

УДК 691.620.3

ПРОБЛЕМИ ДИСПЕРГАЦІЇ НАНОСИСТЕМ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Дерев'янюк В. М.¹, д. т. н., проф., Мороз В. Ю.¹, асп., Мороз Л. В.², к. т. н.,

¹ Державний вищий навчальний заклад

«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

² Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Можливість створення матеріалів з покращеними властивостями за рахунок модифікації останніх наночастинками вже не викликає жодних сумнівів. Зважаючи на те, що наночастинки додаються у надмірно малих кількостях, розмір очікуваного ефекту покращення фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів безпосередньо залежить від рівномірного їх розподілу в об'ємі матриці та механізму їх взаємодії з композиційними об'єктами до яких вони додаються. Серед проблем, що виникають при розподілі наночастинок в матеріалі та підлягають вирішенню можна виділити наступні:

1. Складність диспергації, внаслідок незначної кількості нанодобавок і процесу агломерації в рідкому середовищі.

2. Попередження процесу коагуляції частинок у диспергованій системі при зберіганні.

Аналіз існуючих публікацій. Дослідження впливу середовища на ступінь диспергації наночастинок [1–13] виявили, що ізольована система наночастинок є енергетичною системою особливого виду. Так автори [1] вважають, що агрегація наночастинок з утворенням агломератів викликана дисипацією енергії та має бути попереджена заздалегідь. Оскільки велика кількість наночастинок виготовляється у вигляді порошку, процес агломерації є невідворотнім. Рідкі дисперсії нанопродуктів можуть захищати частинки від агломерації. Бар'єр, що блокує зближення наночастинок може бути представлений поверхнево-активною речовиною або зарядженим електролітом.

Разом з тим завдання диспергації наночастинок може бути вирішено шляхом розмелювання, функціоналізації поверхні (наприклад кислотна обробка), а також використання поверхнево-активних агентів (розчини спирту – етилового, полівінілового, диметилформаміду, гумміарабіки) [2].

Спроби отримання наноструктурованого в'язучого шляхом розмелювання показали необхідність контролю великої кількості параметрів, які впливають на якість кінцевого продукту (дисперсність, рН середовища, температура тощо). Проміжний контроль характеристик потребує зупинки процесу розмелювання, що в свою чергу зменшує якість кінцевого продукту та підвищує його трудоемність [3].

Найпростішим дослідженням на ступінь диспергації є візуальний аналіз суспензії на предметному склі за допомогою оптичного мікроскопу, для виявлення видимих включень шляхом оцінки однорідності кольору без наявних домішок [4].

Серед найпоширеніших технологій диспергації розрізняють роторно-статорні змішувачі, поршньові гомогенізатори або методи мокрого розмелювання.

Однак найбільш ефективним слід вважати спосіб диспергації – обробка ультразвуком.

Основний матеріал. При ультразвуковому диспергуванні суспензій, дисперсність продукту збільшується на декілька порядків. Речовини, що знаходяться в нанорозмірному стані мають інші властивості за рахунок збільшення питомої поверхні, а також покращення хімічної та топохімічної активності. Ефективність модифікації нанодобавками залежить від однорідності розподілу в об'ємі [5]. Окрім ультразвукової обробки ступінь дисперсності покращують за рахунок інтенсивного перемішування, а також модифікації поверхні вуглецевих наночастинок фізико-хімічними методами. Дослідження [6]

показують, що для утворення стійкої дисперсної системи слід враховувати тип вуглецевих нанотрубок, а також в'язкість дисперсійного середовища.

Переваги ультразвукового розподілу наночастинок у водних розчинах відмічено у роботі [7]. Автори зазначають, що ультразвукова обробка за основу має явище кавітації, яке пришвидшує фізико-хімічні процеси у рідині. Поверхнево-активні речовини, які містять колоїдний розчин сприяють створенню однорідної суспензії та в подальшому відповідають за збереження постійного ступеня дисперсності системи. Серед факторів, що визначають ефективність застосування поверхнево-активних речовин є їх концентрація та час ультразвукової обробки розчину. Зміна цих параметрів може привести до нульового або навіть негативного результату дії поверхнево-активної речовини на систему. Оцінку розподілу наночастинок можна проводити за показником оптичної щільності, а також за допомогою мікроскопа – наявність частинок більше визначеного розміру. Дослідження параметрів ультразвуку для встановлення оптимальних режимів обробки забезпечує не тільки диспергування дисперсної фази, але і появу інших нелінійних ефектів взаємодії ультразвуку та рідини, наприклад дегазацію середовища носія, розігрів, молекулярні перетворення та інші [8]. Вплив поверхнево-активних речовин на стабілізацію системи «середовище носій – наночастинок» підкреслено і у роботі [9]. Результати оцінювання інтенсивності диспергації та стійкості системи спектрофотометричним методом демонструють суттєве підвищення якості диспергації та стабільності суспензії внаслідок додавання поверхнево-активних речовин. Зв'язок оптичної щільності суспензії, концентрації поверхнево-активної речовини та її ступеню оксиетилування дає змогу прогнозувати стійкість суспензії протягом певного часу. Автори також підкреслюють суттєві відмінності в розглянутих закономірностях при використанні вуглецевих нанотрубок та фулеренів.

Існує думка, що основним недоліком ультразвукової диспергації є велика енергоємність та мала виробнича потужність. Зважаючи на те, що ультразвукова диспергація являє собою найпоширеніший спосіб рівномірного розподілення наночастинок у рідині за присутності пластифікуючої добавки, з'являються нові методи кавітаційного диспергування. Одним з таких є спосіб отримання стабільних та однорідних суспензій за допомогою кавітаційного гідродинамічного обладнання. Розділення та диспергація агломерованих вуглецевих нанотрубок відбувається внаслідок зміни (збільшення та зменшення) швидкості потоку рідини та тиску у потоці, внаслідок обтікання потоком стрижнів, різноманітних звужень та розширень гідродинамічного диспергатора. Перевагами цієї технології є суттєве зниження енергозатрат та можливість обробки великих об'ємів рідини, що необхідні наприклад для наномодифікації бетону в умовах реального виробництва [11].

Відсутність якісного способу додавання наночастинок та рівномірного їх розподілу в суспензії чи матеріалі, а також забезпечення стійкості суспензії при зберіганні чи транспортуванні є нагальними питаннями використання наночастинок при отриманні будівельних матеріалів. Ці питання можуть бути причиною неоднорідності отриманих результатів при застосуванні нанотехнологічних рішень.

Висновки. Відповідно до розглянутого залишаються чітко не визначеними та такими, що потребують подальших досліджень, наступні категорії:

- вибір середовища для проведення диспергації наночастинок;
- вибір оптимальної технології диспергації частинок у середовищі носії;
- вибір засобів контролю рівномірності розподілу частинок у середовищі носії, а згодом і у матеріалі.

Список використаних джерел

1. Провоторов М. В., Трухина М. В. Бобылева О. Н. Концептуальные проблемы модифицирования материалов наноразмерными частицами. *Наука и современность*. 2011. С. 149–156.

2. Федосова Н. А. и др. Разработка дисперсионной среды на основе углеродных нанотрубок для армирования керамических материалов. *Успехи в химии и химической технологии*. 2012. Т. XXVI, № 1 (130). С.61–65.
3. Строкова В. В., Павленко Н. В., Мирошников Е. В. Комплексная система мониторинга и управления процессом получения наноструктурированного вяжущего. *Строительные материалы*. 2011. № 5. С. 54–56.
4. Федорова Г. Д. и др. Оценка полифункционального модификатора бетона ПФМ–НЛК в качестве сурфактанта при диспергации углеродных нанотрубок. *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 48–51.
5. Морозова Н. Н., Майсурадзе Н. В., Галиев И. И. Исследование влияния среды на степень диспергирования диоксида титана. *Вестник технологического университета*. 2017. № 6. Т. 20. С. 71–75.
6. Климов Е. С. и др. Дисперсные системы с многостенными углеродными нанотрубками. *Вестник ЮУрГУ*. 2018. № 2, т. 10. С. 5–14.
7. Толчков Ю. Н. и др. Влияние поверхностно-активных веществ на распределение углеродных наноматериалов в водных дисперсиях при наномодифицировании строительных композитов. *Химическая физика и мезоскопия*. 2017. № 2, т. 19. С. 292–298.
8. Королев Е. В., Кувшинова М. И. Параметры ультразвука для гомогенизации дисперсных систем с наноразмерными модификаторами. *Строительные материалы*. 2010. № 9. С. 85–88.
9. Гагауллин А. Р., Французова М. С., Богданова С. А., Галяметдинов Ю. Г. Диспергирование одностенных углеродных нанотрубок и фуллеренов C₆₀ в воде и водных растворах ПАВ. *Вестник Казанского технологического университета*. 2011. С. 54–57.
10. Александров Г. Н., Федорова Г. Д. Микроскопическое исследование дисперсии многослойных углеродных нанотрубок. *Строительные материалы*. 2014. № 1-2. С. 25–29.
11. Хузин А. Ф., Рахимов Р. З., Габидуллин М. Г. Диспергируемость глобул многослойных углеродных нанотрубок различных производителей. *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2015.
12. Федорова Г. Д., Александров Г. Н., Смагулова С. А. Исследование устойчивости водной суспензии оксида графена. *Строительные материалы*. 2015. № 2. С. 15–21.
13. Гусев Б. В., Петрушин С. Ю. Кавитационное диспергирование углеродных нанотрубок и модифицирование цементных систем. *Нанотехнологии в строительстве*. 2014. Т. 6, № 6. С. 50–57.