

Разгонова О. В., Сокольник В. І.
Запорізька державна інженерна академія

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗНЕВОДНЕННЯ ЧЕРВОНОГО ШЛАМУ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

Вступ. Глиноземне виробництво - великий споживач природних сировинних ресурсів (бокситів, нефелінів, вапняків, алуїтів та ін.). Застосування відходів виробництва, попутних та вторинних продуктів - величезний резерв не лише економії природної сировини, а й підвищення ефективності виробництва та поліпшення екологічного стану на підприємстві і території регіону. Ефективні технології переробки цих відходів - одна з найвагоміших проблем комплексного використання мінерально-сировинних ресурсів. Актуальність її вирішення зумовлена масовим накопиченням відходів на підприємствах, наявністю потужних потенційних споживачів, зменшенням земельних полів для розміщення відвалів, кардинальним зниженням згубного впливу техногенних скупчень на довкілля та здоров'я населення. [1,2]

При переробці бокситів за способом Байєра на кожну тонну глинозему виходить більше тонни червоного шламу, а способом спікання - до 2,5 т. Основними складовими червоних шламів є сполуки заліза, кремнію, кальцію, алюмінію, титану та луги. Вміст Fe_2O_3 в червоних шламах досягає 60%. Для переробки та використання червоного шламу необхідне його зневоднення. Саме висока вологість (40–60 %) та лужність (до 1,5 %) не дозволяє використовувати червоний шлам. В нашій країні зневоднення червоних шламів відбувається під дією сил гравітації на шламових полях, що несе в собі екологічну загрозу. Традиційними методами вміст води в червоних шламах вдається знизити лише до 25%. Подальше зниження вологості шламів, зневоднених механічними методами, досягається термічної сушінням або шляхом видалення води методом випарювання. [3] Труднощі ефективної переробки червоних шламів полягають у недостатній кількості установок з підготовки

відходів для їх використання, високій вартості вдосконалення та впровадження нових технологій, економічній недоцільності їх використання. Зневоднення осадів та шламів під дією електричного поля є недостатньо вивченим. На сьогодні відомий позитивний досвід інтенсифікації процесу ущільнення осадів, зокрема активного мулу та шламу газоочисток доменних печей за рахунок електричного поля. [4,5] Проведені в Запорізькій державній інженерній академії експерименти по застосуванню методу для ущільнення червоного шламу показали його ефективність. [6] Нами встановлено, що на процес осадження та ущільнення червоного шламу в електричному полі впливають ряд факторів, а саме: взаємне розташування електродів, відстань між ними, їх форма та матеріал, розмір експериментальної ємності, величина напруги, температура суспензії, тривалість дії електричного поля. Найбільший вплив на процес має величина напруги та взаємне розташування електродів. Експериментально визначено, що шламові часточки мають від'ємне значення заряду. Тобто розташування електродів анод зверху - катод знизу, що відповідає напрямку силових ліній поля зверху донизу. Оптимум по фактору напруги лежить в межах від 25В до 175В. [4]

Мета і завдання. Метою даної роботи є визначення оптимальної напруги для досягнення максимального ступеню ущільнення червоного шламу шламонакопичувача Запорізького алюмінієвого комбінату.

Методика проведення дослідження. Дослідження проводились на суспензії червоного шламу, що відбирали зі шламового накопичувача Запорізького алюмінієвого комбінату. Експеримент проводили на лабораторній установці, описаній в [6]

Дослід тривав до закінчення процесу ущільнення. Тобто до припинення руху

границі розділу фаз впродовж 30 хв. По кожному значенню напруги (25, 50, 100, 125, 150, 175 В) проводили по три паралельні досліди. У ході експерименту кожні 10 хв. фіксувалися межа розшарування суспензії (Н, мм) під дією електричного поля та без нього, та сила електричного струму (І, А). [6]

Результати експерименту та їх обробка. При проведенні експерименту прийнято:

- функція відгуку y - об'ємна частка шламового осаду, від загального об'єму суспензії %.
- фактор впливу x – напруга між електродами, В.
- крок варіювання фактора впливу – 25В.
- критерій оптимальності – мінімум об'ємної частки шламового осаду, %.

Задачу оптимізації вирішували шляхом побудови рівняння регресії із застосуванням методу найменших квадратів. Рівняння регресії будуємо у формі

$$\begin{cases} a \sum x_i^2 + b \sum x_i + nc = \sum y_i \\ a \sum x_i^3 + b \sum x_i^2 + c \sum x_i = \sum x_i y_i \\ a \sum x_i^4 + b \sum x_i^3 + c \sum x_i^2 = \sum x_i^2 y_i \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} 87500a + 700b + 7c = 220 \\ 12250000a + 87500b + 700c = 21225 \\ 1826562500a + 12250000b + 87500c = 2609375 \end{cases} \quad (2)$$

Таблиця 2 – Допоміжні величини для визначення коефіцієнтів квадратичної функції

i	x_i	y_i	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
1	25	36	625	15625	390625	900	22500
2	50	34	2500	125000	6250000	1700	85000
3	75	31	5625	421875	31640625	2325	174375
4	100	31	10000	1000000	100000000	3100	310000
5	125	30	15625	1953125	244140625	3750	468750
6	150	28	22500	3375000	506250000	4200	630000
7	175	30	30625	5359375	937890625	5250	918750
$\sum$	700	220	87500	12250000	1826562500	21225	2609375

Коефіцієнти рівняння квадратичної регресії отримаємо після вирішення цієї системи рівнянь методом Крамера. Отже, рівняння параболи має вигляд:

$$y = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

Таблиця 1 - Результати проведеного експерименту

Номер досліду i	Напруга x_i , В	Об'ємна доля осаду, %			Середнє значення y_i , %
		y_1	y_2	y_3	
1	25	34	35	39	36
2	50	35	35	32	34
3	75	30	30	33	31
4	100	32	30	31	31
5	125	29	30	31	30
6	150	29	27	28	28
7	175	29	31	30	30

Допоміжні величини, необхідні для подальшого розрахунку, наведені у табл. 2.

Коефіцієнти a, b і c рівняння квадратичної регресії знайдемо з системи рівнянь:

$$y = 0.0004x^2 - 0.1319x + 39.1429 \quad (3)$$

Для оцінки значущості параметрів регресії і кореляції, були розраховані допоміжні величини і занесені до табл. 3 [7].

Емпіричне кореляційне відношення обчислюється для всіх форм зв'язку і служить для вимірювання тісноти залежності. Змінюється в межах [0-1].

Індекс кореляції:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum(y_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{3.0952}{43.7143}} \approx 0.9639 \quad (4)$$

Таблиця 3 – Допоміжні величини

i	x _i	y _i	ŷ _i	y _i -ŷ	(y _i -ŷ) ²	ε _i	ε _i ²	A _i	Δ ε _i	(Δ ε _i) ²
1	25	36	36,119	4,5714	20,898	-0,119	0,0142	0,0033	-	-
2	50	34	33,6429	2,5714	6,6122	0,3571	0,1276	0,0105	0,4762	0,2268
3	75	31	31,7143	-0,4286	0,1837	-0,7143	0,5102	0,023	-1,0714	1,148
4	100	31	30,3333	-0,4286	0,1837	0,6667	0,4444	0,0215	1,381	1,907
5	125	30	29,5	-1,4286	2,0408	0,5	0,25	0,0167	-0,1667	0,0278
6	150	28	29,2143	-3,4286	11,7551	-1,2143	1,4745	0,0434	-1,7143	2,9388
7	175	30	29,4762	-1,4286	2,0408	0,5238	0,2744	0,0175	1,7381	3,021
Σ	-	-	-	-	43,7143	-	3,0952	0,1359	-	9,2693

Отримана величина R свідчить про те, що зміна часового періоду t істотно впливає на у. Коефіцієнт детермінації моделі залежності випадкової величини у від факторів x визначена наступним чином:

$$R^2 = 0.9639^2 \approx 0.9292 \quad (5)$$

тобто в 92.92% випадків впливає на зміну даних. Іншими словами - точність підбору рівняння - висока. За критерієм Фішера перевірено однорідність дисперсій. Отримана величина:

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{k_2}{k_1} = 26.2462 \quad (6)$$

Табличне значення $F_{\text{табл}} = 6.9443$. Тобто $F > F_{\text{табл}}$ отже, коефіцієнт однорідності статистично значущий, тобто знайдена оцінка рівняння регресії статистично надійна [8,9].

Пошук оптимуму виконується графічно, шляхом побудови рівняння квадратичної регресії (3), графік, зображено на рис.1.

Графік показує, що найкращий результат ущільнення та зневоднення червоного шламу досягнутий при напрузі у межах 145 – 155В та складає 29,2% об'ємної частки шламового осаду.

Висновки. В результаті виконаних експериментів та розрахунків встановлено, що оптимум досягається у діапазоні напруг 145 - 155В та становить 29,2% об'ємної частки шламового осаду. Метод ущільнення та зневоднення червоного шламу в електричному полі є перспективою припинення складування червоного шламу на шламових полях, що позитивно

вплине на навколишнє середовище та збереже його від екологічних катастроф.

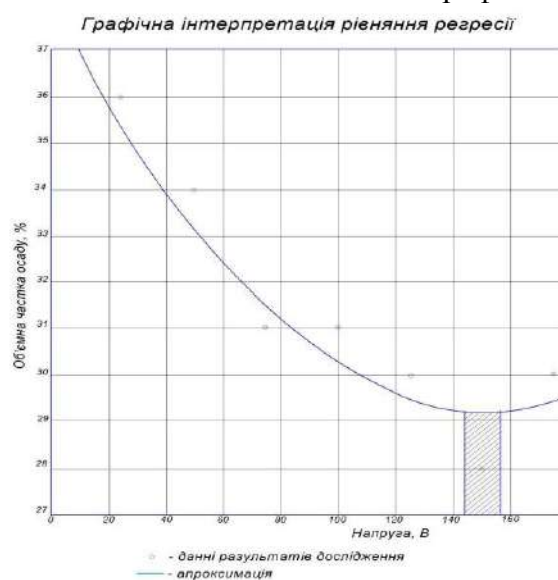


Рис.1. Графічна інтерпретація рівняння регресії

ЛІТЕРАТУРА:

1. Проблемы развития безотходных производств / Б. Н. Ласкорин, Б. В. Громов, А. П. Цыганков, В. Н. Сенин. – М.: Стройиздат, [2000]. – 566 с.
2. Шморгуненко, Н.С. Комплексная переработка и использование красных шламов глиноземного производства / Н.С. Шморгуненко, В.И. Корнеев. - М.: Металлургия, 1982. 128с.
3. Корнеев, В.И. Красные шламы – свойства, складирование, применение / В.И. Корнеев, А.Г. Сусс, А.И. Цеховой. – М.: Металлургия, 1991. – 144 с.

4. Овчарова, О. В. Інтенсифікація гравітаційного осадження та ущільнення залізовмісних шламів в електричному полі / О. В. Овчарова, В. І. Сокольник, О. А. Атаманюк // Комунальне господарство міст. – 2013. – № 107. – С. 291–295.
5. Винокурова, Т. Е. Опытное обезвоживание осадков станции аэрации при помощи электроосмоса / Т. Е. Винокурова // Труды аспирантов НГАСУ. – Н. Новгород, 1998. – Сб. 4. – С. 3-7.
6. Разгонова, О.В. Ущільнення та зневоднення червоного шламу під дією електричного поля / О. В. Разгонова, В. І. Сокольник // Восточно-европейський журнал передових технологій. – 2014. – № 72. С. 4-7.
7. Линник, Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений / Ю.В. Линник. – М.: Физматлит, 1958, 336 с.
8. Налимов В.Н. Логические основания планирования эксперимента: учебник Е.А. Шалыгина -2-е изд. – М.: Колос, 2001.
9. Планирование эксперимента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://opds.sut.ru/electronic_manuals/pe/f053.htm

УДК 620.17

Фідровська Н.М., Слепужніков Є.Д., Чернишенко О.В.*Українська інженерно-педагогічна академія***МІЦНІСТЬ ТРЬОХШАРОВОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ**

Вступ. У різних галузях техніки, таких як авіабудування, судобудування будівництво та інші знаходять застосування багатошарові конструкції, в основному трьохшарові пластини та оболонки. Трьохшарова конструкція складається з двох міцних зовнішніх шарів, які з'єднані за допомогою заповнювача. Заповнювачем являється матеріал, який має меншу міцність, ніж зовнішні шари, але забезпечує пружні властивості оболонці або пластинці. Розвиток хімічної промисловості дозволяє в якості матеріалів зовнішніх шарів і заповнювача використовувати склопластики і епоксидні смоли. Трьохшарові оболонки мають ті якості, які відсутні у суцільних металевих конструкціях. Вони мають високу жорсткість і можуть витримувати більші питомі навантаження.

Огляд рішень, які мають місце. Трьохшаровими оболонками займалися багато відомих вчених, таких як С.А. Амбарцумян [1], К.З. Галімов [2], Е.І. Григорюк [3], П.М. Огібалов [4], С.Н. Кан [5], І. Солвей [6], Л. Донелл [7]. При будівництві рівнянь для зовнішніх шарів використовують гіпотези Кірхгофа-Лява, для середнього шару – заповнювача – гіпотеза про нестиснення матеріалу в напрямку осі z. В

залежності від характеристики заповнювача трьохшарові оболонки можуть бути з легким і жорстким заповнювачем. Для легкого заповнювача відношення модуля пружності зовнішнього шару до модуля пружності заповнювача складає $10^2 - 10^4$. Зовнішні шари беруть на себе все навантаження на стиск-розтягнення. Заповнювач працює на передачу нормального тиску на зовнішні шари і поперечних зусиль зсуву. В залежності від модулю пружності заповнювача у поперечному напрямку в трьохшарових конструкціях можуть виникати і поперечні деформації.

Виклад основного матеріалу. Якщо оболонка має декілька шарів, то при її розрахунку треба обов'язково враховувати енергію зсуву заповнювача.

Сумарні моменти згину будемо розглядати у вигляді

$$m_{\phi} = m_{\phi_0} + m_{\phi_{dod}} = \xi(x) \beta(\phi), \quad (1)$$

Де задані

$$m_{\phi_0} = \xi_0(x) \beta(\phi),$$

$\xi(x)$ - статично невизначена функція, яка змінна вдовж оболонки.

В цьому випадку змінюється залежність (при $\mu = 0$)