

ВІЦЕНКО Наталя Юріївна



УДК 666:695

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА СИЛІКАТНОЇ
ЦЕГЛИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАНІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ
ТА ДОБАВКОЮ ФОСФОГІПСУ**

05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2012

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Харківському національному університеті будівництва та архітектури (ХНУБА) Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
ВІННИЧЕНКО Варвара Іванівна,
Харківський національний університет
будівництва та архітектури,
професор кафедри «Механізації будівельних процесів».

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
ШАБАНОВА Галина Миколаївна,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
головний науковий співробітник кафедри
технології кераміки, вогнетривів, скла та емалі;

кандидат технічних наук,
РАПІНА Костянтин Олексійович,
Харківська національна академія
міського господарства,
старший викладач кафедри будівельних конструкцій.

Захист відбудеться «14» червня 2012 р. о 15-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.02 при Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий «___» травня 2012 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради,
к.т.н., доцент



Г.Л. Ватуля

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Забезпечення будівельної галузі будівельними матеріалами і виробами, що сприяють зниженню собівартості будівництва, засноване на ефективному використанні енергетичних ресурсів, природної сировини та інтенсифікації технологічних процесів виробництва.

Висока вартість енергетичних ресурсів наполегливо вимагає малоенергоємних технологій. Однак теоретичні й практичні питання утворення гідросилікатів кальцію в вапняно-кремнеземистій суміші без підведення енергії ззовні залишаються відкритими. Одним з перспективних напрямків вирішення цього питання є напрямок отримання вапняно-кремнеземистих виробів зі зниженням витрат на енергоносії, пов'язаних з тепловою обробкою.

Таким чином, вирішення проблеми зменшення витрат на виробництво силікатних виробів є актуальним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Робота виконана на кафедрі «Фізико-хімічної механіки і технології будівельних матеріалів і виробів» Харківського національного університету будівництва і архітектури за держбюджетною темою № 0109U000270 «Створення обладнання та технології комплексів з виготовлення дрібноштучних виробів безавтоклавного твердіння на основі механоактивованих силікатів», (2009-2010 гг).

Мета дослідження. Підвищення ефективності виробництва виробів на основі вапняно-кремнеземистої суміші з використанням відходу виробництва сільгоспдобрив – фосфогіпсу, негашеного вапна і застосування механічної активації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:
- виконати порівняльний термодинамічний аналіз у системах $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ та $\text{Ca(OH)}_2\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ для визначення переваги використання гашеного і негашеного вапна;

- дослідити вплив P_2O_5 на термодинамічну можливість прискорення реакцій утворення гідросилікатів кальцію в вапняно-кремнеземистій суміші;
- розробити склад суміші і визначити оптимальну тривалість механічної активації;
- скласти технологічну схему виробництва за енергозберігаючою технологією;
- визначити економічну ефективність енергозберігаючої технології виробництва силікатної цегли.

Об'єкт дослідження: силікатна цегла з механохімічною активацією вапняно-кремнеземистої суміші з використанням негашеного вапна.

Предмет дослідження: процес тверднення механоактивованої вапняно-кремнеземистої суміші з добавкою фосфогіпсу та використанням негашеного вапна.

Методи дослідження: Теоретичні дослідження виконані на основі закономірностей фізичної хімії, а саме, використаний термодинамічний метод дослідження хімічних реакцій, що дозволяє визначити напрямок процесу фазоутворення та енергетичні параметри отримання гідросилікатів кальцію. Для дослідження структуроутворення в отриманих зразках використовувалися такі методи фізико-хімічного аналізу: рентгенофазовий, інфрачервоної спектроскопії, диференційно-термічний, кристалооптичний та електронно-мікроскопічний. Обробка експериментальних даних проводилася методами експериментально-

статистичного моделювання. Фізико-механічні та експлуатаційні властивості силікатних виробів визначалися відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-80-2008 та ДСТУ Б В.2.7-42-97.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

показана енергетична доцільність використання системи $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ замість $\text{Ca(OH)}_2\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ при приготуванні вапняно-кремнеземистої суміші в технології виробництва силікатної цегли. Встановлено, що при здійсненні хімічних реакцій в системі $\text{Ca(OH)}_2\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ утворення таких гідросилікатів як тоберморит, ріверсайдит, афвілліт і гіллебрандіт можливо тільки при підводі енергії до системи, оскільки реакції є ендотермічними. При використанні в вапняно-кремнеземистій суміші негашеного вапна замість гашеного утворення цих гідросилікатів здійснюється за екзотермічним принципом – вони утворюються з виділенням тепла, так як їх ентальпія набуває від’ємного значення.

Виявлено спільний і окремий вплив механічної активації і добавки фосфогіпсу на міцнісні показники зразків, які свідчать про доцільність застосування механічної активації спільно з введенням до складу суміші фосфогіпсу, що дозволяє збільшити міцність на стиск силікатних зразків в 2,5-4 рази в порівнянні з активованою без фосфогіпсу і на два порядки порівняно з сумішшю, виготовленою без застосування механічної активації і добавки фосфогіпсу.

Встановлено вплив залишків фосфорної кислоти в фосфогіпсі на зміну енергетики хімічних реакцій утворення гідросилікатів кальцію. Участь P_2O_5 в хімічних реакціях підвищує термодинамічну ймовірність протікання процесу гідросилікатоутворення при нормальних умовах, зростання від’ємної величини зміни енергії Гіббса зазначено у гідросилікатів: тоберморит, гіроліт, афвілліт, фошагіт, ксонотліт, ріверсайдит та океніт.

Практичне значення одержаних результатів:

- запропоновано основні параметри процесу отримання силікатної цегли за енергозберігаючою технологією;
- розроблено проект технологічного регламенту виробництва силікатної цегли;
- складено проект технічних умов «Цегла силікатна. Технічні умови».
- теоретичні, технологічні та методологічні розробки, наведені в дисертаційній роботі використовуються в навчальному процесі при викладанні курсів «Енергозбереження у виробництві будівельних матеріалів», «Теплові установки у виробництві будівельних матеріалів», «Теплотехнічне обладнання виробництва будівельних матеріалів» Харківського національного університету будівництва та архітектури;
- запропоновано склад вапняно-кремнеземистої суміші з добавкою фосфогіпсу та використання механічної активації суміші;
- технічна новизна розроблених матеріалів дисертації підтверджена патентом України № 95147;
- впроваджено в проект будівництва заводу з виробництва силікатної цегли у місті Дніпродзержинськ.

Особистий внесок здобувача: Основні результати, які винесені на захист, отримані автором особисто [1-14].

Окремі аспекти теоретичних та експериментальних досліджень, а також впровадження результатів роботи виконані із співавторами праць.

В опублікованих роботах автору належать:

- аналіз та узагальнення результатів термодинамічних досліджень в системах $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ та $\text{Ca(OH)}_2\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ в залежності від використання гашеного і негашеного вапна, застосування механічної обробки і введення добавки [1, 2];
- дослідження впливу вмісту добавки, вапна і тривалості активації суміші на міцність зразків [3, 4];
- розрахунок енергії Гіббса та ентальпії утворення гідросилікатів кальцію вапняно-кремнеземистої суміші при впливі механічної активації [5];
- теоретичні основи, практичні особливості отримання вапняно-кремнеземистої цегли без застосування теплової обробки [6, 7, 12];
- аналіз основних можливостей щодо зниження енерго- і ресурсозбереження при виробництві силікатної цегли [9];
- аналіз залежності питомих поверхонь силікатних сумішей від тривалості механічної активації [8, 11];
- участь у аналізі результатів фізико-хімічних досліджень продуктів гідратації силікатної цегли [13, 14].

Апробація дисертаційної роботи:

Основні результати досліджень повідомлені на 65 і 66 науково-технічних конференціях ХДТУБА (2010-2011рр.); на XVIII міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». MICROCAD – 2010. – Харків, НТУ «ХПИ» (травень 2010 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій». – Тернопіль, ТНТУ ім. Пулюя (травень 2010 р.), міжнародній XVIII науково-практичній конференції «Теория и практика процессов измельчения, разделения, смешения и уплотнения материалов». – Одеса (серпень) 2010 р., II Міжнародній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасні технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів». – Харків, НТУ «ХПИ» (березень 2011), III Міжнародній науково-технічній конференції з будівельних матеріалів, конструкцій і споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті». – Харків, УкрДАЗТ (квітень 2011), міжнародній науково-практичній конференції «Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві». – Харків, ХДТУБА (квітень 2011), на XIX Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». MICROCAD-2011. – Харків, НТУ«ХПИ» (червень 2011), на V міжнародній науковій конференції «Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд». – Харків, ХНУБА (жовтень 2011).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 14 робіт: 9 статей у фахових виданнях, зареєстрованих у бюлетені ВАК України, 4 – в матеріалах доповідей і збірниках міжнародних конференцій, 1 патент України.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, основної частини (5 розділів), висновків, списку використаних джерел, додатків. Дисертація викладена на 156 сторінках, і включає 46 рисунків, 21 таблицю, списку використаних джерел з 179 найменувань і 5 додатків.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність дисертаційної роботи, сформульовані мета і основні завдання, розкриті наукова новизна й практична корисність отриманих результатів.

У першому розділі проведено аналіз існуючих технологій виробництва силікатної цегли та шляхи зниження енергетичних витрат при її виробництві.

Вирішенню проблем виробництва силікатної цегли присвячено роботи: W. Michaelis, H. Le Chatelier, Бутта Ю.М., Рашковича Л.М., Зейфмана М.І., Вознесенського В.О., Волженського О.В., Будникова П.П., Хінта Й.О., Бабушкіна В.І., Мчедлова-Петросяна О.П. та інших.

У теперішніх ринкових умовах все більшу актуальність при виробництві будівельних матеріалів набуває економія енергоресурсів, як найбільша стаття в собівартості готової продукції. Існуючі сучасні технології виробництва силікатної цегли включають гідротермальну обробку виробів в автоклаві для забезпечення протікання реакцій утворення гідросилікатів кальцію.

В силу високої енерго- і металоємності автоклавної обробки, вона є нерентабельною, тому наукові дослідження спрямовані на пошук інших шляхів прискорення хімічних реакцій.

Значний внесок у розвиток наукових уявлень внесли і вносять Есенбаєва А.А., Кисельова С.О., Луцкин Є.С., Нелюбова В.В., Осін Б.В., Плугін А.М., Сиваченко Л.А., Сиваченко К.Л., Сиваченко Т.Л., Сидорова Н.В., Сидорова Н.В., Урханова Л.О., Чесський Ю.В., Шабанова Г.М., Шинкевич О.С., Хомченко Ю.В. Теоретичне вирішення питань енергетики хімічних реакцій в системі $\text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$, було виконано Бабушкіним В. І., Матвєєвим Г. М., Мчедловим-Петросяном О. П. та доповнено Шабановою Г.М. і Кисельовою С.О..

В результаті аналізу показано, що існуючі технології та склади сировинної суміші дозволяють висунути гіпотезу про доцільність використання негашеного вапна та одночасну дію хімічної і механічної активації суміші для забезпечення умов твердіння силікатної цегли за рахунок тепла екзотермічних реакцій між компонентами суміші.

У другому розділі охарактеризовано матеріали і методи досліджень. Використані матеріали відповідають державним стандартам: пісок кварцевий з модулем крупності 1,25, вапно будівельне мелене першого сорту. В якості мінеральної добавки використовувався фосфогіпс (м. Дніпродзержинськ).

Зразки силікатної цегли виробляли напівсухим пресуванням і піддавали природному твердінню. Фізико-механічні властивості зразків досліджували у відповідності зі стандартними методами випробувань. Оптимізацію складу суміші виконували методом математичного планування експерименту. Всі одержані результати піддавали статистичному аналізу. Експериментальне визначення продуктів гідратації отриманих матеріалів проводились за допомогою комплексу сучасних фізико-хімічних методів аналізу: диференціально-термічного, інфрачервоної спектроскопії, рентгенофазового, кристалооптичного та електронно-мікроскопічного аналізів.

У третьому розділі приведено дані термодинамічних досліджень реакцій в системі $\text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ і $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$. При виробництві вапняно-піщану суміш

гасять в силосах або реакторах, де активний оксид кальцію з'єднується з водою і переходить в гашене вапно $\text{Ca}(\text{OH})_2$, з виділенням енергії: на 1 кг CaO – 269,526 ккал. Отже, ця енергія не використовується, тому викликає інтерес приготування суміші без попереднього гасіння оксиду кальцію.

Для порівняльного аналізу було здійснено розрахунок вільної енергії Гіббса утворення гидросилікатів при температурах 273, 298, 323, 423 і 473 К: гіллебрандіту, афвілліту, фошагіту, ксонотліту, ріверсайдіту, тоберморіту, гіроліту і океніту в системі $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - SiO_2 - H_2O і CaO - SiO_2 - H_2O , при співвідношенні $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і SiO_2 , CaO і SiO_2 , що становить 5:95.

Результати розрахунків при використанні негашеного вапна свідчать про можливість утворення всіх гидросилікатів кальцію в температурному інтервалі від 273 до 473К в такій послідовності: тоберморіт, ріверсайдіт, фошагіт, ксонотліт, гіллебрандіт, афвілліт, гіроліт і океніт (рис. 1, а).

У реакціях отримання гидросилікатів кальцію з гашеного вапна найбільш вірогідне утворення лише чотирьох гидросилікатів в такій черговості: тоберморіт, ріверсайдіт, гіллебрандіт, афвілліт (рис. 1, б).

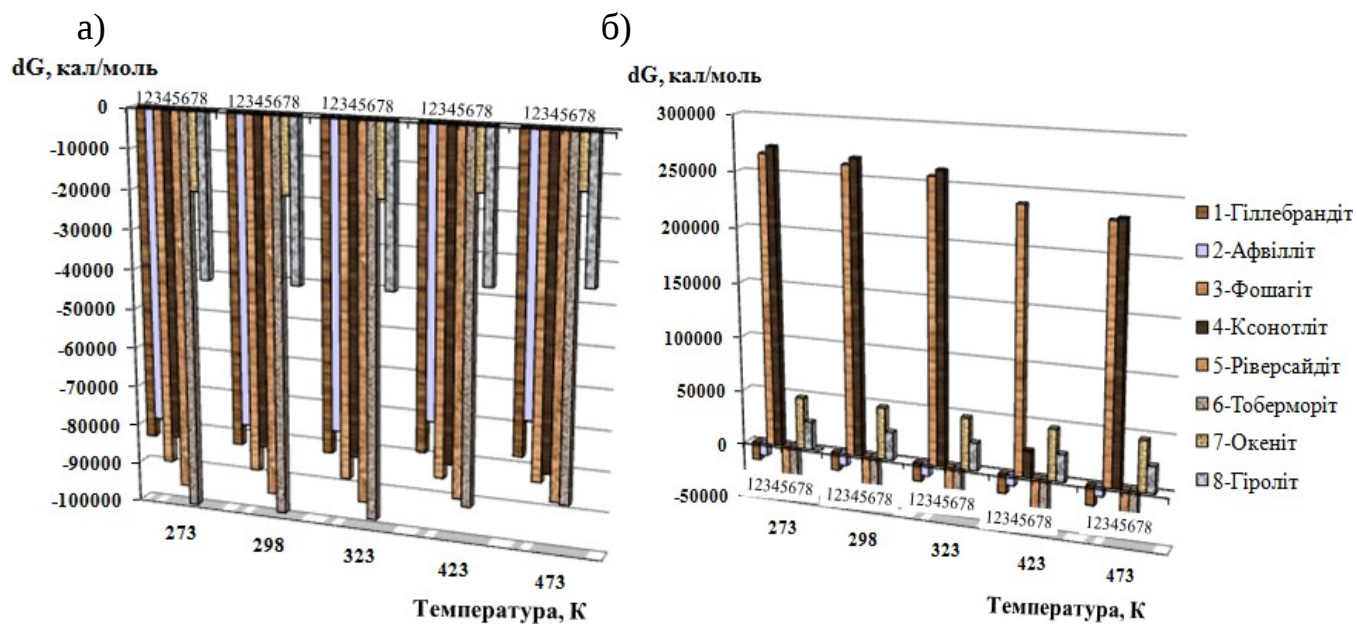


Рис. 1. Залежність енергії Гіббса утворення гидросилікатів кальцію від температури з негашеного вапна (а) та з гашеного вапна (б)

Відмінною особливістю здійснення реакцій з використанням негашеного вапна у вапняно-кремнеземній суміші є те, що термодинамічно вірогідними продуктами реакцій є всі розглянуті гидросилікати.

Відомо, що реакція взаємодії негашеного вапна з водою є екзотермічною і супроводжується значним виділенням тепла, яке повністю втрачається в довкілля і абсолютно не використовується в технологічному процесі виготовлення силікатної цегли. Крім того, реакції утворення гидросилікатів і тверднення гашеного вапна протікають вельми повільно, але утворення гидросилікатів кальцію може відбуватися не лише при автоклавній обробці, але і при кімнатній температурі.

Тому представляється доцільним провести порівняльний аналіз енергетики хімічних реакцій в двох варіантах: з використанням у вапняно-кремнеземній суміші оксиду кальцію і гідроксиду залежно від температури. Викликають інтерес результати розрахунку ентальпії утворення гідросилікатів кальцію залежно від вживання гашеного і негашеного вапна.

На рис. 2, а показана зміна ентальпії реакцій утворення гідросилікатів кальцію при використанні у вапняно-кремнеземній суміші гідроксиду кальцію.

При утворенні гідросилікатів – ксонотліт, фошагіт, гіроліт, океніт – ентальпія реакцій позитивна, а утворення таких гідросилікатів, як – тоберморіт, ріверсайдіт, афвілліт і гіллебрандіт, супроводжується зміною ентальпії реакцій у бік від’ємних значень.

Що це означає? У термодинаміці прийнято вважати позитивною теплоту, що поглинається системою в даному процесі, а від’ємною – теплоту, що виділяється системою. Розглядаючи в даному контексті значення зміни ентальпії хімічних реакцій в системі $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$, можна з упевненістю сказати, що утворення гідросилікатів: тоберморіт, ріверсайдіт, афвілліт і гіллебрандіт – можливо лише при підведенні енергії до системи.

При вживанні у вапняно-кремнеземній суміші замість гашеного вапна – негашеного, картина змінюється (рис. 2, б).

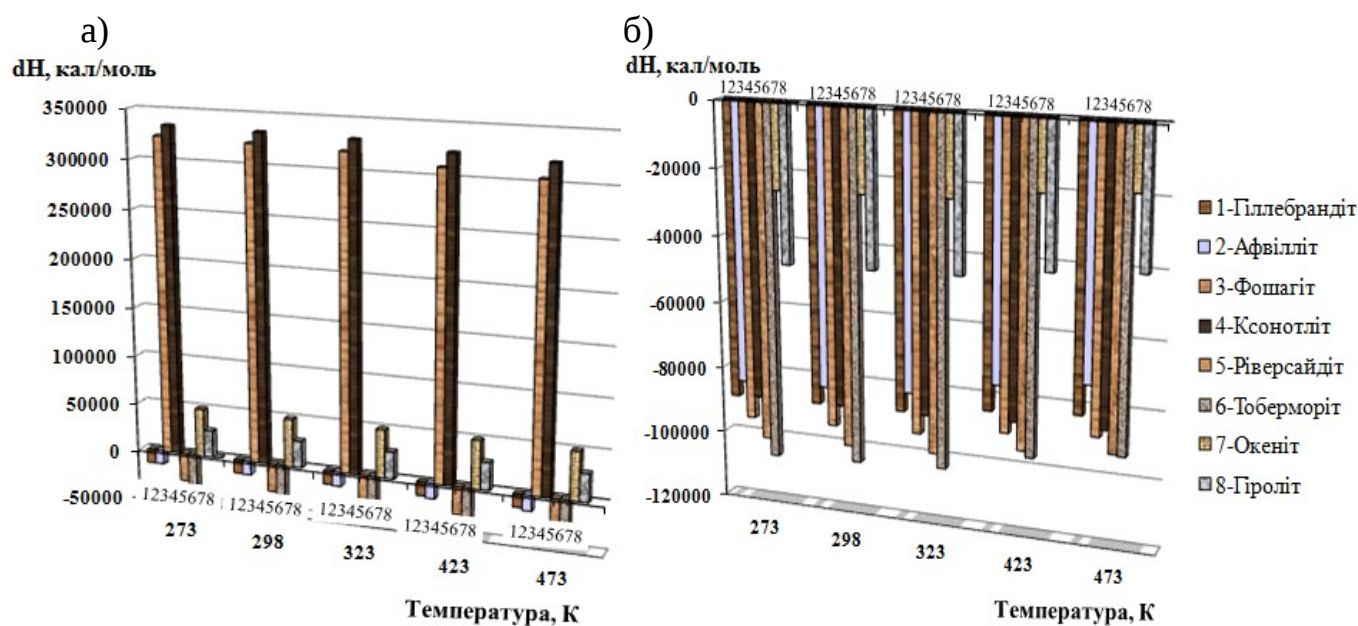


Рис. 2. Залежність ентальпії утворення гідросилікатів кальцію від температури в реакціях при використанні у вапняно-кремнеземній суміші гашеного вапна (а) та негашеного вапна (б)

Ентальпія всіх реакцій від’ємна, що свідчить про протікання реакцій утворення всіх розглянутих гідросилікатів з виділенням тепла. Іншими словами, це свідчить про теоретичну можливість протікання реакцій без підводу теплової енергії до системи. Крім того, при протіканні реакцій утворення одних і тих же гідросилікатів, тепла виділяється значно більше при використанні в якості вапняного компонента

негашеного вапна.

В результаті виконаних термодинамічних розрахунків показано, що з енергетичної точки зору найдоцільніше застосовувати у виробництві силікатної цегли негашене вапно.

Усе більш широко розвивається спосіб прискорення фізико-хімічних процесів за допомогою активації подрібненням, яка використовується для прискорення технологічних процесів. Механічна обробка компонентів робить значний вплив на характер і хід хімічних реакцій, в результаті у багатьох випадках продукти реакцій значно відрізняються від тих же продуктів, отриманих при традиційному ході реакцій. Причому, при механічній обробці хімічні реакції найінтенсивніше протікають безпосередньо в період механічної обробки з поступовим загасанням після її зняття. Вказану обставину визначає особливий інтерес до дослідження енергетичного стану мінеральних речовин.

Враховуючи те, що за даними Хінта при механічній активації 3 % кристалічного SiO_2 переходить у розчинний стан, для порівняльного аналізу були виконані розрахунки енергії Гіббса та теплоти утворення при температурі 273, 298, 323, 423 і 473 К утворення гідросилікатів у системі $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$.

Отримані результати показали, що застосування механічної активації сприяє зменшенню енергії системи.

Досліджувався також термодинамічний вплив P_2O_5 на активовану вапняно-кремнеземисту суміш. Наявність P_2O_5 у вапняно-кремнеземистій суміші зменшує енергетику реакцій, спостерігається зміна можливості і послідовності утворення на всьому температурному інтервалі в порівнянні з активацією без добавки розглянутих гідросилікатів кальцію (рис. 3).

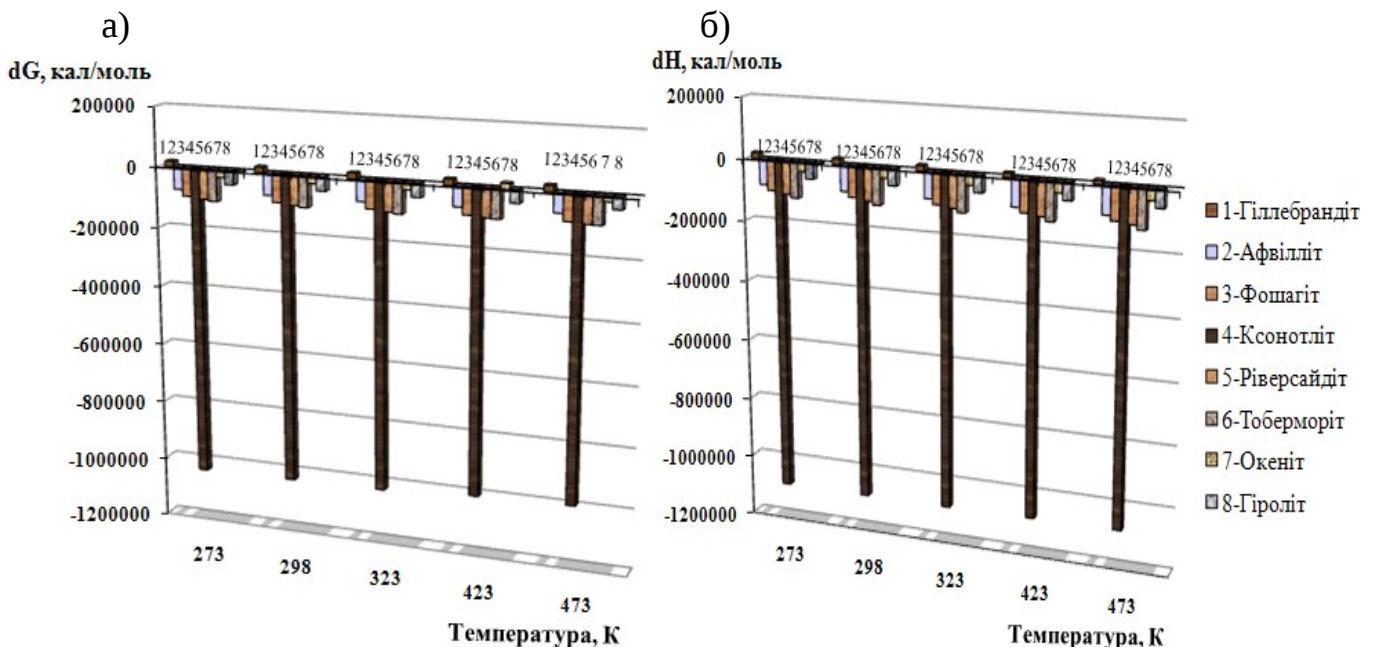


Рис. 3. Залежність енергії Гіббса (а) та ентальпії (б) утворення гідросилікатів кальцію від температури при наявності P_2O_5 у суміші

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень.

Для виявлення окремого впливу міцності на стиск механічної та хімічної активації було виготовлено зразки з чотирьох видів вапняно-кремнеземистої суміші: перша – не активована механічно та без хімічної добавки; друга – з хімічною добавкою без механічної активації; третя – з механічною активацією та без хімічної добавки; четверта – додали хімічну добавку та піддали механічній активації.

Для першої суміші міцність зразків на стиск (рис. 4) у віці 3 та 7 діб склала – 0,28 МПа та 0,52 МПа.

Хімічна активація без механічної сприяє підвищенню міцності на стиск у тому ж віці відповідно до 0,7 МПа і 1,2 МПа.

Дія механічної активації без хімічної дає змогу підвищення міцності майже на порядок у порівнянні з дією хімічної.

А сумісна механічна та хімічна активація має синергетичний ефект: міцність на стиск у віці 3 і 7 діб складає відповідно 24 МПа та 32 МПа, ці показники міцності перевищують показники зразків з активованої механічно суміші майже на два порядки.



Рис. 4. Залежність міцності на стиск, МПа у віці 3 та 7 діб від застосування добавки фосфогіпсу та механічної активації суміші

Виконано дослідження з виявлення впливу тривалості механічної активації на міцність силікатних зразків однакового складу при різному часі активації в барабанно-валковому активаторі. Барабанно-валковий активатор розроблено у Харківському національному університеті будівництва та архітектури, автори розробки: Болотських М.С., Федоров Г.Д., Савченко О.Г., Крот О.Ю., Буцький В.О., Супряга Д.В.

Мінімальний час активації вапняно-кремнеземистої суміші – 2 хв, максимальний – 30 хв. Від 2 до 10 хв, крок склав 1 хв, далі – 10 хв.

Випробування проводилися з вивчення набору міцності зразків силікатної цегли у віці 3, 7, 14 і 28 діб, тверднення відбувалося при нормальних умовах.

Отримані результати з міцності на стиск представлені на рис. 5.

Наведені дані дозволяють говорити про суттєвий вплив тривалості активації вапняно-кремнеземистої суміші на міцність зразків. Найбільш раціональною є активація в 6 – 7 хвилин для отримання міцності М200 і М250.

Зміна міцності зразків силікатної цегли в залежності від введення різної кількості фосфогіпсу у вапняно-кремнеземисту суміш проводилося з однаковою активацією в 7 хвилин. Кількість введення добавки становило 2, 6, 10 і 20 % від маси.

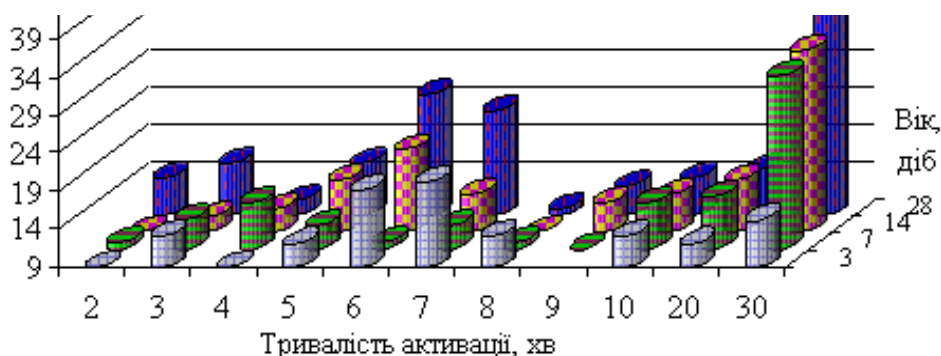


Рис. 5. Залежність міцності на стиск, МПа від тривалості активації, хв

З рис. 6 видно, що добавка фосфогіпсу позитивно впливає на зростання міцності зразків силікатної цегли, раціональна кількість добавки складає 10 %, так як саме при цьому значенні спостерігається найбільша міцність, яка у віці 3 днів відповідає марці М250 у відповідності з ДСТУ Б В.2.7-80:2008, в 7, 14 і 28 М300.

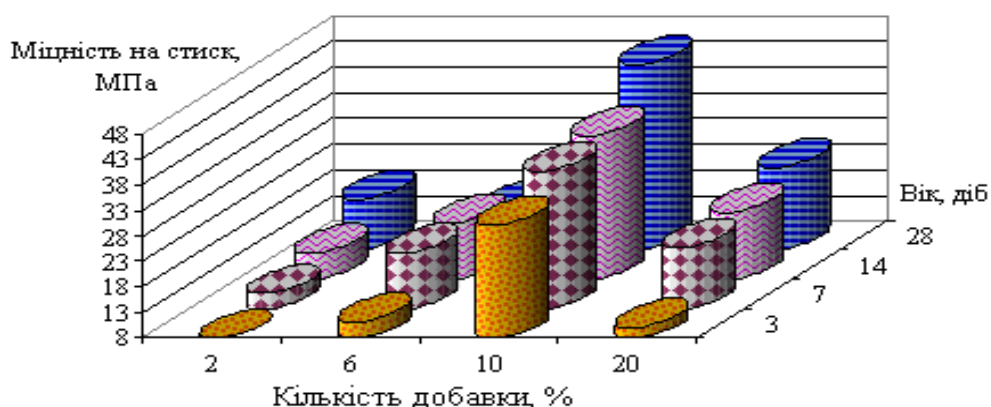


Рис. 6. Залежність міцності на стиск, МПа від кількості добавки, %

Досліджено вплив кількості введеної добавки у вапняно-кремнеземисту суміш на коефіцієнт розм'якшення.

Випробуванню піддавалися зразки, виготовлені з вмістом введеної добавки у кількості 4, 6, 10 і 20 %.

Отримані дані (рис. 7) свідчать про значний вплив кількості добавки на коефіцієнт розм'якшення. Раціональним є введення 10 % відсотків фосфогіпсу від маси.

Якісні показники отриманої цегли у віці 3 днів у відповідності з ДСТУ Б В.2.780:2008:

- міцність на стиск – 23 МПа;

- міцність на згин – 4,2 МПа;
- середня густина в сухому стані – 1650 кг/ м³;
- водопоглинання -8 %;
- морозостійкість- F 50.

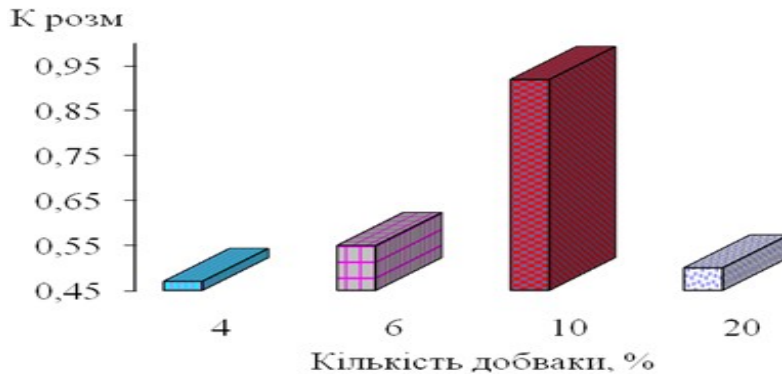


Рис. 7. Залежність коефіцієнту розм'якшення від кількості добавки, %

Продукти гідратації досліджено сучасними методами фізико-хімічних аналізів: диференційно-термічним, рентгенофазовим, кристалооптичним, інфрачервоної мікроскопії та електронно-мікроскопічним. Для порівняння досліджено зразки, які отримані за пропонованою технологією та Курязького заводу силікатних виробів.

На кривих нагрівання зразка силікатної цегли (рис. 8, а), отриманого з суміші, яка активована механохімічним способом, ендоефект зміщується в бік 130 °С і має загальну площу, більшу, ніж у зразка Курязького заводу силікатних виробів приблизно в два рази. Це обумовлено видаленням 1,5 молекул води з двуводного гіпсу і дегідратацією більшої кількості гідросилікатів, що виникли при механохімічній активації.

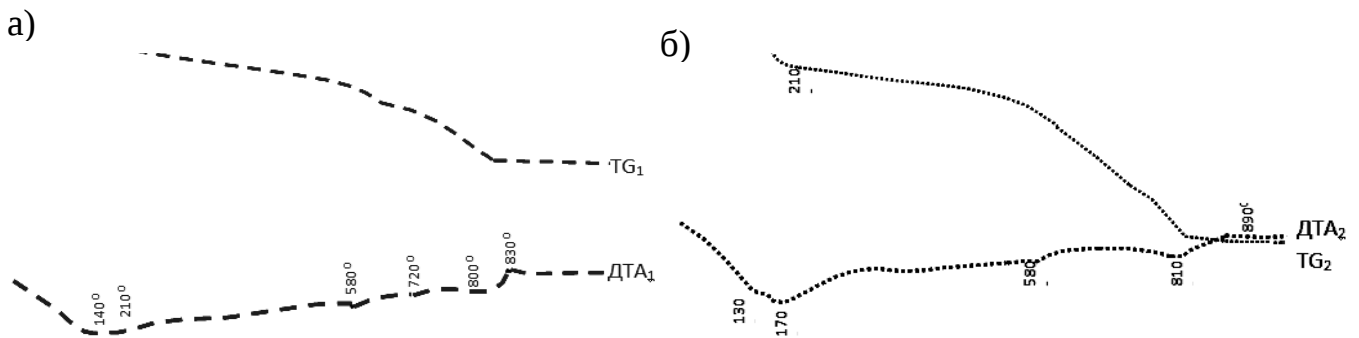


Рис. 8. Диференційно-термічний аналіз зразка силікатної цегли Курязького заводу силікатних виробів (а) та цегли з механохімічною активацією вапняно-кремнеземистої суміші (б). TG – крива зміни маси при нагріванні; ДТА – крива зміни ентальпії

В області температур (500-800) °С втрата маси на термограмі механохімічно активованого зразка дорівнює 4,5 %, а в зразку звичайної силікатної цегли майже в два рази менше – 2,3 %, що також можна пояснити утворенням гідросилікатів

кальцію в зразку з досліджуваного матеріалу, в порівнянні із зразком, який отримано традиційним способом.

Ендоефект при 580 °С належить β -кварцу і обумовлений переходом β -кварцу в α -кварц. Інтенсивний екзоелектростриктний ефект 830 °С свідчить про утворення тоберморіта 11,3 Å, низькоосновних гідросилікатів типу CSH (A), екзоелектростриктний ефект якого проявляється в інтервалі 830-850 °С. Ендоефект 720 °С (слабкий), в поєднанні з ендоефектом 140 °С, спостережувані на ДТА заводського складу, свідчить про утворення високоосновних гідросилікатів C_2SH (II) і C_2SHn . Їх відповідні ендоефекти 120 – 150 °С (дегідратація) і 600-700 °С (перехід C_2S з поліморфним перетворенням).

На рентгенограмі силікатної цегли, виготовленої в автоклаві за традиційною технологією (рис. 9, а), присутній набір ліній дифракційного відбиття основної мінеральної фази – низькотемпературної форми кварцу (β -кварцу): 4,26; 3,34; 2,45; 2,28; 2,24; 2,13; 1,978; 1,816; 1,670; 1,655; 1,608; 1,542; 1,374 Å та ін, ряд невеликих, але чітких піків польових шпатів типу ортоклаза: 6,20; 4,04; 3,68; 3,18; 2,93 Å, (домішка в кварцовому піску), найінтенсивніші лінії кальциту $CaCO_3$: 3,03; 2,09; 1,907; 1,876 Å.

У складі звичайної силікатної цегли помітно проявляється лінія тоберморіта 11,3 Å, і досить інтенсивна лінія 3,07 Å, лінія 2,97 Å (праворуч внизу лінії 3,026 Å), помітні лінії 2,82 Å, 1,83 Å і 1,67 Å. Таким чином, всі 6 ліній, характерних для тоберморіта 11,3 Å, проявляються на рентгенограмі, що свідчить про присутність тоберморіта 11,3 Å в складі в'язучого заводської силікатної цегли.

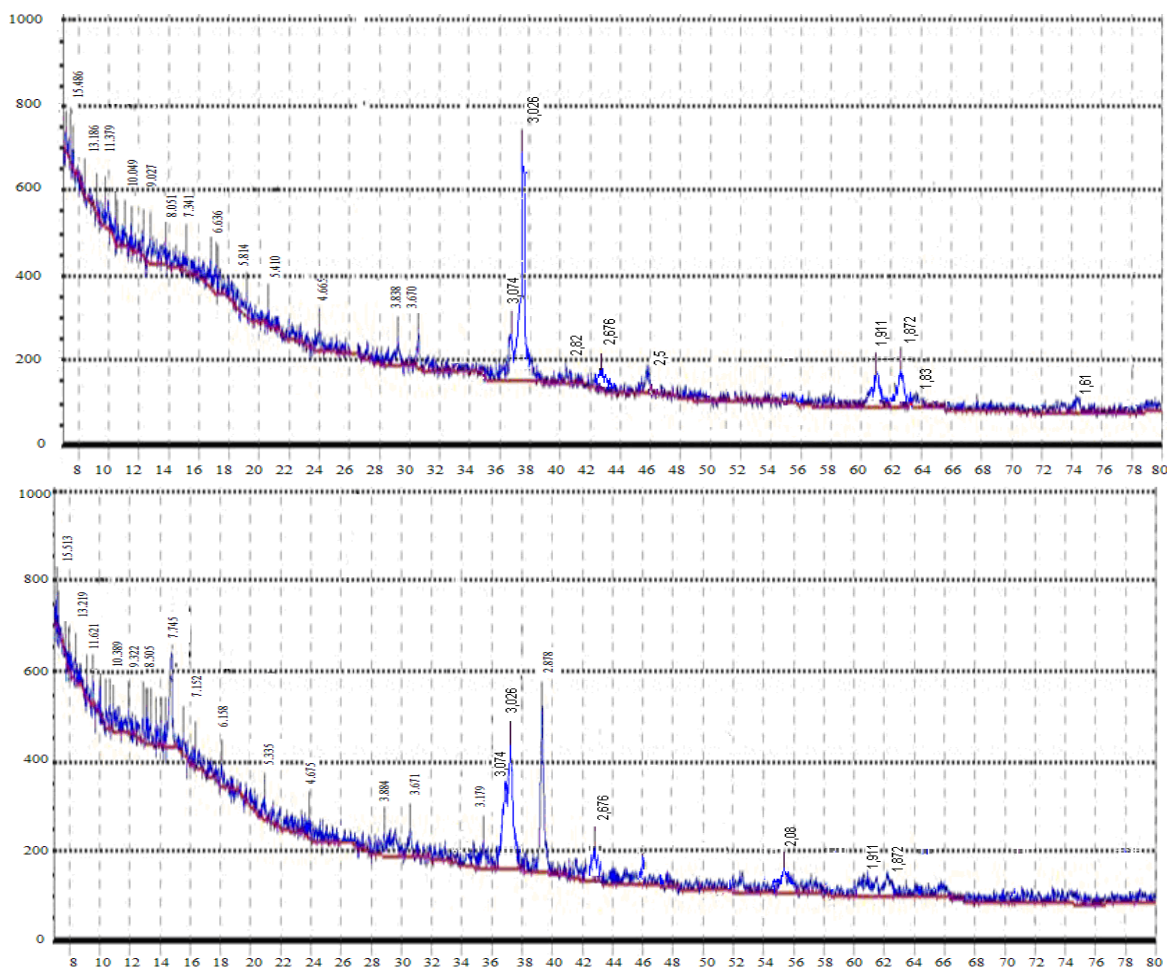


Рис. 9. Рентгенограми зразків силікатної цегли Курязького заводу силікатної цегли (а) та з механохімічно активованою вапняно-кремнеземистої суміші (б)

Для гіроліта лінія $9,6 \text{ \AA}$ проявляється недостатньо чітко, на лінію $4,2 \text{ \AA}$ накладається лінія кварцу, $3,84 \text{ \AA}$ – досить інтенсивна; $3,36 \text{ \AA}$ – накладається лінія кварцу, $3,15 \text{ \AA}$ – помітна, $2,82 \text{ \AA}$ – зливається з лінією тоберморіта, лінія $2,65 \text{ \AA}$ зливається з лінією тоберморіта, на лінію $2,25 \text{ \AA}$ – накладається лінія кварцу; на лінію $1,884 \text{ \AA}$ накладається лінія CaCO_3 .

Із 9 ліній, характерних для гіроліта, 2 проявляються чітко, 1 – недостатньо чітко, на інші накладаються лінії кварцу і кальциту. Лінії, які не знайшли відображення на рентгенограмі, відсутні. Можна вважати, що гіроліт у складі проб заводської силікатної цегли присутній.

Для Z-фази Ассарсона проявляється лінія $3,057 \text{ \AA}$ (близька до ліній інших гідросилікатів), лінії $2,88 \text{ \AA}$ і $2,67 \text{ \AA}$ (близькі до ліній гіроліта).

У складі проб з механохімічно активованої суміші (рис. 9, б) лінія тоберморіта $11,3 \text{ \AA}$ практично не проявляється, лінія $3,07 \text{ \AA}$ проявляється інтенсивно в складі інших гідросилікатів кальцію та гіпсу, лінії $2,97 \text{ \AA}$ і $2,8 \text{ \AA}$ – виявляються слабо; на лінії $1,83 \text{ \AA}$ і $1,67 \text{ \AA}$ – накладаються лінії кварцу. Таким чином, з 6 ліній 2 найбільш інтенсивні лінії практично не виявляються, 2 проявляються слабо і на 2 накладаються лінії кварцу.

Для гіроліта проявляється слабка лінія $9,6 \text{ \AA}$, на лінію $4,2 \text{ \AA}$ накладається лінія кварцу, лінія $3,84 \text{ \AA}$ – досить інтенсивна; $3,36 \text{ \AA}$ – накладається лінія кварцу; $3,15 \text{ \AA}$ – досить інтенсивна; $2,85 \text{ \AA}$ – близько розташована до інтенсивної лінії двуводного гіпсу, $2,65 \text{ \AA}$ – досить інтенсивна; $2,25 \text{ \AA}$ – накладається лінія кварцу; $1,884 \text{ \AA}$ – накладається лінія CaCO_3 . Як видно, з 9 ліній, характерних для гіроліта, 2 проявляються досить інтенсивно, 1 – слабка і на 3 накладаються лінії кварцу і кальциту. З певною вірогідністю можна вважати гіроліт присутнім у складі продуктів з активованої суміші.

Для Z-фази Ассарсона лінія $3,057 \text{ \AA}$ проявляється досить інтенсивно в складі інших гідросилікатів кальцію, лінія $2,88 \text{ \AA}$ збігається з інтенсивною лінією гіпсу, $2,67 \text{ \AA}$ – збігається з лінією гіроліта. Лінії, які б не знайшли відображення на рентгенограмі, відсутні. Таким чином, з певною ймовірністю можна вважати, що гідросилікати Z-фази Ассарсона також присутні у складі активованої суміші.

Характерними відмінностями інфрачервоного спектру (ІЧС) (рис. 10) між

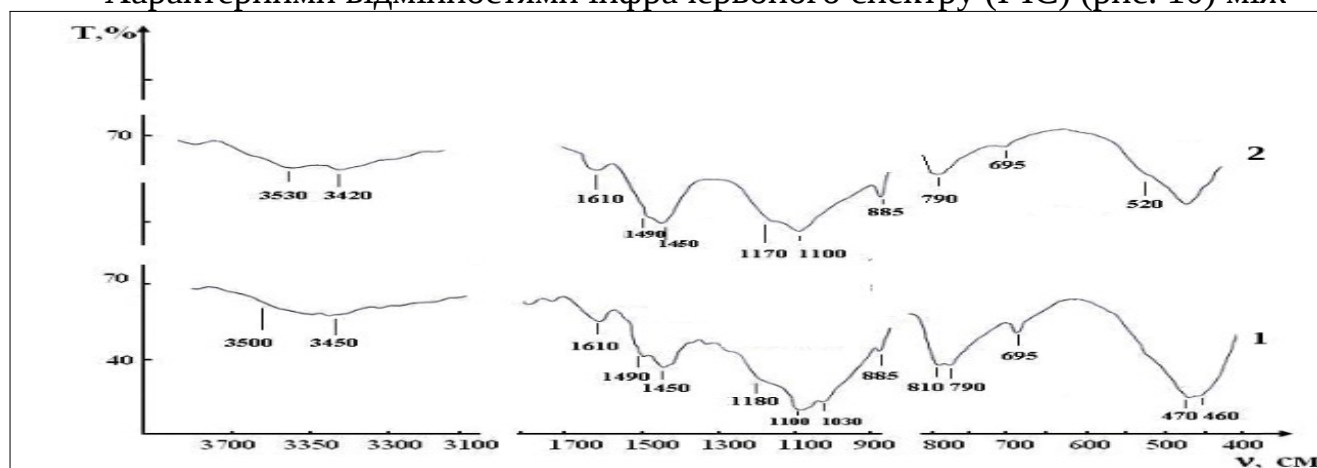


Рис. 10. Інфрачервоні спектри поглинання зразків Курязького заводу силікатної

цегли-крива 1, крива 2 – силікатна цегла за пропонованою технологією зразками є більш висока інтенсивність смуг у тоберморіта в області 3400 см^{-1} , 1430 см^{-1} і 980 см^{-1} , збільшення інтенсивності смуги 1600 см^{-1} , а також поява смуг в області 1200 см^{-1} , 1080 см^{-1} .

Ці ознаки повною мірою виявляються на ІЧС досліджуваних зразків, що свідчить про присутність у продуктах реакцій заводської силікатної цегли головним чином тоберморіта, а в продуктах реакцій з активованої суміші- тоберморітоподібної фази (тоберморітового гелю). Разом з тим близькі до зазначених смуг 1170 см^{-1} і 1080 см^{-1} , що належать тоберморіту, спостерігаються і в пробах з активованої суміші, що вказує на знаходження в ньому певної кількості тоберморіту.

Порівняльні електронно-мікроскопічні знімки (ЕМЗ) представлено на рис. 11.

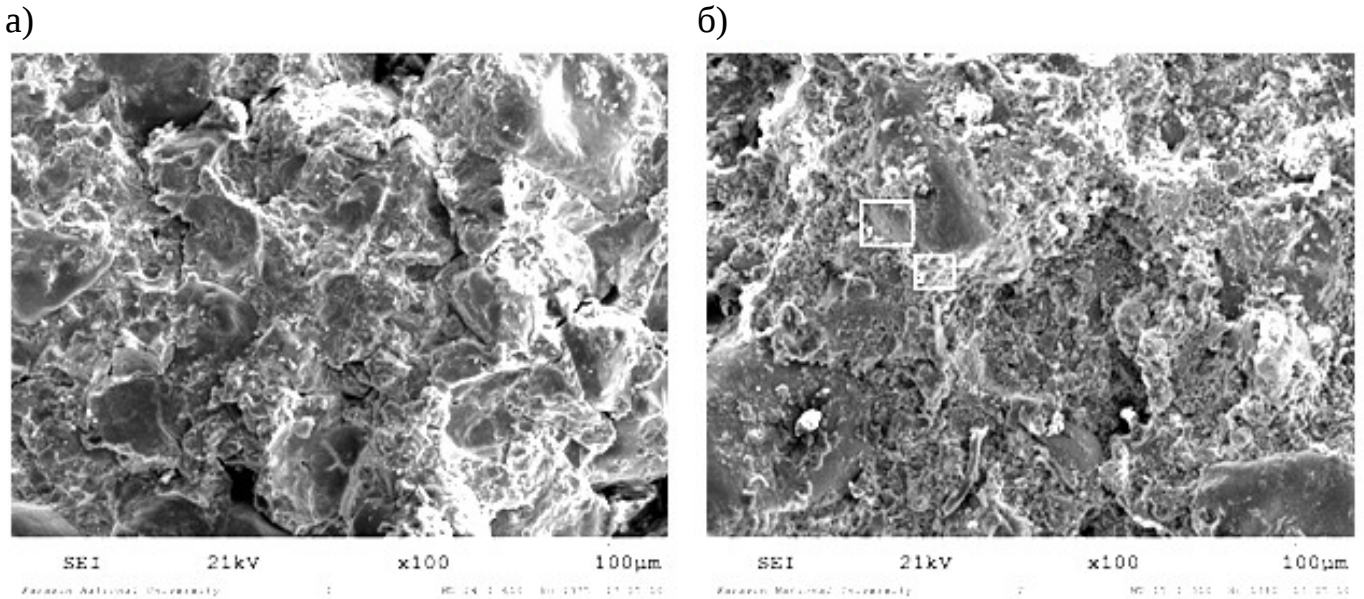


Рис. 11. ЕМЗ силікатної цегли Курязького заводу (а) і виготовленого за пропонованою технологією (б)

На обох ЕМЗ спостерігаються великі зерна розміром близько 100-300 мкм (0,1- 0,3 мм), що належать дрібному піску. У заводській цеглі більша частина поверхні зерен оголена, на ній відсутні будь-які продукти гідратації портландіта або гідросилікатів кальцію (ГСК). Це підтверджують виконані нами дані рентгенографії та ІЧС про відсутність портландіта в складі продуктів гідратації в'язучого, і свідчить про слабку адгезію ГКС до зерен піску у заводській цеглі.

На ЕМЗ цегли, виготовленої за пропонованою технологією (рис. 11, б), в основному всі зерна покриті продуктами гідратації в'язучого.

Згідно збільшеному фрагменту 1 (рис. 12, а), обраному із зони з найтоншим поверхневим шаром новоутворень (рис. 11, б), вони мають близьку до призматичної форму із закругленими кутами і ребрами. Це свідчить про те, що продуктами гідратації на поверхні зерен піску є кристалогідрати двогідрату сульфату кальцію, міцно пов'язаними з поверхнею частинок піску. Чергуючись з шарами гідросилікатів кальцію, шари двогідрату сульфату кальцію утворюють прошарки між дрібними частинками розмірами близько 10-30 мкм, які є частинками меленого піску.

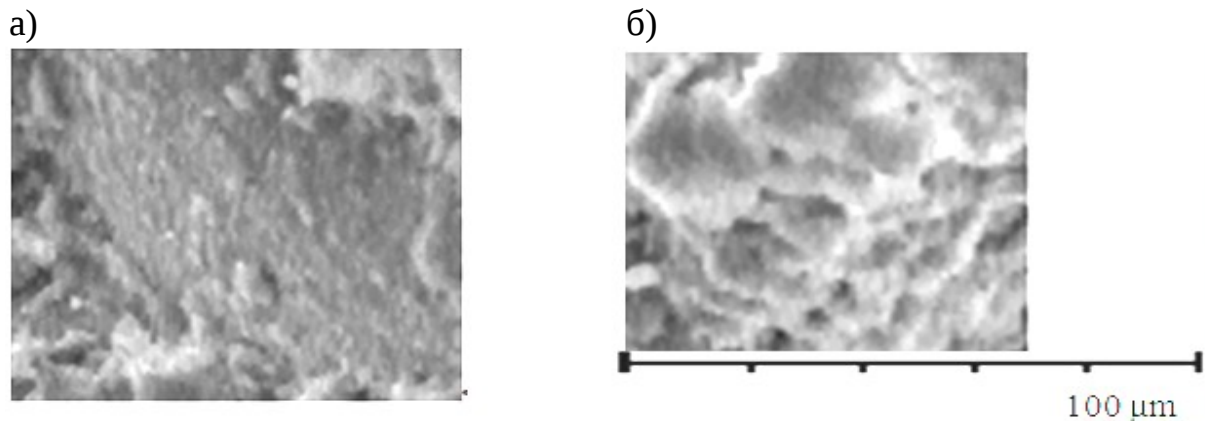


Рис. 12. Збільшені фрагменти 1 (а) і 2 (б) з ЕМЗ на рис. 11

При великому збільшенні ($\times 10000$) на зразках звичайної цегли видно флокули ГСК розміром в декілька мкм, а також ізольовані частинки таких розмірів (рис. 13, а). На збільшеному фрагменті 1 з цього ЕМС (рис. 13, б) видно, що ці флокули утворені з більш дрібних частинок розміром близько $0,2-0,3 \text{ мкм} = 2000-3000 \text{ \AA}$ (глобули).

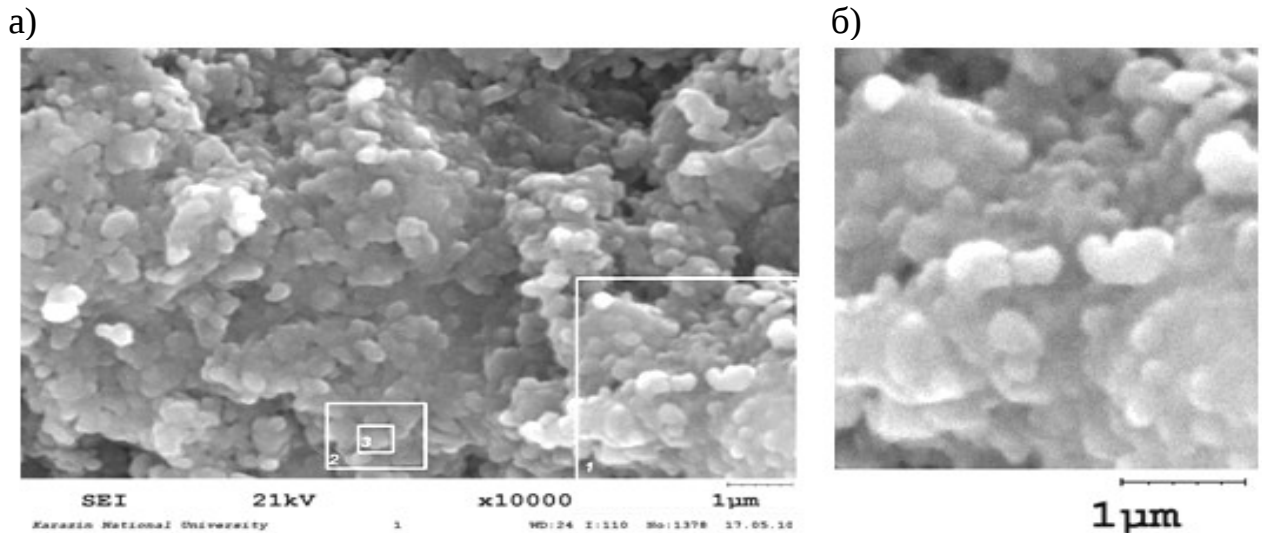


Рис. 13. ЕМС заводської силікатної цегли (а) та її збільшений фрагмент 1 (б)

Згідно рис. 14, а, на якому зображений збільшений фрагмент 2 з рис. 13, а, серед ГСК виявляються й більші частки розміром близько $0,4-0,5 \text{ мкм}$ гексагональної форми, що підтверджує присутність в ГСК гіроліта і Z-фази Ассарсона (вони являють собою пластинчасті безбарвні гексагональні кристали з досконалою спайністю). Ці частинки також ізольовані, утворюють досить чітко виражені пори і щільні контакти, утворені, вочевидь, через дуже тонкі прошарки води. У свою чергу ці частинки складені з найменших структурних елементів – подовжених гелевих часток розміру близько $100 \times 300 \text{ \AA}$, що мають спільну паралельну орієнтацію, що узгоджується з базальною спайністю цих кристалів.

Однак, основна маса ГСК є слабозакристалізованою, складеною з частинок, близьких до округлених багатогранних або сферичних, на підставі чого їх слід віднести до тоберморітового гелю.

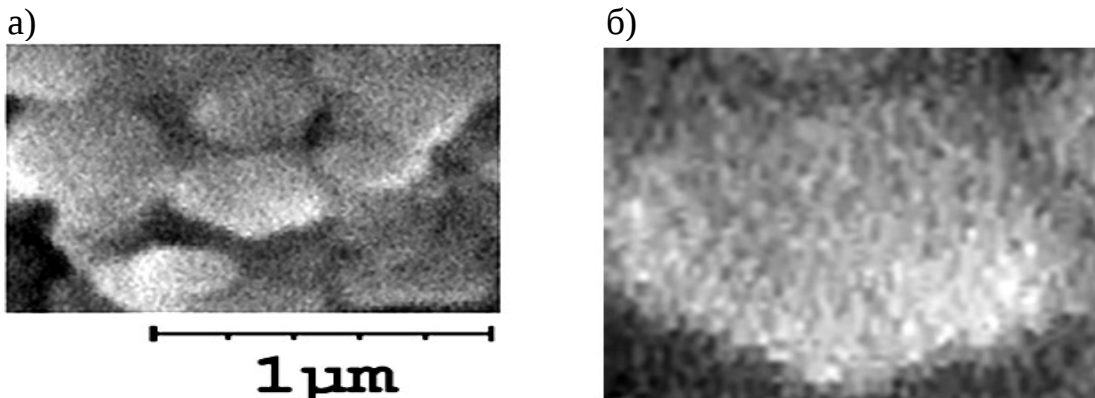


Рис. 14. Фрагменти 2 (а) і 3 (б) збільшення рис. 13, а. Збільшення фрагмента 3 - $\times 22000$. Подовжені частинки мають видимий розмір близько 2×6 мкм, тобто дійсний розмір – 100×300 Å

На ЕМЗ зразка з активованою сумішшю з добавкою при збільшенні $\times 10000$ (рис. 15, а) спостерігаються більші утворення, також розміром в декілька мкм. Окремі з цих утворень близькі за розмірами і формою кристалам двугідрата сульфату кальцію – плоскі призматичні і пластинчасті кристали товщиною близько 2-3 мкм і поперечним розміром близько 5-15 мкм (рис. 15).

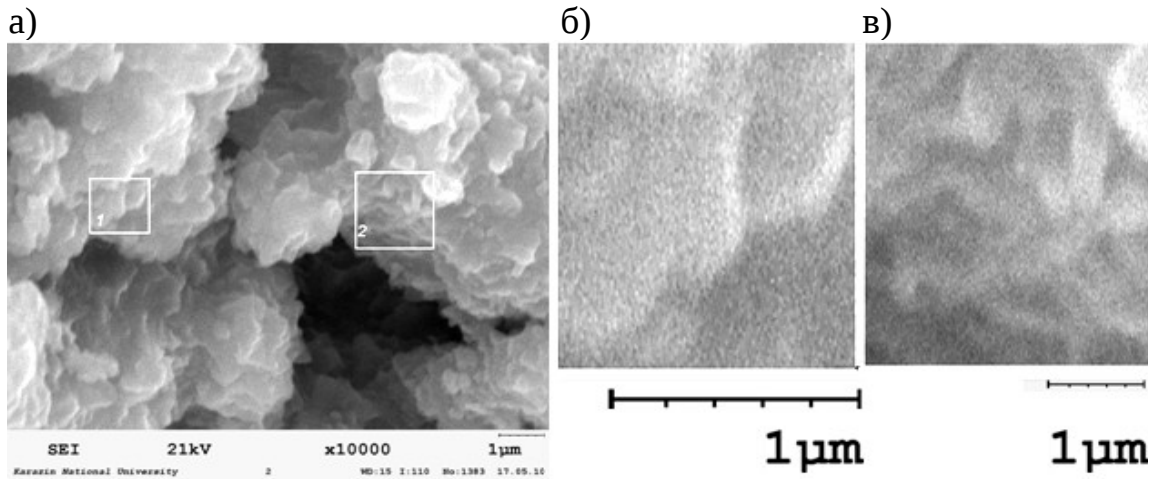


Рис. 15. ЕМЗ зразків з механохімічно активованої суміші (а) та її збільшені фрагменти 1 (б) і 2 (в)

Це дозволяє припустити, що зазначеними утвореннями є кристалогідрати двуводного гіпсу, покриті шаром гідросилікатів кальцію, який складається з дуже маленьких часток гідросилікатного гелю розміром близько 100 Å сферичної форми і утворюють ланцюжки з кількох часток (рис. 15, а).

Наявність кристалогідратів двуводного гіпсу під шаром гідросилікатів кальцію підтверджується ЕМЗ на рис. 15, в, де двуводний гіпс представлений подовженими з округлими або загостреними кінцями, відносно великими частками, розміром близько $0,3 \times 1$ мкм, покритими частками гідросилікатного гелю. По кінцях кристали утворюють щільні контакти, очевидно, через гелеві частки, рис. 15, в. В порах утворюються більші кристали двуводного гіпсу в середньому розміром близько $1 \times 3,5$ мкм з характерним двійникуванням (рис. 16. а, б).

а)

б)

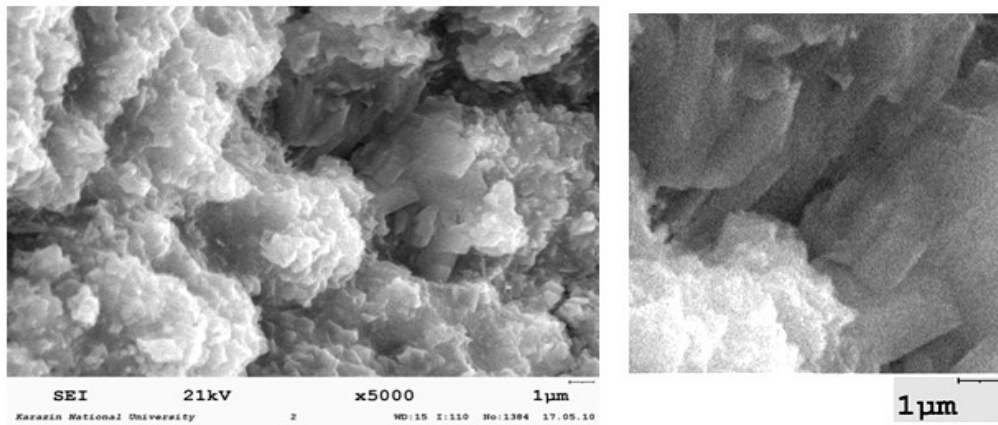


Рис. 16. ЕМЗ зразків з механохімічно активованої суміші (а) і збільшений фрагмент двуводного гіпсу в порі (б)

Їх розміри у кілька разів менше звичайних для двуводного гіпсу. Значно менші розміри двуводного гіпсу в активованих вапняно-кремнеземистих сумішах обумовлені стисненими умовами через незначну кількість води в суміші.

Аналіз ЕМС свідчить про те, що в звичайній силікатній цеглі автоклавного твердіння структура утворюється за рахунок виникнення від'ємно заряджених слабо закристалізованих частинок тоберморітового гелю, а також гіроліта і Z-фази Ассарсона. Частинки агрегують і утворюють контакти один з одним через найменші також від'ємно заряджені частинки гідросилікатного гелю і подвійного електричного шару (ПЕШ) між ними з одним загальним шаром гідратованих протиіонів Ca^{2+} .

Міцність таких контактів (і цегли) досить висока, однак контакти не є водостійкими і утворюються лише при автоклавуванні, тобто в умовах відносно високого тиску, температури, а отже високої швидкості утворення гідросилікатів кальцію.

В умовах нормальної температури вони утворюватися не можуть через відсутність таких умов, в результаті чого частинки гідросилікатів кальцію не можуть зблизитися до відстаней, при яких їх ПЕШ зближуються до одного загального шару протиіонів Ca^{2+} .

Висока міцність цегли з активованої суміші вапна з добавкою обумовлена утворенням електрогетерогенних контактів (ЕГК) між позитивно зарядженими частинками кристалогідратів двуводного гіпсу і від'ємно зарядженими частинками гідросилікатів кальцію в основному тоберморітового гелю, а також гіроліта і Z-фази Ассарсона. Такі контакти утворюються спонтанно, тому що немає сил, які б перешкоджали їх коагуляції. Виходячи з цього, оптимальні значення співвідношення між кількістю вапна і добавки, а також часу активації, обумовлюють отримання оптимального співвідношення між кількістю гіпсу і гідросилікатного гелю, при якому досягається максимальна концентрація ЕГК, які відповідають за міцність отриманої цегли.

Отримані дані свідчать про те, що одночасність процесів гасіння вапна і механохімічної активації супроводжується збільшенням активності компонентів, появою максимальної кількості електрогетерогенних контактів, підвищенням реакційної здатності поверхневого шару зерен піску, що, в свою чергу, полегшує

утворення гідросилікатів, таких як тоберморітовий гель, тоберморіт, гіроліт і Z-фаза Ассарсона.

У п'ятому розділі наведена технологічна схема виготовлення силікатної цегли за енергозберігаючою технологією. Виробництво силікатної цегли шляхом активації вапняно-піщаної суміші з добавками дозволяє значно знизити собівартість готової продукції за рахунок зменшення трудомісткості, виробничих площ, металоемності, витрат теплової енергії.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання дисертаційної роботи вирішено науково-технічне завдання розробки сировинної суміші для виготовлення силікатної цегли без підведення теплової енергії ззовні. Найважливіші наукові та практичні результати зводяться до наступного:

1. Проведена теоретична оцінка термодинамічної ймовірності протікання реакцій утворення основних гідросилікатів кальцію в системах $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ і $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. Показано, що енергетично вигідним і найбільш вірогідним при нормальних умовах є протікання реакцій в системі $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$, оскільки зміна від'ємної величини енергії Гіббса утворення основних гідросилікатів кальцію вище при використанні негашеного вапна в порівнянні з гашеним.

2. Розраховано та проаналізовано вплив аморфного діоксиду кремнію в системі $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ на хід реакцій утворення гідросилікатів кальцію. Показано зміну ентальпії утворення гідросилікатів кальцію в сторону зменшення. Виявлено, що наявність в вапняно-кремнеземистій суміші залишків фосфорної кислоти у вигляді домішок в складі фосфогіпсу, робить позитивний вплив на термодинамічну можливість прискорення реакцій утворення гідросилікатів при нормальних умовах: від'ємні значення енергії Гіббса зростають у тоберморіта на 2377,6 кал / моль, гіроліта на 1844 кал / моль.

3. Виявлено спільний і окремий вплив механічної та хімічної активації на міцнісні показники зразків на стиск. Показано, що зразки: з неактивованої без хімічної добавки суміші протягом 3 діб набирають міцність на стиск 0,28 МПа; з хімічною добавкою, але без механічної активації – 0,7 МПа; механічно активовані, але без добавки- 8 МПа; механічно активовані з хімічною добавкою- 24 МПа.

4. В результаті математичного планування та здійснення багатофакторного експерименту визначено: раціональна тривалість механічної активації – 6-7 хв. і раціональний склад суміші: вапно негашене – 5 %, пісок – 85 %, фосфогіпс – 10 %.

5. Встановлено, що виготовлені за пропонованим складом з застосуванням механохімічної активації зразки мають міцність на стиск: у віці 3 діб – 20-25 МПа, у віці 28 діб – 30-35 МПа, коефіцієнт розм'якшення 0,92, морозостійкість – F 50.

6. Фізико-хімічними дослідженнями встановлено, що у зразках цегли Курязького силікатного заводу більша частина поверхні зерен піску оголена, на ній відсутні продукти гідратації. А в зразках цегли, виготовленої за пропонованою технологією, в основному, зерна піску покриті кристалогідратами двугідрату сульфату кальцію $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в поєднанні з шарами гідросилікатів кальцію: тоберморитового гелю, тоберморитом, гіролітом та фазою Z-Ассарсона, чергуючись з шарами двугідрату сульфату кальцію та утворюючи прошарки між частинками піску, що забезпечує міцність контактів в масі цегли. Результатами фізико-хімічних досліджень

підтверджено, що одночасність процесів гасіння вапна та механохімічної активації дозволяє використовувати тепло екзотермічних реакцій між компонентами вапняно-кремнеземистої суміші для забезпечення утворення гідросилікатів кальцію.

7. Запропонована енергозберігаюча технологія і складена технологічна схема виробництва силікатної цегли, яка включає такі основні стадії виробництва: змішування компонентів, механічна активація, формування, витримка при нормальних умовах, складування.

8. Виконана порівняльна оцінка основних параметрів виробництва силікатної цегли за запропонованою технологією та технологією Куп'янського силікатного заводу. Очікуване зниження витрат на тисячу штук цегли: за рахунок зниження енерго-і матеріалоспоживання становить 33 %.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні публікації:

1. Жукова Н.Ю. Анализ современных представлений о способах ускорения химических реакций в известково-кремнеземистых смесях / В.И. Винниченко, Н.Ю. Жукова // Энергосбережение Энергетика Энергоаудит. – Харьков, 2010. – Вып. 6. – С. 37–44.
2. Жукова Н.Ю. Термодинамические исследования образования гидросиликатов кальция из CaO и Ca(OH)₂ в известково-кремнеземистой смеси / В.И. Винниченко, Н.Ю. Жукова // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – Харьков, 2010. – Вып. 22. – С. 65–69.
3. Жукова Н.Ю. Энергетика химических реакций в системе CaO-SiO₂- H₂O/ В. И. Винниченко, О.Ю. Крот, Д.В. Супряга, Н.Ю. Жукова // Науковий вісник будівництва. – Харьков, 2010. – Вип. 59. – С. 198–203.
4. Жукова Н.Ю. Анализ теплоты образования гидросиликатов кальция в известково-кремнеземистой смеси при механической активации / В.И. Винниченко, Н.Ю. Жукова // Збірник наукових праць. Тематичний випуск. Хімія, хімічна технологія та екологія. – Харків, НТУ «ХПІ», 2010. – Вип. 65. – С. 64-69.
5. Жукова Н.Ю. Физико-химические исследования силикатного кирпича, полученного при автоклавной обработке и по энергосберегающей технологии / В.И. Винниченко, Н.Ю. Жукова // Энергосбережение Энергетика Энергоаудит – Харьков, 2011. – Вып. 6. – С. 14–20.
6. Виценко Н.Ю. Исследования удельной поверхности известково-кремнеземистой смеси при производстве силикатного кирпича./ Н.Ю. Виценко // Вісник національного технічного університету «ХПІ» – Харьков, НТУ «ХПІ», 2011. – Вып. 31. – С. 26–29.
7. Пат. 95147 UA МПК C04B28/18, C04B28/20. Спосіб виготовлення будівельної цегли / Вінниченко В.І., Крот А.Ю., Федоров Г.Д., Савченко О.Г., Крот О.П., Супряга Д.В., Удовиченко Р.В., Жукова Н.Ю.; Заявник та патентовласник: Вінниченко В.І. та Крот А.Ю.-№ а200912907; заявл. 14.12.2009; опубл. 11.07.2011, Бюл. № 12.
8. Виценко Н.Ю. Исследования силикатного кирпича, изготовленного с применением автоклавной обработки и без подвода тепловой энергии извне методами физико-химического анализа / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, В.И. Винниченко, Н.Ю. Виценко // Науковий вісник будівництва – Харьков, 2012. – Вип. 67. – С. 153–159.

Додаткові публікації:

1. Жукова Н.Ю. Вплив активації на показники міцності силікатної цегли / В.И. Винниченко, Н.Ю. Жукова // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, технологія, освіта, здоров'я». – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – С. 276.
2. Жукова Н.Ю. Воздействие механо-химической активации на известково-кремнеземистую смесь // В.И. Винниченко, Д.В. Супряга, Н.Ю. Жукова // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов. Межвуз. сб. ст., БГТУ им. Шухова. – Белгород, 2010. – Вып. IX. – С. 114–117.
3. Жукова Н.Ю. Термодинамические исследования образования гидросиликатов кальция из СаО и Са(ОН)₂ в известково-кремнеземистой смеси / В.И. Винниченко, Н.Ю. Жукова // Тез. Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современных технологий – Тернополь, ТНТУ им. Пулюя, 2010. – С. 47.
4. Виценко Н.Ю. Значимость удельной поверхности смеси при производстве силикатного кирпича / В.И. Винниченко, Н.Ю. Виценко // Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, технологія, освіта, здоров'я». – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – С. 237.
5. Виценко Н.Ю. Энергосберегающая технология силикатного кирпича / В.И. Винниченко, Н.Ю. Виценко // Тез. II Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» – Харьков, НТУ «ХПИ», 2011. – С. 72.
6. Виценко Н.Ю. Электронно-микроскопические исследования силикатного кирпича, полученного при автоклавной обработке и по энергосберегающей технологии / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, В.И. Винниченко, Н.Ю. Виценко // Науковий вісник будівництва – Харьков, 2012. – Вип. 67. – С. 224–229.

АНОТАЦІЯ

Виценко Наталя Юріївна. Підвищення ефективності виробництва силікатної цегли із застосуванням механічної активації та добавкою фосфогіпсу. Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05-будівельні матеріали та вироби. Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2012.

Дисертація присвячена розробці термодинамічних і технологічних параметрів отримання силікатної цегли без застосування теплової обробки.

За допомогою термодинамічного аналізу показано позитивний вплив застосування негашеного вапна, аморфного діоксиду кремнію та Р₂О₅ на збільшення можливості утворення гідросилікатів кальцію при нормальних умовах, що підтвердили і експериментальні дослідження з визначення міцності зразків при обробці вапняно-кремнеземистої суміші з добавкою в активаторі.

Методами математичного планування експерименту визначено раціональний склад для виробництва.

Проведено фізико-хімічні дослідження зразків силікатної цегли, методами рентгенофазового, інфрачервоної спектроскопії, кристаллооптичного, диференційно-

термічного та електронно-мікроскопічного аналізів, що підтвердили достовірність термодинамічних і теоретичних досліджень про можливість утворення гідросилікатів кальцію у вапняно-кремнеземистій суміші без теплової обробки.

Розроблено основні параметри технології отримання силікатної цегли без застосування теплової обробки. Запропоновано новий спосіб виготовлення силікатної суміші, в результаті чого утворення гідросилікатів кальцію можливо при нормальних умовах.

Ключові слова: силікатна цегла, вапняно-кремнеземиста суміш, вапно, термодинамічний аналіз, гідросилікати кальцію.

АННОТАЦІЯ

Виценко Наталья Юрьевна. Повышение эффективности производства силикатного кирпича с применением механической активации и добавкой фосфогипса. Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия. Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2012.

Диссертация посвящена разработке термодинамических и технологических параметров получения силикатного кирпича с добавкой фосфогипса без применения тепловой обработки.

С помощью термодинамического анализа показано, что при введении в известково-кремнеземистую смесь негашеной извести вместо гашеной повышается термодинамическая возможность образования в температурном интервале от 273 до 473 К: риверсайдита и тоберморита, а фошагит, ксонотлит, окенит и гиролит формируются только в реакциях с негашеной известью без подведения в систему тепловой энергии. Термодинамически выявлено влияние температуры от 273 до 473 К на изменение энергии Гиббса и энтальпии в системах $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ и $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. Исследовано влияние введения в известково-кремнеземистую смесь аморфного диоксида кремния в системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. Выявлено, что введение в известково-кремнеземистую смесь P_2O_5 , увеличивает термодинамическую возможность ускорения реакций образования гидросилікатов кальция при нормальных условиях.

Выполненные экспериментальные исследования подтвердили термодинамические расчеты и выявили положительное влияние введения добавки фосфогипса, негашеной извести в известково-песчаную смесь с ее дальнейшей обработкой в барабанно-валковом активаторе на прочность образцов силикатного кирпича. Проведены изучения влияния количества добавки фосфогипса и механической активации на изменение коэффициента размягчения.

Методами математического планирования эксперимента определен рациональный состав для производства, изучалось влияние трех факторов: длительности процесса активации известково-кремнеземистой смеси, процентного содержания в ней извести и фосфогипса.

Проведены физико-химические исследования образцов силикатного кирпича, методами рентгенофазового, инфракрасной спектроскопии, кристаллооптического, дифференциально-термического и электронно-микроскопического анализов, подтвердившие достоверность термодинамических и теоретических исследований о

возможности образования гидросиликатов кальция в известково-кремнеземистой смеси без тепловой обработки.

Разработаны основные параметры технологии получения силикатного кирпича без применения тепловой обработки. Предложен новый способ изготовления силикатной смеси, в результате чего образование гидросиликатов кальция возможно при естественных условиях.

Ключевые слова: силикатный кирпич, известково-кремнеземистая смесь, известь, термодинамический анализ, гидросиликаты кальция.

ABSTRACT

Vitsenko Natalya. Technology and properties of extruded silicate products. Manuscript.

The dissertation on the acquiring of scientific degree of candidate of technical sciences on the speciality 05.23.05-building materials and products. Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv, 2012.

The thesis is devoted to the development of thermodynamic and technological parameters of a silica brick without heat treatment.

Using thermodynamic analysis shows the positive impact of the use of quicklime, amorphous silicon dioxide and P_2O_5 to increase the possibility of formation hidrosylikates calcium under normal conditions as confirmed by experimental studies determining the strength of samples in the processing of lime-silica mixture with the addition of activator.

Methods of mathematical planning of experiment defined a rational structure for production.

A physico-chemical studies of silica brick, methods of X-ray diffraction, infrared spectroscopy, kristallooptical, differential thermal and electron microscopic analysis, which confirmed the reliability of thermodynamic and theoretical studies of the possibility of formation hidrosylikates calcium in lime-silica mixture without heat treatment.

A key parameters technologies of silica bricks without heat treatment. A new method of making silica mixture, resulting in the formation of calcium hidrosylikates possible under normal conditions.

Keywords: calcium silicate brick, lime-sand mixture, lime, thermodynamic analysis, hidrosylikates calcium.

Підписано до друку 04.05.2012 р. Формат 60×90/16.
Папір офсетний. Друк ризографічний.
Умовн. друк. арк. 0,9. Тираж 100 примірників. Замовлення № 1002

Надруковано у друкарні СПД ФО Тарасенко В. П.
Свідоцтво №24800170000043751 від 21.02.2002 р.
61124, м. Харків, вул. Зернова, 6/267.
Тел./факс: (0572) 52-82-11, (097) 273-11-77