

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЕМКОСТНОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЛОТНОСТИ ФОСФОРИТНОЙ ПУЛЬПЫ

Е.В.ЖИЛКИНА

Принцип, положенный в основу измерения плотности пульпы емкостным методом, рассмотрим для случая бесконтактной двухэлектродной измерительной ячейки. При анализе воспользуемся уравнением для мнимой B_p компоненты проводимости эквивалентной схемы ячейки [3, 4]

$$B_p = \frac{\omega [x^2 c_1 + \omega^2 c_1 c_2 (c_1 + c_2)]}{x^2 + \omega^2 (c_1 + c_2)^2}, \quad (I)$$

где c_1 — емкость, образованная стенками ячейки, постоянная для данной ячейки; x — проводимость пробы; c_2 — емкость ячейки с пробой; ω — круговая частота.

Величина c_2 изменяется в зависимости от диэлектрической проницаемости пробы пульпы, функционально связанной с плотностью [1]

$$c_2 = \epsilon c_p, \quad (2)$$

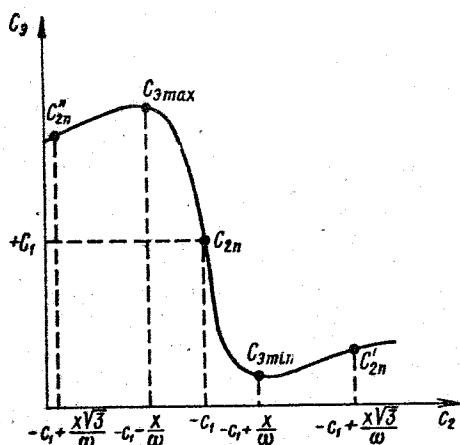
где ϵ — диэлектрическая проницаемость; c_p — емкость пустой измерительной ячейки.

Эквивалентная (измеряемая) емкость ячейки c_3 пропорциональна реактивной проводимости и при постоянстве напряжения источника питания соответствует уравнению

$$c_3 = \frac{x^2 c_1 + \omega^2 c_1 c_2 (c_1 + c_2)}{x^2 + \omega^2 (c_1 + c_2)^2}. \quad (3)$$

Корнями уравнения (3) являются точки

$$c_2 = \frac{-\omega c_1 \pm \sqrt{\omega^2 c_1^2 - 4x^2}}{2\omega}. \quad (4)$$



Зависимость эквивалентной (измеряемой) емкости ячейки от значений составляющей C_2

Если $\omega^2 C_1^2 - 4x^2 < 0$, то график зависимости (3) лежит под осью x . Поэтому рассмотрим случай $\omega^2 C_1^2 - 4x^2 > 0$. Кривая зависимости эквивалентной емкости ячейки от емкости пробы, соответствующая уравнению (3), приведена на рисунке. Она симметрична относительно точки $(C_1, -C_1)$. Экстремальные значения функции находятся в точках:

$$C_2 = -C_1 \pm \frac{x}{\omega} \quad (5)$$

В одной точке функция принимает максимальное значение, в другой минимальное:

$$C_{3 \text{ extr}} = \frac{C_1(2x \mp \omega C_1)}{2x} \quad (6)$$

Уравнения (5) и (6) показывают, что положение экстремума и его значение зависят от частоты и проводимости исследуемой пробы. Поэтому в процессе измерений необходимо обеспечить постоянство этих параметров. Вследствие симметричности кривой $C_3 = F(C_2)$ относительно точки $C_2 = C_1$ величина емкости C_3 для двух различных значений C_2 по обе стороны от максимума и минимума одинакова. Следовательно, для получения однозначного отсчета рабочий участок характеристики ячейки должен быть задан.

Чувствительность ячейки при емкостных измерениях зависит от крутизны кривой $C_3 = F(C_2)$, поскольку крутизна и соответствующая ей чувствительность определяются первой производной уравнения (3):

$$S = \frac{\omega^2 C_1 [\omega^2 C_2^2 + 2\omega^2 C_1 C_2 + (\omega^2 C_1^2 - x^2)]}{[x^2 + \omega^2 (C_1 + C_2)^2]^2} \quad (7)$$

Кроме двух экстремальных точек, кривая зависимости $C_3 = F(C_2)$ имеет три точки перегиба $(C_{2n}, C'_{2n}, C''_{2n})$, соответствующие максимальной крутизне, а следовательно, максимальной чувствительности ячейки. Вычислим абсолютное значение максимальной чувствительности в этих точках

$$S_{\text{max}} = -\frac{\omega^2}{x^2} C_1 \quad \text{при} \quad C_2 = -C_1; \quad (8)$$

$$S'_{\text{max}} = \frac{1}{8} \frac{\omega^2}{x^2} C_1 \quad \text{при} \quad C_2 = -C_1 - \frac{x}{\omega} \sqrt{3}; \quad (9)$$

$$S''_{\text{max}} = \frac{1}{8} \frac{\omega^2}{x} C_1 \quad \text{при} \quad C_2 = -C_1 - \frac{x}{\omega} \sqrt{3}. \quad (10)$$

Усредненное значение чувствительности ячейки можно определить, зная изменение эквивалентной емкости C_3 для двух предельных значений $C_2: C_2 = 0$ и $C_2 = \infty$. Однако эксперимент показал, что в широком пределе изменения плотности пробы пульпы (от 1,008 до 1,376 г/см³) характер зависимости $C_3 = F(C_2)$ соответствует участку кривой между $C_{3 \max}$ и $C_{3 \min}$ [2]. Поэтому за усредненное рабочее значение чувствительности можно принять величину

$$\Delta C_3 = C_{3 \max} - C_{3 \min} = - \frac{\omega}{\pi} C_1^2. \quad (II)$$

При конструировании емкостной ячейки основное внимание следует обратить на увеличение чувствительности с ростом емкости C_1 . Этого можно достигнуть увеличением площади электродов и диэлектрической проницаемости, а также уменьшением толщины стенок ячейки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жилкина Е.В. Анализ плотности пульпы фосфоритового концентрата емкостным методом. - Записки Ленинградского горного института, 1975, т. 68, вып. 1.
2. Жилкина Е.В., Лахтер Б.С. Исследование емкостного и кондуктометрического методов измерения плотности пульпы. - Изв. вузов. Горный журнал, 1976, № 11.
3. Заринский В.А., Ермаков В.И. Высокочастотный химический анализ. М., Наука, 1970.
4. Лопатин Б.А. Кондуктометрия. Новосибирск, изд. Сиб. отд. АН СССР, 1964.