Применение трансфертных цен позволит заинтересовать каждое структурное подразделение в повышении эффективности производства, снижении издержек и получении большей внутренней прибыли.

Трансфертное ценообразование приведет к укреплению кооперации между подразделениями, даст возможность управления стоимостью конечного продукта и быстрого реагирования на изменение обстановки на внутреннем и внешнем рынках.

УДК 628.543

О ГАЛЬВАНОХИМИЧЕСКОЙ КОАГУЛЯЦИИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Инж. И.Я.ЛИЗАН (ГХК "Селидовуголь"), канд. техн. наук А.К.НОСАЧ (КФ ДонГТУ)

Рассмотрим водные растворы с малой концентрацией диссоциированных ионов металла Me^+, которые оседают на катоде К. При концентрации C = 100–1000 мг/л можно пренебречь соударениями между ионами Me^+ и рассматривать их как броуновские частицы, которые испытывают хаотические удары молекул H_2O. Действительно, равновесное распределение концентрации C взвешенных в жидкости частиц во внешнем поле определяется известной из статистической физики формулой Больцмана

$$C = C_0\, e^{-U/kT}, \tag{1}$$

где U – потенциальная энергия частиц во внешнем поле.

В растворе U можно представить в виде

$$U = mgz + erDV\left(1 - x\ d\right) + 3\ 2\,kT, \tag{2}$$

где m – масса иона, $m = 10^{-27}$ кг; g – ускорение земного тяготения, g = 10 м/с^2; z – расстояние по вертикали до дна сосуда, м; e – заряд электрона, $e = 1{,}602{\cdot}1^{-19}$ Кл; r – валентность Me; ΔV – разность потенциалов между анодом и катодом, В; $k = 1{,}38{\cdot}10^{-23}$ Дж/град – постоянная Больцмана; T – температура раствора, К; X – расстояние от анода до катиона, м; d – расстояние от анода до катода, м.

При объеме коагулятора V = 1,75 м^3 и загрузке скрапа в массе 1,35 т (4 части Fe и 1 часть C по весу) среднее расстояние между стружкой Fe (анод) и кусками угля C (катод) составляет $2{\cdot}10^{-3}$ м, т.е. $d = 2{\cdot}10^{-3}$ м. Катионы Fe имеют обычно валентность r = 2. В подкисленном растворе pH = 3–4, $\Delta V = 10^{-3}$ В, $r = 10^{-1}$ м, $T \approx 300$ К. При всех этих данных имеем:

$$\begin{cases} mgz \approx 10^{-27}\ \text{Дж}; \\ er\,\Delta V\left(1 - x\ d\right) \approx 10^{-22}\ \text{Дж}; \\ 3\ 2\,kT \approx 10^{-21}\ \text{Дж}. \end{cases} \tag{3}$$

Из системы уравнений (3) видим, что первыми двумя слагаемыми можно пренебречь и движение ионов Me можно рассматривать как чисто броуновское под воздействием хаотического теплового соударения с молекулами воды H_2O.

Поскольку размеры ионов $R \approx 10^{-10}$ м намного меньше размеров анода и катода, то при усреднении можно рассматривать плоскопараллельную модель движения катионов Me^+ между A и K (рис.1) с прилипанием к катоду ($Me^+ + e^- = Me_2\downarrow$).

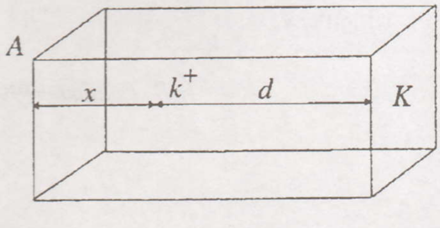

Рис.1

Катион Me^+ совершает броуновское движение в жидкости (H_2O, например), ограниченной с одной стороны плоской стенкой (катодом); при попадании на стенку катионы Me^+ прилипают к ней. Реакцию $Me^+ + e^- = Me_2\downarrow$ можно рассматривать как поглощение катиона стенкой и его исчезновение из раствора. Установим вероятность того, что катион, находящийся в начальный момент времени на расстоянии x_0 от стенки, "прилипает" к ней в течение времени t. Дифференциальная функция распределения вероятностей (плотность вероятности) того, что в момент времени t частица (катион Me^+) будет находиться в окрестности точки $xw(x,t)$, определяется диффузионным уравнением

$$\mathrm{d}\omega/\mathrm{d}t = D\,\mathrm{d}\omega/\mathrm{d}x \tag{4}$$

с граничным условием

$$\omega(0,t) = 0 \tag{5}$$

и начальным условием

$$\omega(x,0) = \delta(x - x_0)\,. \tag{6}$$

Решение уравнения (4) с учетом (5) и (6) имеет вид

$$\omega(x,t) = 1\left(2\ \ \pi Dt\right)\left[e^{-\frac{(x-x_0)^2}{4Dt}} - e^{-\frac{(x+x_0)^2}{4Dt}}\right]\delta\,. \tag{7}$$

Вероятность "прилипания" к катоду в единицу времени определяется значением "диффузионного потока" $Dx\,\mathrm{d}\omega/\mathrm{d}x$ при $x = 0$. Искомая вероятность $W(t)$ прилипания одного катиона в течение времени t равна

$$W(t,x) = D\int_0^t \frac{\mathrm{d}W}{\mathrm{d}x}\bigg|_{x=0} Dt\,.$$

Подставляя $w(x,t)$, получаем

$$W(t,x_0) = 1 - \mathrm{erf}\,\frac{x_0}{\left(2\ \ Dt\right)}\,, \tag{8}$$

где $\mathrm{erf}(z) = \frac{2}{\pi}\int_0^z e^{-\varepsilon^2}\,\mathrm{d}\varepsilon$ – интеграл ошибок. Делая в нем замену $\varepsilon = u/\sqrt{2}$, получаем

$$W(t,x_0) = 1 - 2\Phi\,\frac{x_0}{\left(\ 2Dt\right)}\,, \tag{9}$$

где $\Phi(z) = \ \ 2\pi\int_0^z e^{-u^2\,2}\,\mathrm{d}u$ – табулированная функция Лапласа.

Процент очистки раствора от катионов Me^+ равен отношению числа всех катионов, достигших стенки из разных слоев (x_0, $x_0 + dx_0$) за время t, к числу всех катионов в пространстве $[0,d]$, находившихся там к моменту $t = 0$. Концентрация катионов в слое (x, $x + dx$) к моменту времени t составляет

$$C(x,t) = \left[1 - W(t,x)\right]C(x,0), \tag{10}$$

где $C(x,0)$ – концентрация к моменту $t = 0$. При этом полагается, что за счет броуновского движения из слоев (x, $x + dx$) исчезают только те катионы, которые "прилипают" к стенке (катоду), а остальные успевают вернуться в "свой" слой. В первом приближении пренебрегаем изменением $C(x,t)$, связанным с перемещением ионов в электрическом поле плоского конденсатора между А и К. С учетом этих замечаний степень очистки $1 - DP(t)$ имеет вид

$$1 - \Delta P(t) = (1\ dc)\int_0^d \left[1 - W(t,x_0)\right]C(x_0,t)\,d\,x_0. \tag{11}$$

Учитывая (6) и (7), полагая, что $c = \mathrm{const}$, и меняя порядок интегрирования, получаем

$$1 - \Delta P_0(t) = 2\Phi\left[\frac{d}{2}\,\frac{2}{Dt}\right] - \frac{2}{\pi}\,\frac{Dt}{d}\left(1 - e^{-d^2\ 4Dt}\right). \tag{12}$$

При постоянном механическом перемешивании $C(x_0,0) = C_{K(c)}$ – начальная концентрация катионов Me^+ в растворе. Полагая в данном приближении, что молекулы Me имеют шарообразную форму, используем для D формулу

$$D = kT/\pi\eta R, \tag{13}$$

где η – коэффициент кинематической вязкости жидкости (H_2O), кг/мс; R – радиус ионов Me^+.

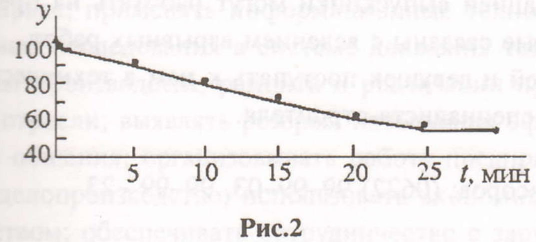

Рис.2

Окончательно подставляя (10) в (9), получаем зависимость степени очистки $1 - \Delta P(t)$ от температуры T и времени t.

Например, при $d = 2\cdot10^{-3}$ м, $T = 300$ К, $0 < t < 30$ мин, $\eta = 10^{-3}$ кг/мс, $R = 3\cdot10^{-10}$ м получим из (13) $P(t) > 1 - 4\Phi[0,87] = 1 - 4(0,3078) = 1 - 4\cdot0,095 = 1 - 0,38 = 0,62$. График функции $y = 1 - P(t)$ приведен на рис.2.