

2. В.П.Дубовик, І.І.Юрик. Вища математика: Підручник. - К.: А.С.К. - 2001. - 648 с.
3. Белан С.В. Составление рационального расписания выезда пожарных автомобилей на пожар./ Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. труд. Выпуск 4. - Харьков: ХИПБ, 1998. - 236 с.
4. Мамон В.П. Розроблення методу визначення маршрутів прямування пожежних автомобілів до вогнищ пожеж: Автореферат дисертації. - Харків: ХПБ МВС України, 1998 р.- 18 с.
5. Соболев Н.Н. Модель для оценки эффективности организации гарнизонной службы пожарной охраны в городе./ Пожарная безопасность - 95: Материалы XIII Всероссийской научно-практич. конференции.- М.: ВНИИПО МВД России, 1995. - 419 с
6. Рак Т.Є. Метод оптимізації часу прибуття пожежних автомобілів на місця викликів. // Вісник Національного університету „Львівська політехніка”. Комп’ютерна інженерія та інформаційні технології. - 2001. - № 433 - С.207-211.
7. Комяк В.М., Коссе А.Г., Говаленков С.В., Соболев О.М. Рациональное покрытие міста пожежними депо з круговими нормованими зонами захисту. // Зб. наук. праць. Пожежна безпека - 2001. - Львів: Сполом, 2001.- С.416-419.
8. Боевой устав пожарной охраны Украины. - МВД Украины, 1995 г.

УДК 666.944.017

Т.Б. Юзьків к.т.н., доцент, М.З. Лоза, к.т.н.

(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙНОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ В УМОВАХ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Стаття присвячена питанням розробки жаростійких композиційних в'язучих одержаних шляхом механо-хімічної активації у вібраційному млині портландцементу з мінеральними і хімічними додатками та закономірностям їх структуроутворення.

В багатьох галузях промисловості використовуються технологічні операції пов'язані з нагріванням, випалом і термообробкою матеріалів, виробів і конструкцій. При оцінці спеціалістів в Україні експлуатується близько 15 тис. промислових печей, біля 3 тис. різних теплових агрегатів, на які витрачається більше 3 млн. дорогих вогнетривів і 2 млн. людиноднів висококваліфікованої праці [1]. Тому важливим завданням промислового виробництва, що пов'язане з високотемпературними тепловими агрегатами, є економна витрата вогнетривів. Вирішенню даного завдання сприяє використання замість штучних вогнетривів жаростійких бетонів, що прискорює темпи будівництва теплових агрегатів в 3-4 рази.

Для одержання жаростійкого бетону використовують різні типи цементів, серед яких особливе місце займають алюмінатні. Вони широко використовуються завдяки високій міцності в початковий період тверднення, підвищеній хімічній стійкості, можливості їх поєднання з різними додатками для одержання спеціальних бетонів.

Однак, в останні роки у зв'язку із зменшенням ресурсів високосортних бокситів якість алюмінатного (глиноземистого) цементу знижується. Підвищений вміст кремнезему в більш низьких сортах бокситу приводить до утворення в цементі геленіту - гідратаційно інертного матеріалу, відповідно знижується міцність цементного каменю. Тому розробка фізико-механічних основ синтезу жаростійких композиційних матеріалів з використанням багатокомпонентних цементів, які відзначаються здатністю до формування структури

каменю із заданими фізико-механічними та термомеханічними характеристиками, є актуальним завданням.

Діючим стандартом України ДСТУ Б В.2.7-46-96 передбачено випуск композиційних портландцементів та цементів із вмістом активних мінеральних додатків відповідно 35-80 мас. % [2]. Дані цементів при підвищеному вмісті мінеральних додатків характеризуються сповільненою кінетикою набору міцності, що вимагає їх активації. Одним із радикальних шляхів підвищення ефективності в'язучих систем є комплексне використання механо- та хімічної активації. При цьому оптимальним, із точки зору вдосконалення технології жаростійких цементів, є змішування та домелювання у вібраційному млині портландцементу з мінеральними та хімічними додатками, що мають відповідні якісні характеристики [3].

Важливим показником жаростійких властивостей цементів є відношення цементного каменю до дії високих температур. Процес нагрівання цементного каменю супроводжується фазовими перетвореннями, випаровуванням води, що виділяється із кристалогідратів, змінами пористості структури і, як наслідок, зниженням її міцності.

Для порівняльним досліджень цементні композиції готувались шляхом розмелення портландцементу з різною кількістю мінеральних додатків до заданої питомої поверхні в лабораторному вібраційному млині. З метою виявлення властивостей досліджуваних цементів при високих температурах проводились експерименти із зразками, що тверднули протягом 7, 28 діб, і в подальшому нагрівались до 100, 200, 400, 600, 800, 1100 і 1200 °С. Після витримки протягом 4 годин зразки охолоджували, випробовували і вивчали різними методами фізико-хімічних досліджень.

Встановлено, що міцність цементного каменю при нагріві до 200-300 °С збільшується завдяки ущільненню структури внаслідок виділення води, яка адсорбується гелем двокальцієвого силікату, а також кристалізації гідроксиду кальцію, який сприяє ущільненню цементного каменю при звичайних температурах. Міцність β -C₂S при 200-300 °С збільшується майже на 100% порівняно із початковою. При нагріванні вище 300 °С відбувається спад міцності внаслідок деформацій, що виникають між гелеподібною частиною цементного каменю і зернами клінкеру, які не розклались, так міцність C₃S падає на 20-50%. Різде падіння міцності відбувається при нагріванні до 500-600 °С і в більшості випадків вона є меншою в порівнянні із міцністю зразків, що не піддавались нагріванню. При цій температурі порушення структури підсилюються дегідратацією гідроксиду кальцію. При 1200 °С міцність гідратованих цементів становить 35-40% міцності зразків, що тверднули у нормальних умовах.

Аналіз зміни фізико-механічних властивостей клінкерних мінералів в залежності від температури нагріву показав, що із збільшенням температури нагріву до 1200 °С міцність β -C₂S та C₃A зменшується в певних для кожного мінералу температурних інтервалах. При цьому, найбільшу міцність тверднення має трикальцієвий силікат, але після нагріву до температури вище 500 °С відбувається різке падіння міцності.

Застосування звичайного портландцементу для приготування жаростійких бетонів не дає позитивних результатів, так як найбільший спад міцності портландцементного каменю відбувається при нагріванні його до температури 600 °С, внаслідок утворення CaO і вторинної його гідратації до гідроксиду кальцію. Для запобігання руйнування цементного каменю при дії на нього високих температур необхідно зв'язати Ca(OH)₂ у гідроалюмінати і гідросилікати кальцію, що досягається шляхом введення до складу портландцементу активних мінеральних додатків.

Роботами ряду дослідників встановлено [4], що вільний оксид кальцію добре зв'язується при дії високих температур речовинами, які містять в своєму складі кремнезем та глинозем. Для вивчення особливостей процесів структуроутворення досліджено вплив мінеральних додатків золи-виносу, доменного гранульованого шлаку та шамоту на фазовий склад цементного каменю, що тверднув при високих температурах.

Відомо, що основними складовими шамоту є $Al_2O_3 + TiO_2 - 30-34$ мас. % і $SiO_2 -$ близько 60 мас. %.

Методом рентгенофазового аналізу встановлено, що введення мінеральних додатків сприяє утворенню підвищеної кількості гідросилікатів та гідроалюмінатів кальцію. Не-гідратований портландцемент характеризується інтенсивними лініями алітової, белітової фази, чотирьох кальцієвого алюмофериту та три кальцієвого алюмінату ($d/n = 0,302; 0,276; 0,273; 0,260; 0,218$ нм та ін). Слід відмітити наявність на дифрактограмі характеристичної лінії двоводного гіпсу з $d/n = 0,756$ нм. На дифрактограмах через 7 та 28 діб гідратації ще фіксуються лінії негідратованих мінералів, інтенсивність яких зменшується з тривалістю гідратації. Також, слід відмітити присутність ліній гідроксиду кальцію ($d/n = 0,490$ нм) та еtringіту ($d/n = 0,973; 0,560$ нм). При введенні додатку тонкомеленого шамоту до складу портландцементу спостерігається збільшення інтенсивності ліній еtringіту, зменшення ліній $Ca(OH)_2$ при збільшенні ступеня гідратації алітової та белітової фази, що свідчить про взаємодію гідроксиду кальцію з кремнеземом та глиноземом шамоту. Гідросилікати кальцію, що утворюються, колюматують пори, ущільнюючи структуру цементного каменю. Згідно даних диференційно-термічного аналізу кількість $Ca(OH)_2$ у звичайному портландцементному камені становить 10-12%. При введенні активних мінеральних додатків кількість $Ca(OH)_2$ зменшується в 2-4 рази.

Термічний аналіз гідратованого трикальцієвого силікату виявляє три ендотермічні ефекти в температурних інтервалах 490-540 °C, 770-810 °C та 855-950 °C, що пов'язані із втратою води і розкладом карбонату кальцію, який утворився внаслідок карбонізації гідроксиду кальцію в процесі тверднення C_3S в нормальних умовах. Термограма гідратованих зразків трикальцієвого силікату з додатком тонкомеленого шамоту показує, що при нагріванні до 1200 °C протікають чотири реакції. Перші три відповідають ендотермічним ефектам, які властиві трикальцієвому силікату без додатків. Четвертий відповідає екзотермічній реакції між кремнеземом і глиноземом шамоту і оксидом кальцію або двокальцієвим силікатом з утворенням нових сполук. Дані новоутворення можна віднести до анортиту $CaOAl_2O_3 \cdot 2SiO_2$ і ранкініту $3CaO \cdot 2SiO_2$.

При гідратації $\beta-C_2S$ гідроксид кальцію не утворюється, тому тонкомелений шамот, який вводиться до складу мономінерального каменю при звичайних температурах можна розглядати як інертний наповнювач, що викликає суттєве зменшення міцності. Введення додатку тонкомеленого шамоту до складу беліту при нагріванні до 600 °C не має позитивного впливу на міцність. При цьому, при 800 °C відбувається значне збільшення міцності в 2,6-4,8 рази. Особливо сильно вона збільшується при нагріванні до 1200 °C, що обумовлено реакціями в твердому стані між белітом та шамотом. Реакції в твердому стані сприяють спіканню порошків, зменшенню об'єму пор і подальшому ущільненню моноліту.

За даними растрової електронної мікроскопії встановлено, що мікроструктура каменю на основі портландцементу, після нагрівання до 1200 °C має рихлий характер. Поряд із дрібнозернистими продуктами дегідратації спостерігається велика кількість кристалів CaO . Мікроструктура каменю на основі композиційного портландцементу з мінеральними додатками в нормальних умовах тверднення більш щільна, однорідна і містить значну кількість гелеподібної фази. В окремих місцях спостерігаються кристали $Ca(OH)_2$. Структура каменю на основі композиційного цементу після нагрівання до 1200 °C є більш дрібно кристалічною та містить кристали геленіту.

Введення тонкомеленого шамоту до складу трикальцієвого алюмінату значно зменшує його активність, але після дії високих температур міцність мономінерального каменю з додатком тонкомеленого шамоту значно вища від міцності чистого мономінерального каменю, що зумовлене частковим спіканням а також реакціями в твердій фазі між компонентами шамоту

і СаО, який виділяється при розкладі СЗА. При цьому, проходить зчеплення зерен порошків та збільшення міцності.

Таким чином, механоактивація є одним із ефективних шляхів максимального використання потенційних можливостей портландцементу, а також одним із найбільш ефективних способів механічної активації, який при значному скороченні енергетичних витрат дозволяє стати на шлях розробки ефективних композиційних в'язучих. Експериментально підтверджена можливість використання підвищеної кількості активних мінеральних додатків для одержання жаростійких композиційних в'язучих. Показано, що мінеральні добавки в складі портландцементу зв'язують Са(ОН)₂ у гідроалюмінати і гідросилікати кальцію, що сприяє ущільненню структури цементного каменю та запобігає руйнуванню цементного каменю при дії на нього високих температур.

ЛІТЕРАТУРА

1. Некрасов К.Д., Шейкин А.Е. Федоров А.Е. Влияние нагревания на прочность тяжелого бетона. Труды НИИЖБа «Жаростойкие бетоны», - Госстройиздат, - 1964.
2. Державний стандарт України ДСТУ Б В.2.7-46-96. Цементи загально будівельного призначення. - К.: Держкоммістобудування, 1996. - 16 с.
3. Т.Б. Юзьків, М.З. Лоза. Вплив високих температур на міцність композиційних портландцементів з механохімічною активацією. Збірник наукових праць "Пожежна безпека" №6, ЛПБ, 2005 р. С.68-70.
4. Мельников Ф.И. Физико-химические процессы, протекающие в жароупорных растворах и бетонах на портландцементе. Труды НИИЖБа «Технология и свойства жароупорных бетонов», - Госстройиздат, - 1959.

УДК 614.843

Кузьо І.В. д.т.н., професор (Національний університет "Львівська політехніка"),
Луц В.І. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ СТРУМЕНЯ ПОВІТРЯНО-МЕХАНІЧНОЇ ПІНИ СЕРЕДНЬОЇ КРАТНОСТІ СТРУМЕНЕМ ПОВІТРЯНО-МЕХАНІЧНОЇ ПІНИ НИЗЬКОЇ КРАТНОСТІ

В статті розглядаються проблеми транспортування струменя повітряно-механічної піни середньої кратності двома струменями такої ж піни низької кратності, приводиться опис установки для здійснення цієї задачі. Розглядається математична модель сумісного польоту пінних струменів різної кратності, аналізуються результати теоретичних та експериментальних досліджень.

При гасінні пожеж легкозаймистих рідин (бензин, нафта, мазут та ін.) пожежно-рятувальними підрозділами МНС України широко використовують генератори піни середньої кратності. Як відомо [1], гасіння пожежі піною є ефективним лише при певному значенні її кратності, так званій оптимальній кратності (K_{opt}), наприклад, гасіння легкозаймистих рідин в резервуарах: $K_{opt}=80...100$. Однак висока кратність піни забезпечує не тільки високу ефективність гасіння пожежі, але й має один суттєвий недолік – невелику дальність подачі струменя піни піногенератором. Така властивість піни [2] високої кратності полягає в її дуже малій питомій густині та низькій початковій швидкості отриманої піни, а отже - низькому значенні кінетичної енергії струменя. Невелика довжина струменя піни (6...8 м) потребує наближення пожежника до вогню, що є не завжди можливим, і завжди –