

**Disperse materials granulation under contact with friction on equipment elements working surfaces / E.V. SHTEFAN, D.V. RINDYUK // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 52 (1094). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 167 – 173. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2079-0821.**

The paper's topic is connected with the actual problem of solid bio fuel manufacturing. The organic disperse material compaction technologies is observed. The article is devoted to creation of scientific bases of designing both improvement of processes and equipment of solid bio fuel production. It will provide an opportunity of rational constructive–technological design data choice of the equipment and modes of its operation. This paper considers the problem of disperse materials granulation under contact with friction at working surfaces in the pressing node. One of the main parameters that have great influence on granules shaping features is friction coefficient between extruders working surfaces and disperses materials. The experimental method of friction coefficient determination is presented. The steel contact surface roughness influence on friction coefficient with different speed moving of disperse material (pine shavings and sunflower husks) is studied. The experimental results statistic analyze (regressed methods) gave it's possible to obtain analytic equation for friction coefficient calculation.

**Keywords:** disperse materials, friction, granulation, roughness, bio fuel energy, extrusion, mathematical model.

УДК 666.9.015.42:666.971.3

**С.О. КИСЕЛЬОВА**, канд. техн. наук, доц., УДАЗТ, Харків

## **ВПЛИВ ДОБАВКИ РОЗЧИНУ АЛЮМІНІЙ (III) ХЛОРИДУ НА ГІДРАТАЦІЮ ВАПНЯНО – КРЕМНЕЗЕМНОЇ СУМІШІ ПРИ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРАХ АВТОКЛАВУВАННЯ.**

### **ЧАСТИНА 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПРОЦЕСІВ ГІДРАТАЦІЇ В СИЛІКАТНІЙ СУМІШІ З КОМПЛЕКСНОЮ ДОБАВКОЮ ВІДХОДУ ПОМОЛЬНИХ ТІЛ ТА АЛЮМІНІЙ (III) ХЛОРИДУ**

Досліджено закономірності процесів гідратації в модифікованих вапняно-кремнеземних сумішах. У даній частині статті розглянуто вплив комплексної добавки на основі відходу помольних тіл та розчину алюміній (III) хлориду на процеси фазоутворення та формування мікроструктури силікатного матеріалу. Наведено результати рентгено-фазових, диференційно-термічних та петрографічних досліджень. На основі виконаних досліджень встановлено, що застосування комплексної добавки веде до утворення більшої кількості низькоосновних гідросилікатів кальцію та забезпечує формування щільної структури силікатного матеріалу. Розроблено механізм дії добавки розчину  $AlCl_3$ , у відповідності з яким катіони алюмінію  $Al^{3+}$  адсорбуються на поверхні зерен піску, що запобігає розвитку зародків високоосновних гідросилікатів кальцію і сприяє кристалізації низькоосновних. На основі розробленої комплексної добавки отримані зразки силікатної цегли високої міцності при енергоефективних технологічних параметрах автоклавування.

**Ключові слова:** силікатна цегла, гідратація, гідросилікати кальцію, добавка, розчин, фазоутворення, структура, енергозбереження

© С.О. Кисельова, 2014

**Вступ.** Важливе місце в галузі виробництва будівельних матеріалів займають стінові матеріали, зокрема, силікатна цегла, яку виготовляють по всій території країни; доля силікатної, від загального виробництві цегли, складає близько 35 %. Сировиною для силікатної цегли є вапно, пісок та вода, процес формування міцності виробів відбувається при їх автоклавній обробці. Перевагами силікатної цегли перед керамічною є екологічність, високі показники міцності й морозостійкості.

Незважаючи на те, що процес виробництва силікатної цегли порівняно з керамічною, є менш енергоємним та тривалим, актуальною залишається проблема обмеження споживання енергетичних та мінеральних ресурсів.

У ході попередніх досліджень було встановлено, що можливо отримати силікатний матеріал з високими показниками границі міцності на стиск (38 МПа), якщо застосовувати сировинну суміш, модифіковану добавкою відходу помольних тіл та 2 % розчину  $AlCl_3$ . При цьому вироби отримано при енергозберігаючих технологічних параметрах автоклавування: тиск водяної пари в автоклаві знижено з 0,8 до 0,6 МПа (на 0,2 МПа), час підняття тиску зменшено на 0,5 год, час витримки зразків зменшено з 8 до 6 год (на 2 год).

Не вирішеною залишилася проблема по встановленню механізмів фазо-та структуроутворення при взаємодії модифікованих компонентів вапняно-піщаної сировинної суміші.

**Аналіз літературних даних.** Механізму взаємодії компонентів в системі  $CaO - SiO_2 - H_2O$  присвячено велику кількість досліджень, в яких простежується два основних погляди на утворення гідратованих сполук: 1 – гідратовані сполуки утворюються в розчині за рахунок їх меншої розчинності порівняно з безводними вихідними сполуками; 2 – відбувається взаємодія мінералу з водою в твердій фазі за топомічним механізмом [1, 2]. П.А. Ребіндер розробив теорію твердіння цементу з позицій фізико-хімічної механіки, згідно якої – процеси тужавіння та твердіння є сукупністю процесів гідратації, які розвиваються в часі, утворенням тиксотропних коагуляційних структур та створенням на їх основі кристалізаційної структури гідратних новоутворень кристалізацією крізь розчин. Структуроутворення відбувається за рахунок розвитку коагуляційних контактів з подальшим переходом у конденсаційно-кристалізаційну структуру з фазовими контактами [2].

У результаті розвитку теорії П.А. Ребіндера, А.М. Пługінім було розро-

блено електрогетерогенну теорію твердіння портландцементу [3], яка враховує електрогетерогенну взаємодію між дисперсними частками. Підґрунтям теорії стали кількісні закономірності колоїдної хімії та фізико-хімічної механіки дисперсних систем, основні положення теорії викладені в роботах [4, 5]. Згідно цієї теорії, основними носіями міцності цементного каменю є, з одного боку елементарні гетерогенні контакти (ЕГК) з одною молекулою води між потенціалвизначальними іонами (ПВІ) та, з іншого боку, елементарні електрогомогенні контакти з одним шаром гідратованих протіонів (ПРІ), рис. 1.

**Мета дослідження.** Встановити особливості процесів гідратації у вапняно-піщаних сировинних сумішах, модифікованих добавкою помольних тіл та розчином алюміній хлориду  $AlCl_3$ . Процес гідратації відбувається при знижених технологічних параметрах автоклавної обробки: зниження тиску пари в автоклаві до 0,6 МПа, часу витримки виробів під тиском – до 6 год.

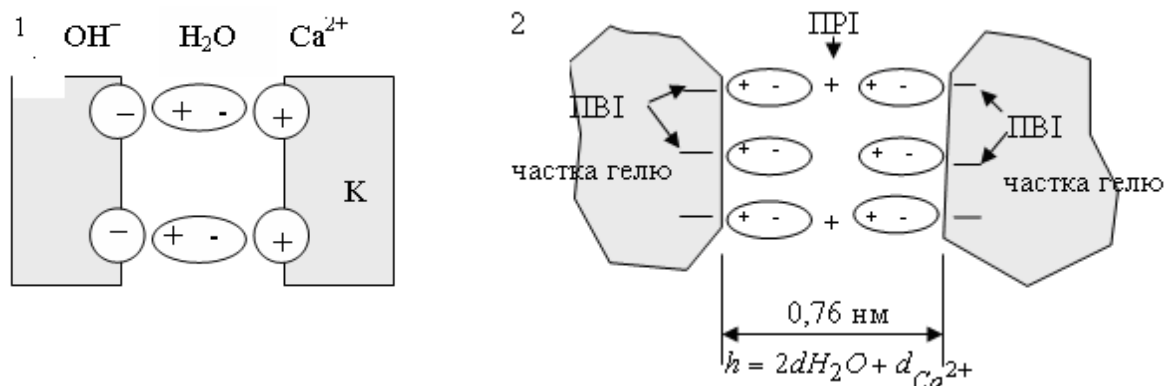


Рис. 1 – Схема утворення елементарних контактів: 1 – електрогетерогенних між ПВІ з молекулою води між ними (К – кристалогідратні частки); 2 – електрогомогенних, між однойменно зарядженими структурними елементами.

**Основний матеріал дослідження.** В частині 1 даної статті викладено характеристику сировинних матеріалів, методику приготування сировинних силікатних сумішей та зразків силікатної цегли. Установлено, що зразки, виготовлені на вапняно-піщаному в'язучому при загальноприйнятих технологічних параметрах автоклавування показали міцність 33 МПа; зразки на основі в'язучого з добавкою відходу помольних тіл – 19 МПа, зразки з комплексною добавкою відходу помольних тіл та 2 % розчину  $AlCl_3$  – 38 МПа.

Зростання міцності зразків силікатної цегли повинно бути пов'язаним зі змінами у фазовому складі та структурі новоутворень, для підтвердження чого проведено комплекс фізико-хімічних досліджень методами рентгенофазового, диференціально-термічного та петрографічного аналізу.

Рентгенофазовий аналіз виконано на дифрактомірі ДРОН-3М з рентгеновською трубкою з мідним антикатодом. Запис кривих ДТА здійснювали на дериватографі Q-1500 системи F. Paulik-J. Paulik-L. Erdey, як еталонну речовину застосовано прожарений порошок  $Al_2O_3$  (ч.д.а.). Проби зразків після автоклавної обробки, подрібнені до проходу крізь сито № 008, відбиралися після випробувань міцності на стиск. Петрографічні дослідження проведені у прозорих аншліфах на поляризаційному мікроскопі МІН-8 при паралельних ніколях. Результати досліджень інтерпретовані на основі [6 – 8].

При аналізі отриманих рентгенограм всіх трьох зразків силікатного матеріалу були виявлені інтенсивні дифракційні максимуми  $\beta$ -кварцу (4,24 (5); 3,34 (10); 2,45 (5); 2,28 (5); 2,231 (4); 2,123 (5); 1,975 (4); 1,813 (9); 1,668(5); 1,539 (9); 1,45 (4); 1,38 (8); 1,372 (9) Å), які часто збігаються зі значеннями дифракційних максимумів гідросилікатів кальцію.

З метою підвищення інформативності результатів, були побудовані штрих-рентгенограми, з яких виключені дифракційні віддзеркалення  $\beta$ -кварцу, а максимуми, що залишились, були збільшені по висоті у сім разів. Отримані результати обробки рентгенограм наведені на рис. 2.

На штрих-рентгенограмі вапняно-піщаного зразка (рис. 2-1) виявлені дифракційні максимуми, які можна ідентифікувати з гідросилікатами кальцію:  $CSH(B)$  (1,879; 2,848; 3,042 Å), частково закристалізованим  $C_2SH(II)$  (2,008; 2,845; 3,042 Å), тоберморитом (11,3 Å)  $C_5S_6H_5$  (1,607; 1,702; 2,008; 2,845; 2,958; 3,042 Å), з великою імовірністю присутні гіроліт  $C_2S_3H_2$  (1,879; 2,845; 3,347; 4,26 Å), афвіліт  $C_{35}S_2H_3$  (1,607; 1,879; 1,93; 2,716; 2,845; 4,709 Å) та гілебрандит  $C_2SH(B)$  (2,958, 3,042 Å).

штрих-рентгенограмі зразка, виготовленого при знижених технологічних параметрах гідротермальної обробки на основі вапняно-кремнеземного в'язучого виявлені дифракційні максимуми портландиту (1,933; 2,629; 4,927 Å), що вказує на незавершеність процесів з участю кальцій гідроксиду. Із гідросилікатів кальцію імовірно утворення частково закристалізованого тоберморітоподібного  $C_2SH(II)$  (1,845; 2,71; 3,038 Å), а також  $C_2SH(C)$  (1,879; 2,629 Å). Дифракційний максимум, характерний для низькоосновних гідросилікатів кальцію, зменшується більш ніж у двічі і, в цілому всі основні дифракційні віддзеркалення гідросилікатів втрачають інтенсивність, що вказує на зменшення їх кількості та меншу кристалічність.

На На штрих-рентгенограмах зразків, виготовлених з добавкою розчину  $AlCl_3$  при енергозберігаючих параметрах автоклавування, відсутні дифрак-

ційних максимуми  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Інтенсивність дифракційних віддзеркалень гідросилікатів зростає, а максимум  $3,037 \text{ \AA}$ , характерний для низькоосновних тоберморитоподібних гідросилікатів кальцію, має максимальну серед всіх трьох зразків інтенсивність. Імовірно, в зразку присутні голасті кристали ксонотліту, які оказують ефект армування структури, на що вказують максимуми ( $1,912; 2,093; 3,704 \text{ \AA}$ ).

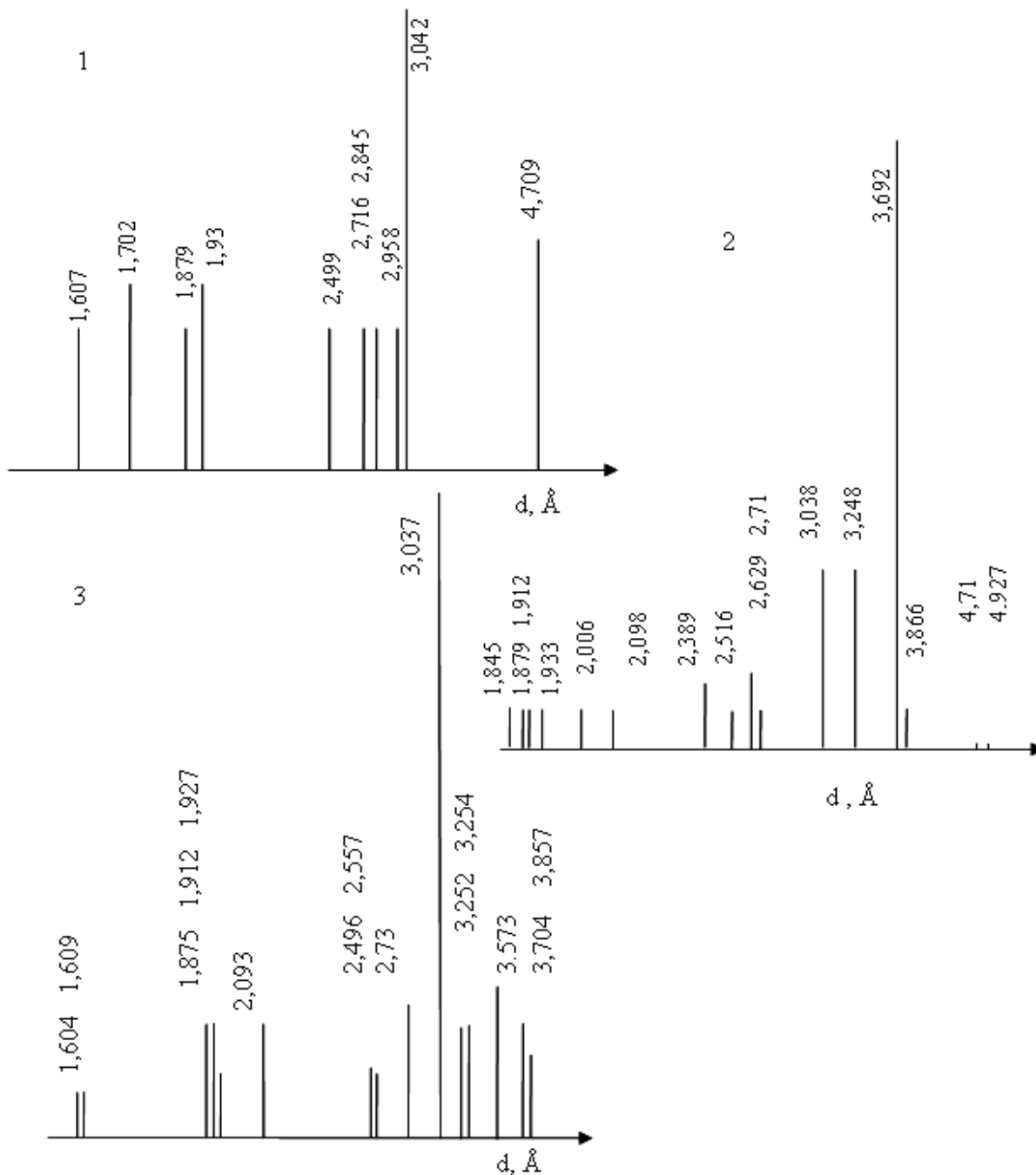


Рис. 2 – Результати рентгено - фазового аналізу зразків силікатного матеріалу, виготовлених із сировинних сумішей: 1 – вапняно-піщаної (0,8 МПа – 8 год), 2 – вапняно-кремнеземної (0,6 МПа – 6 год), 3 – вапняно-кремнеземної з добавкою 2 % розчину  $\text{AlCl}_3$ .

Результати диференціально-термічного аналізу представлені на рис. 3.

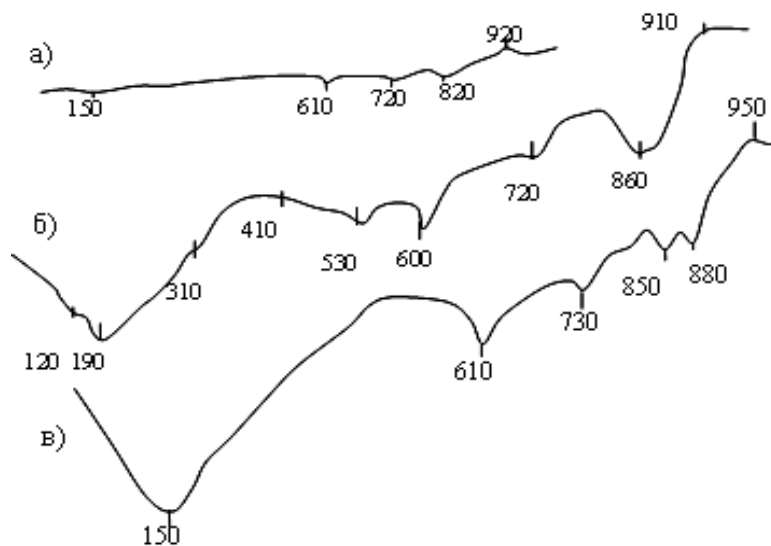


Рис. 3 – Диференційно-термічні криві зразків силікатного матеріалу, виготовленого із сировинних сумішей: а – вапняно-піщаної (0,8 МПа – 8 год), б – вапняно-кремнеземної (0,6 МПа – 6 год), в – вапняно-кремнеземної з добавкою 2 % розчину  $AlCl_3$ .

На термограмі вапняно-піщаного зразка ендотермічні ефекти відповідають: процесу дегідратації частково закристалізованого  $C_2SH_2$  – при 150 °С; при 610 °С відбувається поліморфне перетворення  $\beta$ -кварцу в  $\alpha$ -кварц, на ефект накладається ефект дегідратації гілебрандиту  $C_2SH(B)$ ; ефект при 720 °С відповідає дегідратації  $C_2SH(C)$ ; ефект при 820 °С – дисоціації кальциту. При температурі 920 °С спостерігається слабо виражений екзотермічний ефект розкладання  $CSH(B)$ .

Термограма зразка на вапняно-кремнеземному в'язучому, виготовлених при знижених параметрах гідротермальної обробки має ряд відмінностей: збільшується глибина та ширина ендотермічного ефекту при температурі 120 °С, що вказує на зростання кількості продуктів гідратації в гелевій фазі, ендоефект при 190 °С відповідає тобермориту. З'являються ендоефекти при 410 – 420 та при 510 – 530 °С, які можна пояснити ступінчастою дегідратацією  $C_2SH(A)$ . На ефект при 530 °С може накладатися дегідратація  $Ca(OH)_2$ . Результати аналізу термограми добре пояснюють малі значення міцності вапняно-силікатних зразків при зниженні технологічних параметрів автоклавовання.

Відмінністю кривої ДТА зразка, виготовленого з добавкою розчину  $AlCl_3$ , є значна глибина ендоефекту при 150 °С, що вказує на збільшення кількос-

ті тоберморитоподібного  $C_2SH(II)$ .

Спостерігається поглиблення ефекту  $C_2SH(C)$  при  $730\text{ }^\circ\text{C}$ , сам ефект зміщується в бік зростання температури, що вказує на більшу кристалічність гідросилікату. Особливістю термограми є наявність ендоефекту при  $850\text{ }^\circ\text{C}$ , який можна ідентифікувати з ксонотлітом. Збільшення висоти екзотермічного ефекту  $CSH(B)$  та зміщення його температури з  $930$  до  $950\text{ }^\circ\text{C}$  вказує на збільшення кількості даного гідросилікату.

Таким чином аналіз кривої ДТА зразка, виготовленого з добавкою розчину  $AlCl_3$  при знижених параметрах автоклавування, виявив зростання кількості та ступеню кристалічності як низькоосновних, так і високоосновних гідросилікатів, що пояснює різке зростання міцності.

На рис. 4 представлені результати петрографічних досліджень, позначення на рисунку відповідають фазам: 1 – кварц (зерна піску); 2, 3 – маса, що зв'язує (містить суміш гідросилікатів кальцію, кальцит, можливо портландит); 4 – пори; 5 – кристали  $C_2SH(A)$ ; 6 –  $CSH(B)$ ; 7 – кристали кальциту  $CaCO_3$ .

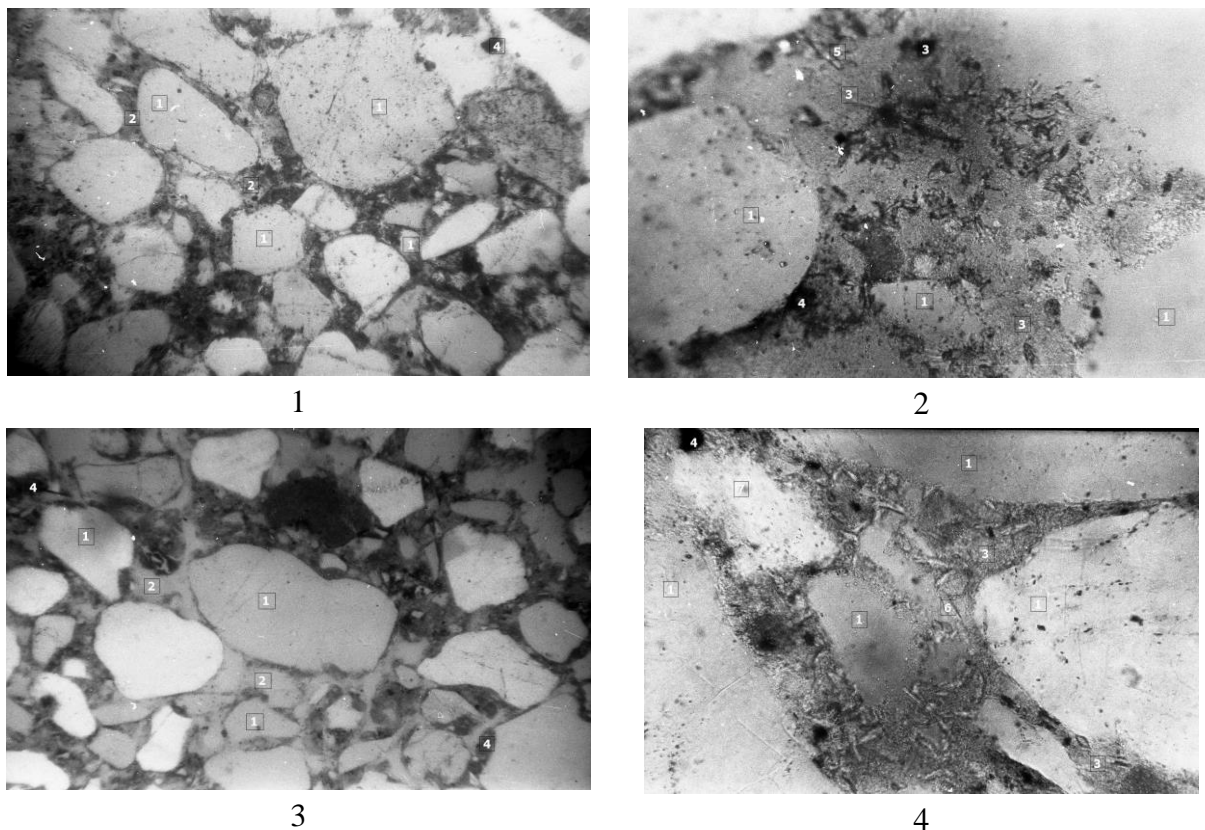


Рис. 4 – Мікроструктура та субмікроструктура зразків силікатного матеріалу: 1, 2 – фото вапняно кремнеземних зразків; 3, 4 – фото зразків з добавкою  $AlCl_3$  (збільшення: фото 1, 3 – у 115 разів, фото 2, 4 – у 512 разів).

Відомо, що структура дисперсних матеріалів, в тому числі і силікатної цегли, є багаторівневою, яка складається із структурних елементів мезо-, мікро- та субмікрорівнів, також виділяють надмолекулярний рівень [9].

У представлених зразках мезоструктури (рис. 4-1, 4-3) визначають великі зерна піску (переважно кварцу круглої, овальної форми), крім кварцу зустрічаються одиничні зерна польових шпатів (плагіоклазів), глауконіту, циркону та інших мінералів – домішок у піску. Структуру мікрорівню визначають частки високодисперсного кремнезему, субмікрорівню – гідратовані продукти взаємодії вапна та кремнезему.

В мікроструктурі вапняно-кремнеземного зразка (розмір часток високодисперсного кремнезему від  $4 \cdot 10^{-6}$  до  $8 \cdot 10^{-6}$  м) границі зерен піску «розмиті» за рахунок того, що на них утворились продукти гідратації, перехід між частками уявляється неперервним, що вказує на високу активність кремнезему. Іноді в масі, що зв'язує, спостерігаються тріщини до 40 мкм шириною і пори розміром до 40 – 60 мкм.

Мікроструктура зразка з розчином  $AlCl_3$  має ряд відмінностей: «розмитість» границь часток відсутня, чітко розрізняються межі між зернами піску та продуктів гідратації. За складом схожий з попереднім зразком, але має деякі відмінності: в масі, яка зв'язує, розрізняються безбарвні подовжені ізотропні призматичні кристали розміром до  $60 \times 7$  мкм, імовірно  $CSH(B)$ , які іноді утворюють радіально-променисті зростки – «зірочки». Присутні  $C_2SH(A)$  та дрібні подовжені призми тоберморита довжиною до 20 мкм. Маса, що зв'язує, складається з портландиту (до 4 мкм) та кальциту в окремих зернах (до 20 мкм) та агрегатах. Наявні тріщини до 45 мкм шириною та пори з розміром до 40 – 80 мкм. Збільшення кількості пор свідчить про локальні ущільнення в місцях утворення контактів між заповнювачем та новоутвореннями. Приблизний вміст компонентів в масі, що зв'язує, у зразках, об. %:

- на вапняно-кремнеземному в'язучому  $Ca(OH)_2$  – від 30 до 35,  $CaCO_3$  – від 15 до 20,  $C_2SH(A)$  – від 25 до 30, тоберморита – біля 10,  $CSH(B)$  – біля 10;

- на такому ж в'язучому з добавкою розчину  $AlCl_3$ : відмінність полягає в меншій кількості  $C_2SH(A)$  – біля 10 та в майже втричі більшому вмісті  $CSH(B)$  – від 25 до 35.

На основі комплексу фізико-хімічних досліджень можна сказати, що результати різних методів аналізу добре збігаються між собою, у всіх зразках



силікатного матеріалу виявлені як низькоосновні, так і високоосновні гідросилікати кальцію, причому міцність зразків зростає зі збільшенням їх кількості та закристалізованості, міцність зростає при збільшенні вмісту низькоосновних  $\text{CSH}(\text{В})$ , тобермориту, у зразках з розчином  $\text{AlCl}_3$  спостерігається ефект армування структури голчастими кристалами ксонотліту.

Відмінністю зразків з добавкою 2 % розчину  $\text{AlCl}_3$  є наявність високовалентних катіонів  $\text{Al}^{3+}$ , які специфічно адсорбуються на потенціалвизначальних гідроксид-іонах  $\text{OH}^-$  поверхні піщаних зерен, що веде до перезарядження їх поверхні з негативної на позитивну, що запобігає утворенню поверхневого гексагонального портландиту. Як наслідок, розчинене вапно утворює з частками кремнезему зародки високоосновних гідросилікатів кальцію, особливістю структури яких є належність групи  $\text{OH}^-$  кальцій-октаедрам [10]. Специфічна адсорбція катіонів  $\text{Al}^{3+}$  не може відбутися на гідроксид-іоні, що пояснюється більшою величиною сили відштовхування від катіону  $\text{Si}^{4+}$ , порівняно з силою тяжіння до іону  $\text{OH}^-$ . У зв'язку з вищенаведеним, утворенню низькоосновних гідросилікатів кальцію ніщо не перешкоджає, а утворення високоосновних ускладнюється. Між частками зерен піску з перезарядженою на позитивну поверхнею та частками гідросилікатів кальцію з негативним електроповерхневим потенціалом, утворюються міцні електрогетерогенні контакти. Рівноважний електроповерхневий потенціал низькоосновних гідросилікатів кальцію ( $-0,37 \text{ В}$ ) має втричі більший за абсолютним значенням порівняно з високоосновними ( $-0,11 \text{ В}$ ), що обумовлює різке зростання міцності зразків з добавкою  $\text{Al}^{3+}$  з 19 до 38 МПа при енергозберігаючих параметрах автоклавування [11].

### **Висновки.**

- Забезпечено отримання зразків силікатної цегли високої міцності (38 МПа) при енергоефективних параметрах автоклавування (тиск пари в автоклаві – 0,6 МПа, час витримки зразків – 6 год.);
- Встановлено, що збільшення щільності структури та міцності зразків силікатної цегли при зниженні технологічних параметрів гідротермальної обробки на 0,2 МПа та на 2 год. реалізується за рахунок модифікації сировинної суміші добавкою відходу помольних тіл та 2 % розчину  $\text{AlCl}_3$ , яка оказує комплексну дію на процеси фазо- та структуроутворення;

- Встановлено, що застосування комплексної добавки сприяє утворенню більшої кількості низькоосновних гідросилікатів кальцію з додатковим ефектом армування структури голкоподібними кристалами ксонотліту;

- Встановлено механізм дії добавки  $AlCl_3$ , який полягає в специфічній адсорбції катіонів  $Al^{3+}$  на поверхні зерен піску, що виключає утворення поверхневого портландиту на них. Адсорбція  $Al^{3+}$  запобігає розвитку зародків високоосновних гідросилікатів кальцію і сприяє кристалізації низькоосновних, що забезпечує високу міцність отриманих зразків силікатної цегли.

**Список літератури:** 1. Кузнецова Т.В. Физическая химия вяжущих материалов: учебник для хим.-технол. спец. вузов / Т.В. Кузнецова, И.В. Кудряшов, В.В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1989. – 384 с. 2. Плуґін А.А. Колоїдна хімія та фізико-хімічна механіка як основа виробництва ресурсозберігаючих мінеральних в'язучих речовин та високоефективних композиційних матеріалів на їх основі / [А.А. Плуґін, А.М. Плуґін, О.С. Кагановський, О.В. Градобоев] // Збірн. наук. праць УкрДАЗТ – 2013. – Вип. 138. – С. 7 – 19. 3. Плуґін А.А. Долговечность бетона и железобетона в обводненных сооружениях: Коллоидно-химические основы: дисс. ... д-ра техн. наук / А.А. Плуґін. – Х.: УкрГАЖТ, 2005. – 442 с. 4. Плуґін А.Н. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них: в 3-х т. / [А.Н. Плуґін, А.А. Плуґін, Л.В. Трикоз и др.]; под ред. А.Н. Плуґіна. – К.: Наук. думка, 2011. – Т. 1: Коллоидная химия и физико-химическая механика цементных бетонов. – 2011. – 331 с. 5. Плуґін А.Н. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них: в 3-х т. / [А.Н. Плуґін, А.А. Плуґін, О.А. Калинин и др.]; под ред. А.Н. Плуґіна. – К.: Наук. думка, 2012. – Т. 2: Теория твердения портландцемента. – 2012. – 224 с. 6. Бутт Ю.М. Твердение вяжущих при повышенных температурах / Ю.М. Бутт, Л.Н. Раинович. – М.: Госстройиздат, 1969. – 232 с. 7. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.П. Савельев. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с. 8. Берг Л.Г. Введение в термографию / Л.Г. Берг. – М.: Наука, 1969. – 395 с. 9. Шейкин А.Е. Структура и свойства цементных бетонов / А.Е. Шейкин, Ю.В. Чеховский, М.И. Бруссер. – М.: Стройиздат, 1979. – 344 с. 10. Илюхин В.В. Гидросиликаты кальция. Синтез монокристаллов и кристаллохимия / [В.В. Илюхин, В.А. Кузнецов, А.Н. Лобачев, В.С. Бакмутов]. – М.: Наука, 1979. – 184 с. 11. Плуґін А.М. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів і конструкцій: навч. посібн. у 2 ч. / А.М. Плуґін, Л.В. Трикоз, А.А. Плуґін. – Х.: ХарДАЗТ, 1999. – Ч. 2. – 1999. – 134 с.

**Referens:** 1. Kuznetsova T.V. Fizicheskaya himiya vyazhushchih materialov: uchebnik dlya him.-tehnol. spets. vuzov / T.V. Kuznetsova, I.V. Kudryashov, V.V. Timashev. – Moscow: Vysshaya shkola, 1989. – 384 p. 2. Pluhin A.A. Koloidna khimiia ta fizyko-khimichna mekhanika yak osnova vyrobnytstva resursozberihaiuchykh mineralnykh viazhuchykh rehovyn ta vysokoefektyvnykh kompozytsiinykh materialiv na yikh osnovi / [A.A. Pluhin, A.M. Pluhin, O.S. Kahanovskyi, O.V. Hradoboiev] // Zbirn. nauk. prats UkrDAZT. – 2013. – Vyp. 138. – P. 7 – 19. 3. Plugin A.A. Dolgovechnost betona i zhelezobetona v obvodnennyih sooruzheniyah: Kolloidno-himicheskie osnovyi: diss. ... d-ra tehn. nauk / A.A. Plugin. – Kharkov: UkrGAZhT, 2005. – 442 p. 4. Plugin A.N. Osnovy teorii tverdeniya, prochnosti, razrusheniya i dolgovechnosti portlandtsementa, betona i konstruktsiy iz nih: in 3 vol. / [A.N. Plugin, A.A. Plugin, L.V. Trikoz et al.]; pod red. A.N. Plugina. – Kiev: Nauk. dumka, 2011. – Vol. 1: Kolloidnaya himiya i

fiziko-himicheskaya mehanika tsementnyih betonov. – 2011. – 331 p. **5. Plugin A.N.** Osnovy teorii tverdeniya, prochnosti, razrusheniya i dolgovechnosti portlandtsementa, betona i konstruktsiy iz nih: in 3 vol. / [A.N. Plugin, A.A. Plugin, O.A. Kalinin et all.]; pod red. A.N. Plugina. – Kyiv: Nauk. dumka, 2011. – Vol. 2: Teoriya tverdeniya portlandtsementa. – 2012. – 224 p. **6. Butt Yu.M.** Tverdenie vyazhushchih pri povyshennyih temperaturah / Yu.M. Butt, L.N. Rashkovich. – Moscow: Gosstroyizdat, 1969. – 232 p. **7. Gorshkov V.S.** Metody fiziko-himicheskogo analiza vyazhushchih veschestv / V.S. Gorshkov, V.V. Timashev, V.P. Savelev. – Moscow: Vysshaya shkola, 1981. – 335 p. **8. Berg L.G.** Vvedenie v termografiyu / L.G. Berg. – Moscow: Nauka, 1969. – 395 p. **9. Sheykin A.E.** Struktura i svoystva tsementnyih betonov / A.E. Sheykin, Yu.V. Chehovskiy, M.I. Brusser. – Moscow: Stroyizdat, 1979. – 344 p. **10. Ilyuhin V.V.** Gidrosilikaty kaltsiya. Sintez monokristallov i kristallohimiya / V.V. Ilyuhin, V.A. Kuznetsov, A.N. Lobachev, V.S. Bakmutov. – Moscow: Nauka, 1979. – 184 p. **11. Pluhin A.M.** Fizyko-khimichna mekhanika budivelnnykh materialiv i konstruktsii: navch. posibn. in 2 ch. / A.M. Pluhin, L.V. Trykoz, A.A. Pluhin. – Kharkiv: KharDAZT, 1999. – Ch. 2. – 1999. – 134 p.

*Надійшла до редакції (Received by the editorial board) 25.10.14*

УДК 666.9.015.42:666.971.3

**Вплив добавки розчину алюміній (III) хлориду на гідратацію вапняно – кремнеземної суміші при енергозберігаючих технологічних параметрах автоклавування. Частина 2. дослідження механізму процесів гідратації в силікатній суміші з комплексною добавкою відходу помольних тіл та алюміній (III) хлориду / С.О. Кисельова // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. - № XX (XXX). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. XX – XX. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN.**

Исследованы закономерности процессов гидратации в модифицированных известково-кремнеземистых смесях. В данной части статьи рассмотрено влияние комплексной добавки на основе отхода мелющих тел и раствора алюминий (III) хлорида на процессы фазообразования и формирования микроструктуры силикатного материала. Представлены результаты рентгенофазовых, дифференциально-термических и петрографических исследований. На основе проведенных исследований установлено, что применение комплексной добавки приводит к образованию большего количества низкоосновных гидросиликатов кальция и обеспечивает формирование плотной структуры силикатного материала. Разработан механизм действия добавки раствора  $AlCl_3$ , в соответствии с которым, катионы алюминия  $Al^{3+}$  адсорбируются поверхностью зерен песка, что препятствует формированию фаз высокоосновных гидросиликатов кальция и способствует кристаллизации низкоосновных. На основе разработанной комплексной добавки получены образцы силикатного кирпича высокой прочности при энергоэффективных технологических параметрах автоклавирования.

**Ключевые слова:** силикатный кирпич, гидросиликаты кальция, добавка, раствор, фазообразование, структура, энергосбережение

UDC 666.9.015.42:666.971.3

**The influence of aluminium (III) chloride solution additive on the hydration of lime-silica mixture under energy-saving technological parameters of autoclave processing. Part 2. The investigation of hydration process mechanism in silicate mixture with complex additive of waste substanc-**

**es of grinding bodies and aluminium (III) chloride** / *S.A. Kiseleva* // Visnyk NTU "KhPI" – 2014. – № 52 (1094). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnologiya ta ecolohiya). – P. XX – XX. – Bibliogr.: 11 names. – ISSN.

Regularities of hydration processes in modified lime-silica mixtures have been investigated. The influence of a complex additive based on the waste of grinding bodies and aluminum (III) chloride solution on phase formation processes and silicate material microstructure formation has been considered in the given part of the article. The results of X-ray phase, differential-thermal and petrographic investigations have been presented. The fact that the application of a complex additive leads to the formation of a larger quantity of low-basic calcium silicate hydrate and provide the formation of a dense structure of silicate material has been determined. The mechanism of action of  $AlCl_3$  solution additive in accordance with which cations of  $Al^{3+}$  aluminium are absorbed by the surface of sand grains that prevent from the formation of high-basic calcium hydrosilicates and assists in the formation of low-basic ones has been developed. Samples of a high-strength calcium-silicate brick have been obtained under power efficient process-dependent parameters of autoclaving on the base of the developed complex additive.

**Keywords:** calcium-silicate brick, calcium hydrosilicate, additive, solution, phase-formation, structure, energy-saving.