

НАПРЯМОК «ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 666.965.2

Г. М. Шабанова, М. І. Ворожбіян, С. О. Кисельова

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ CSH – ФАЗ У ВАПНЯНО-КРЕМНЕЗЕМИСТИХ СУМІШАХ З ДОБАВКОЮ ДОМЕННОГО ШЛАКУ В ГІДРОТЕРМАЛЬНИХ УМОВАХ

G. M. Shabanova, M. I. Vorozhbiyan, S. O. Kyselova

DIRECT STUDY OF THE CSH - PHASE DEVELOPMENT IN LIME-SILICA MIXTURES WITH BLAST-FURNACE SLAG ADDITIVES UNDER THE HYDRO-THERMAL CONDITIONS

Промисловість будівельних неорганічних матеріалів є галуззю, у якій широко використовуються техногенні відходи, зокрема, популярним промисловим побічним продуктом є доменний шлак, який має приховані в'язучі властивості. Основними продуктами його гідратації є кристалічні CSH-фази, найчастіше – тоберморит, гелеподібні CSH-фази, часто спостерігається кристалізація гідроталциту (hydrotalcite) $Mg_6Al_2CO_3(OH)_{16} \cdot 4H_2O$ [1]. Активувати в'язучі властивості доменного шлаку можна сполуками лужних і лужноземельних металів, рідким склом, цементом, сульфатами, активним дрібнодисперсним кремнеземом, гідротермальною обробкою [2 – 4]. При лужній активації шлаку процес гідратації залежить від природи активатора, рН, часу, мікроструктури меленого шлаку, радіуса катіона активатора [1]. Процеси гідратації мінералів неорганічних в'язучих, таких як портландцементний клінкер, повітряне вапно та ін., відіграють велику роль при формуванні фазового складу і мікроструктури бетонів. Відомо, що при твердінні автоклавних силікатних виробів (силікатної цегли, силікатного каменю)

відбувається хімічна взаємодія між вапном, силіцій діоксидом і водою з утворенням CSH-фаз, причому фазовий склад і мікроструктура продуктів залежить від природи сировинних компонентів, умов твердіння та інших факторів.

Логічно припустити, що у сировинній вапняно-кремнеземистій суміші можлива заміна частини вапна на доменний шлак, без погіршення техніко-експлуатаційних властивостей готових виробів, що буде сприяти частковому вирішенню таких проблем, як ефективне використання енергоємної сировини і зменшення антропогенного забруднення навколишнього природного середовища. Мета дослідження – встановлення особливостей фазоутворення при варійованих технологічних режимах гідротермальної обробки сировинних сумішей силікатної цегли на основі вапняно-кремнеземного в'язучого з добавкою меленого доменного відвального шлаку і розчину магній сульфату.

У дослідженні використовували: традиційну сировину – грудкове вапно, пісок, воду; добавки техногенних відходів (оксидний склад наведено в табл. 1) – кремнеземистий дрібнодисперсний відхід

помольних тіл для кульових млинів (ВПТ), мелений доменний відвальний шлак МДВШ), основними фазами якого є

геленіт, меліліт, окерманіт, α -CS, β -2CS, γ -CS, трьохкальцієвий силікат; розчин $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ з масовою концентрацією 2 %.

Таблиця 1

Хімічний склад добавок промислових відходів

Матеріал добавки	Хімічний склад добавки, мас. %									
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	TiO ₂	MnO	S
Відхід помольних тіл	2,46	91,74	1,43	1,64	-	0,66	2,07	-	-	-
Мелений доменний відвальний шлак	46,41	38,89	7,48	5,39	0,43	-	-	0,02	0,05	1,33

Помел в'яжучого здійснювали до проходу крізь сито № 008. В'яжуче змішували з піском і зволожували водою або розчином магній сульфату. Із сировинної суміші пресували зразки-куби з довжиною ребра 0,024 м, які обробляли в лабораторному вертикальному автоклаві і випробували на міцність на стиск. Силікатний матеріал досліджувався фізико-хімічними методами аналізу: рентгенофазовим (РФА), диференціальної

термогравіметрії (ДТА), петрографічним. Досліджували зразки силікатного матеріалу такого складу: а) склад С1, мас. %: вапно – 10,5, ВПМ – 10,5, пісок – 79, суміш зволожується водою; б) склад С2, мас. %: вапно – 5, ВПМ – 10, МДВШ – 6, пісок – 79, суміш зволожується розчином магній сульфату. Зразки отримані при тиску в автоклаві 0,6 МПа. Результати випробувань міцності на стиск наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Міцність на стиск зразків силікатного матеріалу, тиск гідротермальної обробки 0,6 МПа

Склад	Час автоклавування, год				
	2	3	4	5	6
	Межа міцності на стиск, МПа				
С1	14,0	-	16	-	19
С2	11	14	17	28	40

Ідентифікацію результатів фізико-хімічного аналізу здійснювали на основі бази даних [5]. За результатами РФА, у зразках складу С1 виявлено β -кварц, $CaCO_3$, що підтверджено результатами ДТА. Виявлено гідратовані фази: $Ca(OH)_2$, інтенсивність дифракційних максимумів якого зменшується при збільшенні терміну витримки під тиском; $C_2SH(II)$, $C_2SH(A)$ –

через 4 год; $C_2SH(C)$ і тоберморит виявлено при 4 і 6 год, кількість і інтенсивність максимумів зростає зі збільшенням часу витримки; $CSH(B)$ – через 6 год. За результатами ДТА виявлено ендотермічні ефекти $Ca(OH)_2$; гель CSH ; $C_2SH(II)$, причому площа відповідного ефекту збільшується при зростанні витримки з 2 до 6 год; $C_2SH(A)$ – при 6 год; $C_2SH(C)$.

Відмінністю рентгенограм зразків складу С2 є відсутність дифракційних максимумів $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при 6 год; більша інтенсивність і кількість максимумів тобермориту; імовірна присутність афвїліту і гідроталциту. На кривих ДТА виявлено такі особливості: чітко виражено ендотермічний ефект тобермориту; з'являється екзоэффект, який відповідає $\text{CSH}(\text{В})$. Результати петрографічного аналізу, проведені у зразках, виготовлених за режимом 0,6 МПа – 6 год, виявили такі відмінності у мікроструктурі зразків складу С2 порівняно зі зразками складу С1: відсутня чітка межа між зернами піску і фазами новоутворень, більш щільна і однорідна мікроструктура, наявність зерен шлаку, ядро яких оточене фазою новоутворень.

Добавка до вапняно-кремнеземистої сировинної суміші для виготовлення силікатних бетонів меленого доменного відвального шлаку і розчину MgSO_4 з масовою концентрацією 2% дозволяє замінити 50 мас. % енергоємного вапна на техногенну сировину. Змінюється кількість і фазовий склад новоутворень, прискорюються процеси фазоутворення, що веде до формування більш щільної мікроструктури силікатного автоклавного матеріалу і

стрімкого зростання міцності у терміни 4–6 год. Міцність зразків зі шлаковою добавкою, виготовлених за режимом 0,6 МПа – 6 год, удвічі перевищує міцність вапняно-кремнеземистих зразків і становить 40 МПа.

Список використаних джерел

1. Schneider N., Stephan D. Studying the Hydration of a Retarded Suspension of Ground Granulated Blast-Furnace Slag after Reactivation // MDPI – Materials. – 2016. – V. 9(11), 933. URL: <http://www.mdpi.com/1996-1944/9/11/933/htm>.
2. Chen, W., Brouwers, H. J. H. The hydration of slag, Part 1: reaction models for alkali-activated slag // Journal of Materials Science. – 2007. – Vol. 42(2). – P. 428–443.
3. Chen, W., Brouwers, H. J. H. The hydration of slag, Part 2: reaction models for blended-cement // Journal of Materials Science. – 2007. – Vol. 42(2). – P. 444 – 464.
4. Roy A. Schilling P.J. Eaton H.C. and et. Activation of ground blast-furnace slag by alkali-metal and alkaline-earth hydroxides. // J. Am. Ceram. Soc. – 1992. – 75 (12). – P. 3233–3240.
5. Mindat.org [e-resours] URL: <https://www.mindat.org/min-1987.html>.

УДК 658.3:61:681.3

В. Г. Брусенцов, В. Г. Пузир

ЗАСОБИ БОРОТЬБИ З ПРОФЕСІЙНИМ СТРЕСОМ ЗАЛІЗНИЧНИХ ОПЕРАТОРІВ

V. G. Brusentsov, V. G. Puzir

MEANS OF STRUGGLE WITH PROFESSIONAL STRESS OF THE RAILWAY OPERATORS

Статистика останніх років показує, що безпека руху як пріоритетне завдання залізничного транспорту у вирішальній мірі визначається рівнем професійної надійності залізничних операторів (перш за все робітників локомотивних бригад та

оперативного диспетчерського персоналу) [1]. Тому важливо мінімізувати вплив факторів, які можуть цей рівень знизити. Одним з таких факторів, і дуже важливим, є професійний стрес, який є невід'ємною складовою професійної діяльності