

И.Д. ПЕЙЧЕВ, Ю.М. ГАРИН, кандидаты техн. наук,

А.В. ПАРХОМЕНКО

(Украина, Луганск, ООО "Луганский машиностроительный завод имени А.Я. Пархоменко")

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ФИЛЬТРОВАНИЯ И НЕКОТОРЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТР-ПРЕССОВ

Важнейшими параметрами, определяющими конструкцию фильтр-прессов, являются рабочее давление в фильтровальных камерах и геометрические размеры элементов, составляющих камеры. Для оценки влияния давления на удельное сопротивление осадка известно несколько несложных эмпирических уравнений, в соответствии с которыми с увеличением давления беспредельно возрастает и, следовательно, повышается эффективность процесса фильтрации. Однако для суспензий сильно сжимаемых осадков существует оптимальное давление, выше которого процесс фильтрации становится менее эффективным.

Вопросы выбора оптимального рабочего давления при фильтрации продуктов органического синтеза и суспензии некоторых неорганических соединений рассмотрены в работах [1, 2].

Для оценки сопротивления осадка зачастую применяют уравнение вида

$$\alpha = \alpha_1 \cdot p^s, \quad (1)$$

где α – объемное удельное сопротивление осадка при данном давлении, $1/\text{м}^2$; α_1 – объемное удельное сопротивление осадка при единичном давлении, $1 \text{ Н}/\text{м}^2$; p – рабочее давление, $\text{Н}/\text{м}^2$; s – коэффициент сжимаемости осадка.

Уравнение (1) применяют также для расчета сопротивления осадков гидроксида железа, алюминия и меди [4].

Для упрощения математических выражений при анализе рассматриваемых зависимостей введем вспомогательную величину – критерий эффективности фильтрации под давлением

$$\varphi = \frac{\tau_1}{\tau_p},$$

где τ_1 , τ_p – продолжительность фильтрации соответственно при давлении $1 \text{ Н}/\text{м}^2$ и интенсифицированном режиме (при повышенном давлении).

Известно [4], что при незначительном сопротивлении фильтровальной перегородки (при $\beta = 0$) продолжительность фильтрации

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

$$\tau = \frac{\mu \alpha h^2}{2 p u}, \quad (2)$$

где μ – вязкость жидкости фазы суспензии, Н·с/м²; h – толщина слоя осадка, м; u – отношение объема осадка к объему фильтрата.

На основании уравнений (1) и (2) получим, что

$$\varphi = \frac{\mu \alpha_1 h^2}{2 \cdot 1 \cdot u} \cdot \frac{2 p u}{\mu \alpha_1 p^s h^2} = p^{1-s},$$

т.е. критерий эффективности при $s < 1$ монотонно возрастает с ростом давления.

Для оценки сопротивления осадка также более часто применяют достоверное уравнение [1, 3]

$$\alpha = \alpha_0 + a p^s, \quad (3)$$

(здесь α_0 – гипотетическое удельное объемное сопротивление осадка при давлении $p=0$; $a=\alpha_1-\alpha_0$ – опытный коэффициент), которое в отличие от уравнения (1) не требует обязательного условия, чтобы кривая $\alpha=f(p)$ проходила через начало координат.

При применении уравнения (3) критерий эффективности

$$\varphi = \frac{(\alpha_0 + a)p}{\alpha_0 + a p^s}. \quad (4)$$

Проанализируем уравнение (4) на максимум величины φ :

$$\frac{d\varphi}{dp} = \frac{(\alpha_0 + a)[\alpha_0 + (1-s)ap^s]}{(\alpha_0 + a p^s)^2} = 0.$$

Так как знаменатель дроби не равен нулю, то можно записать, что

$$\alpha_0 + (1-s)ap^s = 0.$$

Откуда оптимальное давление

$$p_{opt} = \sqrt[s]{\frac{\alpha_0}{a(s-1)}}. \quad (5)$$

Отметим, что при применении флокулянтов для интенсификации процесса фильтрования значительно уменьшается сопротивление осадка и, следовательно

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

но, величина оптимального давления p_{opt} [3, 5, 6].

Рассмотрим вопросы выбора размеров фильтровальных элементов и прежде всего вопрос выбора расстояния между соседними плитами, зависящего от толщины слоя осадка. Как показано в работах [3, 4], оптимальную толщину осадка можно определить из уравнения

$$h_{opt} = \sqrt{\frac{120 p u (\tau_0 + \tau_s)}{\mu \alpha}}, \quad (6)$$

где τ_0 – время отжима или просушки осадка, мин; τ_s – время вспомогательных операций, мин.

При выводе этого уравнения было принято, что продолжительность отжима τ_0 , как и продолжительность вспомогательных операций τ_s , является величиной постоянной и не зависит от величины h .

В работе [7] установлено, что продолжительность отжима τ_0 зависит от толщины, заданной влажности конечного осадка и пропорциональна продолжительности фильтрования суспензии. Следовательно, операция отжима (или просушки) осадка должна быть отнесена к основным, а не вспомогательным операциям. С учетом этого в общем случае (при фильтровании суспензии с последующими операциями отжима и промывки осадка) уравнение (6) следует записать так:

$$h_{opt} = \sqrt{\frac{60 p \tau_s}{\alpha \left[\frac{\mu_\phi (1 + \lambda_\omega)}{2 u_\phi} + \frac{\mu_n}{u_n} \right]}},$$

где $\lambda_\omega = \tau_0 / \tau_\phi$ – коэффициент пропорциональности, зависящий от заданной влажности отжатого осадка; ϕ , o , и n обозначены величины, относящиеся к операциям соответственно фильтрования, отжима и промывки.

Для случая фильтрования без промывки

$$h_{opt} = \sqrt{\frac{120 p u \tau_s}{\mu \alpha (1 + \lambda_\omega)}}. \quad (7)$$

Отметим, что величину оптимальной толщины осадка h_{opt} следует рассчитывать при оптимальном давлении p_{opt} .

Расчеты по уравнению (7) показывают, что при $p_{opt} = 10^6$ Н/м²; $u = 0,5$ (при содержании сухих отходов флотации в исходной суспензии 400-450 кг/м³); $\mu = 1 \cdot 10^3$ Н·с/м²; $s = 0,1$; $\lambda_\omega = 0,1$ и $\tau_s = 40$ мин величина оптимального слоя осадка составляет от 15 мм (для труднофильтрующихся суспензий отходов флотации при $\alpha = 10^{16}$ 1/м²) до 25 мм (для суспензий отходов флотации средней фильтруемости при $\alpha = (2 \dots 5) \times 10^{15}$ 1/м²). Рекомендуемое расстояние между со-

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

седними плитами (точнее между соседними фильтровальными тканями) составляет $2h_{opt}$, т.е. соответственно 30 и 50 мм.

Обычно на промышленных предприятиях характеристика суспензий значительно колеблется и поэтому целесообразнее всего применение фильтр-прессов, снабженных диафрагмами, позволяющими иметь объем фильтровальных камер (для получения осадков требуемой толщины) и облегчающих разгрузку отжатого осадка.

Однако при проектировании горизонтальных бездиафрагмовых фильтр-прессов для отходов флотации угольных шламов лучше ориентироваться на толщину осадка 15 мм, с тем чтобы относительно эффективный процесс фильтрования сочетался с облегчением выгрузки достаточно массивного осадка. В таком случае рекомендуемое расстояние между соседними плитами (фильтровальными перегородками) составит $2h$, т.е. 30 мм.

Фильтр-прессы характеризуются высокими качественными показателями разделения суспензий, обеспечивая получение осадка минимальной влажности и фильтрата максимальной чистоты. Недостатком их является относительно малая удельная производительность, и поэтому повышение производительности аппаратов ведется по пути экстенсификации их рабочей поверхности; для угольной, горнорудной, гидрометаллургической и других отраслей промышленности создаются крупнометражные фильтр-прессы.

Увеличить поверхность фильтрования можно за счет увеличения числа и размеров фильтровальных плит. Как показывают данные, приведенные в таблице для фильтр-прессов фирмы "Шуле" (Германия) [8], удельная металлоемкость фильтр-прессов значительно уменьшается с увеличением числа плит и практически не зависит или даже возрастает с увеличением размеров плит. Поэтому целесообразно следовать по пути увеличения числа плит, что обеспечивает снижение металлоемкости и, следовательно, уменьшение стоимости фильтр-пресса. Однако увеличение числа плит связано с увеличением продолжительности вспомогательных операций (за исключением автоматических фильтр-прессов типа ФПАКМ и ФПАВ с бесконечной фильтровальной лентой [9, 10]). Современные горизонтальные фильтр-прессы оснащаются 100-120 плитами (в вертикальных фильтр-прессах количество плит ограничивается сопротивлением фильтровального полотна при его передвижении и составляет максимум 20 плит).

Дальнейшая экстенсификация поверхности достигается за счет увеличения размеров плит.

Последние образцы крупнометражных горизонтальных фильтр-прессов комплектуются плитами максимальных размеров 1,2×1,2 м, 1,5×1,5 м. Передовые зарубежные фильтростроительные фирмы "Курита" (Япония), "Риттерхауз и Блехер", "Пассавант Верке" (Германия) уже освоили плиты размером 2×2 м. В настоящее время крупнометражные фильтр-прессы серийно выпускаются с поверхностью фильтрования до 300-400 м² и по индивидуальным заказам 600, 800, 1000 и 1080 м² [11].

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Данные для фильтр-прессов фирмы "Шуле" (Германия)

Размер плиты, мм	Количество плит, шт.	Поверхность фильтрования $S, \text{ м}^2$	Масса фильтр-пресса $G, \text{ кг}$	Удельная металлоемкость $G/S, \text{ кг/м}^2$
630×630	40	25,8	5140	199,2
800×800	40	43	8700	202,3
1000×1000	40	68	12800	188,2
	50	86	14800	172,1
	60	103	16900	164,0
	80	137	21000	153,3
	100	171	25100	146,8
1200×1200	100	248	43300	182,6
1450×1450	50	182	38000	208,8
	60	218	44000	201,8
	70	255	50000	196,1
	80	291	56000	192,4
	100	364	68000	186,8

Список литературы

1. **Малиновская Т.А.** Разделение суспензий в промышленности органического синтеза. – М.: Химия, 1971. – 320 с.
2. **Сибирко В.П., Мухин И.Н.** Исследование зависимости удельного сопротивления осадка от давления фильтрования // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1977. – №9. – С. 19-21.
3. **Юхасс А., Шумески И.** Фильтрование тонкодисперсных шламов в фильтр-прессе с воздушными камерами // В кн.: V международный конгресс по обогащению углей. – М., 1970. – С. 329-338.
4. **Жужиков В.А.** Фильтрование. – М.: Химия, 1971. – 440с.
5. **Борц М.А., Гупало Ю.П.** Обезвоживание хвостов флотации угольных шламов. – М.: Недра, 1972. – 144 с.
6. **Фоменко Т.Г., Кондратенко А.Ф.** Отходы флотации и их свойства. – М.: Недра, 1977. – 128 с.
7. **Сибирко В.П.** Расчет оптимального режима работы автоматических фильтров и других фильтров переодического действия // Химическое машиностроение. – 1961. – №2. – С. 28-31.
8. **Заславский Б.Г.** Анализ процесса отжима осадка на фильтр-прессах при постоянном давлении // Теоритические основы химической технологии. – 1975. – Т. 9, №1. – С. 82-89.
9. Проспект фирмы "Шуле" (Германия) №2250-3740.
10. **Кочкин Г.М., Мешенгиссер М.Я.** Автоматический фильтр-пресс, осуществляющий фильтрацию в оптимальных условиях // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1965. – №7. – С. 1-4.
11. **Брук О.Л.** Фильтрование угольных суспензий. – М.: Недра, 1978. – 272с.
12. Основные направления модернизации и создания нового фильтровального оборудования для обогащения руд и угля // Уголь. – 2002. – №6. – С. 56-57.
13. СЕТКО – 15 лет в углеобогащении. // Уголь. – 2009. – №7. – С.15-19.

© Пейчев И.Д., Гарин Ю.М., Пархоменко А.В., 2010

Надійшла до редколегії 15.09.2010 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом