УДК 620.197.119

МЕХАНІЗМ ВПЛИВУ ДОБАВКИ ВИСОКОДИСПЕРСНОЇ КРЕЙДИ НА ПРОЦЕСИ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ

Жидкова Т.В., к.т.н., доцент,
tavlz@ukr.net, ORCID 0000-0001-7903-7073
Чепурна С.М., асистент,
s.chepurna0274@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1991-7391
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова
Борзяк О.С., к.т.н., доцент,
Український державний університет залізничного транспорту
borziak@kart.edu.ua, ORCID: 0000-0002-8815-6936

Анотація. В роботі вивчався вплив високодисперсної крейди на структуру цементного каменю. Дослідження показали, що крейда містить катіони, які входять до складу більшості клінкерних мінералів. Спорідненість складу крейди, клінкерних мінералів та продуктів їх гідратації створює передумови для використання крейди в якості добавки до бетонів. Встановлено, що при введенні у суміш високодисперсної крейди, що розміщується у порах, створюються гідрофобні ділянки, які перешкоджають просуванню води всередину сумішей. Визначено, що добавка крейди в кількості до 20 % веде до утворення низькоосновних гідросилікатів кальцію та гідрокарбоалюмінатів кальцію. Отримані сполуки ущільнюють структуру цементного каменю, що дозволить підвищити експлуатаційні властивості цементного каменю і бетону.

Ключові слова: карбонат кальцію, високодисперсна крейда, аморфна форма кремнезему, низькоосновний гідросилікат кальцію, гідрокарбоалюмінат кальцію, ІЧ-спектри, рентгенографічні дослідження.

Постановка проблеми. У 21 столітті бетон є основним будівельним матеріалом, світовий обсяг виробництва якого досяг у сучасному світі більш, ніж 2 млрд. м^3. Звичайний бетон перестав задовольняти усім вимогам сучасного будівництва. Це можна пояснити його малим опором щодо появи тріщин, досить малим значенням міцності при вигині та розтягу, низькою хімічною стійкістю, недостатньою водонепроникністю, морозостійкістю та іншими показниками, що знижують довговічність конструкцій будинків і споруд.

Однією з головних проблем сучасного матеріалознавства є розробка нових типів цементів та на їх основі бетонів, що забезпечує високі експлуатаційні та технологічні властивості матеріалу на протязі тривалого періоду. Тому останнім часом велику увагу приділяють виробництву нових композиційних в’яжучих, які мають високі характеристики, низьку енергоємність та при виробництві яких вирішувалися питання охорони навколишнього середовища. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є розробка високоякісних бетонів, що орієнтовані на використання місцевих мінеральних ресурсів, зокрема, особливої уваги заслуговує використання мінеральних добавок як природного, так і техногенного генезису. Це дозволить забезпечити виробництво джерелом – дешевою мінеральною сировиною та створить реальні можливості для економії енергоресурсів та капіталовкладень.

В деяких розвинутих країнах – Данії, Норвегії, Канаді, США, Франції накопичений досвід щодо використання цементів з мінеральними добавками [1]. Мінеральні добавки є невід’ємним компонентом сучасних бетонів. Їх використання дозволяє знизити кількість клінкерного цементу, підвищити щільність структури і, як в наслідок, міцність, довговічність та стійкість бетонів у агресивному середовищі.

В якості природних добавок використовують карбонатні породи, що представлені молотим вапняком-черепашником, запаси якого широко поширені на території України.

Проте в Україні при виробництві цементів загальнобудівельного призначення використовується в якості основного компонента практично тільки вапняк-черепашник, а така карбонатна порода як крейда в загалі не використовується. Будівельники вважають цю горну породу некондиційною, тому і обмежено використовують її в будівництві.

Крейда – це мінеральна осадова порода, біогенного походження [2, 3] є літологічним різновидом вапняків і складається з м'якої пухкої слабозцементованої, дрібнозернистої маси зі змішаними структурними зв'язками, цементація породи обумовлена як конденсаційними, так і кристалізаційними зв'язками між частинками. Дослідження показали, що крейда містить катіони, які входять до складу більшості клінкерних мінералів, має низьку розчинність, не утворює кристалогідратів і хімічно не взаємодіє з водою. Спорідненість складу високодисперсної крейди, клінкерних мінералів та продуктів їх гідратації створює передумови для використання крейди в якості добавки до бетонів.

При введенні до складу бетону карбонатних мінеральних добавок між цими частинками та продуктами гідратації цементу відбувається взаємодія. Ця взаємодія розглядається різними науковими школами неоднозначно. За [4] карбонатні наповнювачі обумовлюють епітаксіальне зрощення, найбільш інтенсивне в разі наявності хімічної спорідненості, як по катіону, так і по аніону. Експериментально встановлено, що міцність на відрив цементного каменю найменша з кварцовими пісками, а найбільша з карбонатними породами. В [5] формування міцної контактної зони пояснюється самоущільненням за рахунок хімічної взаємодії між карбонатним заповнювачем і продуктами гідратації цементу. Контактна зона – це самостійний елемент структури бетону, який грає істотну роль в підвищенні міцності, водонепроникності, морозостійкості, хімічної стійкості бетону. Тому є необхідність розглянути процеси, що відбуваються на контакті мінеральної добавки – високодисперсної крейди і цементного каменю.

Основу міцності цементного каменю становлять електрогетерогенні контакти, що виникають між кристалами з позитивно зарядженими поверхнями гідроксиду кальцію, гідроалюмінатів, гідроферитів, а також гідросилікатів, що мають негативний поверхневий заряд.

Існують різні способи підвищення вмісту електрогетерогенних контактів в дисперсних системах: перезарядка дисперсних частинок системи за допомогою постійного електричного струму, підвищення тонкості помелу в'яжучого з його подальшим перезарядженням, введення в цементно-піщані суміші порошків з позитивно зарядженими дисперсними частинками [6-9]. Найбільш доступним з перерахованих способів створення електрогетерогенних контактів в цементно-піщаних сумішах є введення в ці суміші позитивно заряджених мінеральних частинок високого ступеня дисперсності. Процеси твердіння мінеральних в'яжучих в присутності мінеральних добавок обумовлені одночасно і гідрато-, і структуроутворенням. Це пов'язано з тим, що темпи твердіння різних фаз клінкерного в'яжучого та їх взаємодія з частинками добавок істотно відрізняються.

В минулому столітті П.П. Будніковим, А.С. Пантелєєвим, В.М. Колбасовим було встановлено, що утворення гідрокарбоалюмината кальцію на поверхні карбонатних наповнювачів сприяє інтенсифікації процесу твердіння за рахунок алюмовміщуючих клінкерних мінералів, при цьому з поверхнею карбонатних зерен утворюється міцний кристалічний конгломерат з гексагональними кристалами гідрокарбоалюмината кальцію [10-11]. Гідрокарбоалюмінати кальцію зростаються між собою і поверхнею карбонату кальцію в щільний кристалічний конгломерат, можуть служити «зародками кристалізації» і гарною епітаксичною підложкою для утворення нових сполук. В системі $C_3A \times CaCO_3 \times 11H_2O$ – $C_3A \times Ca(OH)_2 \times 11H_2O$, крім ГКАК, [5] виявили утворення неперервного ряду твердих розчинів, а саме стійко ідентифікуються сполуки $3CaO \times Al_2O_3 \times 0{,}25CaCO_3 \times 0{,}75Ca(OH)_2 \times 12H_2O$ і відзначили можливість утворення $C_3A \times 3CaCO_3 \times (30 \div 32)H_2O$.

Дослідження, проведені Стрелковим М..І., Золотовим М.С., Жидковою Т.В. [12, 13], свідчать, що у цементному камені, до складу якого входять карбонати високодисперсна

крейда, утворюються комплексні сполуки – гідрокарбонати, що сприяють підвищенню морозостійкості і сульфатостійкості бетону.

Метою роботи є визначити механізм впливу високодисперсної крейди на процеси структуроутворення цементного каменю.

Матеріали і методи дослідження. Для дослідження характеру взаємодії добавки високодисперсної крейди з мінералами портландцементу і продуктами їх гідратації були виготовлені зразки, що складались з клінкерних мінералів і високодисперсної крейди з різним співвідношенням компонентів. Досліджувались зразки гідратованих сумішей:

1 – C_3A + C_3S+гіпс (0,5:9:0,5)

2 – C_3A + C_3S+гіпс+крейда (1:7,5:0,5:1)

3 – C_3A + C_3S+гіпс+крейда (1:6,5:0,5:2)

4 – C_3A +гіпс+крейда+CaO (5:0,5:3:1,5)

5 – C_3A + C_3S+ крейда (0,7:5,3:4)

Дослідження виконувалося за допомогою методів інфрачервоної спектроскопії, рентгенографічних досліджень.

Результати дослідження. Проведені дослідження показали, що процес взаємодії карбонату кальцію з продуктами гідратації відбувається на поверхні зерен кальциту. На ІЧ-спектрах гідратованої суміші клінкерних мінералів з добавкою високодисперсної крейди присутні лінії поглинання з хвильовими числами, $см^{-1}$, сполук: 710, 730 – деформаційними коливаннями тетраедра AlO_4^-; 850, 880, 870, 890 – валентні коливання зв'язків карбонатних груп $[CO_3]^{2-}$; 980-1100 $см^{-1}$ – валентні коливання Si -O і Si -O-Al[4]; 1480, 1460 – деформаційних коливань груп карбонату кальцію, наявність гексагональної сингонії свідчить про утворення кристалів гідрокарбоалюмінату кальцію $C_3A \times CaCO_3 \times 12H$. На рис. 1, 2 присутні лінії поглинання з хвильовими числами, $см^{-1}$: 1640, 3450 , 3540 (слабкі) – наявність гідрокарбоалюмината кальцію (ГКАК) та лінії поглинання з хвильовими числами, $см^{-1}$: 1620, 3000–3440 $см^{-1}$ це свідчить про початок перекристалізації гексагональних гідроалюмінатів кальцію типу C_4AH_{13-19}. Методами ІЧ-спектроскопії доведено, що добавка високодисперсної крейди призводить до зменшення у складі цементного каменю кількості портландиту $Ca(OH)_2$ та зниження основності гідросилікатів кальцію, про що свідчить зміщення полоси поглинання в області 900-1100 $см^{-1}$, рис. 1, 2.

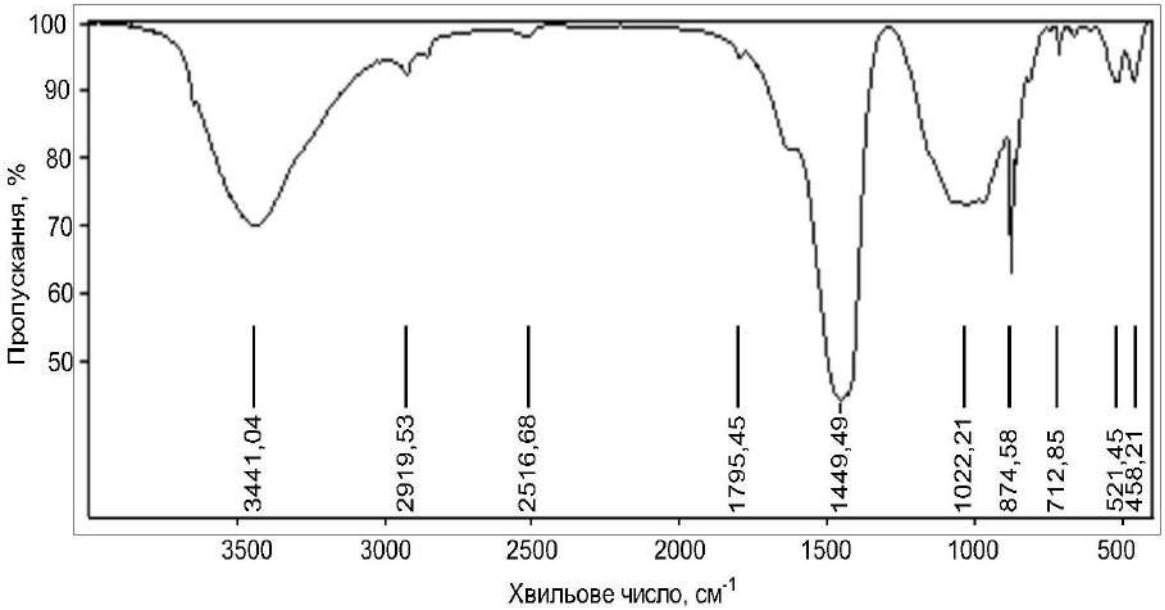
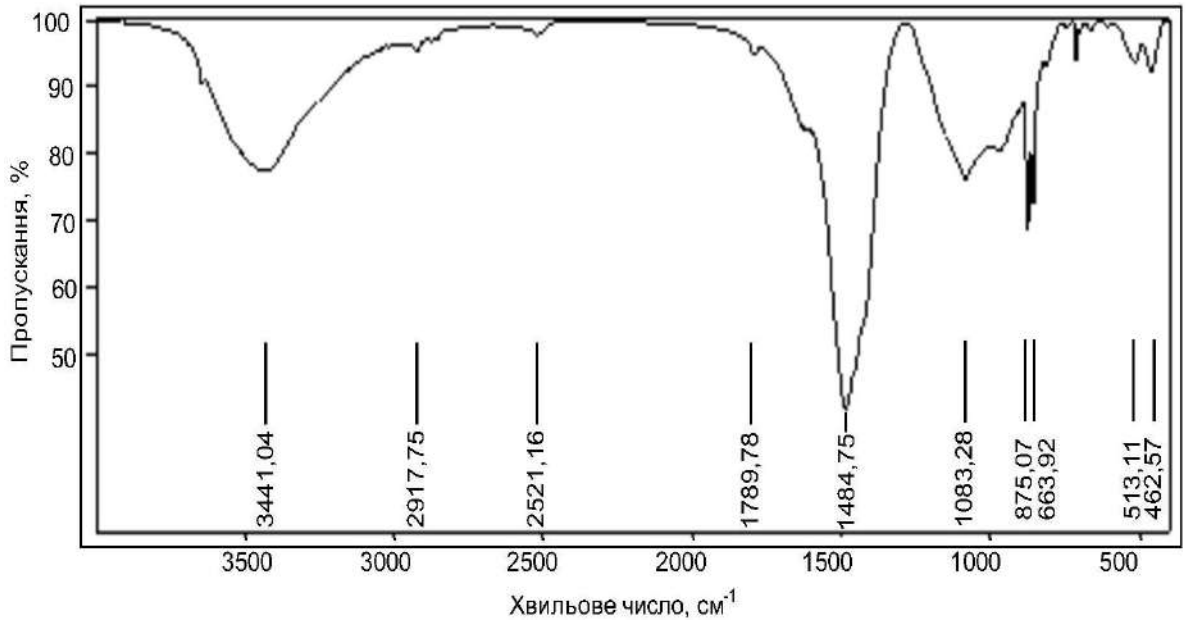


Рис. 1. ІЧ-спектр зразку гідратованої суміші C_3A+C_3S+гіпс (0,5:9:0,5)



б)

Рис. 2. ІЧ-спектр зразку гідратованої суміші C_3A + C_3S+гіпс+крейда (1:7,5:0,5:1)

Появу вказаних сполук характеризують і рентгенографічні дослідження (рис. 3).

За даними ІЧ-спектроскопії та РГ досліджень при заміні 10 % в'яжучого добавкою високодисперсної крейди в цементному каміні знижується кількість клінкерних мінералів, при цьому кількість портландиту не зменшується.

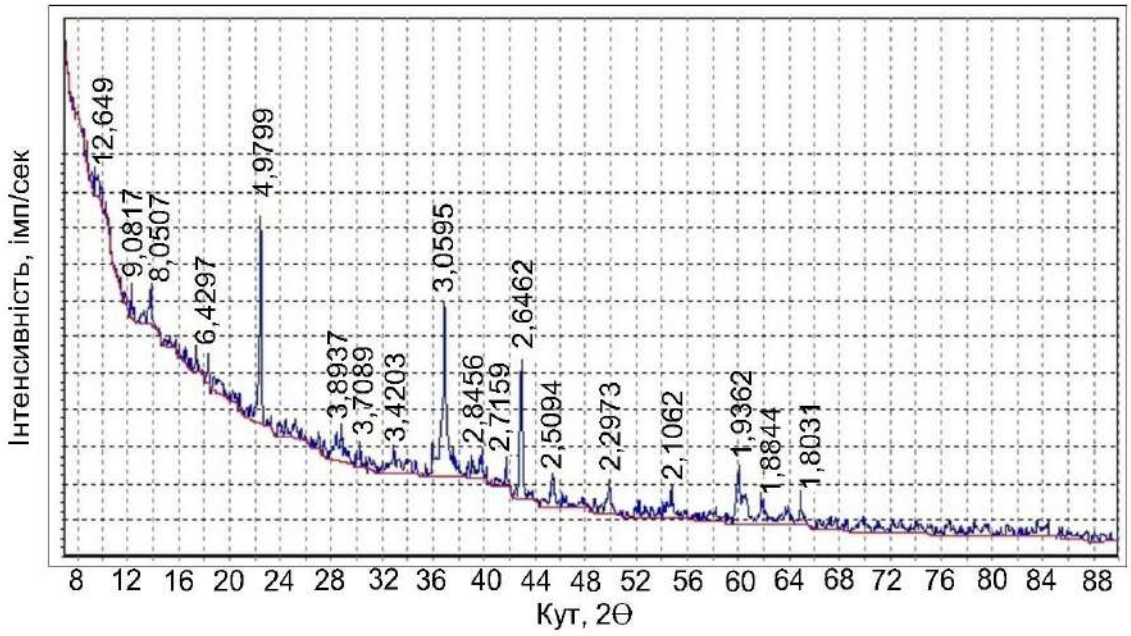


Рис. 3. Рентгенограма цементного каменю, модифікованого 10 % високодисперсної крейди

При заміні 20 % в'яжучого добавкою на рентгенограмах повністю відсутні лінії, що відповідають клінкерним мінералам, тобто портландцемент гідратує повністю, при цьому інтенсивність ліній портландиту дуже низька (рис. 4). Подальше збільшення кількості добавки високодисперсної крейди (30 та 40 %) суттєво не впливає на зміну фазового складу цементного каменю, тобто ефективність добавки, що обумовлена пуцолановим ефектом обмежена кількістю до 20 % заміни цементу.

Отже добавка високодисперсної крейди при заміні частини в'яжучого до 20 %

призводить до збільшення ступеня гідратації мінералів клінкеру, зниженню кількості вільного гідроксиду кальцію та утворенню низькоосновних гідросилікатів кальцію.

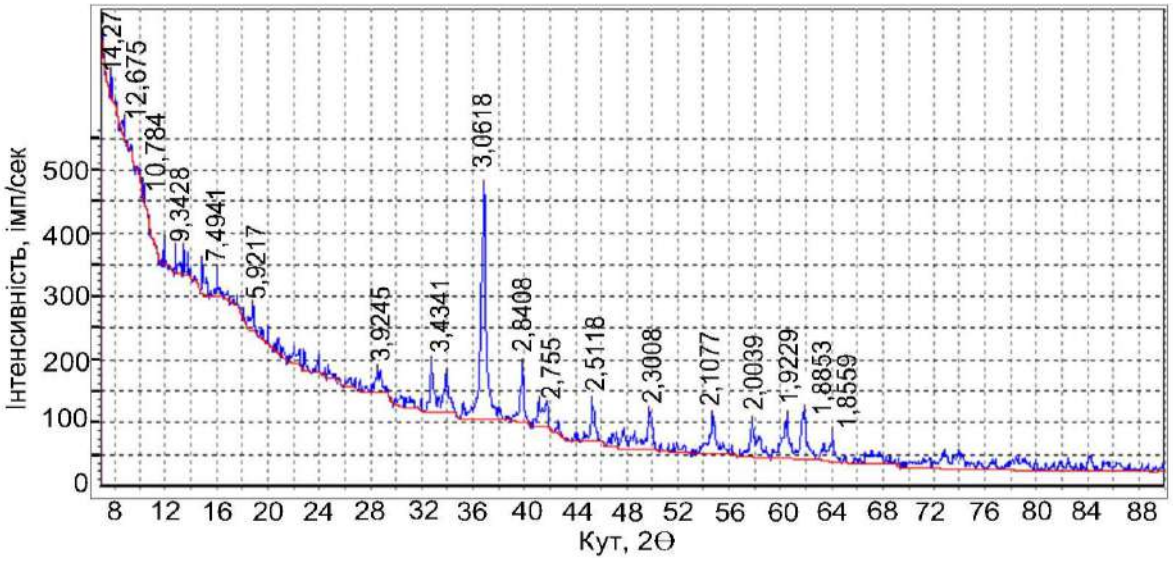


Рис. 4. Рентгенограма цементного каменю, модифікованого 20 % високодисперсної крейди

Висновки. Високодисперсна крейда суттєво впливає на мікроструктуру цементного каменю. В складі цементного каменю високодисперсна крейда змінює фазовий склад гідратних новоутворень, зокрема призводить до утворення стійких сполук – гідрокарбоалюмінату кальцію та низькоосновних гідросилікатів кальцію. Використання добавки збільшує ступінь гідратації клінкерних мінералів, швидкість формування кристалів та зародкоутворення [14].

Проведені дослідження показали що, механізм взаємодії високодисперсної крейди з портландцементом складається з декількох етапів:

– гідратація клінкерних мінералів і утворення гідроксиду кальцію;

– взаємодія гідроксиду кальцію з аморфною формою кремнезему і утворення низькоосновних гідросилікатів кальцію, що супроводжується вивільненням карбонатної частини крейди;

– взаємодія карбонату кальцію крейди з алюмінатом кальцію і утворення гідрокарбоалюмінату кальцію.

Література

1. Курятников Ю.Ю. Влияние карбонатных наполнителей на физико-механические свойства газобетона неавтоклавного твердения / Ю.Ю. Курятников, С.А. Кольцова, Т.С. Земцова // Вестник ТвГТУ, 2011. – Вып. 19 (128). – С. 44-49.

2. Аршинніков Д.І. Порівняльний аналіз мінералогічного складу природної крейди родовищ України / Д.І. Аршинніков, В.А. Свідерський // Technology audit and production reserves, 2015. – Vol. 4, № 4 (24). – P. 7-11.

3. Горькова И.М. Природа прочности и деформативные особенности мела и некоторых мелоподобных пород / И.М. Горькова, Н.А. Душкина. – Акад. наук СССР, 1962. – С. 6 – 15.

4. Вознесенский В.А. Оптимизация состава многокомпонентных добавок в композиты / В.А. Вознесенский. – К.: Знание, 1981. – 201 с.

5. Тимашев В.В. Свойства цементов с карбонатными добавками / В.В. Тимашев, В.М. Колбасов // Цемент, 1981. – № 10. – С. 10–12.

6. Бабушкин В.И. Коллоидно-химические аспекты повышения активности цемента для получения ячеистых и плотных бетонов и растворов без тепловой обработки / [В.И. Бабушкин,

Е.В. Кондращенко, Т.А. Костюк, В.И. Момот] // Цемент Украины, 1997. – № 2. – С. 25–30.

7. Кунцевич О.В. Увеличение объема твердой фазы при гидратации минеральных вяжущих веществ / О.В. Кунцевич // Тр.совещ.по химии цемента. – М.: Промстройиздат, 1956. – 264 с.

8. Бабушкин В.И. Гидратация цемента, активированного током высокого напряжения / В.И. Бабушкин, В.А. Матвиенко [и др.] // Известия вузов, строительство, 1993. – № 2. – С. 47–50.

9. Матвиенко В.А. Роль электроповерхностных свойств компонентов в формировании структуры бетона / В.А. Матвиенко, В.И. Бабушкин // Материалы для строительства: тез. докл. II Межд. конф. – Днепропетровск: ДИСИ, 1993. – С. 116–117.

10. Будников П.П. К вопросу о роли высокодисперсных карбонатных добавок в формировании структуры и состава новообразований, возникающих в гидратирующем цементном камне / П.П. Будников, В.М. Колбасов // Тр. VI совещание по экспериментальной и технической минералогии и петрографии АН СССР, 1962. – С. 189–196.

11. Пантелеев А.С. Карбонатные вяжущие / А.С. Пантелеев // Сб. трудов по химии и технологии силикатов. – М.: Промстройиздат, 1957. – С. 26–225.

12. Жидкова Т.В. Исследование коррозионной стойкости вяжущих композиций, содержащих мел и суглинок / Т.В. Жидкова // Реконструкция и капитальный ремонт зданий и сооружений. – Киев, 1989. – С. 7–10.

13. Стрелков М.И. Снижение расхода цемента в бетоне за счет применения карбонатных добавок / М.И. Стрелков, М.С. Золотов, Т.В. Жидкова // Физико-химические проблемы материаловедения и новые технологии. Технология бетона и железобетона. Белгород, 1991. – С. 42–43.

14. Чепурна С.М. Гідратація портландцементу в присутності добавки високодисперсної крейди / О.С. Борзяк, С.М. Чепурна // Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2018. – Вип. 175. – С. 110-117.

References

1. Kuryatnikov Yu.Yu., Koltsova S.A., Zemtsova T.S. Vliyanie karbonatnyih napolniteley na fiziko-mehanicheskie svoystva gazobetona neavtoklavnogo tverdeniya [Effect of carbonate fillers on the physical and mechanical properties of non-autoclaved aerated concrete]. Bulletin TvGTU, Vol. 19 (128), pp. 44-49, 2011.

2. ArshinnIkov D.I., SvIderskiy V.A. Porivnyalniy analiz mineralogichnogo skladu prirodnoyi kreydi rodovisch Ukrayini [Comparative analysis of the mineralogical composition of natural chalk of Ukrainian deposits]. Technology audit and production reserves, Vol. 4, no 4 (24), pp. 7-11, 2015.

3. Gorkova I.M., Dushkina N.A. Priroda prochnosti i deformativnyie osobennosti mela i nekotoryih melopodobnyih porod. [Nature of strength and deformation features of chalk and some chalk-like rocks]. Acad. the USSR, pp. 6-15, 1962.

4. Voznesenskiy V.A. Optimizatsiya sostava mnogokomponentnyih dobavok v kompozityi [Multicomponent additives using for optimize the composition of the composite]. Kyiv.: Knowledge, 1981.

5. Timashev V.V., Kolbasov V.M. Svoystva tsementov s karbonatnyimi dobavkami [Properties of cements with carbonate additives]. Cement, no 10, pp. 10-12, 1981.

6. Babushkin V.I., Kondraschenko E.V., Kostyuk T.A., Momot V.I. Kolloidno-himicheskie aspektyi povyisheniya aktivnosti tsementa dlya polucheniya yacheistyih i plotnyih betonov i rastvorov bez teplovoy obrabotki [Colloid-chemical aspects of increasing the activity of cement for the production of cellular and dense concretes and solutions without heat treatment]. Cement Ukraine, no 2, pp. 25–30, 1997.

7. Kuntsevich O.V. Uvelichenie ob'ema tverdoy fazyi pri gidratatsii mineralnyih vyazhuschih veschestv [Increase in the volume of the solid phase during hydration of mineral binders]. Moskow.: Indconstrucpublication, 1956.

8. Babushkin V.I., Matvienko V.A. Gidratatsiya tsementa, aktivirovannogo tokom vyisokogo napryazheniya [Hydration of cement activated by high-voltage current]. Proceedings of universities, construction, no 2, pp. 47–50, 1993.

9. Matvienko V.A., Babushkin V.I. Rol elektropoverhnostnyih svoystv komponentov v formirovanii strukturyi betona [The role of the electro-surface properties of components in the formation of the structure of concrete]. Materials for construction: abstracts II Int. Conf. Dnepropetrovsk: Engineering and Construction Institute in Dnepropetrovsk, pp. 116–117, 1993.

10. Budnikov P.P., Kolbasov V.M. K voprosu o roli vyisokodispersnyih karbonatnyih dobavok v formirovanii strukturyi i sostava novoobrazovaniy, voznikayuschih v gidratiruyuschem tsementnom kamne [On the role of highly disperse carbonate additives in the formation of the structure and composition of neoplasms arising in a hydrating cement stone]. Proceedings VI meeting on experimental and technical mineralogy and petrography of the USSR Academy of Sciences, pp. 189–196, 1962.

11. Panteleev A.S. Karbonatnyie vyazhuschie [Carbonate Binder]. Collection of works on chemistry and technology of silicates, Moskow.: Indconstrucpublication, pp. 26–225, 1957.

12. Zhidkova T.V. Issledovanie korrozionnoy stoykosti vyazhuschih kompozitsiy, soderzhaschih mel i suglinok [Investigation of the corrosion resistance of astringent compositions containing chalk and loam]. Reconstruction and major overhaul of buildings and structures, Kyiv, pp. 7–10, 1989.

13. Strelkov M.I., Zolotov M.S., Zhidkova T.V. Snizhenie rashoda tsementa v betone za schet primeneniya karbonatnyih dobavok [Reduction of cement consumption in concrete due to the use of carbonate additives]. Physico-chemical problems of materials science and new technologies. Technology of concrete and reinforced concrete, Belgorod, pp. 42–43, 1991.

14. Chepurna S.M., Borzyak O.S. GidratatsIya portlandtsementu v prisutnosti dobavki visokodispersnoyi kreydi [Hydrayionof portland cement with the addition of highly dispersed chalk]. Collection of scientific works Ukrainian State University of Railway Transport, Vol. 175, pp. 110-117, 2018.

МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО МЕЛА НА ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Жидкова Т.В., к.т.н., доцент,
tavlz@ukr.net, ORCID 0000-0001-7903-7073
Чепурная С.Н., ассистент,
s.chepurna0274@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1991-7391
Харьковский национальный университет городского хозяйства им. О.Н. Бекетова
Борзяк О.С., к.т.н., доцент
Украинская государственный университет железнодорожного транспорта
borziak@kart.edu.ua, ORCID: 0000-0002-8815-6936

Аннотация. В работе изучалось влияние высокодисперсного мела на структуру цементного камня. Исследования показали, что мел содержит катионы, которые входят в состав большинства клинкерных минералов. Поверхность мела в водных дисперсиях имеет избыточный отрицательный заряд, о чем свидетельствует небольшой отрицательное значение ζ-потенциала, при этом эквипотенциальные точка мела соответствует pH от 5 до 7. В отличие от других карбонатных пород мелу присущи специфические свойства: гидрофильность, но гигроскопичность ее очень мала вследствие малой дисперсности и малого размера активной поверхности. Поверхность мела покрыта аморфным кремнеземом, поэтому механизм взаимодействия мела с клинкерными минералами и продуктами их гидратации существенно отличается от известных механизмов взаимодействия других карбонатных пород. Родство состава мела, клинкерных минералов и продуктов их гидратации создает предпосылки для использования мела в качестве добавки к бетонам.

Проведенные исследования показали, что процесс взаимодействия карбоната кальция с продуктами гидратации происходит на поверхности зерен кальцита. Кремнезем абсорбируется на поверхности кальцита, ведет по перезарядки поверхности. Высокодисперсный мел проявляет активность по отношению к цементу, что позволяет создавать дополнительные центры кристаллизации, при этом происходит изменение количественного соотношения структурообразующих и деструктивных факторов в период синтеза прочности цементного камня и бетона. Участие высокодисперсного мела обусловлено образование ЕГК между продуктами гидратации портландцемента и карбоната.

Установлено что добавка мела в количестве до 20 % ведет к образованию низкоосновного гидросиликата кальция и гидрокарбоалюмината кальция. Образованные соединения уплотняют структуру цементного камня, что обуславливает повышение эксплуатационных свойств цементов и бетонов.

Ключевые слова: карбонат кальция, высокодисперсный мел, аморфная форма кремнезема, низкоосновный гидросиликат кальция, гидрокарбоалюминат кальция, ИК-спектры, рентгенографические исследования.

MECHANISM OF HIGHLY DISPERSED CHALK ADDITIVE INFLUENCE ON CEMENT STONES STRUCTURE FORMATION PROCESSES

Zhydkova T.V., PhD, Associate Professor,
tavlz@ukr.net, ORCID 0000-0001-7903-7073
Chepurna S.N., Assistant,
s.chepurna0274@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1991-7391
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
Borziak O.S., PhD, Associate Professor,
Ukrainian State University of Railway Transport
borziak@kart.edu.ua, ORCID: 0000-0002-8815-6936

Abstract. The influence of highly dispersed chalk on cement stones structure has been investigated in the work. The study has shown that chalk contains base cations that are part of most clinker minerals. Chalk surface in water dispersion has excessive negative charge as evidenced by small negative ζ-potential value with the equipotential chalk point corresponding to pH from 5 to 7. In contrast to other carbonate rocks, chalk has specific characteristics: hydrophilicity, though slightly hygroscopic due to low dispersion and small active surface size. Chalk surface is covered with amorphous silica causing big difference of chalk, clinker minerals and their hydration products interaction character as compared with other carbonate rocks. Related composition of chalk, clinker minerals and their hydration products creates conditions for chalk use as additive to concrete.

The investigation has shown that calcium carbonate interaction with hydration products happens on the surface of calcite grains. Silica is absorbed on the calcite surface causing surface recharge. Highly dispersed chalk is active towards concrete providing creation of additional crystallization that leads to structure formative and destructive factors quantitative ratio change in the period of cement stone and concrete strength synthesis. Highly dispersed chalk conditions electrical heterogeneous contact between Portland cement hydration products and carbonate.

The research has shown that chalk additive for leads to low-basic calcium hydrosilicate and hydrocarbon aluminate formation. These compounds thicken the cement stone structure causing cement and concrete operational properties improvement.

Keywords: calcium carbonate**,** highly dispersed chalk, silica amorphous form, low-basic calcium hydrosilicate, calcium hydrocarbon aluminate, IR-specters, radiographic research.

Стаття надійшла 22.08.2018