

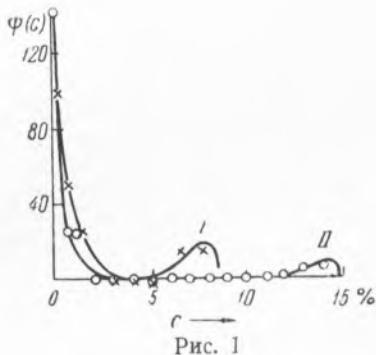
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

З. В. ВОЛКОВА

СЕПАРАЦИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

(Представлено академиком А. Н. Фрумкиным 23 I 1948)

Основной задачей теории сепарации твердых тел является исследование показателей разделения, степени извлечения и коэффициента разделения, равного отношению достигнутого содержания выделяемого тела в концентрате к исходному. В основу теории процессов сепарации нами положен статистический метод рассмотрения явлений в сложных дисперсных системах, смесях порошков. Измельчение неоднородных твердых тел обычно не приводит к полному разделению их на порошки „монотел“. При данной функции распределения частей измельченного тела по размеру $F(b)$ для оценки сепарируемости изучаются функции распределения по содержанию выделяемого k -го компонента $\psi(c)$ при $b = \text{const}$ (для фракции $b, b + db$) химическим, микроскопическим методом и методом шкалы тяжелых жидкостей (1), когда изменение значения c связано с изменением плотности ρ . Кривые $b, F(b)$ имеют общеизвестный вид. На рис. 1 приводятся один из видов кривых $c, \psi(c)$, полученных разделением куска медной руды на части размером 1 см^3 (кривая I) и на части вдвое меньшего объема (кривая II). На основе исследования функций $F(b)$ и $\psi(c)$ можно рассчитать показатели разделения для всех применяемых методов. Далее даются эти расчеты для ряда гравитационных и пенно-флотационного метода.



При сепарации в тяжелых жидкостях и суспензиях некоторой плотности ρ_{0i} степень извлечения для фракции с размером частей b_i равна:

$$p_{ki} = \int_{c_{0i}}^{c_{ki}} c \psi_i(c) dc \bigg/ \int_0^{c_{ki}} c \psi_i(c) dc, \quad (1)$$

где c_{0i} — содержание k -го тела, соответствующее плотности ρ_{0i} , c_{ki} — максимальное содержание его в частях данной фракции. Значение p_{ki} является функцией b . Степень извлечения во всех фракциях равна тогда:

$$p_k = \int_0^{b_k} b^3 p_{ki}(b) F(b) db \bigg/ \int_0^{b_k} b^3 F(b) db. \quad (2)$$

Явление сепарации может возникнуть при свободной седиментации в слое жидкости высотой H . Для расчета степени извлечения выделяем из всех n фракций суммарной кривой распределения долю частиц с содержанием k -го тела c_k . Для размера частиц b_j она равна $\psi_j(c_k) dc = \varphi_i(b_j)$ и по отношению к общему числу частиц составляет

$$f_i(b_j) db = \varphi_i(b_j) F(b_j) db, \quad (3)$$

что соответствует объемной и весовой доли частиц с содержанием c_k :

$$f_{iv}(b_j) db = b_j^3 \varphi_i(b_j) F(b_j) db / \int_0^{b_k} b^3 \varphi_i(b) F(b) db. \quad (4)$$

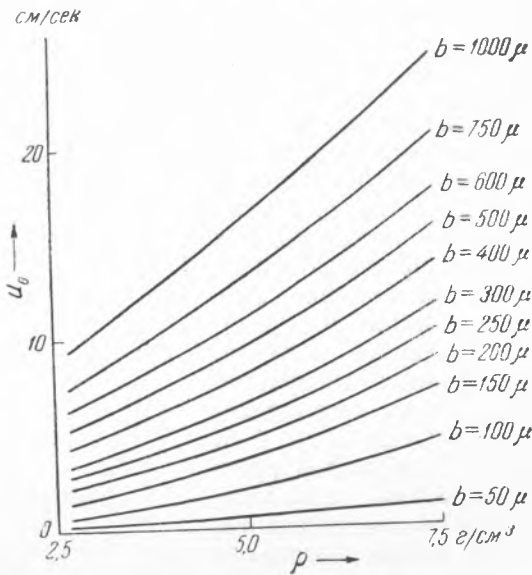


Рис. 2

Тогда объемная часть частиц с содержанием c_k по отношению ко всему объему тела равна:

$$w_{vi} = \int_0^{b_k} b^3 \varphi_i(b) F(b) db / \sum_1^p \int_0^{b_k} b^3 \varphi_i(b) F(b) db. \quad (5)$$

Степень извлечения в осадок частиц с содержанием c_k равна:

$$p_{ki} = \int_{b_{mi}}^{b_{ki}} f_{iv}(b) db + \frac{t}{H} \int_0^{b_{mi}} u_i(b) f_{iv}(b) db, \quad (6)$$

где скорости падения в воде $u_i(b)$ частиц всех размеров определяются по кривым рис. 2 зависимости значений u от ρ при $b = \text{const}$ с пересчетом плотности ρ на содержание c выделяемого тела. Минимальный размер частиц осевших фракций определяется условием $u_i(b_{mi}) = H/t$.

Степень извлечения в осадок k -го тела определяется суммированием извлечения в частицах с содержанием c_1, c_2, \dots, c_p :

$$p_k = \left\{ \sum_1^p c_i \omega_{iv} \left[\int_{b_{mi}}^{b_{ki}} f_{iv}(b) db + \frac{t}{H} \int_0^{b_{mi}} u_i(b) f_{iv}(b) db \right] \right\} / \sum_1^p c_i \omega_{iv}. \quad (7)$$

При сепарации в движущейся среде (отмыв) по кривым рис. 1 для каждой фракции с размером частиц b_j подбирается скорость отмыва u_{0i} для выделения в осадок (или отмыв) частиц с интервалом содержания k -го тела ($c_{ki} - c_{0i}$). Тогда степень извлечения этой фракции может быть определена по формуле (1) и степень извлечения во всех фракциях — по уравнению (2).

Для пенно-флотационного метода степень извлечения может быть также рассчитана по функциям $F(b)$ и $\psi(c)$. Полагаем, что вероятность прилипания частиц с интервалом содержания k -го тела ($c_k - c_0$) равномерна. Доля частиц размера b_j с этим содержанием равна

$\int_{c_0}^{c_k} \psi_j(c) dc = f(b)$. Тогда общее содержание флотируемых частиц

$$j_k = \frac{N_k}{N_0} = \int_0^{b_k} f(b) F(b) db.$$

Вероятность минерализации пузырька воздуха радиуса R_i , поднимающегося с некоторой скоростью u_i навстречу падающим со скоростями u_p частицам, равна⁽¹⁾:

$$\eta_i = \frac{\pi R_i^2 (u_i + u_p)}{[V_l + V_g + 1/\rho]} \sin^2 \varphi_k \int_0^{b_k} f(b) F(b) db \int_{b_{mi}}^{b_{ki}} f(b) F(b) db, \quad (8)$$

где V_l — объем воды и V_g — объем воздуха на 1 г твердого в пульпе, φ_k — угол улавливания частиц пузырьком воздуха, $(b_{ki} - b_{mi})$ — интервал размеров частиц, прилипающих к пузырьку данного объема.

Полагая, что в процессе минерализации пузырьки объема V с содержанием $F_v(V) dV$ распределяются между частицами порошков пропорционально значениям η_i , можно вычислить коэффициент перехода в пену частиц с содержанием ($c_k - c_0$) по формуле⁽²⁾

$$\eta_k = q V_g \int_0^q \eta_{ik}(V) F_{vk}(V) dV / \int_0^q V F_{vk}(V) dV, \quad (9)$$

где q — коэффициент использования воздуха, зависящий от статистического соответствия функций распределения частиц и пузырьков. Уравнение кинетики перехода в пену частиц с содержанием k -го тела:

$$[1 - j_k] \frac{N/N_k}{[1 - N/N_k]} + j_k \ln \frac{1}{[1 - N/N_k]} = \eta_k t. \quad (10)$$

Тогда степень извлечения в концентрат k -го тела равна:

$$p_k = [N/N_k] \int_0^{b_k} b^3 p_{ki}(b) F(b) db / \int_0^{b_k} b^3 F(b) db, \quad (11)$$

где $p_{ki}(b)$ вычисляется по формуле (1).

Коэффициент разделения A_k во всех случаях равен

$$A_k = p_k / \sum_1^n a_i p_i, \quad (12)$$

где a_1, a_2, \dots, a_n — весовое содержание тел, входящих в разделяемую смесь.

Московский городской
педагогический институт

Поступило
13 I 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Г. О. Чечотт, Обогащение полезных ископаемых, 1929; Н. С. Пенн, Графический анализ углей, 1936; Э. Ф. Меллер, Теория исследования каменных углей на обогатимость, Харьков, 1935. ² З. В. Волкова, ДАН, **51**, 445 (1946); Горный журн., № 3 (1946); ЖФХ, **20**, 1213 (1946); **22**, № 2 (1948); Acta Physicochimica URSS, **21**, 171, 563, 1005 (1946); **21**, 331 (1947).