© А.Ю. Воловиков, Ю.В. Шариков, 2014

УДК 622.794.22

А.Ю. Воловиков, Ю.В. Шариков

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАСОРЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ВАКУУМНЫХ ДИСКОВЫХ ФИЛЬТРОВ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА

Описаны принципы разработки математической модели процесса засорения фильтра при разделении суспензии железорудного концентрата с применением дисковых вакуумных фильтров. Подробно представлены этапы разработки модели и анализа данных, полученных при варьируемых оперативных параметрах работы экспериментальной установки. Определен вид наиболее информативных зависимостей, с точки зрения сбора и дальнейшего анализа данных о процессе. Определен общий вид зависимости величины собственного удельного сопротивления фильтрующей перегородки от времени для суспензии и материала фильтра, образующих систему, характеризующуюся набором уникальных параметров.

Ключевые слова: засорение, железорудный концентрат, сопротивление фильтра.

Для оценки изменения проницаемости фильтрующей перегородки при разделении суспензии с использованием вакуумных капиллярных дисковых фильтров был модернизирован и впервые применен мини-фильтр, применявшийся ранее для проведения экспериментов в области фильтрации при избыточном давлении [1]. Таким образом, созданная экспериментальная установка характеризуется переработанным составом основных функциональных связей и разработанным «с нуля» составом дополнительных связей, где основными связями являются основные узлы дискового фильтра, а дополнительными – периферийное оборудование, обеспечивающее поддержание необходимых параметров системы разделения суспензии.

Совокупный анализ данных, полученных при варьируемых оперативных параметрах работы экспериментальной установки, позволяет сделать вывод о значительном влиянии данных параметров на общие показатели эффективности процесса обезвоживания железорудных концентратов. Следствием данного вывода и условий инертности и крупномасштабности процессов подготовки сырья металлургического передела к плавке является экономически обоснованная необходимость подбора оперативных параметров при использовании специальных установок, обеспечивающих подобие используемых при разделении параметров [2]. А именно, разрежение в коллекторной трубе, перепад давления на фильтровальной перегородке, соблюдение режимов работы и этапов технологического цикла фильтрации, толщина образующегося на пластине осадка.

В процессе преобразований структурной схемы оборудования удалость достигнуть такой структуры технологических связей, при которой возможно варьирование вышеперечисленных основных параметров установки и отслеживание реакции системы, выражающейся в изменении количественных и качественных показателей получаемого осадка и фильтрата.

В ходе экспериментов было выявлено, что наиболее полную информацию о процессе разделения суспензии несет в себе зависимость кумулятивной массы фильтрата и осадка в за-

висимости от времени эксперимента, позволяющая получить необходимую информацию на стадии обработки данных эксперимента [3].

В результате обработки данных эксперимента по разделению суспензии ЖРК, не содержащей флотационных реагентов была получена опорная зависимость проницаемости фильтрующей керамической перегородки от времени с учетом характеристик суспензии и выбранных параметров фильтра. Была выведена математическая модель процесса, позволяющая прогнозировать эффективность работы фильтра, а также масштабировать полученные результаты на функционирование промышленных установок с учетом измеренных параметров суспензии. Полученная экспоненциальная зависимость позволяет оценить длительность эффективной работы фильтра до момента снижения его производительности до минимально допустимого значения, когда подготовка сырья к дальнейшему металлургическому переделу становится экономически невыгодной с точки зрения эксплуатационных затрат на проведение обезвоживания пульпы ЖРК [4].

С учетом специфики исследования, заключающейся в определении влияния содержащихся в суспензии примесей на материал фильтра, большое значение имела оценка изменения сопротивления фильтрующей перегородки в условиях неизменных параметров процесса и свойств суспензии. При преобразовании обобщенного уравнения фильтрования для непрерывного процесса с постоянной разностью давления на перегородке относительно ее сопротивления была выведена зависимость, позволяющая оценить величину гидравлического сопротивления фильтра.

$$R_m = \frac{At_{rev} f \Delta P}{\mu V_F} - \frac{V_F \alpha c}{2A} \qquad (1)$$

где R_m – сопротивление фильтрующей перегородки (м$^{-1}$), A – площадь фильтрации (м^2), t_{rev} – время цикла фильтрации (с), ΔP – разность давлений на перегородке (Па), μ – динамическая вязкость жидкости (Па с), V_F – объем фильтрата за цикл фильтрации (м^3), α – удельное сопротивление осадка (м/кг), с – масса сухого осадка, получаемого при прохождении через фильтрующую перегородку 1 м^3 фильтрата (кг/м^3), f – степень погружения фильтра в пульпу (-).

На основе Уравнения 1 и экспериментальных данных о проницаемости была выведена зависимость величины собственного удельного сопротивления фильтрующей перегородки от времени разделения, характеристик суспензии и параметров фильтра, в общем виде представлена ниже:

$$R_m = R_0 \, e^{a\tau} \qquad (2)$$

где R_0 – характеристика материала фильтра (м$^{-1}$), a – параметр, описывающий систему разделения (-), τ – продолжительность фильтрования (с).

Таким образом, обобщенная математическая модель процесса представляет собой совокупность уравнения скорости фильтрования и зависимости удельного сопротивления перегородки от времени, которая после приведения к единому дифференциальному уравнению имеет вид:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{K}{2\left(V + \frac{R_0 e^{at}}{c\alpha}\right)} \qquad (3)$$

где R_0 – характеристика материала фильтра (м/м^2),

Использование данной модели позволяет создать детальное описание процесса разделения при условии эмпирического определения параметра a, константы K и известного начального гидравлического сопротивления перегородки R_0.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воловиков А.Ю.* Экспериментальная установка для исследования процесса обезвоживания железорудного концентрата с использованием вакуумных дисковых фильтров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 8. – С. 300–303.

2. *Белоглазов И.Н.* Фильтрование технологических пульп. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – 320 с.

3. *Воловиков А.Ю.* Методика проведения экспериментов в рамках исследования процесса обезвоживания железорудного концентрата с использованием вакуумных дисковых фильтров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 8. – С. 296–299.

4. *Веселова Е.Л.* Определение закономерностей обезвоживания в вакууме и разработка структуры автоматизированного оборудования: Дис. канд. техн. наук: 05.13.07. – М., 1998. – 181 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Воловиков Артем Юрьевич – аспирант, e-mail: volovikovartem@mail.ru,
Шариков Юрий Васильевич – доктор технических наук, профессор, e-mail: yvshar@mail.ru,
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный».

UDC 622.794.22

DEVELOPMENT OF FOULING MODEL FOR IRON ORE FILTRATION BY VACUUM DISC FILTERS

Volovikov A.Yu., Graduate Student, e-mail: volovikovartem@mail.ru,
Sharikov Yu.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: yvshar@mail.ru,
National Mineral Resource University «University of Mines».

The article describes principles of mathematical modeling of filter clogging during separation of iron ore concentrate using disc vacuum filters. The modeling stages and the analysis of data obtained with varied operating parameters of the experimental plant are specified. The type of relationships to be most informative from the viewpoint of data acquisition and processing is defined. The general form of the relation between the filter membrane background resistivity and the time is determined for the suspension and the filter material that arrange a system characterized by a set of the unique parameters.

Key words: iron ore, filter fouling, medium resistance

REFERENCES

1. Volovikov A.Ju. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*, 2013, no 8, pp. 300–303.

2. Beloglazov I.N. *Fil'trovanie tehnologicheskih pul'p* (Process pulp filtration), Moscow, Izdatel'skij dom «Ruda i metally», 2003, 320 p.

3. Volovikov A.Ju. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*, 2013, no 8, pp. 296–299.

4. Veselova E.L. *Opredelenie zakonomernostej obezvozhivanija v vakuume i razrabotka struktury avtomatizirovannogo oborudovanija* (Determination of regular patterns of vacuum dewatering and the automated equipment structure design), Candidate's thesis, 05.13.07. Moscow, 1998, 181 p.