

УДК 691-405.8

Назаренко О.М.¹, Березовська А.О.², Клітній О.Г.², Крутько А.В.³,
Ліфаненков О.О.⁵

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. БАД-113м «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРБОНАТНО ШЛАКОВИХ КОМПОЗИЦІЙ

При силовому пресуванні також виявляється позитивне дія суперпластифікатора С-3, хоча судячи з щільності та пористості зниження формувальної вологості до 10% не дозволило при тиску пресування 15 МПа досягти повного пресування зразків. Очевидно оптимальна вологість повинна бути в середині діапазону від 10 до 14% (табл. 1). Однак незважаючи на брак вмісту води вмістний склад 60:40 має більш високі показники пористості, при обох способи формування, ніж склад з шлакового в'язучого.

Для виявлення ефективності суперпластифікатора на зниження тиску пресування та роботу компресійного ущільнення необхідно було відпресувати пластифіковані та неластифіковані суміші при однаковому вмісті води і до рівної щільності. Суміші шлаку і відомий вапняк (60:40%) зачиняли 3% лужним розчином від маси композиційного в'язучого, вологість суміші становила 12% сухих компонентів.

Аналогічний пластифікований склад містив СП С-3 у кількості 1% від маси сухої суміші.

Рівні навішування сумішей пресували в прес-формах розміром на стандартна цегла з контролем висоти пресування за індикаторами вартового типу. Рівна щільність була досягнута у пластифікованому складі при тиск 11,1 МПа, а неластифікованому – при 15,2 МПа.

Таким чином компресійні властивості з введенням СП (компресійна ефективність суперпластифікатора) покращилася на 27%.

Робота пресування на один стандартна цегла при тиску 15,2 МПа склала 400,8 кг-м, а при тиску 11,1 МПа – 294,5кгм, тобто так само знизилася на 27%. Таким чином пресування карбонатношлакових виробів з використанням суперпластифікатора більш ніж на чверть знижує енергоємність пресового обладнання.

Для аналізу продуктів гідратації ішаку та продуктів можливого взаємодії їх з карбонатом кальцію було проведено рентгенофазовий аналіз зразків таблеток 2,0×2,0×0,5 см трьох складів: чистого шлаку; суміші, що складається з 60% шлаку і 40% вапняку та суміші – з 25% шлаку та 75% вапняку. Зразки пресували при тиску 8,3 МПа. і зберігалися протягом 28 діб. Зйомка здійснювалася на дифрактометрі ДРОН – 2 в режимі: утр = 35 кв;

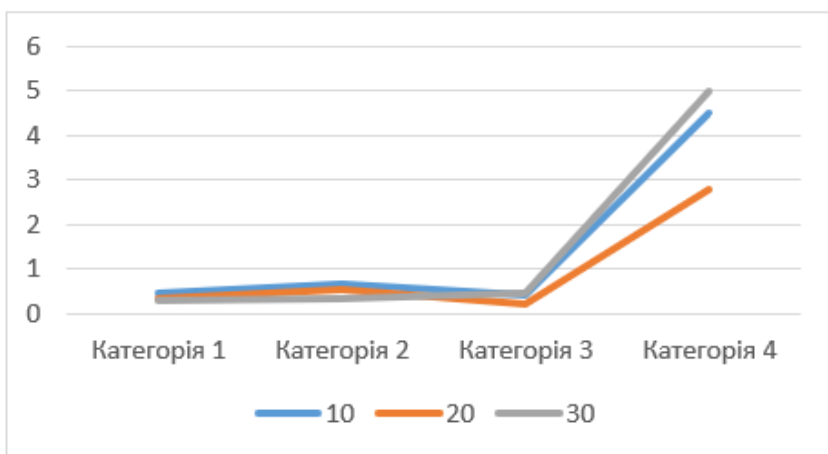
$I_a = 12,5 \text{ mA}$; анод – «Cu»; щілини Соллера 1 – 1 – 1 – 0,15; Фільтр – «Ni» швидкість зйомки $1^\circ/\text{хв}$ (2 θ).

Таблиця 1 – Зміна фізико-механічних характеристик карбонатшлакового композиційного матеріалу під час введення суперпластифікатора С-3

№ п/п	Склад композицій співвідношення компонентів масових % від маси композиційного в'язучого					Характеристики пір			λ пір
	шлак	вапняк	С3	вода	Луга	По	Пуз	Wф	
1	81,6/100	—	0,73/1,2	12,8/17	13,7/16,2	42,6	10,2	3,8	4,65
2	51,2/62,0	33,8/41	0,87/1,2	13,7/16,2	2,2/2,3	31,2	13,5	4,3	1,14
3	69,9/100,0	63,4/76	0,65/1,2	13,6/7	2,2/2,5	36,2	7,8	4,9	2,71
4	88,4/100	—	0,7/1,2	8,9/10	2,3/2,1	30,6	7,4	2,4	4,43

Міжплощинні відстані розраховані методом центру тяжкості після відсічення фону і Fe_2 , становить Cu -випромінювання за спеціальною програмою на машині АТ 486.

Іонізаційні рентгенограми зразків складу №1 із затвердівшого шлакового в'язучого свідчать про рентгеноаморфний стан. Основні продукти гідратації шлаку (рис 1). На рентгенограмі не проглядається наявність великокристалічних гідратів алюмінію фази, портландиту та рентгенофіксованих гідросилікатів кальцію.



Кількість луку в 50% композиції, %

Рисунок 1 – Ізолінії 28-добової міцності від вмісту шлаку та луку при питомій поверхні вапняку $600 \text{ м}^2/\text{кг}$ та водозмісті 16% (а), 12% (б) та 8% (в).

На іонізованих рентгенограмах чітко фіксуються характерні піки кальциту: 3,865А; 3,038А; 2,498А; 2,287А; 2,097; 1,912; 1,876А; 1,606А. Характерні для CaCO_3 піки в області великих кутів відсутні, ймовірно, через сильну аморфізацію продуктів гідратації шлаку.

Очевидно при твердінні на повітрі карбонізація гідролізного вапна привела до утворення карбонату кальцію, а продукти гідратації та гідролізу шлаку, що утворилися в гелеподібному стані, не встигли перекристалуватися в більші кристали, внаслідок малого терміну твердіння зразків.

Єдиний пік малої інтенсивності для міжплощинної відстані, 3,340А, відповідний Р-кварцю, не є характерним для скільки-небудь помітної наявності кварцу в затверділому шлаку.

Для складу з 60% шлаку та 40% вапняку (рис.3.6) інтенсивність, ГО піків кальциту з міжплощинними відстанями 3,87А; 3,04А; 2,50А; 2,29А; 2,10А; 1,91А; 1,88А; 1,625А; 1,606А зростає у кілька разів, а в про області великих кутів йому починаються фіксуватися піки: 1,525А; 1,510А; 1,473А; 1,440А; 1,422; 1,339А. Це свідчить про те, що наряду з вторинним кальцитом, що утворився в результаті карбонізації портландиту, в системі є вихідний кальцит, що вводиться у великому кількості з вапняком.

Зростає вміст кварцу, введенного з вапняком, що фіксується збільшення інтенсивності піку з $d=3,34\text{А}$.

З введенням вапняку в шлакове в'язуче з'являється нова фаза, ідентифікована як анкерит $\text{Ca}(\text{Mg } 0,67, \text{Fe } 0,33) \cdot (\text{CO}_3)_2$, для якого характерно про терни міжплощинні відстані: 2,90А; 2,20А; 2,02А; 1,81А; 1,79А. Ця фаза, ймовірно не утворилася в процесі взаємодії вапна зі шлаком, була у карбонатній породі. Зазвичай анкерит, за літературними даними, часто супроводжує родовища доломитизованих вапняків. Проявляється новий пік $d = 4,26 \text{ А}$, відповідний р-кварцю, інтенсивність піку ($d = 3,34 \text{ А}$) збільшується, що свідчить про зростання кількості кварцу із запровадженням більшої кількості вапняку.

Таким чином, виходячи з аналізу рентгенограм, не ідентифіковані кристалічні фази між кальцитом і продуктами гідратації та гідролізу шлаку, свідчать про внесення кристалічного з'єднання - анкериту з вапняком.

Можливо, що через 28 діб твердіння продукти взаємодії компонентів утворюються в гелеподібній, слабозакристалізованій формі та не фіксуються рентгенографічно. Хоча формування міцності підвищується через 28 діб. У чистому в'язучому ці продукти забезпечують зчеплення шлакових частинок і наповнення міжзернового простору.

У складах з 75% вапняку, коли шлакові частинки розміщуються в карбонатній матриці локально, гелеподібні маси проростають в просторі у карбонатних частинок, епітаксію нараощуються на останні та зв'язки- їх у зонах контакту. Таким чином, гідратні силікатні фази, зазвичай представлені

тоберморитоподібними волокнистими гідратосилікатами кальцію не ідентифіковані так само як і алюмінієва фаза, що утворює гексагональний метастабільний двокальцієвий гідроалюмінат або гідрогеленіт. Рентгенофазовими дослідженнями [93, 109], проведеними на Луганському шлаку у віці 90 і 720 діб, були виявлені добре фіксовані гідросилікатні, гідроалюмінатні та гідросульфоалюмінатні фази продуктів гідратації шлаку

Таким чином, в механізмі швидкого наростання міцності і добавочного зміцнення, важливу роль відіграє ізоморфне епітаксійне нарощування кристалів кальциту із розчину в процесі його утворення швидко виводячи гідролізне вапно з розчину, знижуючи тим самим концентрацію іонів Ca^{2+} в розчині та стимулюючи подальший процес гідролізу.

Луга, що утворюється в результаті каустифікації, компенсує початковий недолік її для подальшого прискорення процесу розчинення склоподібної фази шлаку. У першому наближенні реакційний механізм каустифікації представлений на рис. 1.

Основними факторами, що визначають вищу швидкість формування міцності композитів у присутності K_2CO_3 виявлено:

- більш висока розчинність карбонату калію (110 г/100 мл) при низькій формувальній вологості сумішей, в порівнянні з Na_2CO_3 (20 г/в 100 мл);
- утворення кристалогідратів $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O}_3$ нижчим вмістом води;
- швидша, за однакові проміжки часу, каустифікація карбонату калію з утворенням CaCO_3 , що кристалізується на вихідних частинках кальциту;
- менша гідратованість катіону і більше зміцнююча дія його на кластерну структуру води.