

УДК 69:661

## ОЦІНКА ГІДРОФОБНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕТОДОМ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМОЧУВАНОСТІ

кандидат технічних наук, доцент, Токарчук В. В., Пригожа Г. В.,  
Флейшер Г. Ю.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, Київ

*Оцінено існуючі методики визначення гідрофобних властивостей цементів, вказано переваги та недоліки їх застосування. Запропоновано оцінювати гідрофобність дисперсних цементів за методиками визначення крайових кутів змочування та показників змочуваності. Виявлено переваги і недоліки методик та наведено рекомендації щодо доцільності їх застосування. Дослідження крайового кута змочування на поверхні дисперсного матеріалу або пресованих таблеток доцільно застосовувати, якщо цемент містить гідрофобну добавку. Дослідження змочуваності доцільно виконувати, якщо цемент містить гідрофобізуючу добавку. Обидві методики дозволяють визначити оптимальні концентрації добавок та порівнювати дію різних добавок на властивості цементів.*

*Ключові слова: гідрофобний цемент, методика, крайовий кут змочування, капілярне підняття, рівняння Уошборна*

*candidate of engineering science, associated professor Tokarchuk V. V., Pryhozha H. V., Fleisher H. U. Evaluation of water-repellent properties of cements according to wettability method / National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine, Kyiv*

*Methods of cement water-repellent properties are evaluated, advantages and disadvantages of their utilization are described. Evaluation of cement water-repellent properties according to methods of contact angle and wettability is proposed. Benefits and drawbacks of methods and guidelines of their utilization are given. The method of contact angle should be used if the cement is treated with water-repellent admixtures. The method of wettability should be used if the cement is treated with waterproofing admixtures. Both methods make possible to determine effective concentrations and compare different admixtures.*

*Key words: hydrophobic cement, method, contact angle, capillary ascension, Washburn's equation*

**Вступ.** Гідрофобний цемент виготовляють шляхом введення невеликих кількостей спеціальних гідрофобних добавок (милонaft, олеїнова кислота) при помелі клінкеру. При цьому на цементних зернах утворюються тонкі адсорбовані шари з молекул гідрофобної добавки, завдяки чому цемент набуває ряд важливих властивостей з практичної точки зору.

Завдяки негіроскопічності гідрофобний цемент здатний зберігати свою активність навіть при тривалому перебуванні у вологих умовах. При безпосередньому короткочасному контакті з водою гідрофобний цемент не ґрудкується [1, с. 33]. Бетони та будівельні розчини на гідрофобному цементі характеризуються пониженими капілярним поглинанням, водопоглинанням і водопроникністю та підвищеними морозостійкістю і довговічністю [2, с. 428].

Існують три «традиційні» методики по визначенню гідрофобних властивостей цементів, які наведені в різних літературних джерелах [2, с. 455; 3, с. 792; 4, с. 8]. Суть їх полягає у встановленні характерної плівки цементу на поверхні води, яка не тоне, та незмочуваності

цементу краплями води. Основний недолік цих методик полягає в тому, що вони дозволяють лише визначити чи є цемент гідрофобним. Кількісної характеристики гідрофобних властивостей не передбачено.

Розроблені альтернативні способи виявлення та оцінки гідрофобних властивостей цементів. До них відноситься дослідження кінетики паро- або вологопоглинання [5, с. 108], кінетики виділення гідроксиду кальцію у розбавлених цементних суспензіях [6], визначення електроопору цементної суспензії [6]. Недоліком першого способу є тривалість проведення дослідження, а решти – складність їх виконання, особливо у практичних умовах.

Найбільш придатною методикою оцінки гідрофобних властивостей є визначення водопоглинання бетонів або розчинів [7, с. 86]. Однак, в такому випадку можна оцінити ефективність гідрофобних добавок та гідрофобні властивості виробів, а не самого цементу.

**Мета і завдання.** Вище викладені причини підтверджують доцільність задачі розробки методики оцінки гідрофобних властивостей дисперсних цементів, яка б була наочною, простою і швидкою у виконанні та дозволяла б кількісно оцінити гідрофобні властивості. Такими методиками можуть бути визначення крайового кута змочування та показника змочуваності [8, 9, 10].

**Об'єкти та методи дослідження.** Для дослідження були застосовані цемент ПЦ І-500 виробництва філії «Волинь-цемент» ПАТ «ДЦУ», олеїнова кислота та дослідний гідрофобізатор «Д» на основі діетаноламиду жирних кислот.

Гідрофобні властивості оцінювалися за двома методиками:

- визначення крайового кута змочування;
- визначення змочуваності гідрофобного цементу з використанням рівняння Уошборна.

Для безпосереднього вимірювання крайового кута змочування застосовувався мікроскопічний метод. Краплі води наносилися на рівномірно розподілений шар гідрофобного цементу або на таблетки гідрофобного цементу, отримані під тиском 15 МПа. Якщо крайовий кут змочування становить менше  $90^\circ$ , матеріал гідрофільний, якщо більше  $90^\circ$  – гідрофобний.

Для опосередкованого вимірювання кута змочування застосовувалася методика з використанням рівняння Уошборна, розроблена на кафедрі хімічної технології композиційних матеріалів НТУУ «КПІ», яка базується на наступному рівнянні:

$$\frac{h^2}{t} = \frac{r \cdot \sigma \cdot \cos \Theta}{2\eta} \quad (1)$$

де  $h$  – висота капілярного підняття, м;  $t$  – час підняття, сек.;  $r$  – радіус капіляру, м;  $\cos \Theta$  – косинус кута змочування;  $\eta$  – динамічна в'язкість змочуючої рідини, Па\*с;  $\sigma$  – поверхневий натяг рідини, що змочує порошок, Н/м.

Перетворюючи це рівняння отримуємо:

$$\frac{2\eta \cdot h^2}{r \cdot \sigma \cdot t} = \cos \Theta \quad (2)$$

Враховуючи, що поверхневий натяг рідини та її динамічна в'язкість є постійними при даній температурі, висоту підняття та час можна визначити безпосередньо з експерименту, залишається одне невідоме – радіус капілярів порошку. Його визначають використовуючи в якості змочуючої речовини такі як гексан, гептан, бензол. Вважається що кут змочування ними мінеральних поверхонь складає  $0^\circ$ , тобто  $\cos \Theta = 1$ . Таким чином, з рівняння Уошборна можна розрахувати радіус капілярів.

Суть методики полягає у нанесенні тонкого шару гідрофобного цементу на скляну пластинку. Пластину занурюють у ємність з рідиною і заміряють час підняття рідини на певну висоту. Дослідження

проводять для однієї пластини у двох різних рідинах: воді та гексані. Вимірювання у гексані дають змогу розрахувати радіус капіляру, а вимірювання у воді дають змогу чисельно розрахувати крайових кут змочування водою.

**Результати та обговорення.** Результати дослідження гідрофобних властивостей цементів, оброблених олеїною кислотою та дослідним гідрофобізатором «Д» наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Крайовий кут змочування гідрофобних цементів**

Вміст добавки, мас. %	Крайовий кут змочування краплі води на поверхні пресованих таблеток, град	Крайовий кут змочування краплі води на рівномірно розподіленому шарі, град	Крайовий кут змочування водою, розрахований за методикою капілярного підняття, град
0,00	0	0	60
<b>Олеїнова кислота</b>			
0,20	134	113	-
0,60	133	124	-
1,00	134	124	-
<b>Дослідний гідрофобізатор «Д»</b>			
0,08	0	0	72
0,20	0	0	76
0,60	0	0	88
1,00	0	0	84
1,40	0	0	75

З отриманих результатів можна зробити ряд висновків. По-перше, на визначення крайового кута змочування сильний вплив має спосіб

приготування зразків і, зокрема, такий фактор як шорсткість поверхні. Можна побачити, що кути змочування на пресованих таблетках практично не відрізняються. Кути змочування на рівномірно розподіленому шарі цементу збільшуються при збільшенні вмісту добавки. Причому кути змочування на таблетках більші, ніж на рівномірному шарі тому, що поверхня шару має більшу шорсткість і можливе часткове поглинання краплі води. Оскільки, великі об'єми цементу зберігаються навалом, при застосуванні даної методики дослідження доцільно проводити на рівномірно розподіленому шарі цементу. В такому випадку моделюються умови зберігання близькі до практичних.

По-друге, методику визначення кутів змочування водою неможливо застосовувати у випадку цементу, обробленого гідрофобною добавкою, молекули якої мають «класичну» будову і складаються з функціональної групи та довгого вуглеводневого ланцюга. В такому випадку цемент на пластині водою не змочується через її високий поверхневий натяг. Можливо застосовувати інші полярні рідини з меншим поверхневим натягом. Оскільки, суть гідрофобізації цементу полягає у захисті його від впливу саме води та вологи, вказаний захід не є доцільним.

Напротивагу цьому, гідрофобізуючі добавки, молекули яких мають декілька функціональних груп, з яких не всі адсорбуються на поверхні цементу і можуть орієнтуватися у навколишнє середовище, покращують водовідштовхувальні властивості цементу і лише при певних концентраціях переводять його в розряд гідрофобних. Властивості цементів, оброблених такими добавками доцільно визначати лише за методом змочуваності, оскільки краплі води на шарі цементу та таблетках можуть поглинатися поверхнею.

Таким чином, можна зробити висновок, що для цементних систем олеїнова кислота є гідрофобною добавкою, оскільки крайовий кут змочування становить більше  $90^{\circ}$ , і властивості цементу покращуються при збільшенні вмісту добавки. Дослідний гідрофобізатор «Д» є гідрофобізуючою добавкою, оскільки кут змочування цементу менше  $90^{\circ}$ . Збільшення концентрації до 0,6 мас. % призводить до покращення водовідштовхувальних властивостей цементу і при вказаній концентрації він є практично гідрофобним. Подальше збільшення вмісту «Д» призводить до погіршення властивостей цементу.

**Висновки.** Для дослідження нових видів добавок доцільно використовувати обидві методики. В такому разі можна досить точно віднести добавку до гідрофобних або гідрофобізуючих; визначити, за яких концентрацій добавка є гідрофобізуючою, а за яких переводить цемент у розряд гідрофобних; чисельно порівняти ефективність різних добавок між собою та визначити їх оптимальні концентрації.

### **Література:**

1. Казачек Г. А. *Справочник мастера-строителя* / Г. А. Казачек, Я. А. Роговин. – М: «Книга по требованию». – 2012. – 1037 с.
2. Ружинский С. *Все о пенобетоне* / С. Ружинский, А. Портник, А. Савиных. – С-П.: ООО «Строй-Бетон». – 2006. – 630 с.
3. Холин И. И. *Справочник по производству цемента* / И. И. Холин – М.: Рипол Классик. – 2013. – 860 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 «Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови».
5. Рояк С. М. *Специальные цементы* / С. М. Рояк, Г. С. Рояк. – М.: Стройиздат. – 1983. – 279 с.

6. RU 2008673, МПК G01N33/38. Способ определения гидрофобности цемента / Н. Ф. Кокнаев, И. С. Семириков. – Номер заявки: 5003152/33; заявл. 23.09.1991; опубл. 28.02.1994.
7. ДСТУ Б В.2.7-171:2008 «Будівельні матеріали. Добавки для бетонів та будівельних розчинів. Загальні технічні умови».
8. RU 2457464, МПК G01N24/08. Способ определения смачиваемости порошковых материалов / В. А. Архипов, Д. Ю. Палеев, В. Ф. Трофимов, А. С. Усанина. – Номер заявки: 2011107818/28; заявл. 28.02.2011; опубл. 27.07.2012.
9. Сви́дерский В. А. Оценка эффективности модификации минеральных наполнителей органическими агентами / В. А. Сви́дерский, А. В. Миронюк, Я. В. Миронюк // Сборник докладов 4-й Международной научно-технической конференции «СтройХИМИЯ». – 2009. – С. 78-84.
10. Миронюк О. В. Метод визначення поверхневої енергії гідрофобних порошкових матеріалів / О. В. Миронюк, П. В. Сиволапов, А. В. Придатко // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної веб-конференції «Композиційні матеріали». – 2014. – С. 134-137.

**References:**

1. Kazachek G. A. Sprovochnik mastera-stoitelia / G. A. Kazachek, Ya. A. Rogovin. – M.: “Kniga po trebovanyu”. – 2012. – 1037 s.
2. Ruzhynskiy S. Vsyе o penobетone / S. Ruzynskiy, A. Portik, A. Savinykh. – S.-P.: ООО “Stroy-beton”. – 2006. – 830 s.
3. Kholin I. I. Spravochnik po proizvodstvy tsementa / I. I. Kholin. – M.: Ripol Klassik. – 2013. – 860 s.
4. DSTU B V.2.7-46:2010 “Budivelni materialy. Tsementy zahalnobudivelnogo pryznachennia. Tekhnichni umovy”.
5. Roiak S. M. Spetsialnye tsementy / S. M. Roiak, G. S. Roiak. – M.: Stroyizdat. – 1983. – 279 s.



6. *RU 2008673, MPK G01N33/38. Sposob opredeleniia gidrofobnosti tsementa / N. F. Koknaev, I. S. Semerikov. – Nomer zaiavki: 5003152/33; zaiavl. 23.09.1991; opubl. 28.02.1994.*
7. *DSTU B V.2.7-171:2008 “Budivelni materialy. Dobavky do betoniv ta budivelnykh rozchyniv. Zahalni tekh nichni umovy”.*
8. *RU 2457464, MPK G01N24/08. Sposob opredelenia smachivaemosti poroshkovykh materialov / V. A. Arhipov, D. Yu. Paleev, V. F. Trofimov, A. S. Usanina. – Nomer zaiavki: 2011107818/28; zaiavl. 28.02.2011; opubl. 27.07.2012.*
9. *Sviderskiy V. A. Otsenka effektivnosti modifikatsii mineralnykh nopolniteley organicheskimi agentami // V. A. Sviderskiy, A. V. Mironiuk, Ya. V. Mironiuk // Sbornik dokladov IV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii “StroyKHIMIYA”. – 2009. – S. 78-84.*
10. *Myroniuk O. V. Metod vyznachennia poverkhnevoi energii hidrofobnykh poroshkovykh materialiv // O. V. Myroniuk, P. V. Sivolapov, A. V. Prydatko // Materialy VII Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi web-konferentsii “Kompozytsiini mateialy”. – 2014. – S. 134-137.*