

УДК 666.948 : 666.972.112

ФОРМУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ ПІД ВПЛИВОМ МОДИФІКАТОРОВ НА ОСНОВІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

В. В. Пісчанська, Г. С. Войтюк, Я. М. Пітак

ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕТОНА ПОД ВЛИЯНИЕМ МОДИФИКАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

В. В. Песчанская, А. С. Войтюк, Я. Н. Питак

FORMATION OF THE PROPERTIES OF CONCRETE UNDER THE INFLUENCE OF MODIFIERS BASED ON SURFACE ACTIVE SUBSTANCES

V. Peschanska, A. Voytyuk, Y. Pitak

Досліджено вплив модифікаторів на процеси гідратації, фазо- і структуроутворення цементного каменю на ранніх стадіях твердіння. *Встановлено* вплив триполіфосфату натрію і комплексного модифікатора, що містить триполіфосфат натрію та суперпластифікатор, на змінення швидкості гідратації та мікроструктуру цементного каменю, показники властивостей і мікроструктуру низькоцементного корундового бетону. *Визначено* механізм впливу модифікаторів на формування мікроструктури

Ключові слова: низькоцементний бетон, кальційалюмінатний цемент, гідратація, модифікатор бетону, аморфна фаза, кристалогідрати

Исследовано влияние модификаторов на процессы гидратации, фазо - и структурообразование цементного камня на ранних стадиях твердения. *Установлено* влияние триполифосфата натрия и комплексного модификатора, содержащего триполифосфат натрия и суперпластификатор, на изменение скорости гидратации и микроструктуру цементного камня, показатели свойств и микроструктуру низкоцементного корундового бетона. *Выявлен* механизм влияния модификаторов на формирование микроструктуры

Ключевые слова: низкоцементный бетон, кальцийалюминатный цемент, гидратация, модификатор бетона, аморфная фаза, кристаллогидраты

1. Вступ

Реалізація стратегічного напрямку розвитку вогнетривкої галузі щодо раціонального використання паливно-енергетичних і матеріальних ресурсів, спрямована на зростання об'ємів виробництва неформованих вогнетривів, до яких відносяться низькоцементні вогнетривкі бетони. Ефективне поєднання фізико-хімічних властивостей низькоцементних бетонів з високою адаптаційною

здатністю до температурних умов експлуатації, суттєві техніко-економічні переваги використання монолітних футеровок обумовили застосування цих бетонів практично на всіх переділах металургійного виробництва [1–4].

Низькоцементні бетони представляють собою багатокомпонентну композиційну систему і містять у речовинному складі зернистий та тонкодисперсний вогнетривкий заповнювач, кальційалюмінатний цемент з вмістом оксиду алюмінію понад 70 %, ... [5].

Зважаючи на поліфункціональну дію дефлокулянтів та пластифікаторів **актуальними слід вважати дослідження, спрямовані на** подальше удосконалення і розвиток технології вогнетривких бетонів з високим експлуатаційним ресурсом є спрямоване регулювання процесів фазо- та структуроутворення цементного каменю шляхом використання ефективних модифікуючих добавок.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Прогрес у галузі матеріалознавства вогнетривких композиційних матеріалів на гідравлічних в'язучих сприяв поглибленню вивчення хімічних аспектів процесів гідратації кальційалюмінатних цементів, мінералогічний склад яких представлено моноалюмінатом кальцію $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (CA), діалюмінатом кальцію $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (CA_2), $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ (C_{12}A_7) і корундом [6]. **Дослідженнями** системи «кальційалюмінатний цемент – вода» **встановлено, що** швидкість утворення тих чи інших гідратних фаз: CAH_{10} ($\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$), C_2AH_8 ($2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 8\text{H}_2\text{O}$) і аморфної фази алюмогелю або структур типу C–A–H, визначається мінералогічним складом [7]. **Однак слід зазначити, що в даній роботі не наведені** термодинамічні умови формування гідратних фаз... **Це означає, що не визначено,** як саме протікає процес за умов температур у діапазоні... З практичної точки зору **це може викликати** труднощі, **що пов'язані з** визначенням оптимальної кількості суміші дефлокуючих добавок. **Дана обставина пов'язана з тим,** що введення їх у бетонні суміші **суттєво змінює** механізм та кінетику процесів гідратації клінкерних мінералів. **Для подолання цієї проблеми** в роботі [8] **проведені дослідження** впливу дефлокуючих добавок на процеси гідратації кальційалюмінатних цементів. **Показано, що** завдяки встановленим аналітичним залежностям **стає можливим** корегування вмісту модифікаторів для забезпечення реотехнологічних характеристик бетонних мас. **Незважаючи на** практичну **значущість таких результатів, не розглянуто в достатній мірі** кінетичні закономірності процесів гідратації. Очевидно це **пов'язано зі** складністю визначення показників властивостей бетонів в процесі термічної обробки за умов...

Доцільність використання гібридних модифікаторів, що містять триполіфосфат натрію, **підтверджується** покращенням реологічних властивостей бетонних мас та суттєвим зростанням механічної міцності бетону [9]. **На думку авторів [9], це обумовлено** утворенням при гідратації кальційалюмінатних цементів у складі бетонів з обмеженою вологістю значної кількості наноструктур, які при висушуванні ущільнюються та утворюють міцний скелет, руйнування

якого відповідає. Однак на підтвердження цієї гіпотези не наведені відповідні фізико-хімічні розрахунки...

Тому є підстави вважати, що недостатня визначеність впливу гібридних модифікаторів на морфологічні особливості і характеристики наноструктур, що утворені з їх участю при гідратації кальційалюмінатних цементів, обумовлюють необхідність проведення досліджень в цьому напрямку.

3. Ціль та задачі дослідження

Проведені дослідження ставили за мету визначити особливості процесів твердіння та структуроутворення цементного каменю з індивідуальним та комплексним модифікатором та формування в умовах термічної обробки структури низькоцементного корундового бетону, яка забезпечує покращення фізико-механічних властивостей композиту.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

– визначити вплив триполіфосфату натрію, суперпластифікатор та комплексного модифікатору на змінення характеру процесів тужавлення, фазо- і структуроутворення цементного каменю на ранніх стадіях твердіння при різних значеннях водоцементного співвідношення;

– встановити особливості формування мікроструктури термообробленого низькоцементного корундового бетону, що містить триполіфосфат натрію і комплексний модифікатор, у взаємозв'язку з фізико-механічними показниками властивостей бетону.

4. Матеріали та методи дослідження впливу модифікаторів на процеси твердіння цементного тіста, мікроструктуру та властивості низькоцементного корундового бетону

4.1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовувались в експерименті

Дослідження проводили з використанням кальційалюмінатного цементу «Gorkal-70» і модифікаторів – поверхнево-активних речовин (ПАР): триполіфосфату натрію (ТПФН), суперпластифікатору органічного походження С-3 («Поліпласт», Росія) і комплексного дефлокулянту, що містить ТПФН і С-3.

Дослідження морфологічних особливостей частинок, фазового складу і структури цементного каменю проводили з використанням рентгенофазового аналізу (дифрактометр ДРОН-3), електронної мікроскопії (електронний мікроскоп "РЭМ-106И") та інфрачервоної спектроскопії (спектрофотометр Spectrum One (Perkin Elmer).

Експериментальні зразки бетону готували з бетонних сумішей, що містять 75 % електрокорунду фракції 6 – 0,063 мм (фр. 6 – 3 мм – 18 %, фр. 3 – 0,063 мм – 57 %) і 25 % матричного компоненту (електрокорунд – 71 %, цемент – 29 %). Компоненти бетонної суміші зволожували до вологості 5,0 – 5,2 % і перемішували масу 4 хв. Додатки вводили водним розчином із розрахунку ТПФН – масу бетонної суміші, С-3 – на масу цементу.

Експериментальні зразки-куби з ребром 50 мм виготовляли методом вібраційного формування, які після твердіння на повітрі протягом 3-х діб термооброб-

робляли при 110 °С (24 год.) та при температурі 1550 °С (витримка 5 год.). Дослідження мікроструктури бетону проводили з використанням поляризаційного мікроскопу (МИН-8).

4. 2. Методика визначення показників властивостей зразків

Опосередковану **оцінку впливу** модифікаторів на кінетику твердіння цементу при водоцементному співвідношенні (В/Ц) 0,31, і 0,27 **здійснювали за результатами** визначення термінів тужавлення на приладі Віка, фіксуючи у часі глибину занурення у цементне тісто голки приладу. **Визначення впливу** модифікаторів **на** твердіння цементного каменю на ранніх стадіях **проводили на зразках** цементу з В/Ц 0,31, 0,27 і 0,2.

Основними показниками властивостей бетонних зразків, **що визначалися в експерименті, було обрано**: уявна щільність (ρ), відкрита пористість (Π), границя міцності при стиску (σ).

Визначення уявної щільності **здійснювалось за наступною методикою**:...

.....

Визначення відкритої пористості здійснювалось за наступною методикою:.....

.....

Для визначення границі міцності при стиску....

.....

5. Результати досліджень показників властивостей бетонних зразків

Результати визначення термінів тужавлення цементного тіста (В/Ц 0,31) в залежності від виду модифікатору (ТПФН та С-3) і його кількості приведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вплив поверхнево-активних речовин на індекс розтікання та терміни тужавлення цементного тіста

№	Вид і кількість модифікатору, %		Терміни тужавлення, год.-хв.	
	ТПФН	С-3	початок	кінець
1	–	–	<u>2–21</u> –	<u>4–19</u> –
2	0,15	–	<u>0–35</u> 0–05	<u>6–39</u> 1–33
3	–	0,05	<u>2–17</u> 0–09	<u>7–03</u> 2–10
4	0,15	0,05	<u>0–12</u> 0–07	<u>4–40</u> 1–40

Примітка: чисельник – В/Ц 0,31; знаменник – В/Ц 0,27

Необхідно зазначити, що комплексний модифікатор у порівнянні з індивідуальною добавкою ТПФН та С-3 прискорює в 1,4–1,5 рази час завершення тужавлення. При зниженні В/Ц до 0,27 за рахунок дефлокулюючої дії модифіка-

торів і розрідження цементного тіста [23] за ступенем прискорювальної дії на терміни тужавлення, добавки можна розташувати у наступний ряд С-3 → комплексний модифікатор → ТПФН (табл. 1).

За експериментальними даними визначення швидкості тужавлення цементного тіста виділено періоди, які відповідають глибині занурення у цементне тісто голки приладу Віка на 10 мм, 20 мм, 30 мм і 38-39 мм (рис. 1).

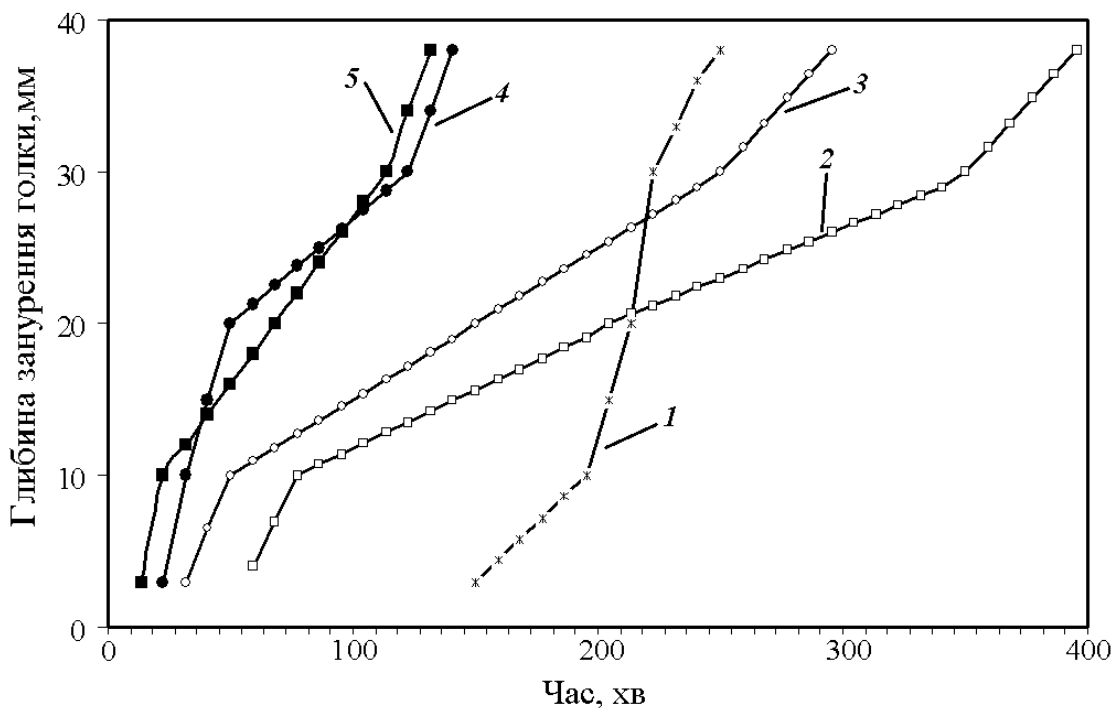


Рис. 1. Кінетика твердіння цементу: 1 – без добавок; 2, 4 – з ТПФН; 3, 5 – з комплексним модифікатором; 1, 2, 3 – В/Ц 0,31; 4, 5 – В/Ц 0,27

Слід звернути увагу на те, що перший період тужавлення цементного тіста (глибина занурення голки – 10 мм) характеризується різким підйомом кривих і при В/Ц 0,31 триває 196 хв.; 55 хв. і 20 хв. для цементу без добавок (рис. 1, крива 1), з добавкою ТПФН (рис. 1, крива 2) та комплексним модифікатором (рис. 1, крива 3) відповідно. Уповільнення процесів гідратації та тужавлення модифікованого тіста при В/Ц 0,31 відрізняє другий та третій періоди (рис. 1, криві 2 і 3), які відповідають глибині занурення голки на 20 мм і 30 мм.

Результати визначення механічної міцності зразків цементного каменю на ранніх стадіях твердіння з В/Ц 0,31, 0,27 і віброформованих зразків з В/Ц 0,2 представлені на рис. 2.

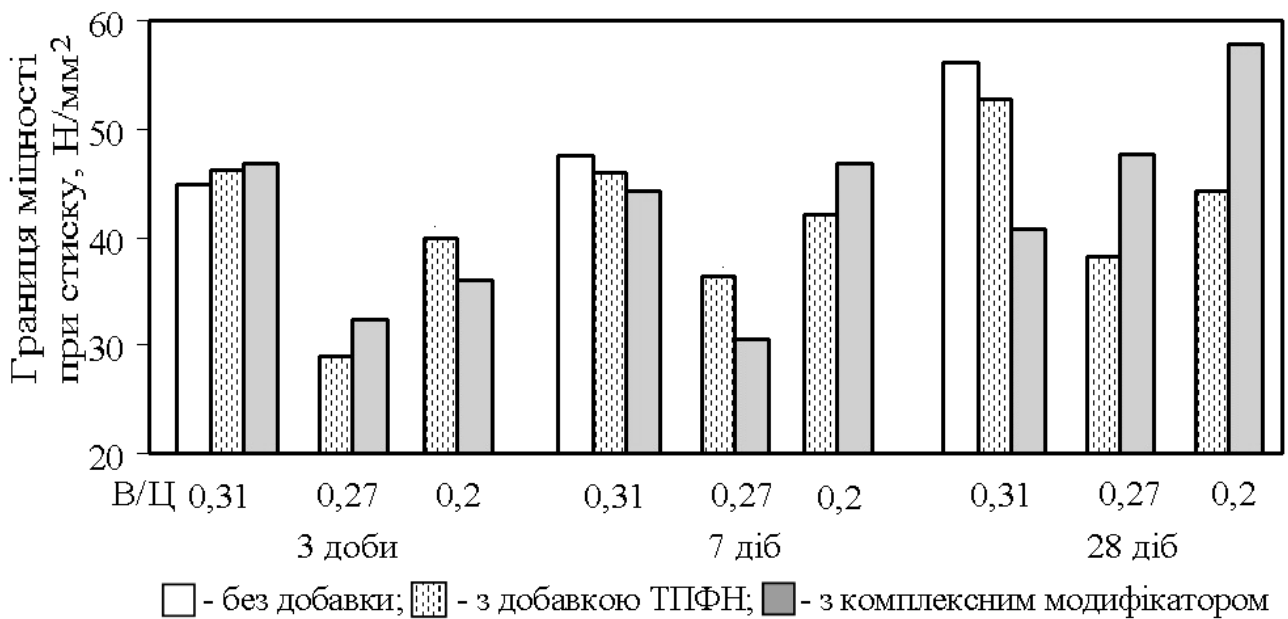


Рис. 2. Вплив В/Ц і модифікаторів на міцність зразків на різних стадіях твердіння цементного каменю

Як можна бачити з рис. 2, при В/Ц 0,31 міцність зразків із модифікаторами через 3 доби і 7 діб практично знаходиться на одному рівні в межах 44,4–47,5 Н/мм², але через 28 діб міцність цементного каменю з комплексним модифікатором у 1,4 рази нижча, ніж у зразків із ТПФН і без модифікаторів.

Результати рентгенофазового аналізу цементного каменю з В/Ц 0,31 і 0,2 у віці 3 діб показано на рис. 3.

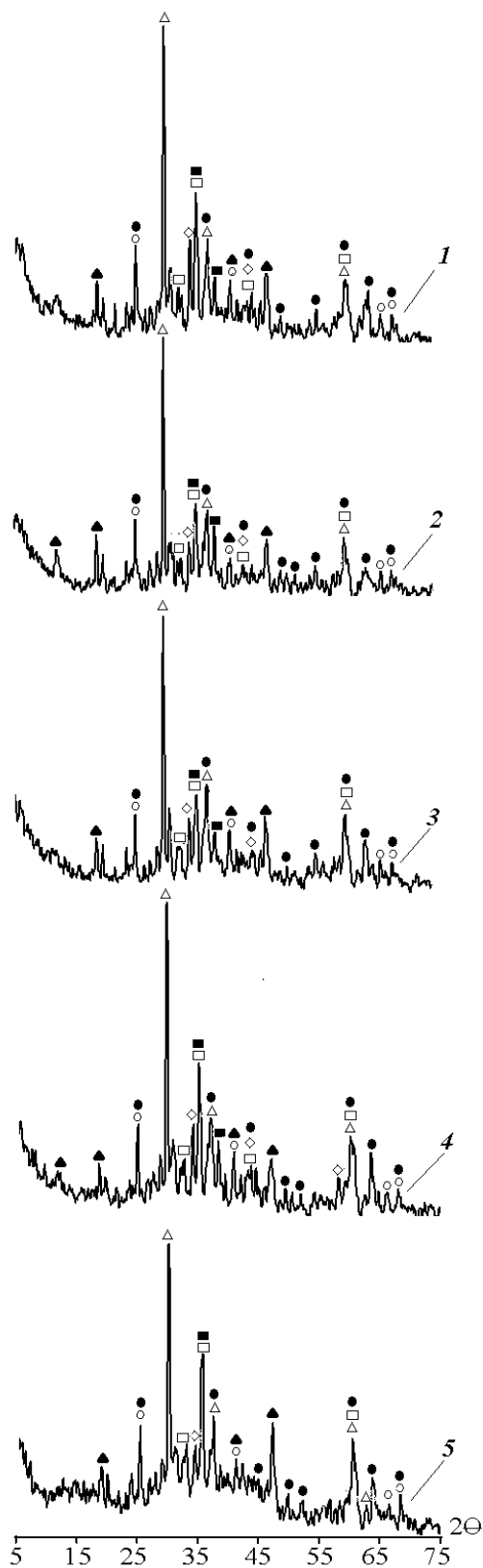


Рис. 3. Дифрактограми цементного каменю у віці 3 діб: 1, 2, 3 – В/Ц 0,31; 4, 5 – В/Ц 0,2; 1 – без добавки; 2, 4 – з ТПФН; 3, 5 – з комплексним модифікатором; \circ – α - Al_2O_3 ; Δ – СА; \square – CA_2 ; \blacktriangle – CAH_{10} ; \blacksquare – C_2AH_8 ; \bullet – AH_3 ; \diamond – C_3AH_6

Особливо слід відмітити ту обставину, що при зниженні В/Ц інтенсивність піків вихідних фаз (CA , CA_2) та CAH_{10} модифікованого цементу (рис. 3, лінії 2–5) зменшується за рахунок утворення C_2AH_8 і значної кількості AH_3 .

.....

.....

За результатами ІЧ-спектроскопії (рис. 4) визначалися смуги поглинання в області частот $3680\text{--}3460\text{ cm}^{-1}$, $2930\text{--}2850\text{ cm}^{-1}$, $1640\text{--}1400\text{ cm}^{-1}$, що відповідають валентним коливанням гідроксильних груп OH , метиленових груп і деформаційним коливанням молекулярної води ($H\text{--}O\text{--}H$), та у діапазоні частот $1370\text{--}1420\text{ cm}^{-1}$, що відповідають карбонатним комплексам.

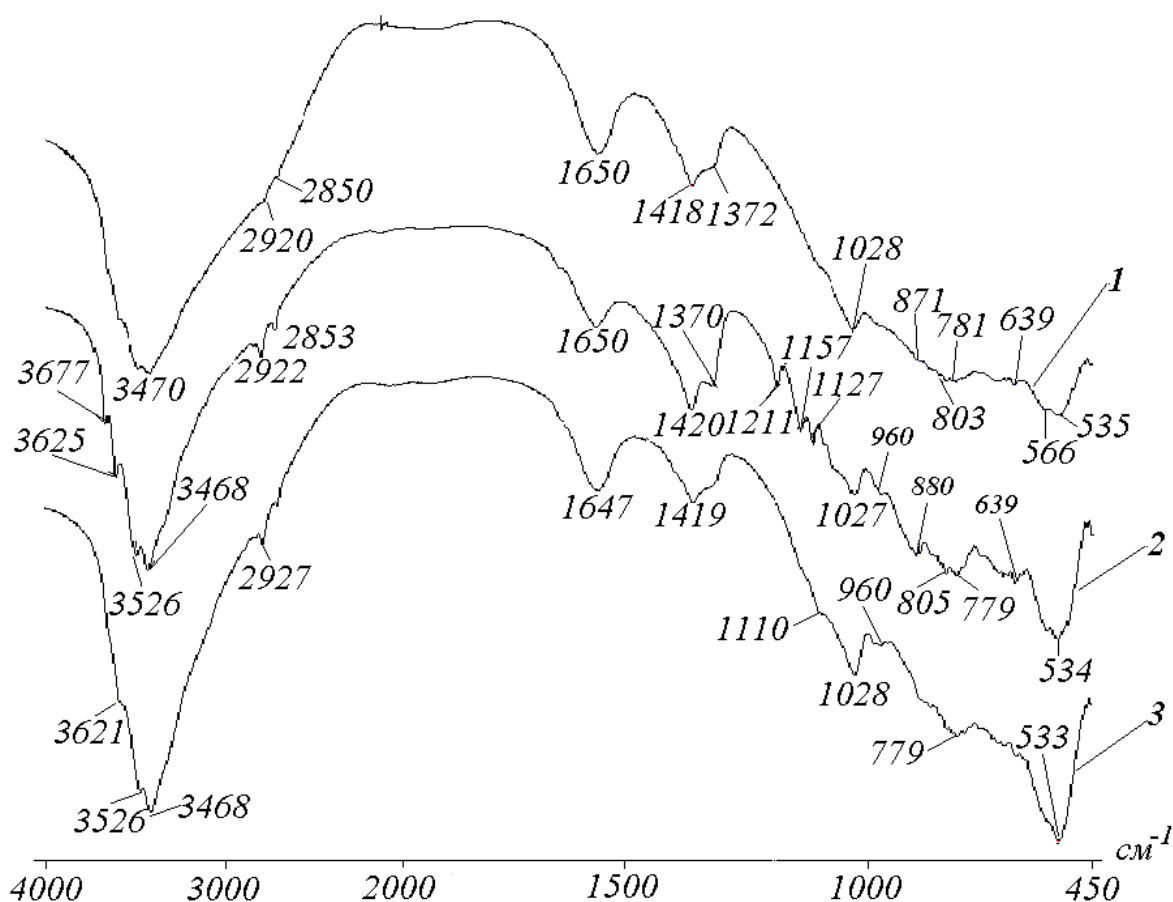


Рис. 4. ІЧ-спектри цементного каменю у віці 3-х діб: 1 – без модифікатора (В/Ц 0,31); 2 – з ТПФН (В/Ц 0,2); 3 – з комплексним модифікатором (В/Ц 0,2)

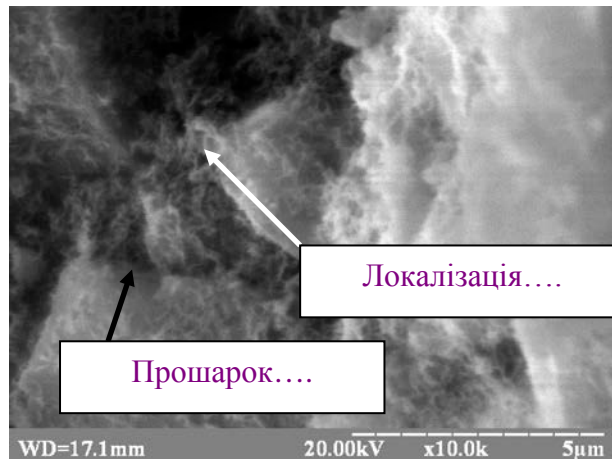
Особливий акцент при вивченні спектру, приведеного на рис. 4, слід зробити на діапазон частот $900\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$, що відповідає деформаційним коливанням зв'язків $AlO\text{--}OH$ в алюмогелі $Al(OH)_3$.

.....

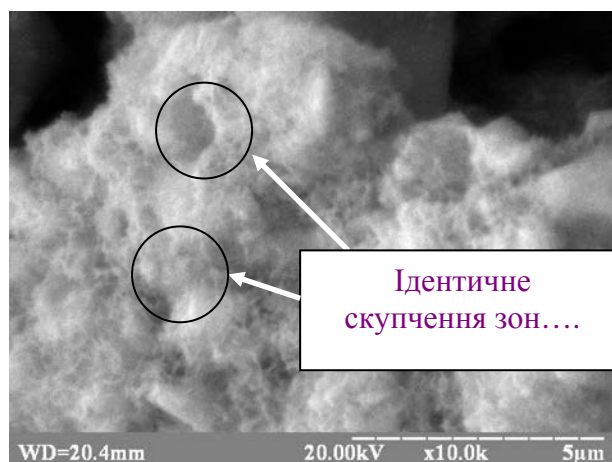
.....

Електронно-мікроскопічні знімки зламу зразків модифікованого цементного каменю (В/Ц 0,2) у віці 3-х діб (рис. 5) ілюструють формування цеолітної

структури, причому у разі модифікатору ТПФН (рис. 5, а) вона розподіляється по площині і характеризується новоутвореннями товщиною та довжиною 9–11 нм і 80–100 нм відповідно. **Узагальнення цього факту може бути сформульовано у вигляді наступного тезису: «Комплексний модифікатор надає структурам об'ємний та більш щільний характер (рис. 5, б), що пов'язано з переутрупуванням полімерних структур молекул різної будови ТПФН і суперпластифікатору С-3».**



а



б

Рис. 5. Мікрофотографії цементного каменю: а – з ТПФН; б – з комплексним модифікатором

Особливості дії модифікаторів на мікроструктуру цементного каменю визначають їх вплив на змінення показників властивостей (табл. 2) та мікроструктуру низькоцементного корундового бетону після випалу (рис. 6).

Таблиця 2

Вплив модифікаторів на властивості низькоцементного корундового вогнетривкого бетону

Вміст модифікатора, %		Границя міцності при стиску, Н/мм ² , при твердінні протягом		Показники властивостей після термообробки		
ТПФН	С-3	1 доби	3 діб	П, %	ρ, г/см ³	σ, Н/мм ²
0,15	–	20,5	30,8	$\frac{11,91}{12,88}$	$\frac{3,19}{3,37}$	$\frac{39,5}{146,7}$
0,15	0,05	18,7	38,6	$\frac{12,35}{13,68}$	$\frac{3,24}{3,33}$	$\frac{47,3}{185,9}$

Примітка: чисельник – температура 110 °С; знаменник – 1550 °С

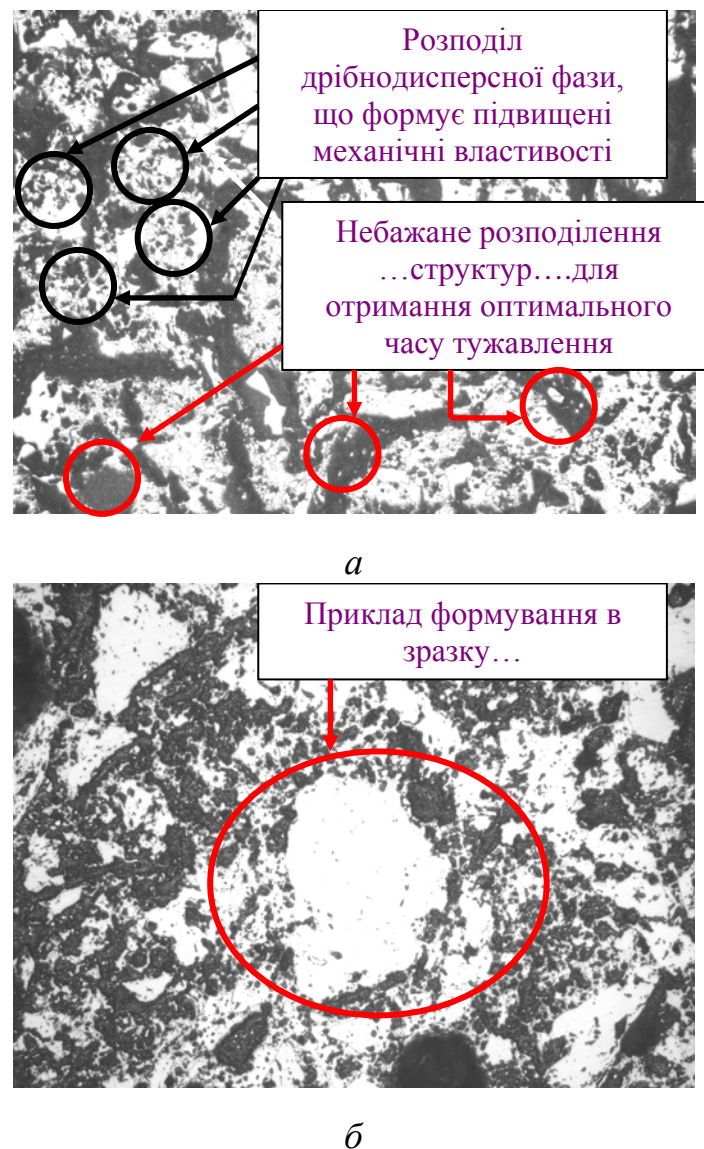


Рис. 6. Мікроструктура низькоцементного корундового бетону після випалу при 1550 °С (збільшення в ×50 разів): а – з добавкою ТПФН; б – комплексною добавкою; чорне – пори

Виходячи з цих результатів, можна констатувати наявність цікавої закономірності, що пов'язана з формуванням мікроструктури. Зокрема, мікроструктура бетону з добавкою ТПФН (рис. 6, а) представлена переважно дрібними капі-

лярними мікротріщинами гіллястої форми шириною 50–90 мкм, та незначною кількістю ізольованих пор округлої форми розміром 90–180 мкм (місцями до 360 мкм). **При цьому бетон з комплексним модифікатором (рис. 6, б) відрізняє дрібнопориста структура, однорідна за формою з мікропорами розміром в середньому в 2,5 рази меншою, ніж попередня (її абсолютне значення, як витікає з рис. 6, б, знаходиться в діапазоні 18–90 мкм).**

6. Обговорення результатів дослідження впливу модифікаторів на процеси гідратації, фазо- і структуроутворення цементного каменю

При визначенні ефективності комплексного модифікатору на процес тужавлення, як витікає з отриманих результатів (табл. 1 та рис. 1), закономірним є подовження часу кінця тужавлення модифікованого цементу. Це обумовлено диспергуючою дією ТПФН та утворенням адсорбційних шарів на поверхні клінкерних мінералів, які уповільнюють процеси дифузії іонів гідроксилів та утворення кристалогідратів. Слід зазначити, що присутність добавок ПАР призводить до Вочевидь такий механізм впливу ПАР є тим фактором регулювання процесу, завдяки якому комплексний модифікатор сприяє скороченню другого періоду на .. %. Але, в той самий час, цей механізм негативним чином впливає на тривалість третього періоду тужавлення.

В цьому сенсі **особливий інтерес має інтерпретація результатів рентгенофазового аналізу та ІЧ-спектроскопії, наведених на рис. 3, що підтверджує встановлення факту** зниження В/Ц. **Це свідчить про** утворення аморфних фаз, зокрема САН і САРН, **які неможливо ідентифікувати** за методом рентгенофазового аналізу [22].

Для доведення цього ствердження достатньо також уважно дослідити смуги поглинання в області частот 1370–1420 см^{-1} . **Більш того, зіставлення інтенсивності, напівширини та ступеню дифузності смуг спектрів зразків свідчить про** глибину проходження гідратаційних процесів. **Це означає, що врахування даного факту відкриває можливість для ефективного регулювання властивостями каменю безпосередньо в умовах серійного промислового виробництва.**

Зіставлення термінів тужавлення та тривалості періодів твердіння модифікованого цементу з різним В/Ц свідчить про прискорення процесів тужавлення цементного тіста. **Це не розходиться з практичними даними, добре відомими з робіт [7, 13], автори яких, до речі, теж пов'язують** зміну тривалості процесу з утворенням у складі бетонів менш стійких сполук **саме в** третьому інтервалі часу тужавлення. **Але, на відміну від результатів досліджень, опублікованих в [7, 13], отримані дані щодо** впливу ТПФН та комплексного модифікатора на процес тужавлення, **дозволяють стверджувати наступне:**

– основним регулятором процесу **є не стільки** формування значної кількості наноструктур, **скільки** дефлокуюча дія модифікаторів і розрідження цементного тіста;

– **суттєвий вплив на процес** здійснює **саме** правильне розташування добавок в ряду С-3 → комплексний модифікатор → ТПФН.

Такі висновки можуть вважатися за доцільні з практичної точки зору, тому що дозволяють обґрунтовано підходити до визначення необхідної кількості мо-

дифікатору. З теоретичної точки зору вони дозволяють стверджувати про визначення механізму процесів гідратації, що є певними перевагами даного дослідження. Однак неможливо не відмітити, що результати визначення (рис. 2) вказують на неоднозначний вплив модифікаторів на змінення механічної міцності. Це проявляється, в першу чергу, в.... Така невизначеність накладає певні обмеження на використання отриманих результатів, що може трактуватися як недоліки даного дослідження. Неможливість зняти названі обмеження в рамках даного дослідження породжує потенційно цікавий напрям подальших досліджень. Вони, зокрема, можуть бути орієнтовані на виявлення моменту часу, з якого починається падіння властивостей. Таке виявлення дозволить дослідити мікроструктурні перетворення, що починають відбуватися в цей час, та визначити вхідні змінні процесу, що суттєво впливають на початок «негативного» перетворення.

7. Висновки

1. Проведеними дослідженнями встановлено особливості просторової орієнтації та щільності наноструктур на поверхні гідратованих мінералів, які полягають у Завдяки цьому можна стверджувати, що... Триполіфосфат натрію, суперпластифікатор та комплексного модифікатору суттєво впливає на змінення характеру процесів тужавлення, фазо- і структуроутворення цементного каменю на ранніх стадіях твердіння. Це проявляється у....

2. Особливості формування мікроструктури термообробленого низькоцементного корундового бетону, що містить триполіфосфат натрію і комплексний модифікатор, полягають у... Завдяки такому механізму, що встановлено на основі..., механічна міцність цементного каменю підвищується з... до... В порівнянні з... це дозволяє стверджувати про ефективність використання модифікатору за таких технологічних режимів... Це свідчить про можливість спрямованого регулювання процесів формування міцної структури низькоцементних бетонів шляхом використання комплексного модифікатору, який містить поверхнево-активні речовини.

Література

1. Примаченко, В. В. Алюмосиликатные низкоцементные бетоны для футеровок элементов металлургических агрегатов [Текст] / В. В. Примаченко, В. В. Мартыненко, Л. А. Бабкина, Л. Н. Солошенко // Металлургия и горнорудная промышленность. – 2003. – № 5. – С. 64–66.
2. Егоров, И. В. Опыт эксплуатации неформованных огнеупорных материалов и изделий производства ООО „Кералит” в тепловых агрегатах черной металлургии [Текст] / И. В. Егоров // Новые огнеупоры. – 2006. – № 7. – С. 12–18.
3. Мигаль, В. П. Неформованные огнеупорные материалы для металлургической промышленности [Текст] / В. П. Мигаль, А. П. Маргашвили, В. В. Скурихин, Г. В. Русакова, П. Е. Алексеев // Огнеупоры и техническая керамика. – 2009. – № 4 – 5. – С. 27–33.

4. Мигаль, В. П. Неформованные огнеупоры, выпускаемые ОАО «Боровичский комбинат огнеупоров» [Текст] / В. П. Мигаль, В. В. Скурихин, В. В. Булин // Новые огнеупоры. – 2011. – №10. – С.11 – 14.
5. Пивинский, Ю. Е. Неформованные огнеупоры: справоч. изд. в 2 т. Т.1. Книга 1. Общие вопросы технологии [Текст] / Ю. Е. Пивинский. – М.: Теплоэнергетик, 2005. – 448 с.
6. Mathieu, A. Aluminous cement with high alumina content and chemical binders [Text] / A. Mathieu // The engineering and use of monolithic refractorie South Africa. 1993.
7. Parr, C. The effect of ambient temperature upon the placing properties of deflocculated castables [Text] / C. Parr, C. Revais, B. Valdelievre, A. Namba // Presented at TARJ Conference. Japan, 2000.
8. Parr, C. The effect of environmental temperature conditions on the rheology of deflocculated refractory castable [Text] / C. Parr, G. Assis, H. Fryda, M. Liyama, A. Borovsky // Presented at Annual de Materias Primas, Montaje y Maquinaria de Refractarios." organizado por ANFRE. 2010.
9. Nilforoushan, M. R. The Hydration Products of a Refractory Calcium Aluminate Cement at Low Temperatures [Text] / M. R. Nilforoushan, N. Talebiaan // J. Chem. Chem. Eng. 2007. – V. 26. – N. 2. – P. 71–76.
10. Payne, D. R. The Nature of the gel phase in calcium aluminate cements, the microstructure and chemistry of cement and concrete [Text] / D. R. Payne, J. H. Sharp // Presented at Aberdeen, Scotland, 1989.
11. Cuney, T. Chemical Preparation of the Binary Coumpouns in the CaO-Al₂O₃ System by Self Propagating Combustion Synthesis [Text] / T. Cuney // J. Amer. Ceram. Soc. 1998. – V. 81. – N 9. – P. 2853.
12. Scrivener, K. L. Historical and Present Day Application of Calcium Aluminate Cements [Text] / K. L. Scrivener // In Proc. of the 11th International Conference on Calcium Aluminate Cement. Edinburgh, Scotland, 2001.
13. Antonovic, V. A review of the possible applications of nanotechnology in refractory concrete [Text]. / V. Antonovic, I. Pundiene, R. Stonys, J. Cesniene, J. Keriene // Journal of civil engineering and management. 2010 – N. 16(4) – P. 595–602.
14. Fryda, H. Relation between setting properties of low cement castables and interactions within the binder system (CAC-Fillers-Additives-Water) [Text] / H. Fryda, K. Scrivener, Th. Bier, B. Espinosa // J. Amer. Ceram. Soc. 1997. – V. 3. – P. 1315–1323.
15. Пивинский, Ю. Е. О Влиянии разжижающих добавок на реотехнологические свойства ВКВС боксита [Текст] / Ю. Е. Пивинский, Ю. Н. Ермак, А. В. Череватова, Н. А. Шаповалов // Новые огнеупоры. – 2003. – №5. – С. 91–97.
16. Кащеев, И. Д. Влияние различных ПАВ на свойства алюмосиликатного бетона [Текст] / И. Д. Кащеев, К. Г. Земляной // Новые огнеупоры. – 2012. – № 7. – С. 29–31.
17. Хоммер, Х. Применение поликарбоксилатных эфиров в качестве дефлокулянтов в огнеупорных бетонах [Текст] / Х. Хоммер, К. Вутц, Й. Зайерль // Огнеупоры и техническая керамика. – 2007. – № 12. – С. 43–47.

18. Кащеев, И. Д. Регуляторы реологических свойств неформованных огнеупоров [Текст] / И. Д. Кащеев, К. Г. Земляной // Новые огнеупоры – 2005. – №9. – С. 44–48.
19. Пивинский, Ю. Е. Диспергирующие (дефлокулирующие) глиноземы. [Текст] / Ю. Е. Пивинский, Пав. В. Дякин, П. В. Дякин // Новые огнеупоры. – 2004. – №3. – С. 29–38.
20. Myhre, V. Substitution of reactive alumina with microsilica in low cement and ultra low cement castables [Text] / V. Myhre, Aase M. Hundere // Part I: Properties Related to Installation and Demoulding. 1997. – N. 4 – 7. – P. 91–100.
21. Песчанская, В. В. Низкоцементный корундовый бетон с модифицированным матричным компонентом [Текст] / В. В. Песчанская, А. С. Макарова, Я. Н. Питак // Огнеупоры и техническая керамика. – 2013. – №3 – 4. – С. 16–21.
22. Report on Advanced civil engineering materials based on inorganic polymers [Электронный ресурс] / P. W. Brown, D. Shi, W. Ma, J. Bothe, E. Gruczcinski, J. Dumm, J. Gulick, R. Dudenhofer // Washington. – 1993. Режим доступа: URL: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a270837.pdf>.
23. Пісчанська, В. В. Вплив поверхнево-активних речовин на дефлокуляцію алюмінаткальцієвого цементу [Текст] / В. В. Песчанская, О. С. Наумов, І. В. Голуб, Г. С. Макарова, Я. М. Пітак // Вісник НТУ „ХПІ”. – 2011. – №48. – С. 72–77.
24. Кузнецова, Т. В. Глиноземистый цемент [Текст] / Т. В. Кузнецова, Й. Талабер. – М.: Стройиздат, 1988. – 272 с.

References

1. Primatchenko, V. V, Martynenko, V. V, Babkin, L. A, Soloshenko, L. N. (2003). Alyumosilicatnye nizekotsementnye betony dlya futerovok elementov metalurgicheskikh agregatov. Metalurgiya i gornorudnaya promyshlennost, 5, 64–66.
2. Egorov, I. V. (2006). Opyt ekspluatatsii neformovannykh ogneupornykh materialov i izdelii proizvodstva OOO „Keralit” v teplovykh agregatakh chernoy metallurgii. Novye ogneupory, 7, 12–18.
3. Migal, V. P., Margashvili, A. P., Skurikhin, V. V., Rusakov, G. V., Alekseev P. E. (2009). Neformovannyye ogneupornyye materialy dlya metallurgicheskoy promyshlennosti. Ogneupory i tekhnicheskaya keramika, 4 – 5, 27–33.
4. Migal, V. P., Skurikhin, V. V., Bulin, V. V. (2011). Neformovannyye ogneupory, vypuskaemye OAO «Borovchinskiy kombinat ogneuporov». Novye ogneupory, 10, 11–14.
5. Pivinskii, YU. E (2005). Neformovannyye ogneupory: spravoch. izd. v 2 t. M.: Teplotekhnika, 1: Obshchie voprosy tekhnologii, 448.
6. Mathieu, A. (1993). Aluminous cement with high alumina content and chemical binders. The engineering and use of monolithic refractories South Africa.
7. Parr, C., Revais, C., Valdelievre, B., Namba, A. (2000). The effect of ambient temperature upon the placing properties of deflocculated castables. Presented at TARJ Conference. Japan.

8. Parr, C., Assis, G., Fryda, H., Liyama, M., Borovsky, A (2010). The effect of environmental temperature conditions on the rheology of deflocculated refractory castable. Presented at Annual de Materias Primas, Montaje y Maquinaria de Refractarios." organizado por ANFRE.
9. Nilforoushan, M. R., Talebiaan, N. (2007). The Hydration Products of a Refractory Calcium Aluminate Cement at Low Temperatures. *J. Chem. Chem. Eng.*, 26, 2, 71–76.
10. Payne, D. R., Sharp, J. H. (1989). The Nature of the gel phase in calcium aluminate cements, the microstructure and chemistry of cement and concrete. Presented at Aberdeen, Scotland.
11. Cuney, T. (1998). Chemical Preparation of the Binary Compounds in the CaO-Al₂O₃ System by Self Propagating Combustion Synthesis. *J. Amer. Ceram. Soc.*, 81, 9, 2853.
12. Scrivener, K. L. (2001). Historical and Present Day Application of Calcium Aluminate Cements. In Proc. of the 11th International Conference on Calcium Aluminate Cement. Edinburgh, Scotland.
13. Antonovic, V., Pundiene, I., Stonys, R., Cesniene, J., Keriene, J. (2010). A review of the possible applications of nanotechnology in refractory concrete. *Journal of civil engineering and management*, 16(4), 595–602.
14. Fryda, H., Scrivener, K., Bier, Th., Espinosa, B. (1997). Relation between setting properties of low cement castables and interactions within the binder system (CAC-Fillers-Additives-Water). *J. Amer. Ceram. Soc.*, 3, 1315–1323.
15. Pivinskii, YU. E, Ermak, E. N., Cherevatova, A. V., Shapovalov, N. A. (2003). O vliyaniy razzhizhayushchikh dobavok na reotekhnologicheskie svoistva VKVS boksita. *Novye ogneupory*, 5, 91–97.
16. Kashcheev, I. D, Zemlyanoy, K. G (2012). Vliyanie razlichnykh PAV na svoistva alyumosilikatnogo betona. *Novye ogneupory*, 7, 29–31.
17. Hommer, H., Vutts, K., Zayerl, J. (2007). Primenenie polikarboksilatnykh efirov v kachestve deflokulyantov v ogneupornykh betonakh. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*, 12, 43–47.
18. Kashcheev, I. D, Zemlyanoy, K. G (2005). Regulyatory reologicheskikh svoistv neformovannykh ogneuporov. *Novye ogneupory*, 9, 44–48.
19. Pyvynskyy, YU. E, Dyakyn, Pav. V., Dyakyn, P. V. (2004). Dispergiruyushchie (deflokuliruyushchie) glinozemy. *Novye ogneupory*, 3, 29 – 38.
20. Myhre, B., Hundere, Aase M. (1997). Substitution of reactive alumina with microsilica in low cement and ultra low cement castables. Part I: Properties Related to Installation and Demoulding, 4 – 7, 91–100.
21. Peschanskaya, V. V., Makarova, A. S., Pitak, Ya. N. (2013). Nizkotsementny korundovy beton s modifitsirovannym matrichnym komponentom. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*, 3 – 4, 16–21.
22. Brown, P. W., Shi, D., Ma, W., Bothe, J., Gruczcinski, E., Dumm, J., Gulick, J., Dudenhofer, R. (1993). Report on Advanced civil engineering materials based on inorganic polymers. Washington. Available at: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a270837.pdf>.

23. Pischanska, V. V., Naumov, O. S., Golub, I. V., Makarova, G. S., Pitak, Ya. M. (2011). Vplyv poverkhnevo-aktyvnykh rečovyn na defloculyatsiyu alyuminatkaltsievogo tsementa. Vistnyk NTU "KhPI", 48, 72–77.

24. Kuznetsova, T. V., Talaber, Y. (1988). Glinizemisty tsement. M.: Stroyizdat, 272.

Проведеними дослідженнями впливу триполіфосфату натрію та комплексного модифікатора на процеси тужавлення і твердіння, фазо- і структуроутворення цементного каменю встановлено механізми процесів... Доведено, що вони полягають у... Завдяки цьому стало можливим визначення формування структури та властивостей цементного каменю на ранніх стадіях твердіння. Експериментальними дослідженнями підтверджено, що... за рахунок переугрупування груп полімерних молекул триполіфосфату натрію і суперпластифікатора суттєво змінюється щільність упаковки молекул в адсорбційному шарі, структура і товщина поверхневого шару новоутворень на поверхні гідратованих фаз цементу. Це приводить до підвищення механічної міцності цементного каменю та формування заданих властивостей низькоцементного бетону. Зокрема встановлено, що завдяки... механічна міцність бетону підвищується з ... до.. Це дозволяє стверджувати про відповідність виявленого механізму формування властивостей та практичну привабливість запропонованих технологічних рішень. Останні, зокрема, стосуються визначення кількості модифікатора, Показано, що...

.....
Таким чином, *є підстави стверджувати про* можливість спрямованого регулювання процесів формування міцної структури низькоцементних бетонів шляхом використання комплексного модифікатора, який містить поверхнево-активні речовини.

Ключевые слова: *низькоцементный бетон, кальцийалюминатный цемент, гидратация, модификатор бетона, аморфная фаза, кристаллогидраты.*

Песчанская Виктория Викторовна

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра химической технологии керамики и огнеупоров

Национальная металлургическая академия Украины

пр. Гагарина 4, г. Днепр, Украина, 49005

E-mail: v_peschanska@gmail.com

Контактный тел.: 095-75-257-00

Количество статей в общегосударственных базах данных – 22

Количество статей в международных базах данных – 8

Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7500-336X>

Войтюк Анна Сергеевна

Аспирант

Кафедра химической технологии керамики и огнеупоров

Национальная металлургическая академия Украины

пр. Гагарина 4, г. Днепр, Украина, 49005
E-mail: voytyuk@gmail.com
Контактный тел.: 093-93-524-00
Количество статей в общегосударственных базах данных – 4
Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7156-2025>

Питак Ярослав Николаевич
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
Кафедра химической технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002
E-mail: pitak@gmail.com
Контактный тел.: 050-81-840-00
Количество статей в общегосударственных базах данных – 53
Количество статей в международных базах данных – 34
Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5421-6702>

Пісчанська Вікторія Вікторівна
Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра хімічної технології кераміки і вогнетривів
Національна металургійна академія України
пр. Гагаріна 4, м. Дніпро, Україна, 49005
E-mail: v_peschanska@gmail.com
Контактний тел.: 095-75-257-00
Кількість статей у загальнодержавних базах даних – 22
Кількість статей у міжнародних базах даних – 8
Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7500-336X>

Войтюк Ганна Сергіївна
Аспірант
Кафедра хімічної технології кераміки і вогнетривів
Національна металургійна академія України
пр. Гагаріна 4, м. Дніпро, Україна, 49005
E-mail: voytyuk@gmail.com
Контактний тел.: 093-93-524-00
Кількість статей у загальнодержавних базах даних – 4
Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7156-2025>

Пітак Ярослав Миколайович
Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
Кафедра хімічної технології кераміки, вогнетривів, скла і емалей
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002

E-mail: pitak@gmail.com

Контактный тел.: 050-81-840-00

Кількість статей у загальнодержавних базах даних – 53

Кількість статей у міжнародних базах даних – 34

Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5421-6702>

Peschanskaya Victoria

PhD, Associate Professor

Department of chemical technology of ceramics and refractories

National Metallurgical Academy of Ukraine

Gagarina ave., 4, Dnipro, Ukraine, 49005

E-mail: v_peschanska@gmail.com

Contact tel.: 050-69-396-00

The number of articles in the national database – 22

The number of articles in international databases – 8

Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7500-336X>

Voytyuk Anna

Postgraduate student

Department of chemical technology of ceramics and refractories

National Metallurgical Academy of Ukraine

Gagarina ave., 4, Dnipro, Ukraine, 49005

E-mail: voytyuk@gmail.com

Contact tel.: 093-93-524-00

The number of articles in the national database – 4

Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7156-2025>

Pitak Yaroslav

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department

Department of chemical engineering ceramics, refractories, glass and enamel

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

Курпчова str., 2, Kharkiv, Ukraine, 61002

E-mail: pitak@gmail.com

Contact tel.: 050-81-840-00

The number of articles in national databases – 53

The number of articles in international databases – 34

Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5421-6702>

Поштова адреса для відправки журналу:

Пісчанська Вікторія Вікторівна

Відділення Нової пошти №45 (м. Київ, вул. Ватутіна, 24)

Контактний тел.: +38050-33-77-800