

ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПРОЦЕС ОБЕЗВОДНЯВАНЕ ПО ИКОНОМИЧЕСКИ КРИТЕРИЙ

OPTIMIZATION OF DEWATERING PROCESS BY ECONOMICAL CRITERIA

доц. д-р Парашкевова Д. Д. МГУ „Св. Иван Рилски“, София, РБългария, dani.parashkevova@gmail.com
инж. Стойкова Л. С. МГУ „Св. Иван Рилски“, София, РБългария, lachezara.stoykova@gmail.com

Abstract: The purpose of the dewatering is reducing the water content to a specified value and this allows better preservation, storage and transport of products. It is known that depending on the water content, the products are divided by the liquid, wet, humid, air dry and dry. There are three stages in most dressing plants for the removal of humidity in flotation concentrate: thickening, filtration and drying. In one way or another each of these processes are automated. But local automation does not exhaust the potential of technological units, full use of which is possible only in a concerted work. The shared use of production equipment, combined into a consistent technological circuit must be performed primarily at productivity, but as a general criterion for efficiency of the system is necessary to take qualitative and economic indicators.

For the operational control of dewatering process, of great importance are: selected criterion for optimization and development of advanced computer systems.

Keywords: PROCESS, DEWATERING, THICKENING, FILTRATION, DRYING, OPTIMIZATION CRITERIA, CONTROL, AUTOMATION

1. Увод

Отделянето на влагата от флотационния концентрат в повечето обогатителни производства преминава през три етапа: сгъстяване, филтрация и сушене. Повечето системи за управление на процес обезводняване са локални. Но локалната автоматизация не изчерпва потенциалните възможности на технологичните агрегати, пълното използване на които е възможно само при тяхната съгласувана работа. Съгласуването на свързаните апарати, обединени в последователна технологична верига, трябва да се осъществява преди всичко по производителност, а в качеството на общ критерий за ефективна работа на системата могат да се приемат качествените и икономически показатели на процес обезводняване.

Най-разпространените съоръжения и машини за разделяне на течната от твърдата фаза са сгъстителите, филтрите и барабанните сушилни.

2. Предпоставки и начини за решаване на проблема

Параметрите, характеризиращи крайната влажност на продукта при определени производства не могат да бъдат постигнати само с процесите сгъстяване и филтрация, изключвайки процес сушене. От друга страна, изключването на операциите на филтриране на сгъстения продукт от общия процес за отделяне на влагата води до съществено увеличаване на разходите, свързани с необходимостта от изпарение на голямо количество течност в сушилните.

В редица процеси на обезводняване филтрацията заема важно място. От работата на това звено зависи сушенето и затова е необходимо много от параметрите на процес филтрация да се стабилизират или регулират. Управлявайки изходните параметри на вакуум-филтрите лесно могат да се постигнат минимални разходи за обезводняване при зададена влажност на готовия продукт.

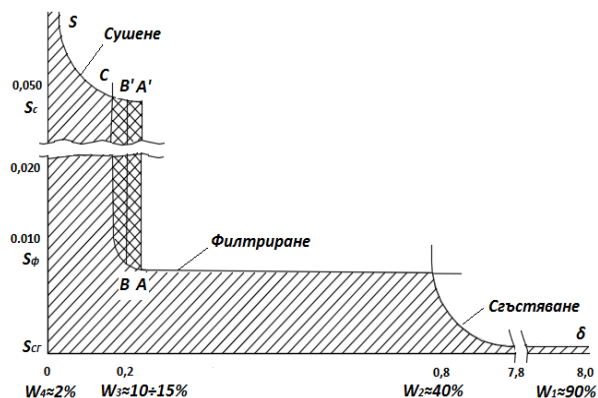
При автоматично управление на процес обезводняване от голямо значение има изборът на критерий за оптимизация и създаването на съвременни системи, чрез които да се осигури оперативното му управление.

Като общ икономически критерий за оптимизация в целия цикъл на обезводняване може да се приеме сумата от разходите, изчислени за единица продукция. Общите разходи за обезводняване се формират от отделните разходи за

сгъстяване, филтрация и сушене. Тези разходи могат да се намалят при правилно изчислено разпределение на натоварването, т.е. разпределение на количеството отделена течност между тези процеси.

3. Решение на проучения проблем

На фиг.1 са показани изменението на диференциалните стойности в различните етапи на обезводняване. Под диференциална стойност се разбира разходите, направени за единица отделена влага при различна влажност на продукта. Например, разходите за 1 [gr] отделена влага в работния участък от кривата на диференциалните стойности при сгъстяване са еднакви.



Фиг. 1. Криви на диференциалните стойности при отделните етапи на процес обезводняване

Всички процеси на обезводняване се характеризират с увеличаване на времето, необходимо за отделяне на едно и също количество влага. При сгъстяване изменението на концентрацията на сгъстения продукт се описва с диференциалното уравнение:

$$(1) \quad \frac{\partial C}{\partial t} = M \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - L \cdot g (\gamma_T - \gamma_{TB}) (1 - 2C) \frac{\partial C}{\partial x},$$

където g е земното ускорение, C - концентрация на твърдата фаза в продукта, M - коефициент на дифузия, L - константа, свързана със съпротивлението на средата, γ_T - относително тегло на течната фаза в продукта, γ_{TB} - относително тегло на твърдата фаза в продукта.

$$(2) \quad dr_{об} = \frac{\varepsilon \cdot \mu \cdot r_0 \cdot h^2}{\Delta p} \left[\frac{1 - m_0}{1 - m_0 m_e} \right] \frac{dm_e}{m_e^y},$$

където m_e е ефективно насищане, равно на отношението на обема на движещата се течност към общия обем течност и въздух, ε - порьозност.

Функцията за който и да е стадий на обезводняване S_i може да се запише в следния вид:

$$(3) \quad S_i = S_{0i} + \frac{a_i}{W - W_{кр.i}},$$

където S_{0i} е начална диференциална стойност на обезводняване в стадий i , W - текуща стойност на влажността, a_i - коефициент на пропорционалност, $W_{кр.i}$ - най-малката възможна стойност на влажността, която може да се достигне в стадий i .

Намаляването на разходите за доизсушаване на концентрата при филтриране е илюстрирано на фиг.1. Ако филтрацията завършва при влажност, съответстваща на точка B вместо точка A , то намаляването на разходите за процес сушене са пропорционални на площта на фигурата $ABB'A'$. Разходите ще бъдат най-малки, ако процес филтрация завършва при влажност, съответстваща в точка C . В съответствие с функцията (3) и фиг.1, изразът за общата стойност $S_{об}$ за целия процес обезводняване има вида:

$$(4) \quad S_{об} = S_1 + S_2 + S_3 = \int_{W_2}^{W_1} \left(S_{cc} + \frac{a_{cc}}{W - W_{кр.cc}} \right) dW + \int_{W_3}^{W_2} \left(S_{\phi} + \frac{a_{\phi}}{W - W_{кр.\phi}} \right) dW + \int_{W_4}^{W_3} \left(S_c + \frac{a_c}{W - W_{кр.c}} \right) dW$$

Ако се приеме, че $W_{кр.c} = 0$, тъй като практически в сушилната може да се отдели цялата влага, а най-малките стойности на сгъстения $W_{кр.cc}$ и филтриран $W_{кр.\phi}$ продукт имат максимални величини, определящи се от основните свойства на пулпа, характеристиките на оборудването и от много други фактори, влияещи върху цялостния процес. Например, $W_{кр.\phi}$ не може да бъде равно на нула, тъй като при филтриране чрез вакуум-филтър налягането е недостатъчно за отделяне на цялата капиларна влага. Величината на началната влажност на концентрата W_1 може да се счита за постоянна, тъй като малките й изменения не могат да доведат до значителен ръст на разходите за сгъстяване.

4. Резултати и дискусия

Задачата на оптимизацията за процес обезводняване, която е свързана с достигане на минимални разходи за единица продукция, може да се представи във вида:

$$(5) \quad S_{об} = S_{\min},$$

където S_{\min} са минимално възможните разходи за единица продукция при дадени условия.

На величината обща стойност на разходите за процес обезводняване най-силно влияе филтрирането. Ако този процес

започва при малка плътност на продукта, то увеличаването на общите разходи за обезводняване ще са за сметка на филтрирането. При малка плътност на сгъстения продукт по-изгодно ще бъде да се продължи процеса на сгъстяване, а не да започне филтриране. Ако филтрирането завършва при достатъчно висока влажност, то сумарните разходи за обезводняване ще нарастват и от увеличените разходи за стадий сушене.

Основните изходни параметри на процес филтриране са производителността и влажността. Повишаването на производителността е свързано с увеличаване броя на оборотите на вакуум-филтъра в определени граници, което води до повишаване на влажността. И обратно, намаляването на производителността води както до промяна в началната диференциална стойност на обезводняване S_{ϕ} , така и до промяна на крайната влажност на кека W_3 .

Както е известно, производителността на вакуум-филтъра нараства при увеличаване плътността на изходния продукт, постъпващ от сгъстителя.

Зависимостта между началното значение на диференциалната стойност на обезводняване на филтъра S_{ϕ} и неговата производителност Q има вида:

$$(6) \quad S_{\phi} = \frac{K}{Q}$$

Стойността на влажността на концентрата след филтриране може да се опише със следващия израз, показващ връзката между влажността на пулпа след сгъстителя W_2 и производителността на вакуум-филтъра Q :

$$(7) \quad W_3 = W_2 = \frac{b}{\sqrt{Q}}$$

Като се заместят зависимости (6) и (7) в израз (4), се получава:

$$(8) \quad S_{об} = \int_{W_2}^{W_1} \left(S_{cc} + \frac{a_{cc}}{W - W_{кр.cc}} \right) dW + \int_{W_2 - \frac{b}{\sqrt{Q}}}^{W_2} \left(\frac{K}{Q} + \frac{a_{\phi}}{W - W_{кр.\phi}} \right) dW + \int_{W_4}^{W_2 - \frac{b}{\sqrt{Q}}} \left(S_c + \frac{a_c}{W_2} \right) dW;$$

$$(9) \quad S_{об} = -S_{cc} - \frac{a_{cc}}{W_2 - W_{кр.cc}} + \frac{a_{\phi}}{W_2 - \frac{b}{\sqrt{Q}} - W_{кр.\phi}} + S_c + \frac{a_c}{W_2}$$

Ако $S_{об} = 0$, то сумарните разходи ще са минимални. Представяйки израз (9) в друг вид и като се приравни към нула, се получава:

$$(10) \quad W_2^3 + \left(\frac{b}{\sqrt{Q}} + t_1 \right) W_2^2 + \left(\frac{b}{\sqrt{Q}} + K_1 \right) W_2 + c_1 \frac{b}{\sqrt{Q}} + d_1 = 0,$$

където:

$$(11) \quad t_1 = W_{кр.\phi} + W_{кр.cc} + \frac{a_{cc} - a_{\phi} + a_c}{S_c - S_{cc}};$$

$$(12) \quad K_1 = W_{кр.\phi} + W_{кр.c} - \frac{a_{cc} W_{кр.\phi} + a_{\phi} W_{кр.cc} - a_c (W_{кр.\phi} + W_{кр.cc})}{S_c - S_{cc}};$$

$$(13) \quad c_1 = \frac{a_c W_{кр.cc}}{S_c - S_{cc}};$$

$$(14) \quad d_1 = \frac{a_c W_{кр.cc} - W_{кр.\phi}}{S_c - S_{cc}}$$

Корените на уравнението (10) отговарят на изискването $S_{об} = S_{\min}$. С алгебричните уравнения (9) и (10) се определя връзката между желаната производителност Q на вакуум-

филтъра и влажността на продукта, постъпващ за филтриране при минимални разходи. Замествайки в уравнение (10) текущата стойност на влажността на изходния продукт и решавайки неговата относителна Q , може да се намери оптималната производителност Q_{opt} , отговаряща на желаните най-добри стойности в общия цикъл. И обратно, ако се променя производителността на филтъра, то по уравнение (10) може да се съди за това, каква плътност на продукта е необходимо да се достигне в съгъстителя.

Може да се направи извода, че чрез получените изрази могат да се изберат стойности на производителността на вакуум-филтъра при различна влажност на пулпа W_2 , отговарящи на изискването за минимални общи разходи на обезводнителния процес.

Ако изменението на производителността се постига чрез изменение броя на оборотите на вакуум-филтъра, то влажността на кека след продухването също ще се промени, а оттам и съотношението на разходите за филтриране и сушене (фиг.1).

Системата за автоматично управление на целия процес обезводняване трябва да включва:

- регулиране плътността на продукта от съгъстителя;
- регулиране разхода на пулп и неговото ниво във ваната на вакуум-филтъра;
- стабилизация на вакуума;
- регулиране влажността на кека;
- регулиране влажността на концентрата след сушене.

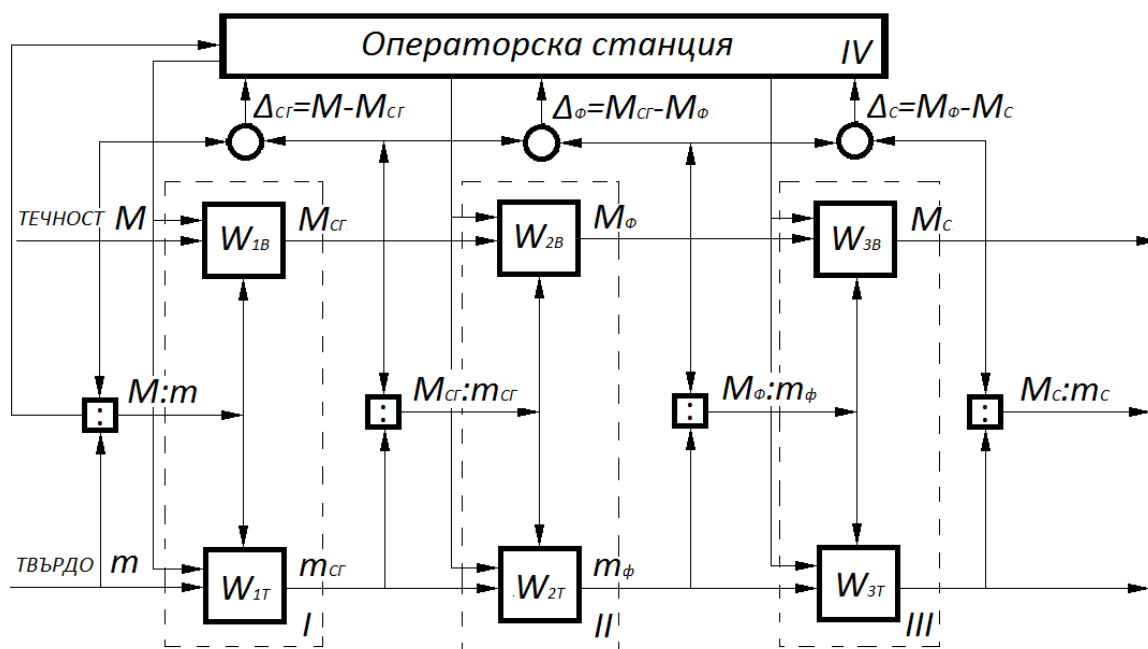
На фиг.2 е дадена блокова схема за оптимално управление на цикъла на обезводняване, включващо контрол и регулиране на влажността на продукта след всяка операция въз основа на икономически критерий по каналите за управление.

В блоковата схема количеството течност и твърдо вещество са обозначени съответно с M_i и m_i , а всеки обект е представен чрез две звена, първото от които е за течност, а второто – за твърд продукт. Това условно разделяне на обекта е необходимо, за да се разкрият специфичните особености за протичащите процеси. Предавателните функции на звената на обектите по влажност $W_{1e}(p)$, $W_{2e}(p)$, $W_{3e}(p)$ и по твърдо вещество $W_{1m}(p)$, $W_{2m}(p)$, $W_{3m}(p)$ съответстват на периодична функция с инерционно звено със закъснение:

$$(15) W(p) = \frac{k}{1-pT} e^{-\tau}$$

При смущение на входа на системата, например при увеличаване или намаляване количеството на влагата с ΔM в съгъстителя (при това количеството твърдо вещество може да е постоянно) се променя съотношението течно-твърдо в пулпа в разтоварването на съгъстителя. Това обстоятелство променя производителността на вакуум-филтъра и влажността на изходния кек, което изисква промяна в работния режим на сушилната така, че съотношението M_c / m_c на изхода на системата да не се променя.

При работа в автоматичен режим отчетите за производителността на всички агрегати и текущите стойности на влажността $W_1 \div W_4$ постъпват в операторска станция. Въз основа на приведените по-горе изрази за изчисляване на оптималните стойности на производителността на вакуум-филтъра и в съответствие с тях от системата се изработват управляващи въздействия, постъпващи към изпълнителните устройства на I - съгъстителя, II - филтъра и III - сушилната.



Фиг.2 . Блокова схема за оптимално регулиране цикъла на обезводняване

5. Заключение

За получаване на високо качествена готова продукция в обогатителните фабрики е необходима автоматична стабилизация на влажността на концентрата в зададени регламентирани граници. Основна задача на системата за управление на процес обезводняване е чрез осигуряване на минимални загуби на твърдо да се постигне максимален икономически ефект. Автоматизацията на технологичните процеси съгъстяване, филтрация и сушене включва контрол на състоянието на технологичното оборудване, контрол на технологичните параметри, регулиране и оптимизация по икономически критерий.

6. Литература

1. Ковачев К., Г. Клисуранов. Обогащаване на полезни изкопаеми. София, Изд. „Техника”, 1987
2. Тихонов О. Автоматизация производственных процессов на обогатительных фабриках. Москва, Изд. „Недра”, 1985
3. Троп А., В. Козин, Е. Прокофьев. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. Москва, Изд. „Недра”, 1986
4. Sougy Jacques, Guillauneau Jean-Claude. *Les capteurs innovants dans l'industrie minière*. [Congrès SIM "Minéral et massif central", Clermont-Ferrand, 9-12 oct., 2001]. Mines et carrières. 2001. 83, sept., с. 121. Фр.
5. Engineering and Mining Journal, 2013