

МОДИФІКОВАНІ КОМПОЗИЦІЙНІ ШВИДКОТВЕРДЮЧІ БЕТОНИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА СУЧАСНИХ АВТОМАГІСТРАЛЕЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Аналізуючи результати досліджень науковців у галузі технології монолітного бетонування встановлено, прискорення твердіння бетону вимагає нового підходу до створення цементної матриці, основою якого є регулювання процесу структуроутворення на мікро- і наноструктурних рівнях, що дозволяє забезпечити підвищення функціональних характеристик та одержати нові за складом та якісно відмінні за структурою та властивостями конструкційні матеріали.

Ключові слова: високоміцний бетон, швидкотвердуючий бетон, мінеральні добавки, промислові відходи.

Abstract

Uzagalnyuyuchi result doslidzhen naukovtsiv at the Branch tehnologii monolitnogo betonuvannya svidchit scho priskorennya tverdennya concrete vimagae new pidhodu to stvorennya tsementnoi matrиси, the basis yakogo Je reguluyuvannya Process strukturoutvorennya on mikro- i nanostructured rivnyah scho dozvolyaе zabezpechiti pidvischennya funktsionalnih characteristics that will ultimately novi for the warehouse that yakisno vidminni behind the structure and power of construction materials.

Keywords: high-strength concrete, fast-setting concrete, mineral additives, industrial waste.

Вступ

Аналіз тенденцій світового розвитку будівельної галузі свідчить про необхідність збільшення рівня використання бетонів для промислового, житлового та дорожнього будівництва [1-4]. Широке впровадження бетонів у будівництві зумовлено його універсальними конструкційними та фізичними властивостями, які забезпечують високу міцність, вогнестійкість, здатність протистояти зовнішнім впливам та забезпечити довговічність зведених будівель і споруд.

Необхідність у сучасних будівельних матеріалах у практиці сучасного будівельного виробництва як для зведення нових високоякісних будівель та споруд, так і для ремонту та підвищення ефективності існуючої інфраструктури постійно зростає [5-7]. Такі матеріали повинні характеризуватись високою функціональністю, енергоефективністю, екологічною чистотою, доступністю, довговічністю, бути економічно ефективними в структурі життєвого циклу будівельних об'єктів [8-9].

Основна частина

Інтенсивні способи спорудження будівель вимагають сучасних технологій, які б забезпечили зниження енергетичних ресурсів, підвищення ефективності будівельних робіт в різних температурних умовах, скорочення виробничого циклу. Враховуючи, що в умовах монолітного будівництва твердіння бетону здійснюється без застосування або з обмеженням теплової обробки, обов'язковою умовою швидкісної технології є використання швидкотвердуючих в'язучих з отриманням високої міцності бетонної суміші через одну – дві доби, при цьому підвищується клас бетону, що призводить до зменшення маси виробів та конструкцій, економії бетону, сталі і зниження вартості [10].

Перспективним напрямом впровадження швидкотвердуючих високоміцних бетонів є розвиток та ремонт дорожньої інфраструктури, що забезпечить швидкість, безпеку та комфорт руху при зростаючих транспортних навантаженнях [11-12]. Розвиток дорожньої інфраструктури, що передбачає будівництво сучасних автомагістралей з високими транспортно-експлуатаційними характеристиками та швидкий ремонт транспортної мережі, вимагає використання швидкотвердуючих дорожніх бетонів, які відповідають вимогам, що пов'язані зі складними умовами експлуатації [13]. Такі бетони для дорожніх та монолітних технологій повинні характеризуватися

високою рухливістю бетонної суміші для якісного її вкладання та швидким набором міцності для забезпечення необхідних темпів будівництва в різних температурних умовах.

Для будь-якого типу будівництва важливим критерієм є швидкість виконання робіт, що забезпечує прискорення обігу коштів. Розробка композиційних швидкотвердіючих бетонів з використанням техногенних промислових відходів дає можливість суттєво скороти тривалість будівництва та зменшити використання природної сировини [11-14]. Економічний ефект розроблення швидкотвердіючих бетонів визначається зниженням матеріаломісткості, зменшенням енерго- і трудовитрат і застосуванням техногенних відходів, значним збільшенням довговічності, і, як наслідок, збільшенням терміну міжремонтної експлуатації і зниженням експлуатаційних витрат, пов'язаних із функціонуванням будівель та споруд та з проведенням ремонтних робіт, що стало можливим завдяки забезпеченню високих показників експлуатаційної надійності бетону [12-15]

Перспективним напрямом створення високоміцних матеріалів на основі цементу є використання ультрадисперсних добавок, застосовуючи принципи формування високоміцної структури на основі надщільної упаковки [16-17]. В наш час широко використовують як модифікатори бетонів добавки метакаоліну, мікрокремнезему, золи-винос та інші. При їх уведенні до складу бетону на мікрорівні відбувається самоущільнення і значне поліпшення фізико-механічних характеристик бетону [18-19].

Необхідно відмітити, використання однокомпонентних добавок не завжди технологічно і економічно виправдано. Основним недоліком монодобавок вважають прояв негативних їх властивостей, окрім позитивного впливу на характеристики бетону і розчину. Зокрема, одні добавки підвищуючи рухливість, одночасно призводять до зниження міцності, інші сприяють зниженню температури замерзання води і підвищенню водонепроникності, проте, спричиняють корозію сталі і прискорене тверднення цементного тіста. Можливим способом зниження негативного впливу монодобавок є введення додаткового компонента, який може знизити або усунути негативний ефект монодобавки. Дія комплексних добавок є адитивною, а іноді синергетичною, що може не тільки підсилювати основний ефект добавки, але й нейтралізувати його негативний побічний ефект [20].

Особливі властивості комплексних добавок дозволяють регулювати швидкість тверднення цементного тіста і одночасно змінювати рухливість системи, структуру цементного каменю та його експлуатаційні характеристики. Значний практичний інтерес представляє використання добавок, що містять пластифікатор та неорганічний електроліт [21-22]. Одержаний ефект обумовлений формуванням у цих умовах однорідної субмікропористої структури з максимально рівномірним розподілом у її об'ємі твердої фази

При підвищенні дисперсності мікрокремнезему до нанорозмірів, суттєво прискорює процеси гідратації у зв'язку з тим, що частинки відіграють роль центрів зародкоутворення для формування більш щільних частинок С-S-H. При цьому формування фази С-S-H нічим не обмежується, і новоутворення заповнюють поровий простір. Велика кількість центрів кристалізації є причиною прискорення процесу гідратації цементу [23].

Основною особливістю дисперсних добавок мікро- та нанокремнезему є полегшення процесу зародкоутворення, оскільки їх частинки є практично ізоморфними з продуктами новоутворень. Енергетично вигідним стає ріст кристалів новоутворень на ділянці з дислокаціями, що зумовлено появою додаткової поверхні для осадження продуктів гідратації [24].

Прискорення реакції гідратації цементу при введенні нанокремнезему спричинене високою питомою поверхнею частинок і їх реакційною здатністю [25]. Однак величина питомої поверхні частинок повинна бути оптимальною, бо її збільшення призводить до зростання водопотреби та прискорення термінів тужавіння. Дослідниками встановлено, що міцність цементного розчину при введенні нанокремнезему в кількості 5% призводить до збільшення міцності на 64% через 1 добу тверднення і на 35% через 28 діб порівняно з контрольними складами [26].

Концепція розроблення високофункціональних композитів різного функціонального призначення з регламентованими властивостями потребує системного дослідження цементної матриці в широкому діапазоні рецептурних рішень на всіх стадіях кристалізації та структуроутворення. Використання ультрадисперсних добавок, наночастинки які характеризуються високою некомпенсованою поверхневою енергією і здатні істотно змінювати фізико-хімічні взаємодії в

бетоні, відіграючи роль каталізаторів або центрів кристалізації залежно від хімічного складу поверхні і концентрації, дозволяє реалізувати нанотехнологічні підходи організації структури і формування властивостей шляхом безпосереднього синтезу нанооб'єктів в об'ємі твердіючої системи [27-28].

Основне завдання наномодифікування є управління процесом формування структури матеріалу від нанорівня до макроструктури бетонної суміші і кінетикою всього спектру хімічних реакцій, які супроводжують процес тверднення. Так, використовуючи нанодисперсні модифікатори, можна управляти кінетикою взаємодії між цементом і водою замішування і досягати максимальних позитивних ефектів на стадіях: розчинення цементних зерен, отримуючи задану реологію; колоїдації, забезпечуючи необхідну збереженість рухливості в часі; кристалізації, посилюючи гетерофазні межі контактних зон і, таким чином, підвищуючи міцність, водо- і морозостійкість бетону. Комплекс фізико-хімічних взаємодій в структурі цементного каменю на нанорівні створює можливість зміни реакцій гідратації, розкриваючи нові закономірності для розуміння природи гідратних фаз, а також розроблення високофункціональних бетонів, що забезпечує контрольоване і екологічно чисте виробництво бетонів.

Висновки

На підставі детального і всебічного аналізу наукових літературних джерел і патентних матеріалів вітчизняних та зарубіжних вчених, що присвячені розробленню модифікованих багатокомпонентних в'язучих та швидкотвердіючих будівельних композитів на їх основі, а також наномодифікуванню структури цементуючої матриці, можна зробити висновок щодо необхідності проектування наномодифікованих портландцементних композицій з високою ранньою та марочною міцністю, щільністю, деформативними властивостями, морозостійкістю. Це дозволить цілеспрямовано керувати технологічністю і кінетикою структуроутворення, інтенсифікувати початкові стадії тверднення та створити міцну і монолітну структуру бетону із високими реологічними та фізико-механічними властивостями, що визначають їх довговічність та широкий спектр галузей використання. Аналіз відомих закономірностей формування структури будівельних матеріалів дозволяє висунути гіпотезу про можливість розроблення швидкотвердіючих бетонів для конструкційних матеріалів з регламентованими будівельно-технічними властивостями завдяки цілеспрямованому керуванню та контролю процесами раннього структуроутворення і формування структури цементуючої матриці шляхом комплексного багаторівневого модифікування на мікро-, та наноструктурному рівнях органо-мінеральними добавками, які містять суперпластифікатори, ультрадисперсні мінеральні добавки та невеликі дози нанодисперсних матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Demchyna, B., L. Vozniuk, and M. Surmai. "Scientific foundations of solving engineering tasks and problems." (2021).
2. Стаднійчук, М. Ю. Перспективи будівництва в Україні автомобільних доріг із цементобетонним покриттям. ВНТУ, 2021.
3. Hnes, L., S. Kunytskyi, and S. Medvid. "Theoretical aspects of modern engineering." International Science Group: 356 p. (2020).
4. Сівак, Р. В. Використання безавтоклавного ніздрюватого бетону для влаштування автомобільних доріг. ВНТУ, 2021.
5. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021).
6. Boiko, T., et al. Theoretical foundations of engineering. Tasks and problems. Vol. 3. International Science Group, 2021.
7. Sokolovskaya, O. "Scientific foundations of modern engineering/Sokolovskaya O., Ovsianynkova L. Stetsiuk V., etc–International Science Group." Boston: Primedia eLaunch 528 (2020).
8. Lemeshev, M., D. Cherepakha. "Perspective uses of industrial waste in the production of building materials." Scientific foundations of modern engineering: 205–210. (2019).
9. Bereziuk, O. "Ukrainian prospects for landfill gas production at landfills." Theoretical aspects of modern engineering: 58-65. (2020).

10. Лемішко, К. К. Особливості використання техногенних відходів в промисловості будівельних матеріалів. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2019.
11. Лемешев, М. С., О. В. Христинч, and О. В. Березюк. "Дрібнозернистий бетон з модифікованим заповнювачем техногенного походження." *Materiały XI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa przestrzeń Europy–2015»*. Sp. z oo «Nauka i studia», 2015.
12. Sivak, R. Features of processing of technogenic industrial waste in the construction industry. ВНТУ, 2021.
13. Ковальський, В. П. "Использование минеральных заполнителей, наполнителей и микронаполнителей в сухих строительных смесях для поризованных растворов." *Technical research and development: collective monograph*. 8.9: 360–366. (2021).
14. Сердюк, В. Р. "Комплексне в'яжуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва." (2009).
15. Лемешев, М. С., О. В. Христинч, and О. В. Березюк. "Комплексна переробка техногенних відходів хімічної промисловості та металообробних виробництв." *Materiály XI Mezinárodní vědecko-praktická konference «Aktuální vymoženosti vědy–2015»*. Publishing House «Education and Science» sro, 2015., 2015.
16. Лемішко, К. К. "Використання промислових відходів енергетичної та хімічної галузі в технології виготовлення будівельних виробів." (2019).
17. Wójcik, Waldemar, and Małgorzata Pawłowska, eds. *Biomass as Raw Material for the Production of Biofuels and Chemicals*. Routledge, 2021
18. Сердюк, В. Р. "Золоцементне в'яжуче для виготовлення ніздрюватих бетонів." (2011).
19. Лемешев, М. С., М. Ю. Стаднийчук "Жаростойкое вяжущее на основе промышленных отходов." *Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций*: 168-171. (2019).
20. Лемешев, М. С., К. К. Сівак "Особливості використання промислових техногенних відходів в галузі будівельних матеріалів." *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві* 29.2 (2020): 24-34.
21. Химические и минеральные добавки в бетон / под ред. А. В. Ушерова- Маршака. – Харьков : Колорит, 2005. – 280 с.
22. Кондратьева Н. В. Нанотехнологии в производстве строительных материалов / Н.В. Кондратьева // *Будівництво України*. – 2012. – №6. – С. 2–9.
23. Ashani H. R. Role of Nanotechnology in Concrete a Cement Based Material: A Critical Review on Mechanical Properties and Environmental Impact / Ashani H. R., Parikh S. P., Markna J. H. // *International Journal of Nanoscience and Nanoengineering*. – 2015. – N. 2(5). – P. 32–35.
24. Korpa A. Hydration behaviour, structure and morphology of hydration phases in advanced cement-based systems containing micro and nanoscale pozzolanic additives / Korpa A., Kowald T., Trettin R. // *Cement and Concrete Research*. – 2008. – Vol. 38. – № 7. – P. 955–962.
25. Ковалёв, А. И. "Становление нанонауки отдельной отраслью знаний." *Вестник евразийской науки* 4 (17) (2013).
26. Effect of incorporation route on dispersion of mesoporous silica nanospheres in cement mortar / Horszczaruk E., Mijowska E., Cendrowski K. [et al.] // *Construction and Building Materials*. – 2014. – № 66. – P. 418-421.
27. Каприелов, С. С. "Модифицированные высокопрочные мелкозернистые бетоны с улучшенными деформационными характеристиками." *Бетон и железобетон* 2 (2006): 2-7.
28. Саницький, М. А., У. Д. Марущак "Наномодифіковані портландцементні композиції з високою міцністю у ранньому віці." *Строительные материалы и изделия* 1 (2016): 34-37.

Сівак Катерина Константинівна, аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Лемешев Михайло Степанович, к.т.н., доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.