DOI: 10.17117/na.2016.01.01.453

<http://ucom.ru/doc/na.2016.01.01.453.pdf>

Поступила (Received): 28.01.2016

Макаров Ю.А., Лукашина С.В. Статистический анализ функции распределения пор по эквивалентным гидравлическим радиусам

Makarov Yu.A., Lukashina S.V.
**Statistical analysis of the distribution function of the pore on
equivalent hydraulic radius**

В статье рассмотрена возможность определения физико-механических свойств материалов с помощью функции распределения пор по эквивалентным гидравлическим радиусам.

Показано, что теоретические вероятности и наблюдаемые частоты появления соответствуют допускаемому при расчетах критерию подобия

Ключевые слова: статистический анализ, плотность распределения, эквивалентный гидравлический радиус, критерий подобия

The article considers the possibility of determining the physical and mechanical properties of cement concrete by using the pore distribution of equivalent hydraulic radius. It is shown that the theoretical probability and observed frequency of matches allowed in calculating the similarity criterion

Key words: statistical analysis, distribution density, equivalent hydraulic radius, similarity criterion

Макаров Юрий Алексеевич

Кандидат технических наук, доцент

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, 68

Makarov Yuriy Alekseevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Mordovia state university named N.P. Ogareva

Mordovia, Saransk, Bolshevistskaya st., 68

Лукашина Светлана Владимировна

Студент

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, 68

Lukashina Svetlana Vladimirovna

Student

Mordovia state university named N.P. Ogareva

Mordovia, Saransk, Bolshevistskaya st., 68

Поровое пространство строительных материалов является весьма сложным по своей форме и состоит из сочетания пор разных размеров. Его структура имеет большое значение при рассмотрении физико-механических свойств материалов. Как показывают практические исследования, существует определенная зависимость между параметрами дифференциальной пористости материала и его свойствами.

Рис. 1. Изображение микроструктуры образца, полученное сканированием шлифа (слева); то же, обработанное с помощью ЭВМ (справа)

В настоящее время существуют методики, с помощью которых можно рассчитать некоторые свойства материалов. Однако для такого расчета необходима функция, характеризующая распределение порового пространства по радиусу кривизны. Такой функцией является плотность распределения эквивалентных гидравлических радиусов $f(R)$.

Для определения данной функции можно использовать косвенные методы. К ним относят сорбционный метод [1], методы, основанные на связи капиллярных сил с остаточной насыщенностью пористой среды [2] и другие. В настоящее время чаще применяют прямые методы исследования [5].

Авторами статьи проводилось исследование, связанное с проверкой правдоподобия гипотезы согласованности теоретических распределений пор по эквивалентным гидравлическим радиусам со статистическими.

Для исследования изготавливались образцы цементно-песчаного раствора, часть вяжущего которых заменяли мелкодисперсным наполнителем – цеолитом – в количестве 17% по массе [4].

Для определения плотности распределения эквивалентных гидравлических радиусов сначала были построены кривые дифференциальной пористости. Плоский шлиф образца помещали под сканер высокого разрешения, затем полученное изображение обрабатывали с помощью ЭВМ (рис. 1).

Кривые распределения пор по эквивалентным гидравлическим радиусам строили в нормальных и дважды логарифмических координатах (рис. 2).

Функции распределения плотности, имеющие три максимума, получены в предположении, что выполняется логарифмически нормальный закон распределения [3]:

$$f(R) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\log_2 R - \log_2 R_0)^2}{2\delta^2}}$$

где: δ – среднеквадратичное отклонение;

$\log_2 R_0$ – мода нормального закона распределения.

Функция распределения плотности с тремя максимумами имеет вид:

$$f(R) = \frac{A_1}{\sqrt{2\pi D_1}} e^{-\frac{(\ln R / \ln R_{01})^2}{D_1}} + \frac{A_2}{\sqrt{2\pi D_2}} e^{-\frac{(\ln R / \ln R_{02})^2}{D_2}} + \frac{A_3}{\sqrt{2\pi D_3}} e^{-\frac{(\ln R / \ln R_{03})^2}{D_3}}$$

где: D – дисперсии соответствующих кривых логарифмически нормального распределения.

Математическая обработка кривых дифференциальной пористости производилась по формулам:

$$\ln R_0 = \sum_i^n \ln R_i p_i$$

$$D = \delta^2 = \sum_i^n \ln \frac{R_i}{R_0} p_i$$

Рис. 2. Дифференциальные кривые распределения пор по ЭГР в прямых (вверху) и дважды логарифмических (внизу) координатах

где: R_i – эквивалентный радиус наблюдаемых пор по кривым дифференциальной пористости;

p_i – статистическая вероятность события $R = R_i$.

$$p_i = \frac{m_i}{n}$$

где: m_i – количество событий, приходящихся на i -й разряд;

n – общее количество событий.

Вычисленные статистические характеристики образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры									
ρ , г/см ³	R_{01} , мкм	R_{02} , мкм	R_{03} , мкм	A_1	A_2	A_3	D_1	D_2	D_3
1,87	5	25	55	0,23	0,60	0,17	1,716	0,605	0,813

Графики плотности распределения, полученные с использованием данных таблицы 1, приведены на рисунке 3. Точками на рисунках показаны статистические вероятности распределения.

Проведенное исследование, связанное с проверкой правдоподобия гипотезы согласованности теоретических распределений со статистическими, показало, что критерий Пирсона χ^2 , характеризующий меру расхождения между теоретическими вероятностями и наблюдаемыми частотами появления p_i равен 5,6 для кривой плотности распределения, имеющей три максимума, что соответствует вероятности подобия 0,90.

Список используемых источников:

1. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1970. 407 с.
2. Вайнер М.И. О некоторых характерных чертах структуры однородных пористых сред // Известия АН СССР. Механика. 1965. №5.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Физматгиз, 1962. 564 с.
4. Макаров Ю.А., Терешкин И.П. Применение цеолитсодержащих пород для изготовления растворов на минеральных вяжущих // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2013. №11(78). С. 102-105.
5. Микроанализ и растровая электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1985. 392 с.