

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ ТА БЕТОНУ НА КОНЦЕНТРОВАНІЙ ЦЕМЕНТНІЙ СУСПЕНЗІЇ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ АКТИВАЦІЇ

Микола Шпирько,¹

Вікторія Волкова, Тарас Дубов,

Валентина Любченко, Владислава Загній²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-126-8-7>

Постановка проблеми. Значний вплив на властивості бетонів надає міцність цементного каменю. Тому формуванню структури і властивостей цементного каменю приділяється велика увага. Підвищення властивостей забезпечується шляхом активації твердіння цементного тіста різними способами. Одним з таких способів являється обробка цементного тіста в електромагнітному полі. При обробці цементного тіста в змінному електромагнітному полі інтенсифікуються: розчинення, диспергація, гідратація компонентів цементу і формування зв'язно-дисперсної структури цементного каменю.

Аналіз публікацій. Формування структури цементного каменю після замішування цементу водою включає розчинення, диспергацію і гідратацію поверхні зерен цементу з подальшим формуванням гідратованих комплексів, (в основному топохімічної і в меншій мірі по «скрізь розчинному» механізму) їх колоїдація, кристалізація і конденсація. Слід зазначити, що багато вчених приділяли велику увагу проникненню води в мікротріщини, поверхневим дефектам в зернах цементу, що викликають розпад їх поверхні, в тому числі – трьохкальцієвий силікат [1, с. 309]. Ряд учених також зазначає, що процес гідратації цементних мінералів супроводжується протонізацією атомів кисню оксидом кальцію протонами, що утворюються в результаті дисоціації молекул води. При цьому розрив деформованих зв'язків – Са – О – може відбуватися навіть при міграції протонів всередину кристалічної решітки, що підтверджується даними ІЧ спектроскопії [2, с. 247]. За [3, с. 473; 4, с. 143] протони утворюються в результаті дисоціації води на активних центрах поверхні. При цьому також утворюються і іони ОН⁻, які змінюють рН рідкої фази. Згідно [5, с. 86; 6, с. 6; 7, с. 52] найпростішими стійкими гідратами у водних розчинах

¹ Державний вищий навчальний заклад

«Придніпровська державна академія будівництва і архітектури», Україна

² Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

кислот і основ завдяки водневому зв'язку є комплексні іони H_5O^{2+} і H_3O^{2-} . За [5, с. 86] взаємодія води з основним мінералом цементу C_3S здійснюється за двома механізмам гідратації – твердо- і рідкофазовому. В процесі гідратації в зв'язку з утворенням іонів збільшуються рН і електропровідність. З утворенням в рідкій фазі комплексів портландиту, гідросульфоалюмінату кальцію, гідроалюмінатів кальцію, гідросилікатів кальцію починається процес формування коагуляційної, кристалізаційної і конденсаційної структури цементного каменю. В роботі [5, с. 75] розвинені уявлення про механізм гідратації і твердіння цементних систем в умовах електромагнітної активації, що полягає в збільшенні рухливості іонів H^+ і OH^- на 8-12%. Це призводить до ослаблення зв'язку Me-O, протонуванням кисню і збільшення інтенсивності взаємодій в системі. Відомі два способи замішування бетонної суміші омагніченою водою. У першому способі проводиться попередня обробка води або цементної суспензії 1,5% концентрації [1, с. 319], а в другому – магнітна обробка бетонної суміші проводиться під час її приготування в бетонозмішувачі [2, с. 423].

Мета: дослідження сумісного впливу змінного електромагнітного поля на властивості цементного каменю з додаванням пластифікатора.

Результати досліджень. Підвищення міцності бетону в ранньому і нормативному віці досягається використанням цементів з великим вмістом C_3S або подрібнених до питомої поверхні 4500-5000 $\text{см}^2/\text{г}$, а також введенням полімерних добавок. Для приготування товарної бетонної суміші С20/25 S3, S4 в основному використовуються цементи ПЦ II Б-Ш-400 з питомою поверхнею 3300-3500 $\text{см}^2/\text{г}$, тому підвищення міцності матриці бетону з цементного каменю є актуальним завданням. Нами досліджено вплив електромагнітної обробки концентрованої суспензії цементу ПЦ II Б-Ш-400, а також концентрованої суспензії цементу з полікарбосилатною добавкою Stacheplast 156 на рН, електропровідність, пластичну міцність цементного каменю, що характеризують фізико-хімічні процеси, які обумовлюють формування і розвиток дисперсної структури. Обробка концентрованої цементної суспензії (В/Ц = 0,45) проводилася в змінному електромагнітному полі з напруженістю $1,6 \cdot 10^5$ А/м. З огляду на те, що час релаксації частково зруйнованої кластерної структури води незначний, а, отже, водневі зв'язки швидко відновлюються, обробці в змінному електромагнітному полі піддавалася не вода, а концентрована цементна суспензія. Порівняльний аналіз підвищення електропровідності на звичайній і обробленій в електромагнітному полі концентрованої цементній суспензії показує, більш інтенсивне збільшення електропровідності на суспензії обробленій в електромагнітному полі, на відміну від

необробленої, що підтверджує більш високу швидкість розчинення й диспергації поверхні зерен цементу концентрованої цементної суспензії, обробленої в змінному електромагнітному полі. При електромагнітній обробці концентрованої цементної суспензії під дією змінного електромагнітного поля відбувається прецесія зовнішніх електронних хмар в молекулах води, і вони набувають індукований магнітний момент, перпендикулярний напрямку магнітного поля. При цьому енергія водневих зв'язків змінюється, що призводить до їх часткового розриву і зміни структури води [7, с. 51]. Зміна структури води викликає більш інтенсивну її дисоціацію з утворенням більшого кількості іонів H^+ і OH^- , збільшення їх рухливості згідно [5, с. 90], а отже більш глибокому проникненню в поверхневий шар зерен і більшої його диспергації і розчинення з подальшою гідратацією мінералів цементу. Більша кількість гідратованих частинок різного рівня в одиниці об'єму призводить до більш інтенсивної коагуляції і формування зв'язно-дисперсної системи, в якій вони пов'язані Ван дер Ваальсовими силами і водневими зв'язками, а також утворення і кристалізацію гідросульфоалюмініатів кальцію, $Ca(OH)_2$ розташованих як на поверхні, так і між гідратованими зернами цементу. Більш інтенсивне формування первісної структури знижує рухливість концентрованої цементної суспензії, а отже і бетонної суміші. Для забезпечення товарних бетонних сумішей, що мають більш тривалі терміни тужавлення, в цементну суспензію вводили суперпластифікатор, уповільнюючий формування структури цементного каменю. Результати досліджень, свідчать про стеричний ефект уповільнення доступу води до поверхні зерен цементу і більш повільне формування структури коагуляції.

Висновки. В результаті проведення досліджень встановлено:

– обробка концентрованої цементної суспензії з $V/C = 0,45$ в змінному електромагнітному полі напруженістю $1,6 \cdot 10^5$ А/м збільшує її рН з 11,3 до 11,9 одиниць через 30 хвилин після замішування і з 11,7 до 12,6 одиниць через 270 хвилин після замішування. При цьому максимум рН при обробці суспензії в змінному електромагнітному полі знижується з 340 до 290 хвилин, що пов'язано зі скороченням термінів її тужавлення при обробці в змінному електромагнітному полі: – аналогічні закономірності спостерігаються і при зміні електропровідності суспензій необробленої і обробленої в змінному електромагнітному полі – введення до складу суспензії пластифікуючої добавки Stacheplast 156 призводить до зниження інтенсивності збільшення рН з 12,6 до 12,4 через 290 хвилин після замішування і зміщення максимуму рН в бік збільшення з 290 до 430 хвилин, а також максимуму електропровідності з 270 до 440 хвилин. Це свідчить про те, що введення в суспензію

пластифікуючої добавки Stacheplast 156 збільшує термін тужавлення суспензії обробленої в змінному електромагнітному полі; – обробка концентрованої цементної суспензії в змінному електромагнітному полі збільшила міцність цементного каменю в віці двох діб на 50%, у віці 28 діб – на 14%, а в результаті синергетичного дії обробка в змінному електромагнітному полі з добавкою пластифікатора Stacheplast 156 у віці двох діб на 100 %, а у віці 28 діб на 23%; – обробка цементної суспензії як без добавки так і з добавкою-пластифікатором Stacheplast 156 значно підвищує міцність цементного каменю в ранній термін твердіння.

References:

1. Babuschkin, W.I., Matwejew, G.M., & Mtschedlow-Petrosjan, O.P. (1986). *Thermodynamik der Silikate*. Moscow: Strojizdat, 407 p.
2. A. A. Pashchenko, V.P. Serbin and Ye.A. Starchevskaya (1985). *Vyazhushhie Materialy [Binding Materials]*. Kiev: Vysshaya Shkola. (in Russian)
3. A. V. Volzhenskiy, Yu.S. Burov and V.S. Kolokolchikov (1979). *Mineral'nyye Vyazhushchie Veshchestva (Tekhnologiya i Svoistva): Uchebnik dlya Studentov Vuzov [Mineral Binders (Technology and Properties): Textbook for University Students]*. Moscow: Stroyizdat. (in Russian)
4. V.V. Belov, A.F. Buryanov, G.I. Yakovlev, V.B. Petropavlovskaya, H.-B. Fisher, I.S. Mayeva and T.B. Novichenkova (2012). *Modifikatsiya Struktury i Svoistv Stroitel'nykh Kompozitov na Osnove Sul'fata Kal'tsiya: Monografiya [Modification of the structure and properties of calcium sulfate-based building composites: Monograph]*. Moscow: De Nova. (in Russian)
5. Dissertation on the scientific level of the candidate of technical sciences for specialty 05.23.05 – Education materials and virobi (19 – Architecture and development). – The sovereign chief chief pledge «Pridniprovsk state academy of education and architecture» of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, 2020.
6. Derevianko V. Nanomodification of mineral binders / V. Derevianko, N. Kondratieva, V. Volkova, H. Hryshko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Published under licence by IOP Publishing Ltd. – 2021. – Vol. 1162 (012001). – P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1162/1/012001>
7. Derevianko Viktor (2021) Technology of Production of Binder Modifying Nanoadditives / Viktor Derevianko, Nataliia Kondratieva, Viktorija Volkova, Hanna Hryshko // Material Science Forum : Actual Challenges in Materials Science and Processing Technologies II. – Switzerland : Trans Tech Publications Ltd., vol. 1045, pp. 50–58. – ISSN: 16629752. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1045>