
ХЕМІЧНИЙ ОПІР МАТЕРІАЛІВ

УДК 620.169: 541.182.3

В.П. Беженар

Кінетика проникнення хлор-йонів у дрібнозернистий бетон при дії порошку полімінеральної калійної руди

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
бул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76025, Україна*

Приведені результати кінетичних досліджень розподілу хлор-йонів за перерізом цементно-пісочних зразків при 60, 75 і 95%-ній вологості повітря після витримки під шаром порошку полімінеральної калійної руди. Встановлено, що проникнення хлор-йонів у бетон підпорядковано основним закономірностям дифузійної кінетики. Знайдені ефективні коефіцієнти дифузії хлор-йонів у дрібнозернистому бетоні при різній вологості повітря з шару порошку полімінеральної калійної руди, що дозволяє прогнозувати довговічність залізобетонних конструкцій в агресивних умовах калійного виробництва.

Ключові слова: дрібнозернистий бетон, пил полімінеральної калійної руди, кінетика проникнення хлор-йонів, ефективний коефіцієнт дифузії.

V.P. Bezhenar

Kinetics of Chlorine-Ions Penetration in the Fine-Grained Concrete at the Action of Powder of Polymineral Potassium Ore

*Vasyl Stefanyk' Precarpathian National University,
57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76025, Ukraine*

The results of kinetic researches of distributing of chlorine-ions on the cut of cement-sand samples at 60, 75 and 95% humidity of air after self-control under the layer of powder of polymineral potassium ore have been resulted. It is set that the penetration of chlorine-ions in the concrete conforms to the basic laws of diffusion kinetics. The effective coefficients of diffusion of chlorine-ions in the fine-grained concrete at different humidity of air from the layer of powder of polymineral potassium ore that allows to predict durability of reinforced concrete constructions in the aggressive conditions of potassium production have been found.

Key words: fine-grain concrete, powder of polymineral potassium ore, kinetics of penetrating of chlorine-ions, effective coefficient of diffusion.

Стаття постуила до редакції 15.03.2010; прийнята до друку 08.04.2010.

Вступ

Довговічність залізобетонних конструкцій, які експлуатуються в калійній промисловості залежить, в основному, від швидкості проникання до арматури агресивних хлор-йонів. Раніше [1] було показано, що проникнення йон-хлоридів у бетон при дії пилу натрій хлориду підпорядковано основним законам дифузійної кінетики. Як відомо у цьому випадку швидкість

проникання агресивної речовини до арматури найбільш широко може бути охарактеризована ефективним коефіцієнтом дифузії, визначення якого базується на розв'язанні другого рівняння Фіка при різних граничних умовах [2-5].

I. Експериментальна частина

Лабораторні дослідження були поставлені таким чином, що дифузія хлор-йонів йшла через

одну робочу поверхню взірця і дифузійний потік не досягав протилежної поверхні. В цьому випадку, згідно теорії дифузійної кінетики, розглядається дифузія речовини в «напівбезмежному» тілі, і в кінцевому підсумку розв'язання першого рівняння Фіка є рівнянням виду:

$$C = C_0 - \frac{C_0}{\sqrt{\pi D \tau}} x, \quad (1)$$

де τ – час на протязі якого проходила дифузія;
 x – координата напрямку перпендикулярного поверхні пористого тіла, де відбувається дифузія, при цьому $x = 0$ відповідає точці на поверхні тіла;

C_0 – концентрація солі на поверхні тіла;

D – коефіцієнт дифузії.

При дослідженні процесів дифузії в капілярно-пористих тілах складної структури коефіцієнт дифузії D , замінюють ефективним коефіцієнтом дифузії D^* , який відображає вплив параметрів структури (вільний переріз та звивистість пор) і властивостей поверхні твердої фази на швидкість дифузії.

У відповідності з рівнянням (1):

$$C = C_0 - \frac{C_0}{\sqrt{\pi D^* \tau}} x. \quad (2)$$

Одержаний вираз математично являється рівнянням прямої лінії у відношенні змінних величин C і x . При цьому тангенс кута нахилу кривої до вісі абсцис дозволяє вирахувати коефіцієнт дифузії агресивних йонів у пористому тілі.

З метою визначення швидкості проникнення хлор-йонів у дрібнозернисті бетони з шару порошку полімінеральної калійної руди при різній відносній вологості повітря були виготовлені цементно-піщані взірці розміром 40x40x160 мм (відношення вода : цемент = 0,6) на портланд-цементі. Після твердіння при пропарюванні та зберіганні над водою протягом місяця взірці покривали зі всіх сторін, крім однієї робочої поверхні, епоксидною смолою, видержували під шаром порошку полімінеральної калійної руди протягом тривалого часу в ізольованих від зовнішнього середовища герметичних камерах, в яких за допомогою сульфатної кислоти різної концентрації, підтримувалася відносна вологість повітря 60, 75 і 95 %. Дослідження проводили за постійної температури 291±2 К. Через 1, 3, 6 і 12 місяців частину взірців піддавали пошаровому хемічному аналізу, попередньо розпилявши їх алмазним диском на пластівки товщиною 3-5 мм, подрібнивши і просіявши їх.

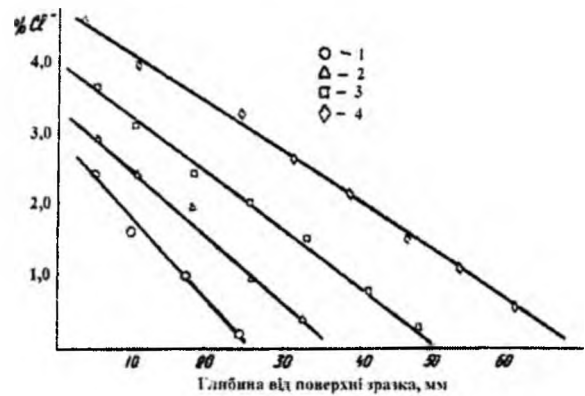
II. Результати та обговорення

На рис. 1 приведені величини розподілу хлор-йонів при 95% (а), 75% (б) та 60%-вій (в)

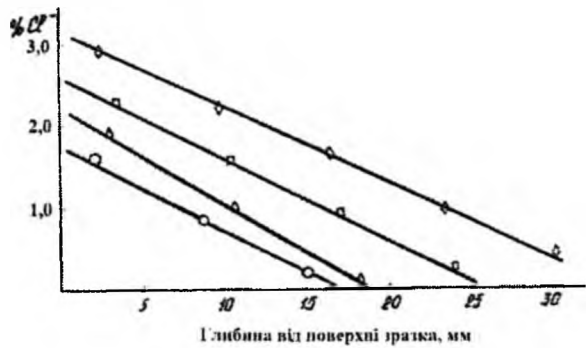
вологості повітря від глибини від поверхні за перерізом зразків з дрібнозернистого бетону В/Ц=0,6 при тривалості експерименту 1 міс. (1), 3 міс. (2), 6 міс. (3), 12 міс. (4).

За даними побудовані графіки залежностей $C=f(x)$ (рис. 1). За величиною тангенса кута нахилу кривої до вісі абсцис ($\tan \beta$) визначали ефективний коефіцієнт дифузії (D^*) хлор-йонів за формулою:

$$D^* = \frac{C_0^2}{\pi \tau \tan^2 \beta}. \quad (3)$$



а)



б)



в)

Рис. 1. Розподіл хлор-йонів за перерізом зразків з дрібнозернистого бетону (В/Ц=0,6) при різній вологості повітря з часом дії порошку полімінеральної калійної руди: а) 95%; б) 75%; в) 60%; 1 – 1 міс.; 2 – 3 міс.; 3 – 6 міс.; 4 – 12 міс.

У результаті проведених досліджень одержали значення ефективних коефіцієнтів дифузії хлор-йонів у цементно-піщаних взірцях при 95, 75 і 60% відносній вологості повітря (табл. 1).

Значення ефективних коефіцієнтів дифузії хлор-йонів у дрібно-зернистому бетоні (В/Ц = 0,6) з шару порошку полімінеральної калійної руди

Час дифузії, місяці	D° 10 ⁷ см ² /с при відносній вологості повітря		
	95%	75%	60%
1	6,69	2,40	1,56
3	4,80	1,12	0,54
6	4,62	1,09	0,53
12	4,54	1,02	0,47

Розрахунок значень ефективних коефіцієнтів дифузії і дані концентрації хлор-йонів на поверхні бетону дає можливість розрахувати час, коли в зоні розміщення арматури концентрація хлор-йонів стає небезпечною з точки зору корозійної стійкості бетону. Згідно літературних даних [6] такою концентрацією вважається 2,2% хлор-йонів від маси рідкої фази бетону. Формула для розрахунку часу, що необхідний для досягнення в арматурі небезпечної концентрації хлор-йонів записується у вигляді:

$$\tau = \frac{x^2}{\pi D^{\circ} \left(1 - \frac{C}{C_0}\right)^2} \quad (4)$$

Користуючись рівнянням (4) визначали час необхідний для того, щоб при різній відносній вологості повітря під дією пилу полімінеральної калійної руди у зоні розміщення арматури на глибині 2,0 см від поверхні бетону було накопичено 2,2% хлор-йонів від маси рідкої фази бетону. Відомо, що при надлишку пилу полімінеральної калійної руди на поверхні конструкції утворюється насичений хлоридно-сульфатний розчин з концентрацією хлор-йонів рівною 14,43%. При здійсненні розрахунків користувалися значеннями ефективних коефіцієнтів дифузії, що одержали при максимальному часі випробувань.

В результаті проведених обчислень знайдено, що при дії полімінеральної калійної руди на дрібнозернистий бетон з В/Ц = 0,6 небезпечна кількість хлоридів, з точки зору корозії арматури, на глибині залягання її 2 см досягає при 95% відносній вологості повітря через 1,5 місяці, при 75% – 6,7 місяці і при 60% – 14,6 місяці.

Висновки

1. Методом пошарової хемічної аналізи встановлено, що проникнення хлор-йонів у дрібнозернистий бетон в умовах дії пилу калійної руди підпорядковано основним закономірностям дифузійної кінетики.

2. Знайдені ефективні коефіцієнти дифузії хлор-йонів у дрібнозернистому бетоні з шару порошку полімінеральної калійної руди, що дозволяє розрахувати час накопичення їх у приарматурному шарі до критично-небезпечної концентрації.

3. Вивчено вплив величини відносної вологості повітря і проникливості захисного шару бетону на швидкість дифузії в нього хлор-йонів в умовах дії на цементно-піщані зразки пилу полімінеральної калійної руди. Показано, що підвищення відносної вологості повітря з 60 до 95% більше ніж у 20 раз збільшує швидкість проникнення в бетон хлор-йонів.

Література

1. **Беженар В.П., Алексеев С.Н.** Повышение стойкости железобетонных конструкций предприятий калийных удобрений // Бетон и железобетон. – 1983. - №2. – С.23-25.
2. **Киселева Е.В.** Кинетика гетерогенных химических реакций. Ч.2 вып. I. Диффузионные процессы. – М.: МХТИ имени Д.И.Менделеева, 1969. – 93 с.
3. **Райченко А.И.** Математическая теория диффузии в приложениях. – К.: Наукова думка, 1981. – 396 с.
4. **Милн-Томсон Л.М., Компри Л.Дж.** Четырехзначные математические таблицы. – М.: Наука, 1964.
5. **Тихонов А.Н., Самварский А.А.** Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1977. – 735 с.
6. **Кашурников Н.М.** Повышение способности бетона защищать арматуру железобетонных конструкций с помощью добавок ингибиторов: Автореф. дис...канд. техн. Наук. – М., 1978. – 23 с.

Беженар В.П. – кандидат технічних наук, доцент кафедри органічної та аналітичної хемії.

Рецензент

Курта С.А. – кандидат технічних наук, доцент кафедри органічної та аналітичної хемії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.