

ОСОБЛИВОСТІ ДИСПЕРСНОЇ СИСТЕМИ «ГІДРАВЛІЧНЕ В'ЯЖУЧЕ-КОМПЛЕКСНА ГІДРОФІЛЬНА ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНА РЕЧОВИНА»

Шишкін О. О.

ВСТУП

Відповідно до визначення¹, будівельні конструкції являють собою структурний елемент, що входить до системи складнішої конструкції, будівлі або споруди. Отже, будівельна конструкція, посилена бетонним або залізобетонним елементом, також є багатокомпонентною системою, елементами якої є: бетон посилення, конструкція, що посилюється, і межа розділу між ними. Бетон, призначений для посилення будівельної конструкції, згідно¹, також є поліструктурною системою «матриця – заповнювач – поверхня розділу між ними», в якій матрицею є цементний камінь. У той же час, цементний камінь є продуктом гідратації дисперсної системи «дисперсна фаза – дисперсійне середовище», в якій дисперсною фазою є частинки гідратаційного твердіння, що в'яже, а дисперсійним середовищем – вода або водні розчини хімічних речовин. Структура цементного каменю, згідно², визначається видом і вмістом гідратних з'єднань і не прореагували зерен, обсягом і розміром пор, у тому числі і технологічних тріщин³, що утворюються при гідратації вихідних частинок цементу, взаємним розташуванням всіх елементів структури.

Беручи до уваги багаторівневий характер організації структури бетону, як поліструктурної системи⁴, в дослідженнях розглядалися його властивості на різних структурних рівнях і вплив властивостей структурних рівнів на властивості бетону, як системи, в цілому, а також його властивостей на властивості багатокомпонентної системи «Бетон посилення – конструкція, що посилюється».

Основними методами управління міцністю та деформативністю цементного каменю є: зміна дисперсності частинок цементу та мінералогічного складу його дисперсної частини.

¹ Соломатов В. И., Выровой В. Н., Дорофеев В. С., Сиренко А. В. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости К. : Будивельник, 1991. 144 с.

² Кузнецова Т. В., Кудряшов И. В., Тимашев В. В. Физическая химия вяжущих материалов. М. : Высш.шк., 1989. 384 с.

³ Соломатов В. И., Выровой В. Н., Дорофеев В. С., Сиренко А. В. вказана праця.

⁴ Там само.

Відповідно до^{5,6}, дисперсність частинок в'язучої речовини значно впливає на його активність. Це можна пояснити, розглянувши зміни у структурі частинок цементу за його подрібненні.

Так, згідно з⁷, при подрібненні твердих речовин їх поверхні зазнають значних змін порівняно з поверхнями не зруйнованих матеріалів. При накопиченні внутрішньої енергії та деформацій напруги концентруються на місці будь-якого дефекту та можуть досягти місцевого перевищення межі міцності. Утворюється та розвивається тріщина, відбувається розподіл енергії деформацій, причому лише частина енергії перетворюється на енергію нових поверхонь. Тільки ця частина енергії є, на думку⁸ корисною, решта енергії розсіюється у вигляді тепла і витрачається на деформації стиснення. Однак Г. С. Ходаков⁹ показав, що в процесі руйнування тендітних твердих тіл істотну роль відіграють пластичні деформації. Роль пластичних деформацій у процесах подрібнення зростає під час переходу до тонкого подрібнення. Експерименти, проведені Г. С. Ходаковим, показали, що на частку пластичних деформацій припадає 50–80 % від усієї роботи руйнування, при цьому витрати енергії на створення нових поверхонь у 20 разів нижчі, ніж витрати енергії на пластичну деформацію. А за розрахунками, наведеними в роботі⁶, менше двох відсотків енергії, що витрачається на подрібнення, витрачається на розрив зв'язків у матеріалі, а інша енергія витрачається на аморфізацію матеріалу, що подрібнюється. Так, за даними¹⁰, сумарна енергія аморфізації та дефектів, що утворюються при подрібненні кварцу, оцінюється в 25–38 кДж/моль. Отже, внесок енергії аморфізації та дефектів структури в поверхневу енергію активованих механічним шляхом твердих тіл (у тому числі портландцементного клінкеру) може досягати 25–30 % від сумарної поверхневої енергії. Крім цього, при руйнуванні частинок виникає електричний заряд. Механізм емісії електронів при деструкції твердого тіла пов'язаний з переходом електронів на більш високі енергетичні рівні. Перехід цих електронів на стабільні рівні призводить до вивільнення енергії, яка витрачається на

⁵ Пашенко А. А., Сербин В. П., Старчевская Е. А. Вяжущие материалы М. : Высш. шк., 1975. 444 с.

⁶ Процессы и аппараты в технологии строительных материалов / рук. авт. кол. И. М. Борщ . Киев : Вища школа, 1981. 296 с.

⁷ Ходаков Г. С., Ребиндер П. А. О влиянии среды на аморфизацию кварца в процессе его механического диспергирования . Докл. АН СССР. 1960. Т. 131, № 6. С. 1316–1318.

⁸ Там само.

⁹ Там само.

¹⁰ Там само.

випромінювання та сприяє аморфізації поверхневого шару речовини. Отже (згідно^{11, 12}), пластична деформація призводить до того, що поверхня одержуваних частинок виявляється аморфізованою, тобто, при подрібненні, частинки твердої речовини виявляються покритими шаром аморфізованих аналогів їх кристалічних складових, відомим під назвою шару Бейлбі¹³, товщина якого становить 0,02–0,1 мкм, на металах, а кварц та клінкерні мінерали аморфізуються на глибину – 15–20 мкм (при сухому помелі) та 1,5–20 мкм (при мокрому помелі). Таким чином, пластичні деформації, аморфізуючи поверхню, змінюють її фізико-хімічні властивості, підвищуючи реакційну здатність, тому що, на думку різних авторів, аморфні речовини завжди гідралічно активніші, ніж їх кристалічні аналоги¹⁴. Таким чином, при подрібненні відбувається паралельно два процеси – збільшення реакційної здатності поверхні твердої фази будівельних конгломератів і зміна величини її поверхні. Протікання обох процесів формування властивостей поверхні твердої фази (величина та активність), для формування властивостей бетонів абсолютно необхідне і гальмування або зменшення одного з них, зрештою, призводить до зниження активності дисперсної фази. Це підтверджується висновками, що:

1. Швидкість гідратації дво- та трьох кальцієвих силікатів зростає, а енергія активації зменшується зі збільшенням часу подрібнення;

2. Активність в'язучих також зростає, причому швидше ніж дисперсність, що пояснюється підвищенням хімічної активності порошку за рахунок більш глибокого порушення структури його поверхні (аморфізації).

Відповідно до¹⁵, підвищення активності портландцементів можливе за рахунок збільшення деформацій решітки мінералів портландцементного клінкеру шляхом введення легуючих домішок.

На вплив ступеня деформування кристалічних ґрат мінералів цементу вказується і в роботі¹⁶, де підкреслено, що «...абсолютно безладна структура для цементів є ідеальною. І така структура для

¹¹ Процессы и аппараты в технологии строительных материалов / рук. авт. кол. И. М. Борщ. Киев : Вища школа, 1981. 296 с.

¹² Кузнецов А. М. Технология вяжущих веществ и изделий из них. М. : Высш. шк., 1963. 455 с.

¹³ Джейкок М., Парфит Дж., Химия поверхностей раздела фаз / пер. с англ. М. : Мир, 1984. 269 с.

¹⁴ Довговічність шлаколужного бетону / П. В. Кривенко, К. К. Пушкарьова. К. : Будівельник, 1993. 224 с.

¹⁵ Там само.

¹⁶ Кузнецов А. М. Технология вяжущих веществ и изделий из них. М. : Высш. шк., 1963. 455 с.

цементів є практично необхідною, оскільки у безладній структурі існує багато залишкових силових полів, які сприяють адгезії як полярні молекулярні сили».

Таким чином, зміною ступеня подрібнення частинок дисперсної фази в'язучої речовини можна керувати міцністю цементного каменю.

1. Теоретичне обґрунтування

Згідно^{17, 18, 19}, мінералогічний склад дисперсної частини в'язучої речовини також значно впливає на міцність цементного каменю. Встановлена відмінність у гідравлічній активності мінералів портланд-цементу²⁰ та доменних гранульованих шлаків залежно від їх основності²¹, що призводить до зміни складу продуктів гідратації в'язучої речовини передбачає можливість управління його активністю і міцністю цементного каменю, отриманого на його основі. Однак даний метод має технологічну обмеженість внаслідок необхідності проводити ці зміни на стадії виробництва цементу, а для шлаколузних в'язучих практично не застосовується, так як зміна основності та складу доменних шлаків пов'язана з необхідністю зміни технології виробництва чавуну.

Досить широко в даний час застосовується метод управління властивостями цементного каменю шляхом введення в дисперсну фазу мінеральних добавок. Відповідно до існуючої класифікації мінеральні добавки поділені на активні та неактивні. Основою поділу мінеральних добавок на активні та неактивні є їхня здатність пов'язувати оксиди кальцію²². Активні мінеральні добавки, при певних вмістах, не практично впливають на міцність одержуваного цементного каменю, але можуть сприяти деякому її збільшенню. Неактивні мінеральні добавки в більшості випадків використовують для економії в'язучої речовини і практично призводять до зниження міцності.

Досліджень у галузі визначення факторів, що впливають на деформативні властивості цементного каменю, за нашими даними

¹⁷ Байков А. А. Теория твердения цементных растворов : сб. науч. тр. М., Л. : Изд-во АН СССР, 1948. № 5. С. 153–159.

¹⁸ Бернал Д. Структура продуктов гидратации цемента. *III Международный конгресс по химии цемента* : Спб., М. : Госстройиздат, 1958. С. 28–34.

¹⁹ Горчаков Г. И. Строительные материалы. М. : Высш. шк., 1981. 411 с

²⁰ Бутт Ю. М. Тимашев В. В. Портландцемент. М. : Стройиздат, 1974. 298 с.

²¹ Глуховский В. Д., Кривенко П. В., Рунова Р. Ф. Физико-химические основы конденсации минеральных дисперсий. К. : О-во «Знание», 1983. 16 с.

²² Справочник по химии цемента / Бутт Ю. М., Волконский Б. В., Егоров Г. Б. и др. Под ред. Б. В. Волконского и Л. Г. Судакаса. Л. : Стройиздат, Ленинг. отд-ние, 1980. 224 с.

практично немає. Лише результати досліджень, наведені у роботах^{23, 24}, дозволяють зробити висновок про те, що введення до складу в'язких речовин мінеральних добавок сприятиме зниженню деформативності цементного каменю. Крім того, згідно²⁵, зниження усадки низькоосновних гідросилікатів кальцію спостерігається при впровадженні в їхню кристалічну решітку деяких іонів, наприклад іонів алюмінію, кальцію, натрію або груп SO_4^{2-} .

На підставі викладеного можна зробити висновок про те, що на деформативні властивості бетону та реологічні властивості бетонної суміші, як і на міцність бетону, визначальний вплив надають: властивості та вміст їх компонентів, а також ступінь взаємодії між ними. Створення надійних методів управління властивостями компонентів бетону та бетонної суміші, а також ступенем їх взаємодії дозволить отримати бетони, що володіють необхідними властивостями для посилення будівельних конструкцій.

Іншим шляхом підвищення щільності цементного каменю може бути визнаний метод зменшення кількості води, що випаровується в цементному камені і бетоні. Очевидно, що чим більше води при твердінні цементу зв'язуватиметься у стійкі, міцні мінерали, тим менше буде усадка цементного каменю і тим вище буде його щільність і, отже, його міцність. Це узгоджується з висновком, зробленим у роботі²⁶, про те, що як в'язкі для бетонів краще використовувати ті, твердіння яких супроводжується міцним стійким зв'язуванням максимальної кількості води при помірній контракції і, отже, значним зростанням об'єму твердої фази, що утворюється, порівняно з обсягом вихідної твердої фази. Це положення підтверджується даними, наведеними в роботі²⁷, що при перекладі алюмініатів в більш складні форми, наприклад сульфоалюмінати спостерігається значне зниження концентрації дефектів структури цементного каменю за рахунок виникнення ефекту мікроармування структури цементного каменю. Крім того, збільшення вмісту води в затверділому бетоні, за даними²⁸, призводить до збільшення пружності модуля бетону, тобто. зниження його

²³ Рамашчандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Физикохимическое бетоноведение : Пер. с англ. М. : Стройиздат, 1986. 278.

²⁴ Ахвердов И. Н. Основы физики бетона. М. : Стройиздат, 1981.-464с

²⁵ Довговічність шлаколузкого бетону / П.В. Кривенко, К. К. Пушкарьова. К. : Будівельник, 1993.-224 с.

²⁶ Десов А. Е. Некоторые вопросы структуры, прочности и деформации бетона. Структура, прочность и деформации бетонов. М. : Стройиздат, 1966. С. 4-59.

²⁷ Невилль А. М. Свойства бетона. М. : Стройиздат, 1972. 343 с.

²⁸ Рамашчандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Физикохимическое бетоноведение: Пер. с англ. М. : Стройиздат, 1986. 278.

деформативності під впливом експлуатаційних навантажень. Слід зазначити, що при твердінні портландцементу рідка фаза насичується іонами Ca^{+2} підвищуючи рН середовища. Це, згідно²⁹, сприяє утворенню кремне- та алюмокисневих аквакомплексів, які є основними структуроутворюючими мотивами низькоосновних гідросилікатів, які, згідно з³⁰, мають більш високу стійкість до дії агресивних середовищ. При цьому, згідно³¹, чим менше концентрація CaO в розчині цементу, що твердне, тим швидше гідроліз і гідратація C_3S і менше основність гідросилікатів, що утворюються.

Одними з найбільш відомих мінералів, що утворюються при твердінні портландцементних композицій, що містять значну кількість хімічно зв'язаної води, є гідросульфатомінерали кальцію, з яких найбільш відомі два гідросульфатомінерали $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot (31-32) \cdot H_2O$ і $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$. Перший (трисульфат) стійкий у водних розчинах Na_2SO_4 , $NaCl$, $CaCl_2$, тобто обумовлює корозійну стійкість системи в даних агресивних середовищах, а також пов'язує значну кількість води, підвищуючи густину цементного каменю та величину його початкового модуля пружності. Отже, забезпечення виникнення в продуктах гідратації дисперсної системи, що твердіє, значної кількості мінералів типу гідросульфатомінерали кальцію забезпечить підвищення її щільності і, як наслідок, міцності та корозійної стійкості, а також зниження її деформативності. Однак кількість цих мінералів у відомих дисперсних системах на основі портландцементу обмежена. Крім того, високосульфатна форма гідросульфатомінералу кальцію термодинамічно нестійка. Як показано в роботі³² з посиланням на дослідження Джонса, Калоузека, Гріна, П. П. Буднікова і В. С. Горшкова, після повного хімічного зв'язування гіпсу в умовах гідратації цементу з рідкої фази, що триває, кристалізуються кристали твердого розчину за складом, близьким до низькосульфатної форми гідросульфатомінералу кальцію. Це супроводжується виділенням води, що звільнилася, яка була хімічно пов'язана в первинному етtringіті, і тільки через кілька років твердіння бетону в його складі іноді знову фіксується вміст етtringіту (вторинного).

В даний час відома значна кількість в'язучих речовин, отримання яких засноване на різних принципах та вихідних компонентах. Однак

²⁹ Довговічність шлаколужного бетону / П.В.Кривенко, К.К.Пушкарьова. К.: Будівельник, 1993. 224 с.

³⁰ Пашенко А. А., Сербин В. П., Старчевская Е. А. Вяжущие материалы М.: Высш. шк., 1975. 444 с.

³¹ Там само.

³² Шейкин А. Е., Чехновский Ю. В., Бруссер М. И. Структура и свойства цементных бетонов. М.: Стройиздат, 1979. 344 с.

вибір матеріалу для ремонту будівельних конструкцій обмежується умовами його використання. Відомо, що при відновленні, посиленні та захисті залізобетонних конструкцій не допускається послідовне застосування бетонів та розчинів, приготованих на різних цементах. Отже, для ремонту конструкцій, виконаних з бетону на портландцементі та його різновидах, а також конструкцій, виконаних із силікатної цегли, слід обмежуватися застосуванням в'язучих речовин, основою яких є портландцемент, або портландцементний клінкер.

У той же час відомі шлаколузні в'язучі речовини, які мають цілу низку позитивних, з точки зору ремонту будівельних конструкцій, властивостей, таких як висока швидкість набору міцності та її кінцева величина, висока корозійна стійкість, морозостійкість і щільність, низька проникність^{33,34}. Найбільш ефективними, з цього погляду, є шлаколузні в'язучі речовини на основі рідкого скла³⁵. Це зумовлює інтерес застосування шлаколузних в'язучих речовин для ремонту будівельних конструкцій.

Викладене зумовило обмеження застосування у дослідженнях портландцементного клінкеру та шлаколузного в'язучого, лужним компонентом якого є рідке скло як основи для отримання спеціальних в'язучих речовин.

1.1. Дисперсна система «портландцементний клінкер – комплексна поверхнево-активна речовина»

У цій дисперсній системі відразу після її отримання починають відбуватися конденсаційні явища.

При цьому, в першу чергу, відбувається конденсація поверхнево-активних речовин (ПАВ) як найбільш активних речовин на поверхні дисперсної фази системи. Адсорбція дифільного лужного молекулярно-колоїдного ПАВ на поверхні трикальцієвого алюмінату та силікату, залежно від його концентрації в системі, може проходити за трьома схемами (рис. 2.1.а...2.1.в).

³³ Глуховский В. Д., Пахомов В. А. Шлакощелочные цементы и бетоны. Киев : Будівельник, 1978. 183 с.

³⁴ Shishkin A., Shishkina A., Vatin N. Low-shrinkage alcohol cement concrete. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 633–634 (2014). Pp. 917–921.

³⁵ Shishkina A., Shishkin A.. Study of the effect of micellar catalysis on the strength of alkaline reactive powder concrete. *EEJET*. 2018.3/6(93). P. 46–51.

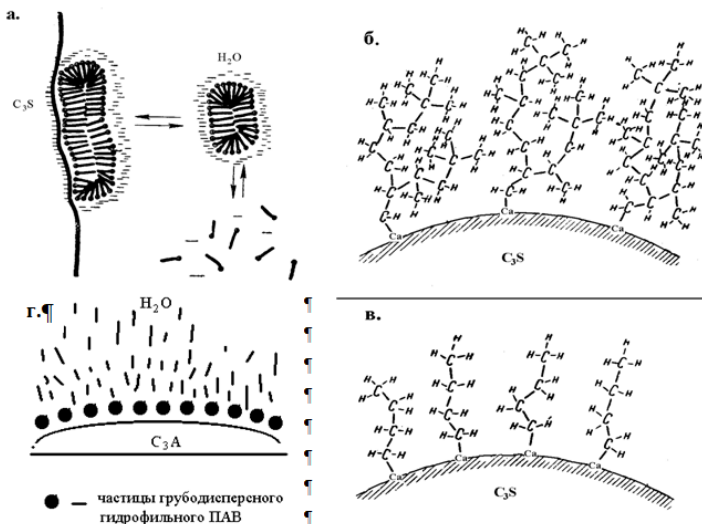


Рис. 1. Схеми адсорбції дифільної лужної молекулярно-колоїдного та гідрофільної грубодисперсної ПАВ на поверхні трикальцієвого силікату та алюмінату:

а – при концентрації дифільної лужної молекулярно-колоїдної ПАВ вище порога міцелоутворення; б – при концентрації дифільної лужної молекулярно-колоїдної ПАВ, що забезпечує повне покриття поверхні трикальцієвого силікату; в – при не повному покритті поверхні трикальцієвого силікату дифільною лужною молекулярно-колоїдною ПАВ, г – гідрофільної грубодисперсної ПАВ на поверхні трикальцієвого алюмінату

Вочевидь, що характеристикою змісту ПАВ цього виду не лише їх концентрація у системі, а й їх молекул (частинок). Так, для дифільної молекулярно-колоїдної ПАВ, що містить короткі вуглеводневі радикали, при певній його концентрації, кількість його молекул буде значно і, з найбільшою ймовірністю, на поверхні трикальцієвого силікату адсорбуватимуться його міцели (рис. 1.а) і поверхня трикальцієвого силікату буде гідрофілізована або ця поверхня буде повністю покрита молекулами ПАВ і буде гідрофобізована. В обох випадках відбувається гальмування гідратації трикальцієвого силікату.

Зі збільшенням довжини вуглеводневих ланцюгів ПАВ, при його постійній концентрації по масі, буде зменшуватися кількість молекул ПАВ в системі, що забезпечить зменшення їх кількості, адсорбованої на поверхні трикальцієвого силікату, яка буде або гідрофобізована

повністю і буде гальмуватися гідратація трикальцієвого силікату, або гідрофобізована на окремих ділянках та гальмування гідратації відбуватися не значно, або її гальмування взагалі не буде (рис. 1.в).

Таким чином, збільшення довжини вуглеводневих радикалів дифільної молекулярно-колоїдної ПАР та зменшення її концентрації забезпечує перебіг процесів гідратації трикальцієвого силікату. Крім цього, підвищується міцність продуктів його гідратації за рахунок зменшення кількості води біля його поверхні, внаслідок часткової її гідрофобізації, наявність вуглеводневих радикалів, що міцно утримуються поверхнею трикальцієвого силікату і виконують роль мікроанкерів, також забезпечує підвищення міцності системи.

Наявність в даній дисперсній системі гідрофільної грубодисперсної ПАР, частинки якої не покривають поверхню трикальцієвого алюмінату і силікату суцільним шаром, завжди забезпечує доступ води до поверхні цих мінералів між частинками гідрофільної грубодисперсної ПАР і, отже, не перешкоджає їхній гідратації.

В основу запропонованого механізму процесів структуроутворення в дисперсній системі «портландцементний клінкер – комплексна ПАР» покладено відомі механізми формування поверхні дисперсних систем³⁶, структуроутворення портландцементних композицій^{37, 38, 39}, структуроутворення систем «портландцемент – наповнювач»⁴⁰, а також структуроутворення системи $Me_2O-MeO-Me_2O_3-SiO_2-H_2O$ ⁴¹. Відповідно до яких процеси структуроутворення в аналізованій системі можна представити як комплекс перетворень дисперсної фази та дисперсійного середовища, що включають деструктивні зміни на поверхні та в обсязі частинок дисперсної фази при її отриманні, деструкцію частинок дисперсної фази під дією дисперсійного середовища, хімічну взаємодію між дисперсною фазою та дисперсійним середовищем, розвиток кристалізаційної структури гідратних новоутворень

На першій стадії, при освіті дисперсної системи «портландцемент – комплексне ПАР», в ній починають відбуватися адсорбційні процеси, що відрізняються від цих процесів у присутності лише одного з видів

³⁶ Джейкок М., Парфит Дж., Химия поверхностей раздела фаз. Пер. с англ. М.: Мир, 1984. 269 с.

³⁷ Ахвердов И. Н. Основы физики бетона. М.: Стройиздат, 1981. 464 с.

³⁸ Бесклинкерные шлаковые вяжущие / А. А. Шишкин, Ю. А. Волонцевич Реф. сборник Минтяжстроя Украины, сер.4, вып. 26. 1984. С. 3–5.

³⁹ Бутт Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высш. шк., 1980. 471 с.

⁴⁰ Сторк Ю. Теория состава бетонной смеси. Л.: Стройиздат, 1971. 236 с.

⁴¹ Специальные шлакощелочные цементы / П.В. Кривенко. К.: Будівельник, 1992. 192 с.

ПАВ, що розглядаються. В даному випадку на частинках трикальцієвого алюмінату, як, згідно⁴², більш поверхнево активної речовини, адсорбуватимуться частинки гідрофільної грубодисперсної ПАВ, а вже на їх поверхні молекули дифільної лужної молекулярно-колоїдної ПАВ (рис. 2).



Рис. 2. Схема адсорбції на поверхні трикальцієвого алюмінату компонентів комплексного ПАВ

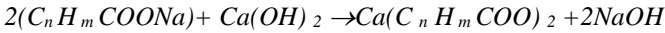
Отже, частинки портландцементного клінкеру, що складаються з трикальцієвого алюмінату або ділянки поверхні частинок портландцементного клінкеру, що містять трикальцієвий алюмінат, будуть блоковані подвійним шаром ПАВ. При цьому повністю гальмується його гідратація, а гідратація трикальцієвого силікату відбуватиметься практично безперешкодно.

Характерною особливістю умов структуроутворення дисперсної системи, що розглядається, полягає в тому, що в ній, як і у в'язучих, на основі низькоосновних мінеральних систем, лужність середовища проявляється відразу, а не з часом. При вплив гідрофільного залізовмісного грубодисперсного ПАВ на воду активізується роль іонів OH^- , які (за даними⁴³) впливають на поляризацію зв'язку $Ca-O$ в угрупованні $Si-O-Ca-O-Si$, це значно полегшує її розрив і перехід у розчин іонів Ca^{2+} та SiO_4^{4-} та $Al(OH)^{2-}$.

⁴² Рамашчандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение. Пер. с англ. М.: Стройиздат, 1986. 278.

⁴³ Кузнецова Т. В., Кудряшов И. В., Тимашев В. В. Физическая химия вяжущих материалов. М.: Высш. шк., 1989. 384 с.

Оксид кальцію, що виділився в результаті гідратації трикальцієвого силікату портландцементного клінкеру, модифікує оболонку з комплексного ПАР, що покриває трикальцієвий алюмінат, вступаючи в реакцію з дифільною лужною молекулярно-колоїдною ПАР (рис. 3), за реакцією:



із заснуванням кальцієвих солей вищих жирних кислот. Якщо в системі присутні карбонатні, силікатні, сульфатні комплекси або іони хлору, у ній утворюються за участю гідрофільного грубодисперсного ПАР на основі заліза гідрокарбоферити кальцію (гідросилікати заліза) – багатоводні стійкі мінерали, що містять значну кількість зв'язаної води.

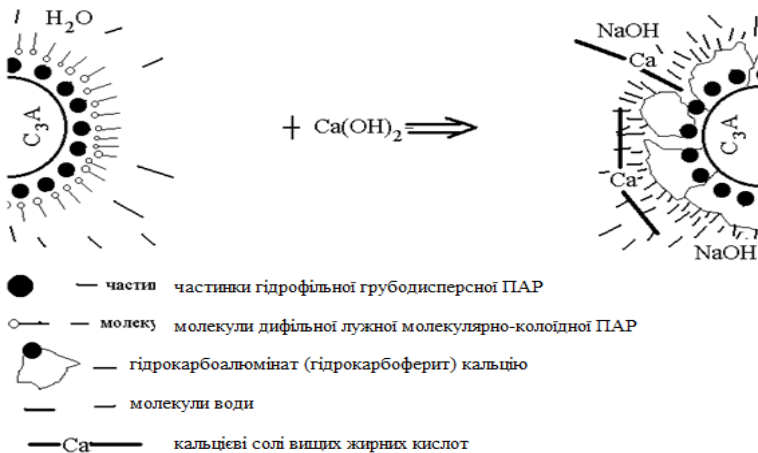
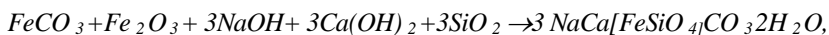
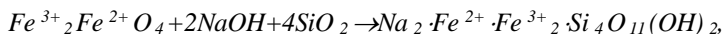
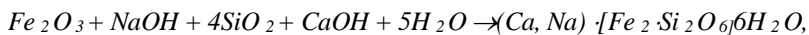


Рис. 3. Схема модифікації оболонки з комплексної ПАР на поверхні трикальцієвого алюмінату в процесі гідратації в'язучої речовини

Виділився, в результаті даної реакції, гідроксид натрію, який (згідно⁴⁴) обумовлює розрив ковалентних зв'язків $Si-O-Si$, $Me^{3+}-O-Me^{3+}$, $Si-O-Me^{3+}$ з паралельним процесом протонізації іонних $Me^{2+}-O$, вступає у взаємодію із залізистими компонентами гідрофільної грубодисперсної ПАР та гідросилікатами кальцію – продуктами гідратації трикальцієвого силікату, за реакціями:

⁴⁴ Кривенко П. В. Специальные шлакощелочные цементы К.: Будівельник, 1992. 192 с.



Отже, у разі, при гідратації дисперсної системи «портландцементний клінкер – комплексна ПАР» відбувається зв'язування вільних іонів кальцію і натрію в малорозчинні сполуки цеолітової групи.

Таким чином, на підставі викладеного можна зробити висновок, що механізм структуроутворення дисперсної системи «портландцементний клінкер – комплексна ПАР» на відміну від механізму структуроутворення портландцементу має свої особливості.

У початковий період після створення дисперсної системи «портландцементний клінкер – комплексна ПАР» відбувається блокування останнім трикальцієвого алюмінату, що гальмує його гідратацію. Гідратація трикальцієвого силікату або взагалі не гальмується, або гальмується незначно залишками дифільної лужної молекулярно-колоїдної ПАР. Іони лужного металу, що вносяться в систему дифільним лужним молекулярно-колоїдним ПАР, на ранніх стадіях гідратації каталізують розрив ковалентних зв'язків *Si-O-Si*, *Al-O-Al*, *Al-O-Si* активізуючи гідратацію трикальцієвого силікату, а на пізніших – нарівні з оксидами кальцію беруть участь в утворенні конденсаційно-кристалізаційної структури з утворенням лужно-лужноземельних гідросилікатів. Присутність гідрофільної грубо-дисперсної ПАР обумовлює утворення багатоводних мінералів волокнистої структури, які спільно з утворюються кальцієвими солями органічної кислоти, що володіють довгими радикалами, сприяють самоармування системи (рис. 3).

Отже, комплексне ПАР на основі гідрофільної грубодисперсної ПАР та дифільної лужної молекулярно-колоїдної ПАР забезпечує модифікацію структури дисперсної системи «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР», що призводить до підвищення її міцності, за рахунок утворення стійких багатоводних комплексних сполук на основі заліза – продуктів взаємодії гідрогрубодисперсної ПАР та трикальцієвого алюмінату, та мікроармування системи довголанцюговими вуглеводневими радикалами нерозчинних кальцієвих солей – продуктами взаємодії оксиду кальцію та дифільної лужної молекулярно-колоїдної ПАР. При цьому гальмування гідратації трикальцієвого силікату практично не відбувається.

1.2. Дисперсна система «шлаколужне в'язуче – комплексна поверхнево-активна речовина»

У дисперсних системах на основі шлаколужного в'язучого спочатку утворюються оболонки комплексної ПАР на частинках доменного гранульованого шлаку, гальмуючи реакції гідратації. Однак, присутній в даній системі луг, насичує її іонами натрію, які досить швидко руйнують оболонку, що екранує, комплексної ПАР на поверхні частинок доменного гранульованого шлаку, забезпечуючи протікання процесів гідратації. Деяке гальмування процесів гідратації даної дисперсної системи, з урахуванням високої швидкості гідратації шлаколужних в'язучих, лише підвищить технологічність цієї системи.

Розглядаючи бетон як дисперсну систему, що складається з матриці – цементного каменю та включень – наповнювача встановлено, що міцність контактного шару «цементний камінь – наповнювач» забезпечує значну частину міцності бетону.

Наповнювачі, що застосовуються для отримання в'язучих, відрізняються за своїм мінеральним складом і, як наслідок властивостями по відношенню до в'язучого. Загальним практично для всіх наповнювачів є наявність на їх поверхні ковалентних зв'язків $Si-O-Si$, $Me-O-Me$ і $Si-O-Me$, а також карбонатів кальцію (у вапняних наповнювачів).

Внесені до дисперсної системи дифільною молекулярно-колоїдною ПАР іони натрію деструктивно впливають на кремнезем наповнювача, активізуючи його поверхню (рис. 4). В результаті цього поверхня кварцу виявляється покритою вуглеводневими радикалами, які виконують роль мікроанкерів і активними центрами, що містять іони натрію, збільшуючи міцність контактного шару «цементний камінь – наповнювач».

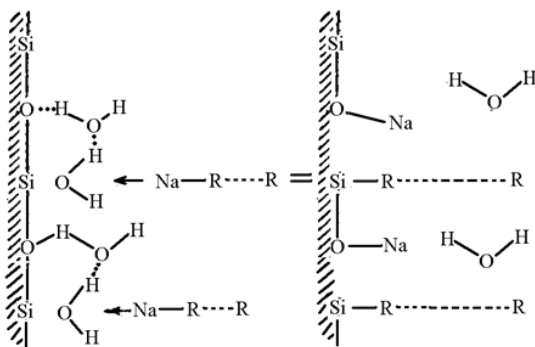


Рис. 4. Схема хемосорбції дифільної молекулярно-колоїдної ПАР на поверхні кварцу $Na-R \dots\dots R$ – дифільна лужна молекулярно-колоїдна ПАР; $R \dots\dots R$ – вуглеводневий радикал дифільної лужної молекулярно-колоїдної ПАР

На активних центрах, що містять іони натрію, конденсуються шляхом хемосорбції гідросилкати кальцію – продукти гідратації мінералів портландцементного клінкеру (рис. 5), тобто. відбувається їх зрощування із заповнювачем.

На ділянках заповнювача, що містять оксиди заліза або карбонат кальцію, відбувається адсорбція трикальцієвого алюмінату портландцементу, що зумовлює утворення комплексних сполук, що містять значну кількість зв'язаної води (рис. 6).

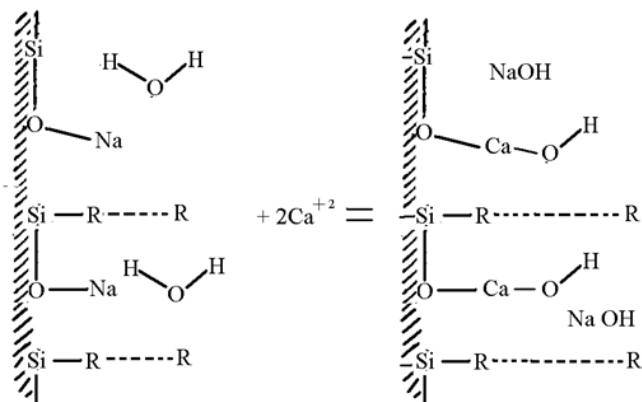


Рис. 5. Схема адсорбції продуктів гідратації мінералів портландцементного клінкеру на поверхні кварцу в присутності дифільної молекулярно-колоїдної ПАР $Na-R \dots\dots R$ – дифільна лужна молекулярно-колоїдна ПАР; $R \dots\dots R$ – вуглеводневий радикал дифільної лужної молекулярно-колоїдної ПАР.

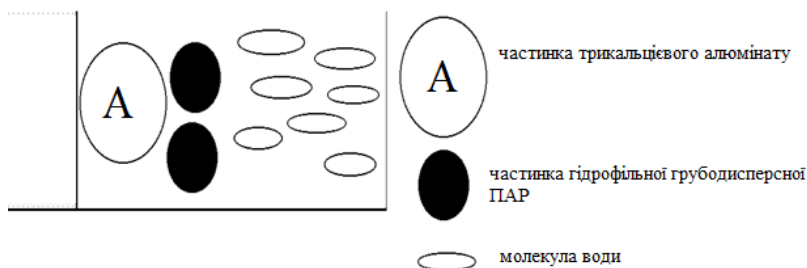


Рис. 6. Схема адсорбції на поверхні заповнювача трикальцієвого алюмінату

Ці процеси зумовлюють підвищення міцності контактного шару «цементний камінь – наповнювач», що призведе до підвищення міцності цементного каменю.

В основу пропонованого механізму процесів формування контактної зони матеріалів будівельних конструкцій з дисперсною системою «портландцементний клінкер – комплексна ПАР» покладено відомі механізми формування поверхні дисперсних систем⁴⁵, колоїдної хімії кремнезему та силікатів⁴⁶, хімії поверхонь розділу фаз⁴⁷ та фізичної хімії в'язучих матеріалів та дисперсних систем^{48, 49}. Відповідно до цих положень, процеси формування контактної зони можна представити як комплекс адсорбційно-адгезійних процесів, що включають деструктивні зміни на поверхні та в обсязі частинок, розташованих на поверхні матеріалу будівельної конструкції, фізичні та хімічні взаємодії між спеціальним цементом та матеріалом будівельної конструкції, розвиток кристалізаційної структури гідратних новоутворень у зоні контакту.

З моменту дотику поверхні будівельної конструкції із спеціальним цементним тістом на ній починають адсорбуватися компоненти спеціального цементу тесту. Так як зростанню адсорбційної здатності іони (відповідно⁵⁰) розташовуються в ряди $Na^+ < Ca^{2+} < Al^{3+}, Fe^{-3+}$, отже, можна припустити, що на поверхні матеріалу будівельної конструкції (основі) в першу чергу адсорбуватимуться іони багатовалентних металів алюмінію, заліза та кальцію. Проте, оскільки іони алюмінію і заліза, що у складі спеціального цементу гідролізуються досить повільно, очевидно, що спочатку адсорбуватися можуть лише іони кальцію. Прийнятні в дослідженнях матеріали будівельних конструкцій (портландцементний бетон, силікатна цегла та сталь) відрізняються за своїм хімічним складом. Тому процеси формування

⁴⁵ Ребиндер П. А. Физико-химические основы современных методов закрепления грунтов. Поверхностные явления в дисперсных системах. Современные проблемы коллоидной химии. М. : Наука, 1979. С. 359–370.

⁴⁶ Айлер Р. К. Коллоидная химия кремнезема и силикатов. М. : Госстройиздат, 1959. 288 с.

⁴⁷ Джейкок М., Парфит Дж., Химия поверхностей раздела фаз: Пер. с англ. М. : Мир, 1984. 269 с.

⁴⁸ Кузнецова Т. В., Совков С. П., Добронравов Л. А. Роль кристаллизационных компонентов в катализе поликонденсационных процессов при твердении цементов. Гидратация и структурообразование цементов, полученных на основе отходов промышленности. Чимкент, 1983. С. 19–25.

⁴⁹ Куколев Г. В. Химия кремния и физическая химия силикатов. М. : Высш. шк., 1968. 194 с.

⁵⁰ Кузнецова Т. В., Кудряшов И. В., Тимашев В. В. Физическая химия вязущих материалов. М. : Высш. шк., 1989. 384 с.

контактної зони між ними та спеціальним цементом, очевидно, відрізнятимуться.

1.3. Особливості формування контактної зони між дисперсною системою «гідралічне в'язуче – комплексна поверхнево-активна речовина» і поверхнею будівельної конструкції, що містить гідросилікати кальцію

Відмінною особливістю поверхні цементного бетону та силікатної цегли є наявність на ній значної кількості гідросилікатів кальцію, тобто ця поверхня гідратована. Адсорбція ж іонів кальцію на гідратовану поверхню утруднена, що негативно позначиться на міцності контакту дисперсної системи «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР» та поверхні будівельної конструкції такого типу.

Іони натрію, присутні в дисперсній системі «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР», зумовлюють у первинних актах зниження ступеня адсорбції іонів кальцію на поверхні основи, проте призводять до розриву ковалентних зв'язків на її поверхні. У цьому випадку допускається утворення складних комплексів, що містять натрій, і кремнегелю (рис. 7).

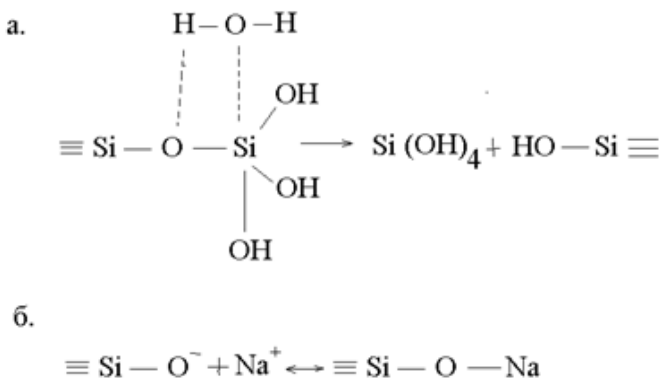


Рис. 7. Схема деструктивних процесів на поверхні основи:
а – гідролізні процеси; б – лужні процеси

Потім адсорбовані на поверхні основи іони натрію стехіометрично заміщуються на іони заліза, що утворюються внаслідок гідролізу заліза – компонента комплексної ПАР.

Аніони органічної, зокрема жирної, кислоти, що входять до складу дифільної лужної молекулярно-колоїдної ПАР – компонента дисперс-

ної системи «гідралічне в'язуче – комплексне ПАР», (згідно⁵¹) адсорбуються на кварці, забезпечуючи насамперед адсорбцію багатовалентних металів, зокрема, заліза (рис. 8), залишаючи таким чином поверхню основи зарядженої негативно.

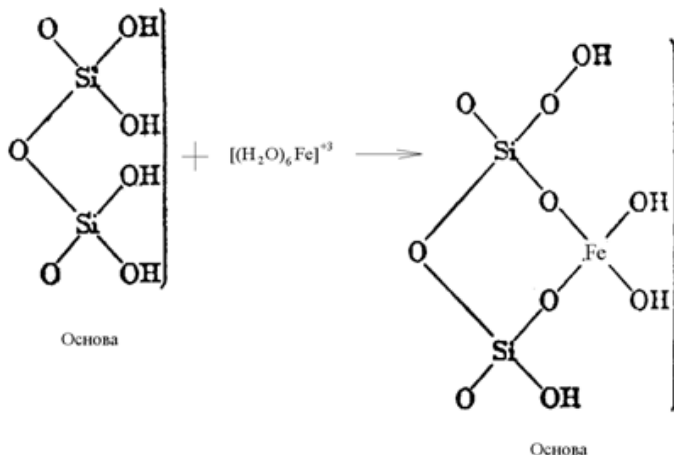


Рис. 8. Схема адсорбції іонів заліза на бетонній поверхні

Одночасно з цими процесами відбуваються іонообмінні реакції між силікатами кальцію, що знаходяться на поверхні основи та дифільною лужною молекулярно-колоїдною ПАР – компонентом дисперсної системи «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР». При цьому аніони органічної кислоти виявляються «щепленими» до основи (рис. 9), виконуючи роль мікроанкерів та сприяючи підвищенню адгезії даної системи з основою. Надалі відбувається добудова кристалічних ґрат, отриманих на поверхні основи, утворень за рахунок адсорбції компонентів дисперсної системи «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР», що триває. Це призводить до збільшення міжфазної взаємодії та більш тісного контакту між взаємодіючими молекулами.

На підставі викладеного можна визначити, що механізм процесів формування контактної зони між матеріалами будівельних конструкцій (основою), представлених, в основному, гідросилікатами кальцію, та дисперсної системи «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР» на відміну від механізму процесів формування контактної зони між такою основою та портландцементним бетоном, у тому числі і на

⁵¹ Айлер Р. К. Коллоидная химия кремнезема и силикатов. М. : Госстройиздат, 1959. 288 с.

активованому в'язучому, має свої особливості, обумовлені складом цієї дисперсної системи.

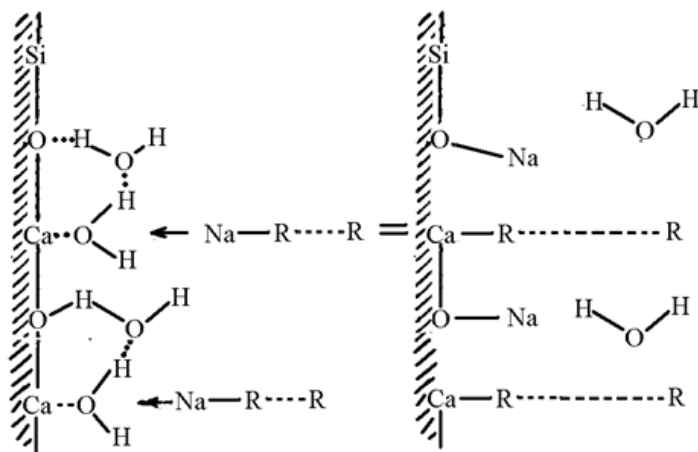


Рис. 9 – Схема адсорбції аніонів органічної кислоти на поверхні основи: $Na-R \dots\dots R$ – дифільна лужна молекулярно-колоїдна ПАР; $R \dots\dots R$ – вуглеводневий радикал дифільної лужної молекулярно-колоїдної ПАР

У початковій стадії під дією іонів натрію відбувається деструкція поверхні основи за рахунок розриву зв'язків у продуктах гідратації цементу та наповнювачів основи. Це сприяє збільшенню ступеня адсорбції на поверхні основи компонентів дисперсної системи «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР» і, як наслідок, збільшення міцності контактного шару. Утворення мікроанкерів у контактній зоні у вигляді аніонів органічної кислоти, що утворюються за рахунок взаємодії лужної молекулярно-колоїдної ПАР з гідросилікатами кальцію основи, також забезпечує підвищену міцність контактного шару. Утворення в контактному шарі залізозмісних мінералів цеолітової групи, що мають міцну і правильну структуру, що не піддаються руйнуванню при висушуванні на повітрі, зумовлює підвищену стійкість контактного шару.

1.4. Формування контактної зони між дисперсною системою «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР» та поверхнею будівельної конструкції виконаної з металу

У даному випадку формування контактної зони здійснюється за рахунок підвищеної адсорбції компонентів дисперсної системи «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР» на оксидах заліза, якими

покрита ця поверхня. В даному випадку під дією іонів лужного металу відбувається перехід двовалентного заліза в тривалентне, що сприяє насичення поверхні основи гідрофільними грубодисперсними ПАР, якими є оксиди тривалентного заліза. Ці оксиди виконують роль активних центрів адсорбції, на яких, у процесі гідратації дисперсної системи «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР», формуються залізомісткі мінерали цеолітової групи, що і забезпечує високу міцність і стійкість контактного шару.

2. Експериментальне підтвердження теоретичних положень

Достовірність теоретичного представлення особливостей механізму дії комплексної поверхнево-активної речовини на поверхні розділу між компонентами системи «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР – наповнювач» може бути підтверджена лише експериментальними даними. Тому в цій групі досліджень, з урахуванням визначення структури цементного каменю і бетону вивчалися: кількість зв'язаної води в продуктах гідратації даної системи, вид і вміст цих продуктів, а також проникність цементного каменю; зручність укладання бетонної суміші, міцність і деформативність бетону, як поліструктурної системи «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР – наповнювач», залежно від вмісту компонентів у системі на кожному її структурному рівні.

Для отримання шлаколужних в'язучих використовували доменний гранульований шлак з модулем основності 1,06 Криворізького гірничо-металургійного комбінату «Міталстіл» та рідке натрієве скло з силікатним модулем 1,5, щільністю 1200 кг/м².

Для отримання комплексної поверхнево-активної речовини (ПАР), як гідрофільні грубодисперсні ПАР, з метою визначення найбільш ефективного, були використані: оксид і карбонат заліза, а також їх суміші, названі комплексним залізо-карбонатним продуктом (КЖКП). Як дифільні молекулярно-колоїдні ПАР застосовані: олеат натрію, ЛСТ і натрієва сіль карбоксилметилцелюлози.

2.1. Структура дисперсної системи «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР»

У цій групі експериментів досліджено кількість зв'язаної води та вид гідратних утворень у дисперсній системі «портландцементний клінкер – комплексна ПАР», а також кількість негідратованих частинок доменного гранульованого шлаку в дисперсній системі «шлаколужне в'язуче – комплексна ПАР» залежно від виду та вмісту компонентів комплексного ПАР у цих системах.

Вибір методів визначення ступеня гідратації цементів обумовлений такими положеннями. Гідратація в'язучого супроводжується

зменшенням кількості вихідних мінералів і розмірів частинок цих цементів, збільшенням кількості води, зв'язаної новоутвореннями і тепловиділенням.

Метод визначення ступеня гідратації за кількістю зв'язаної води обраний у зв'язку з тим, що він дозволяє не тільки простежити ступінь гідратації кожного мінералу портландцементу, а й фіксувати зміну кількості хімічно зв'язаної води, залежно від складу комплексної ПАР. Так як цей метод неможливо застосувати для визначення ступеня гідратації шлаколуужних в'язучих, в даному випадку застосований метод визначення ступеня гідратації зміни розмірів частинок дисперсної фази вихідного в'язучого – в даному випадку частинок гранульованого шлаку доменного.

Аналіз результатів досліджень (рис. 3.3...3.6) показав, що у продуктах гідратації дисперсної системи «портландцементний клінкер – гідрофільна грубодисперсна ПАР» незалежно від виду цього ПАР міститься підвищена кількість води, пов'язаної продуктами гідратації трикальцієвого та двокальцієвого силікатів, що свідчить про збільшення ступеня їх гідратації у віці 28 діб за нормальних умов твердіння. У той же час, в досліджуваній системі, кількість хімічно зв'язаної води комплексом «трикальцієвий алюмінат – гідрофільна грубодисперсна ПАР» і чотирикальцієвим алюмоферит зменшується.

Таблиця 1

Кількість хімічно зв'язаної води у продуктах гідратації дисперсної системи «портландцементний клінкер – КЗКП»

Найменування заводу	Зміст мінералів, %				Зміст КЗКП у системі, %	Кількість хімічно зв'язаної води, %
	C_3S	C_2S	C_4AF	C_3A		
Амвросіївський 1	48,4	17,2	8,96	3,3	20	19,59
Кам'янець-Подільський	46,08	14,72	9,92	7,0	20	18,39
Воскресенський	43,76	20,96	8,24	4,3	20	19,76
Амвросіївський 2	46,72	11,68	12,96	6,2	20	16,02
Криворізький	38,64	20,64	9,71	6,65	20	17,95

Примітки:

- 1) КЗКП – відходи гірничо-збагачувального комбінату;
- 2) Твердіння 28 діб. у нормальних умовах;

Введення в дисперсну систему «портландцементний клінкер – гідрофільна грубодисперсна ПАР» лужної молекулярно-колоїдної ПАР

(олеата натрію) в умовах експерименту призводить до зниження кількості зв'язаної води трикальцієвим силікатом у початкові терміни твердіння (рис. 10), практично не впливаючи на кількість хімічно трикальцієвий алюмінат.

Це, очевидно, як показано вище, пов'язане з утворенням на поверхні трикальцієвого силікату гідрофобної оболонки з олеату кальцію – гідрофобного ПАР, що перешкоджає проникненню до нього води. Однак, до віку 28 діб кількість зв'язаної води трикальцієвого силікату в присутності молекулярно-колоїдної ПАР вище кількості пов'язаної ним води без цієї ПАР. Отже, молекулярно-колоїдна ПАР гальмує гідратацію трикальцієвого силікату лише у початкові терміни твердіння.

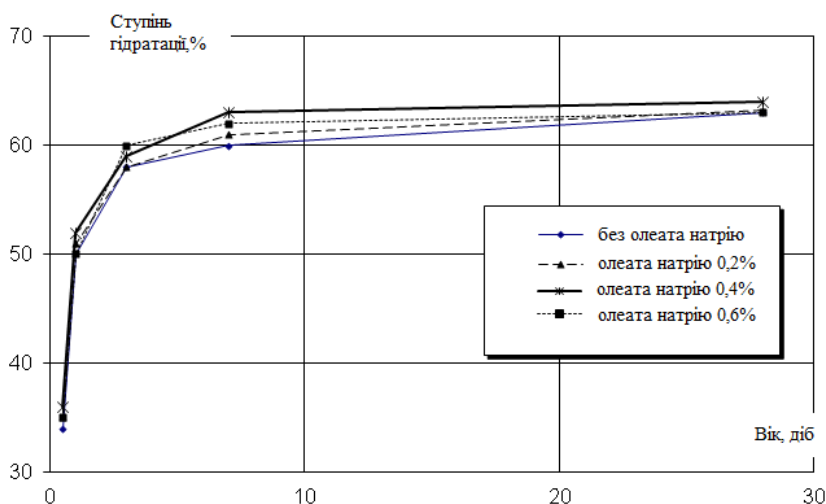


Рис. 10. Вплив молекулярно-колоїдної ПАР на кількість зв'язаної води мінералами портландцементного клінкеру при гідратації дисперсної системи «портландцементний клінкер – комплексна ПАР»: С3S – трикальцієвим силікатом без ПАР; С3Sд – трикальцієвим силікатом у присутності комплексної ПАР; С3А – трикальцієвий алюмінат без ПАР; С3А – трикальцієвий алюмінат у присутності комплексної ПАР

(Вміст грубодисперсної частини комплексної ПАР – 20 % кількості дисперсної частини системи)

Таким чином, комплексна ПАР збільшує вміст новоутворень, що містять велику кількість зв'язаної води при гідратації дисперсної

системи «гідралічне в'язуче – комплексна ПАР», про що свідчить збільшення зв'язаної води продукти гідратації мінералів портландцементного клінкеру та зменшення розміру зерен доменного гранульованого шлаку в шлаколужному в'язучому. При цьому грубодисперсна складова цієї ПАР збільшує швидкість утворення нових речовин у будь-якому віці, а молекулярно-колоїдна дещо гальмує її в початкові терміни (до 3 діб), а потім також сприяє прискоренню гідратації. У шлаколужному в'язучому комплексна ПАР забезпечує підвищення швидкості гідратації в будь-якому віці. Найбільша кількість зв'язаної води утворюється при використанні в якості грубодисперсної складової комплексної ПАР суміші оксиду і карбонату заліза при їх співвідношенні 1:1 (відходи гірничозбагачувальних комбінатів) та її вміст у дисперсній системі в кількості 20 % від її дисперсної частини та вміст молекулярно-колоїдної складової комплексної ПАР – олеату натрію, у кількості 0,4 % від дисперсної частини системи.

Аналіз результатів виконаних досліджень показав наявність оптимуму вмісту в досліджуваній системі гідрофільної грубодисперсної ПАР, величина якого залежить від виду останнього. Порівняльний аналіз впливу досліджених видів гідрофільних грубодисперсних ПАР на основі заліза на міцність композиційних матеріалів, одержуваних на основі досліджуваної системи (рис. 11, 12) показав, що використання в якості грубодисперсної ПАР комплексу, що складається з суміші оксиду і карбонату заліза забезпечує найбільший ефект підвищення міцності системи порівняно з іншими видами гідрофільних грубодисперсних ПАР.

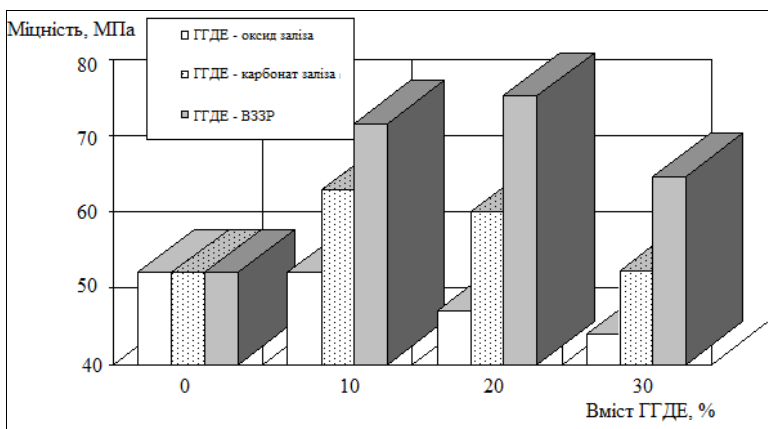


Рис. 11. Міцність каменю в'язучого в залежності від виду гідрофільної грубодисперсної ПАР (ГГДЕ). (В33Р – відходи збагачення залізних руд, основне в'язуче – портландцемент)

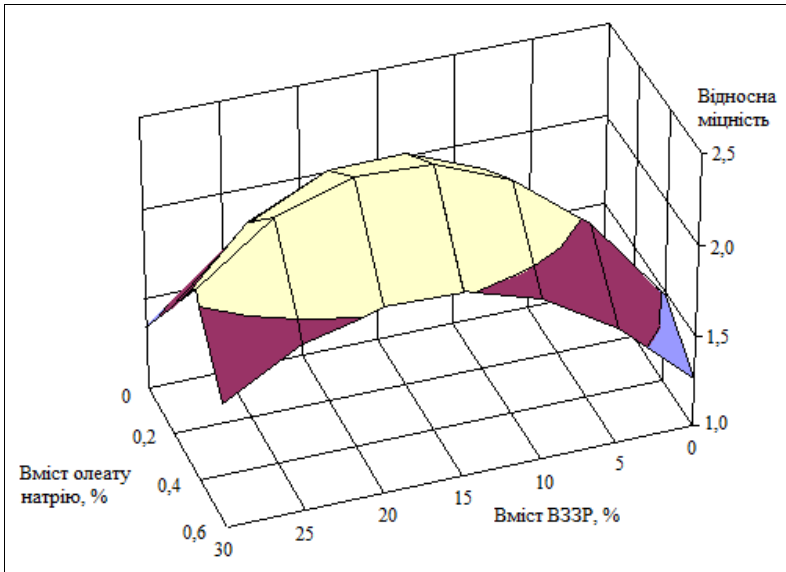


Рис. 12. Міцність каменю в'язучого в залежності від вмісту гідрофільної грубодисперсної ПАР (ВЗПР). (ВЗПР – відходи збагачення залізних руд, основне в'язуче – шлаколужне)

ВИСНОВКИ

1. Встановлено особливості механізму модифікації поверхні дисперсної фази гідралічного в'язучого, як портландцементу, так і шлаколужного в'язучого гідрофільними грубодисперсними поверхнево-активними речовинами на основі перехідних хімічних елементів та дифільними лужними молекулярно-колоїдними поверхнево-активними речовинами. Ці особливості полягають в модифікації поверхні трикальцієвого алюмінату, компонента портландцементу, за рахунок виборчої адсорбції кожного з зазначених поверхнево-активних речовин, що сприяє утворенню подвійної оболонки на поверхні трикальцієвого алюмінату, що гальмує його гідратацію. При цьому гідратація трикальцієвого силікату практично не сповільнюється.

2. Показано, що гідрофільна грубодисперсна ПАР вибірково адсорбується на поверхні трикальцієвого алюмінату, а ступінь та вид модифікації поверхні мінералів гідралічного в'язучого, поверхні заповнювачів бетону та матеріалів будівельних конструкцій дифільним лужним молекулярно-колоїдним ПАР залежить від його вмісту в системі та довжини його вуглеводневих радикалів. При цьому найбільш ефективними є дифільні лужні молекулярно-колоїдні ПАР із

вмістом від 15 до 18 атомів вуглецю, що забезпечують утворення на поверхні мінералів гідравлічного в'язучого значної кількості мікроанкерів з вуглеводневих радикалів, які призводять до мікроармування поверхні розділу між компонентами системи, збільшуючи її перешкоджають процесам гідrataції трикальцієвого силікату.

4. Встановлено, що гідрофільна грубодисперсна ПАР зв'язує вільний луг, що є продуктом взаємодії дифільної лужної молекулярно-колоїдної ПАР та оксиду кальцію, що виділяється при гідrataції гідравлічного в'язучого, а присутність у системі карбонатних, силікатних значну кількість зв'язаної води.

5. Обґрунтовано, що управління властивостями багатокомпонентної системи «матеріал посилення – підсилювана конструкція», можливе шляхом впливу на межі розділу всіх її складових комплексною поверхнево-активною речовиною, що складається з дифільної лужної молекулярно-колоїдної та гідрофільної грубодисперсної, заснованого на перехідних хімічних елементів – активних речовинах, що дозволить регулювати спрямованість процесів структуроутворення цієї системи, забезпечуючи підвищення адгезії між її компонентами за рахунок збільшення адсорбції на їх поверхні хімічних елементів та оксидів кальцію, підвищення щільності та міцності контактного шару між компонентами цієї системи, за рахунок підвищення ступеня їх зрощування, що сприятиме зниженню деформативності та проникності, підвищенню корозійної стійкості та міцності підсилювального конструкцію бетону за рахунок утворення стійких мінералів, що містять значну кількість хімічно зв'язаної води, і зв'язування вільних іонів кальцію та лужного металу в малорозчинні з'єднання, забезпечуючи стійкість системи «підсилюючий бетон – конструкція, що посилюється».

АНОТАЦІЯ

будівельні конструкції являють собою структурний елемент, що входить до системи складнішої конструкції, будівлі або споруди. Отже, будівельна конструкція, посилена бетонним або залізобетонним елементом, також є багатокомпонентною системою, елементами якої є: бетон посилення, конструкція, що посилюється, і межа розділу між ними. Бетон, призначений для посилення будівельної конструкції, згідно, також є поліструктурною системою «матриця – наповнювач – поверхня розділу між ними», в якій матрицею є цементний камінь. У той же час, цементний камінь є продуктом гідrataції дисперсної системи «дисперсна фаза – дисперсійне середовище», в якій дисперсною фазою є частинки гідrataційного твердіння, що в'яже, а дисперсійним середовищем – вода або водні розчини хімічних

речовин. Структура цементного каменю, визначається видом і вмістом гідратних з'єднань і не прореагували зерен, обсягом і розміром пор, у тому числі і технологічних тріщин, що утворюються при гідратації вихідних частинок цементу, взаємним розташуванням всіх елементів структури. Встановлено особливості механізму модифікації поверхні дисперсної фази гідралічного в'язучого, як портландцементу, так і шлаколузного в'язучого гідрофільними грубодисперсними поверхнево-активними речовинами на основі перехідних хімічних елементів та дифільними лужними молекулярно-колоїдними поверхнево-активними речовинами. Ці особливості полягають в модифікації поверхні трикальцієвого алюмінату, компонента портландцементу, за рахунок виборчої адсорбції кожного з зазначених поверхнево-активних речовин, що сприяє утворенню подвійної оболонки на поверхні трикальцієвого алюмінату, що гальмує його гідратацію. Встановлено, що гідрофільна грубодисперсна ПАР зв'язує вільний луг, що є продуктом взаємодії дифільної лужної молекулярно-колоїдної ПАР та оксиду кальцію, що виділяється при гідратації гідралічного в'язучого, а присутність у системі карбонатних, силікатних значну кількість зв'язаної води.

Література

1. Соломатов В. И., Выровой В. Н., Дорофеев В. С., Сиренко А. В. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. К. : Будівельник, 1991. 144 с.
2. Кузнецова Т. В., Кудряшов И. В., Тимашев В. В. Физическая химия вяжущих материалов. М.: Высш.шк., 1989. 384 с.
3. Пащенко А. А., Сербин В. П., Старчевская Е. А. Вяжущие материалы М.: Высш. шк., 1975. 444 с.
4. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов / рук. авт. кол. И. М. Борщ. Киев : Вища школа, 1981. 296 с.
5. Ходаков Г. С., Ребиндер П. А. О влиянии среды на аморфизацию кварца в процессе его механического диспергирования. Докл. АН СССР. 1960. Т. 131. № 6. С. 1316–1318.
6. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов / рук. авт. кол. И. М. Борщ. Киев : Вища школа, 1981. 296 с.
7. Кузнецов А. М. Технология вяжущих веществ и изделий из них. М.: Высш.шк., 1963.-455 с.
8. Бутт Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов. М. : Высш. шк., 1980. 471 с.
9. Джейкок М., Парфит Дж., Химия поверхностей раздела фаз. Пер. с англ. М. : Мир, 1984. 269 с.
10. Кривенко П. В., Пушкарьова К. К. Довговічність шлаколузного бетону. К. : Будівельник, 1993. 224 с.

11. Байков А. А. Теория твердения цементных растворов М., Л. : Изд-во АН СССР, 1948. 5, С. 153–159.
12. Бернал Д. Структура продуктов гидратации цемента, “III Международный конгресс по химии цемента», 1958, с. 28–34
13. Горчаков Г. И. Строительные материалы. М. : Высш. шк., 1981. 411 с.
14. Бутт Ю. М. Тимашев В. В, Портландцемент. М. : Стройиздат, 1974. 298 с.
15. Глуховский В. Д., Кривенко П. В., Рунова Р. Ф. Физико-химические основы конденсации минеральных дисперсий. К. : О-во «Знание», 1983. 16 с.
16. Справочник по химии цемента / Бутт Ю. М., Волконский Б. В., Егоров Г. Б. и др. ; под ред. Б.В. Волконского и Л.Г. Судакаса. Л. : Стройиздат, Ленинг. отд-ние, 1980. 224 с.
17. Рамашчандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение. Пер. с англ. М. : Стройиздат, 1986. С. 278.
18. Ахвердов И. Н. Основы физики бетона. М. : Стройиздат, 1981. 464 с.
19. Десов А. Е. Некоторые вопросы структуры, прочности и деформации бетона. *Структура, прочность и деформации бетонов*. М. : Стройиздат, 1966. С. 4–59.
20. Невилль А. М. Свойства бетона. М. : Стройиздат, 1972. 343 с.
21. Рамашчандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Физикохимическое бетоноведение. Пер. с англ. М. : Стройиздат, 1986. С. 278.
22. Шейкин А. Е., Чехновский Ю. В., Бруссер М. И. Структура и свойства цементных бетонов. М. : Стройиздат, 1979. 344 с.
23. Глуховский В. Д., Пахомов В. А. Шлакощелочные цементы и бетоны. Киев : Будівельник, 1978. 183 с.
24. Shishkin A, Shishkina A., Vatin N. Low-shrinkage alcohol cement concrete. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 633–634 (2014). Pp. 917–921.
25. Shishkina A., Shishkin A.. Study of the effect of micellar catalysis on the strength of alkaline reactive powder concrete. *EEJET*. 2018.3/6(93). P. 46–51.
26. Шишкин А. А., Волонцевич Ю. А. Бесклинкерные шлаковые вяжущие. *Реф. сборник Минтяжстроя Украины*, 1984. Сер. 4. Вып. 26. С. 3–5.
27. Сторк Ю. Теория состава бетонной смеси. Л. : Стройиздат, 1971. 236 с.

28. Кривенко П. В. Специальные шлакощелочные цементы. К. : Будівельник, 1992. 192 с.

29. Ребиндер П. А. Физико-химические основы современных методов закрепления грунтов. *Поверхностные явления в дисперсных системах. Современные проблемы коллоидной химии*. М. : Наука, 1979. С. 359–370.

30. Айлер Р. К. Коллоидная химия кремнезема и силикатов. М. : Госстройиздат, 1959. 288 с.

31. Кузнецова Т. В., Совков С. П., Добронравов Л. А. Роль кристаллизационных компонентов в катализе поликонденсационных процессов при твердении цементов. *Гидратация и структурообразование цементов, полученных на основе отходов промышленности*. Чимкент, 1983. С. 19–25.

32. Куколев Г. В. Химия кремния и физическая химия силикатов. М. : Высш. шк., 1968. 194 с.

Information about the author:

Shyshkin Oleksandr Oleksiiovych,

Doctor of technical sciences, Professor,

Head of the Department

of Technology of Building Products, Materials and Structures

National University of Kryvyi Rih

11, V. Matusevicha str., Kryvyi Rih,

Dnipropetrovsk region, 50027, Ukraine