycia energii o ok. 10%. Temat
jest realizowany w ramach CPBP 03.07. "Badania podstaw procesów
wzbogacania kopalin".

Układ technologiczny - np. zrobacania - realizuje określoną funkcję
celu, jaką jest np. uzyskanie koncentratu o określonej zawartości metalu
czy popiołu. Natomiast kolejne operacje jednostkowe wchodzące w skład
tego układu realizują cele jednostkowe, które nie zawsze są identyczne
z celem głównym.

Przykładowo, w procesie flotacyjnego wzbogacania rud miedzi zadaniem
flotacji głównej jest wydzielenie odpadów o jak najmniejszej zawartości
składnika użytecznego.

Kolejne operacje jednostkowe mogą przebiegać z wykorzystaniem odmien-
nych zjawisk fizycznych, nałożone są na nie różne ograniczenia technolo-
giczne. Istnieją pomiędzy nimi zależności (np. sekwencja operacji wykony-
wanych na tym samym materiale, sprzężenia zwrotne - zawroty itp.).

W efekcie powoduje to, że problem optymalizacji tylko do pewnego stop-
nia może być rozwiązany drogą optymalizacji poszczególnych operacji jed-
nostkowych, natomiast zwiększenie efektywności można uzyskać tylko w wy-
niku optymalizacji całego układu.

Problemy identyfikacji i sterowania jednostkowymi operacjami wchodzą-
cymi w skład układu technologicznego wzbogacania kopalin są dla wszyst-

^{x)} Instytut Przeróbki i Wykorzystania Surowców Mineralnych, Akademia Gór-
niczo-Hutnicza - Kraków.

kich operacji praktycznie rozwiązane [1]. Dotyczy to także takich układów wielofunkcyjnych. W niniejszej pracy przedstawiono koncepcję sterowania optymalizującego wielostadialnych, jednofunkcyjnych układów technologicznych. Dotyczą one przypadków, w których określone zadanie jednostkowe realizuje się stopniowo w następujących po sobie ujęciach - stadiach.

Jako przykład praktycznego zastosowania niniejszej koncepcji przedstawione będzie sterowanie trój etapowym układem odwadniania koncentratu miedzi. Wybór procesu został podyktowany tym, że stanowi on jeden z nielicznych przykładów realizowania kolejnych stadiów na całkowicie odmiennej drodze. Przyjęto metodykę tworzenia układów sterowania dla wielostadialnych układów technologicznych, opartą na następujących założeniach szczegółowych.

1. Celem układu technologicznego jest uzyskanie produktu o założonej charakterystyce (np. wilgotności).
2. Przyjmuje się, że kryterium oceny układu jest kryterium ekonomiczne (sumaryczny koszt operacji), uwzględniające zużycie energii, materiałochłonność, koszty amortyzacji, obsługi itp.
3. Konfiguracja układu (struktura) wynika z charakterystyki możliwych do zastosowania operacji jednostkowych i optymalizacji liczby stadiów.
4. Rozwiązania technologiczne i techniczne w kolejnych etapach wynikają z charakterystyk procesów jednostkowych.
5. Optymalizacja układu i realizująca ją struktura sterowania optymalizującego są hierarchiczne. Na niższym poziomie obejmuje optymalizację (sterowanie) kolejnymi etapami (stadiami) procesu, na wyższym - całym układem.

Cele, które mają być zrealizowane na niższym i wyższym poziomie, mogą być sprzeczne, stąd zasadniczą wagę przywiązuje się do wskaźnika oceny procesu. Problem sterowania optymalizującego wielostadialnym układem technologicznym został rozwiązany praktycznie i wdrożony dla układu odwadniania koncentratu miedzi w Zakładach Górniczych "Rudna" w trybie sterowania dyspozytorskiego. Obecnie wdraża się tryb sterowania mikroprocesorowego. Zastosowano sterownik mikroprocesorowy PSP Z-80, oprogramowany według algorytmu sterowania zweryfikowanego w trybie dyspozytorskim.

Układ odwadniania składa się z trzech kolejnych etapów: zagęszczania grawitacyjnego, filtracji próżniowej i suszenia termicznego. Kolejne etapy są opisane modelami matematycznymi, których postaci były wyznaczone teoretycznie na podstawie zależności fizycznych, natomiast współczynniki zostały określone eksperymentalnie w zakładzie przerobczym.

Funkcją celu układu jest wyprodukowanie koncentratu miedziowego o zawartości wilgoci, nie większej niż 7%. Kryterium oceny jest minimalizacja zużycia energii (przy czym ok. 90% energii jest zużywane na suszenie termiczne).

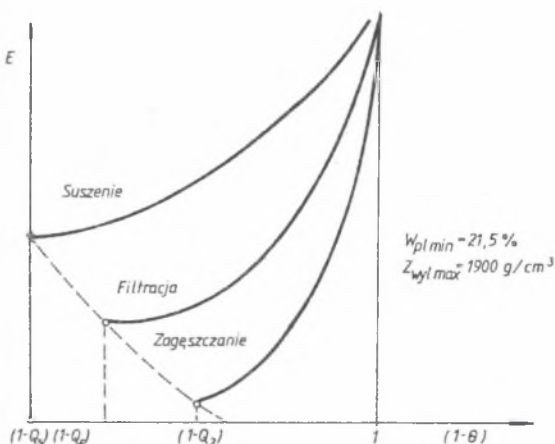
Najbardziej energochłonny, w trój etapowym układzie odwadniania, jest proces suszenia. Wykazano natomiast, że największy wpływ na wielkość su-

merycznego zużycia energii ma przebieg procesu filtracji.

Jeżeli plasek filtracyjny ma wilgotność wyższą od możliwej do uzyskania, zużycie energii w procesie suszenia tegoż placka gwałtownie rośnie. Jednocześnie filtracja charakteryzuje się najprostszym sposobem regulowania jakości produktu (regulacja za pomocą zmiany częstotliwości obrotów tarczy filtra, wielkości podciśnienia, natężenia przepływu nadawy). W związku z tym, dla rozwiązania problemu sterowania optymalizującego najważniejszą rolę mają ograniczenia technologiczne i techniczne dla kolejnych operacji poprzedzających suszenie i ich produktów. Przykładowo: zagęszczenie wylewu zagęszczacza jest ograniczone od góry przez właściwości reologiczne, umożliwiające płynięcie (możliwość odprowadzenia wylewu), wilgotność placka filtracyjnego jest ograniczona do wilgotności zapewniającej jego spoiłość.

Na rysunku 1 przedstawiono schematycznie zależność jednostkowego zużycia energii w kolejnych etapach odwadniania od koncentracji fazy stałej w nadawie Θ .

W pierwszym etapie sterowania optymalizującego (sterowaniu dyspozytorskim) przewidziano utrzymywanie wartości odchyień standardowych wielkości wyjściowych w określonych granicach. Algorytm sterowania dyspozytorskiego przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Zużycie energii

Fig. 1. Energy consumption

W części głównej algorytmu przewidziana jest kontrola wartości wielkości wyjściowych. Przekroczenie wartości zadanej któregoś z parametrów powoduje przejście do algorytmu szczegółowego dla danej operacji. Natomiast brak możliwości oddziaływania wewnątrz algorytmu szczegółowego powoduje podjęcie działania w poprzednim algorytmie szczegółowym. W algorytmie sterowania wykorzystano modele o postaciach określonych teoretycznie i współczynnikach określonych doświadczalnie w ZG Rudna.

$$C_w = -0,003 C_N + 0,002 C_N V_w + 3,75$$

$$m = 1,35 \frac{p}{v} - 101,46 \frac{p}{v \cdot t} + 0,0007 \frac{1}{C_w} + 1,2$$

$$\ln v_{\text{gaz}} = 0,04 \ln v + 1,9 \ln \frac{w_N - w_K}{1 - w_N} + 9,01$$

gdzie:

C_w, C_N - koncentracja części stałych w nadawie i wylewie zagęszczacza (bzw),

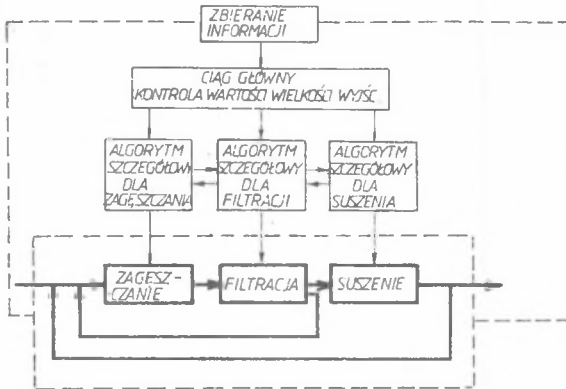
m - funkcja wilgotności płacka filtracyjnego $m = \frac{1}{1-w}$ (bzw);

w - wilgotność,

p - podciśnienie w filtrze (kPa),

v - wydatek płacka ($m^3 h^{-1}$),

w_N, w_K - wilgotność nadawy i koncentratu z suszarki (bzw).



Rys. 2. Algorytm sterowania

Fig. 2. Control algorithm

Sterowanie automatyczne oddziałem odwadniania jest realizowane za pomocą dwóch mikrokomputerów. Jeden pełni funkcję nadrzędną - sterowanie lokalne kolejnymi operacjami i sterowanie sekwencyjne całym oddziałem. Zadaniem drugiego jest rejestracja parametrów technologicznych oraz archiwizacja danych. Sterowanie lokalne wykorzystuje dane pochodzące z istniejących układów kontrolno-regulacyjny, stabilizacji temperatury, poziomu, ciśnienia i wydajności.

Przedstawiony układ sterowania został wdrożony w Zakładach Górniczych Rudna w 1988 r. i przyniósł efekty ekonomiczne z tytułu zmniejszenia zużycia gazu w wysokości 120 mln zł.

Układ sterowania może być łatwo adaptowany dla innych zakładów wzbogacania rud. Obecnie trwają odnośne prace adaptacyjne dla warunków ZG "Lubin" oraz Zakładu Wzbogacania Rud Cynkowo-Ołowionych "Olkusz".

LITERATURA

- [1] Mączka W., Sztaba K., Trybalski K., Tumidajski T.: Identyfikacja i sterowanie procesami technologicznymi w zakładach przerobi rud. Materiały Sesji Naukowej z okazji XL-lecia Politechniki Śląskiej, Gliwice 1990.
- [2] Sztaba K., Tora B.: Problem optymalizacji wielostadialnych układów odwadniania produktów drobno uziarnionych. Materiały VIII Gliwickiego Sympozjum Teorii i Praktyki Procesów Przeróbczych. Gliwice 1989.
- [3] Tora B.: Model matematyczny i próba optymalizacji wielostadialnego układu odwadniania koncentratu miedziowego. Rozprawa doktorska. AGH, Kraków 1984.
- [4] Badania nad poprawą efektywności zagęszczania, filtracji i suszenia przy prowadzeniu zamkniętego obiegu wodnego. Sprawozdanie z prac badawczych 1980-85, Biblioteka IPiWSM AGH.

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ
МНОГОСТАДИАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

Р е з ю м е

В докладе представлены принципы управления отделом многостадийного обезвоживания медного концентрата с использованием микрокомпьютера. Система управления является иерархической, на низшем уровне реализуется управление отдельными операциями локальное управление, на высшем - управление целым отделом.

Микрокомпьютер используется тоже для регистрации и архивизации технологических параметров.

Описанный способ управления оптимизирующего внедрено на медной обогатительной фабрике. Эффектом внедрения является снижение общего употребления энергии на ок. 10%.

THE PROBLEMS OF OPTIMIZING CONTROL OF MULTI-STAGE
TECHNOLOGICAL SYSTEMS

S u m m a r y

The paper presents the principles of controlling the department of multi-stage dewatering of copper concentrate by means of a microcomputer. The control system is hierarchical. Its lower level contains the control of unitary operations (local control) while the higher one contains the control of the entire department.

The microcomputer also records and stores technological parameters. The described way of optimizing control has been implemented in the Copper Ore Enrichment Plant. The implementation resulted in the decrease of total energy consumption by 10%.