

УДК 666.973.6

Дворкін Л.Й., доктор техн. наук, професор, Безусяк О.В., канд.техн.наук, доцент, Ковалик І.В., канд.техн.наук, асистент, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ВПЛИВ ТОНКОСТІ ПОМЕЛУ ГІПСОВОГО В'ЯЖУЧОГО НА МІЦНІСТЬ ПІНОГІПСУ

Піногіпс представляє собою пористий матеріал (гетерогенну систему), дисперсійним середовищем якого є гіпсовий камінь, а дисперсною фазою – газ (повітря). Наявність в піногіпсі комірок (макропор), заповнених повітрям, надає йому такі особливі властивості як малу густину та низьку теплопровідність. Але наявність макропор призводить до суттєвого зменшення міцності матеріалу. Відомо, що підвищення тонкості помелу гіпсового в'язучого (ГВ) позитивно впливає на міцність гіпсового каменю [1] та покращує умови мінералізації піни [2], тому була прийнята гіпотеза, що підвищення тонкості помелу в'язучого також підвищить міцність піногіпсу.

Таблиця 1.

Міцність гіпсового каменю та піногіпсу

№ е.т	В/Г	R _{г.к.} МПа			R _{п.г.} МПа		
		ГВ1	ГВ2	ГВ3	ГВ1	ГВ2	ГВ3
1	0,91	2,00	2,10	2,25	0,76	0,97	1,21
2	0,79	2,90	3,05	3,20	1,76	2,41	3,05
3	0,76	3,20	3,35	3,50	4,10	5,25	6,42
4	0,56	4,94	-	-	-	-	-
5	0,58	-	4,98	-	-	-	-
6	0,60	-	-	4,95	-	-	-

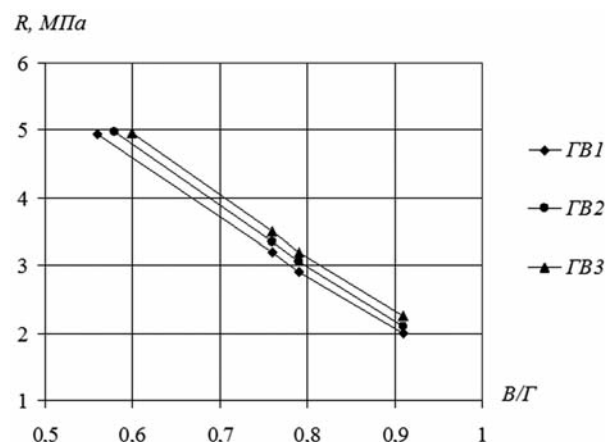


Рис. 1. Графіки залежності міцності гіпсового каменю від В/Г при використанні прийнятих ГВ

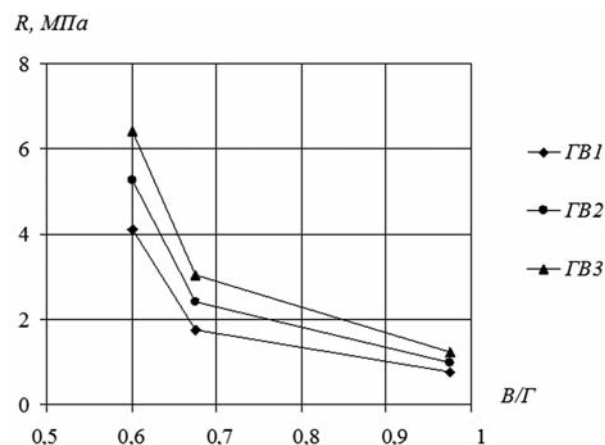


Рис. 2. Графіки залежності міцності піногіпсу від В/Г при використанні прийнятих ГВ

Для перевірки прийнятої гіпотези були виконані дослідження по визначенню впливу тонкості помелу ГВ на міцність гіпсового каменю та піногіпсу. В досліді використовувалось ГВ середнього помелу (II) з залишком на ситі з розміром вічка в просвіті 0,2 мм рівним 9% ГВ1 та гіпсові в'язучі з додатковим помелом ГВ2 з залишком на ситі 5% та ГВ3 з залишком на ситі 1%. Границю міцності при стиску прийнятих ГВ визначали через 2 год при стандартному випробуванні [3]. Слід відмітити, що при використанні ГВ1 гіпсове тісто мало стандартну консистенцію при В/Г = 0,56, при використанні ГВ2 – при В/Г = 0,58 та при використанні ГВ3 – при В/Г = 0,60. Строки тужавлення гіпсового тіста при використанні ГВ2 та ГВ3 в порівнянні з ГВ1 скорочувались в 1,5-2,5 рази.

Піногіпс виготовляли методом сухої мінералізації піни при використанні синтетичного піноутворювача Hostapur OSB на основі високомолекулярного олефінусульфоната. Міцність піногіпсу при стиску визначали на зразках кубічної форми з розміром ребра 100 мм після висушування їх до постійної маси. Водогіпсове відношення при виготовленні гіпсового каменю та піногіпсу приймали рівним 0,91, 0,79 і 0,76, що відповідає оптимальним значенням В/Г, при яких міцність піногіпсу буде максимальною відповідно для густин 500, 700 та 900 кг/м³ [4]. Експериментальні значення міцності гіпсового каменю та піногіпсу наведені в табл.1.

На основі отриманих результатів побудовані графічні залежності міцності гіпсового каменю (рис. 1) та піногіпсу (рис. 2) від В/Г при використанні ГВ1, ГВ2 та ГВ3.

Аналіз графіків на рис. 1 показує, що додатковий помел ГВ збільшує його водопотребу і не впливає на міцність при стандартному випробуванні. Міцність гіпсового каменю при однакових В/Г дещо збільшується при додатковому помелі ГВ.

Аналіз графіків на рис. 2 показує, що додатковий помел ГВ здійснює значний вплив на міцність піногіпсу. При використанні ГВ2 міцність піногіпсу зросла на 30%, а при використанні ГВ3 – на 60%. Можна припустити, що основною причиною такого підвищення міцності піногіпсу при використанні ГВ після додаткового помелу є зміна структури його порового простору.

Універсальним методом визначення параметрів структури пор цементного каменю, розчину і бетону є метод, який ґрунтується на кінетиці поглинання капілярно-пористими матеріалами води, що їх змочує [5]. Цей метод дозволяє визначити як інтегральні (відкриту пористість) так і диференціальні (показники середнього розміру пор і однорідність їх за розміром) параметри структури пор.

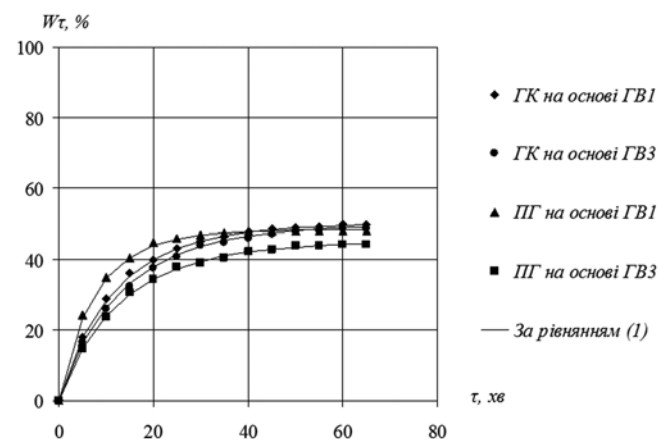


Рис. 3. Кінетика поглинання гіпсового каменю та піногіпсу на основі ГВ1 та ГВ3 для В/Г = 0,91 в часі

В загальному випадку криві водопоглинання матеріалу апроксимуються трипараметричною експоненціальною функцією виду:

$$W_{\tau} = W_{\max} (1 - e^{-\lambda \tau^{\alpha}}) \quad (1),$$

де W_{τ} – величина водопоглинання протягом τ годин; W_{\max} – умовна величина максимального водопоглинання; λ – коефіцієнт, який характеризує середній розмір капілярів; α – коефіцієнт, який характеризує однорідність розмірів капілярів; τ – час від моменту занурення зразка у воду, год.

Наступний етап досліджень полягав у вивченні порової структури гіпсового каменю і піногіпсу при використанні прийнятих ГВ за кінетику їх поглинання. При дослідженні структури пор гіпсового каменю і піногіпсу нами використовувався етиловий спирт, який добре змочує але не розчинює гіпсовий камінь і піногіпс. Перед випробуванням зразки кубічної форми розміром ребра $49,0 \pm 1,0$ мм висушувались до постійної маси в сушильній шафі при температурі $50-60$ °С. Після їх охолодження в ексікаторі до температури 20 °С вони підлягали випробуванням. Зразки занурювались у спирт на глибину, рівній одній третій довжини ребра, що сприяло вільному витисненню повітря з відкритих пор зразка-кубіка спиртом, який за рахунок капілярних сил поглинався основою зразка. Зміна маси зразка в часі, за рахунок насичення його етиловим спиртом, визначалась дискретним методом. Тривалість дослідження визначалась терміном часу, за який відбувалось повне заміщення відкритих капілярних пор спиртом (маса насиченого зразка в часі не змінювалась). На основі отриманих результатів визначались наступні параметри.

Середня густина матеріалу зразка:

$$\rho_c = \frac{m_c}{V} \quad (2),$$

де m_c – маса сухого зразка, кг; V – об'єм зразка, m^3 .

Пористість матеріалу:

$$P = \left(1 - \frac{\rho_c}{\rho_o}\right) 100 \quad (3),$$

де ρ_o – істинна густина гіпсового каменю, г/см³.

Поглинання спирту за об'ємом (відкрита пористість):

$$W_{\max} = P_b = \frac{m_n - m_c}{V \rho_p} 100 \quad (4),$$

де m_n – маса насиченого спиртом зразка, г; ρ_p – густина рідини, яка змочує матеріал (густина етилового спирту $\rho_p = 0,79$ г/см³).

Закрита пористість:

$$P_z = P - P_b \quad (5),$$

Поглинання спирту за об'ємом в часі:

$$W_{\tau} = \frac{m_{\tau} - m_c}{V \rho_p} 100 \quad (6),$$

де m_{τ} – маса зразка насиченого спиртом за період τ , хв.

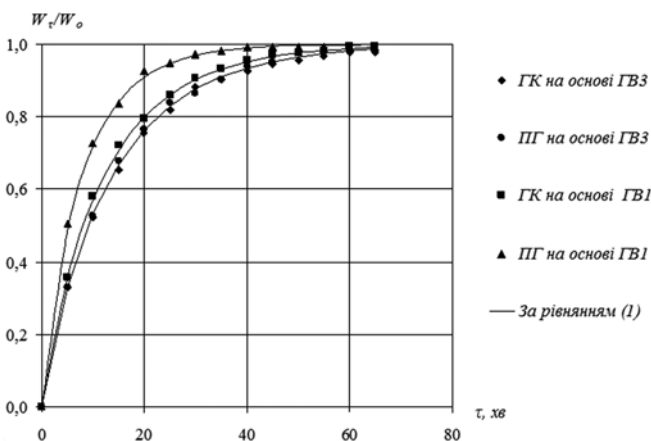


Рис. 4. Графіки залежності $W_{\tau} / W_{\max} = f(\tau)$ для гіпсового каменю та піногіпсу на основі ГВ1 та ГВ3 для $B/G = 0,91$ в часі

Таблиця 2.

Параметри порової структури гіпсового каменю

№ е.т	В/Г	ρ _о , кг/м ³	Показники пор			П, %	П _в , %	П _з , %	Тверда фаза,	
			середній розмір, λ	Однорідність розміру, α	ρ _с ρ _о				100%	
на основі ГВ1										
1	0,91	909	0,100	0,925	60,49	50,01	10,48	39,51		
2	0,79	1002	0,090	0,925	56,42	45,61	10,81	43,58		
3	0,76	1029	0,080	0,925	55,27	44,52	10,75	44,73		
на основі ГВ2										
4	0,91	909	0,095	0,925	60,49	49,86	10,63	39,51		
5	0,79	1002	0,085	0,925	56,42	45,46	10,96	43,58		
6	0,76	1029	0,075	0,925	55,27	44,37	10,90	44,73		
на основі ГВ3										
7	0,91	909	0,090	0,925	60,49	49,71	10,78	39,51		
8	0,79	1002	0,080	0,925	56,42	45,31	11,11	43,58		
9	0,76	1029	0,070	0,925	55,27	44,22	11,05	44,73		

Таблиця 3.

Параметри порової структури піногіпсу

№ е.т	В/Г	Показники пор				Тверда фаза,		
		ρ_o , кг/м ³	середній розмір, λ	Однорід- ність розміру, α	П, %	П _в , %	П _з , %	$\frac{\rho_c}{\rho_o}$ 100%
на основі ГВ1								
1	0,91	0,493	0,15	0,925	78,12	48,31	29,81	21,88
2	0,79	0,690	0,14	0,925	69,93	43,91	25,50	30,57
3	0,76	0,903	0,13	0,925	59,65	42,82	16,83	40,35
на основі ГВ2								
4	0,91	0,505	0,12	0,925	78,12	46,66	31,46	21,88
5	0,79	0,715	0,11	0,925	69,93	42,26	27,17	30,57
6	0,76	0,954	0,10	0,925	59,65	41,17	18,48	40,35
на основі ГВ3								
7	0,91	0,514	0,09	0,925	78,12	45,01	33,11	21,88
8	0,79	0,716	0,08	0,925	69,93	40,61	28,82	30,57
9	0,76	0,953	0,07	0,925	59,65	39,52	20,13	40,35

В табл. 2 та 3 приведені розрахункові параметри порової структури відповідно гіпсового каменю та піногіпсу при використанні прийнятих ГВ.

Експериментальні дані (табл.1 та 2) адекватно апроксимуються рівнянням (1) при 95-% рівні довірчої імовірності.

На рис. 3, для прикладу, приведені графіки кінетики поглинання гіпсового каменю та піногіпсу на основі ГВ1 та ГВ3 для $B/G = 0,91$.

На рис. 4, для прикладу, приведені графіки залежності $W_{\tau} / W_{\max} = f(\tau)$ гіпсового каменю та піногіпсу на основі ГВ1 та ГВ3 для $B/G = 0,91$.

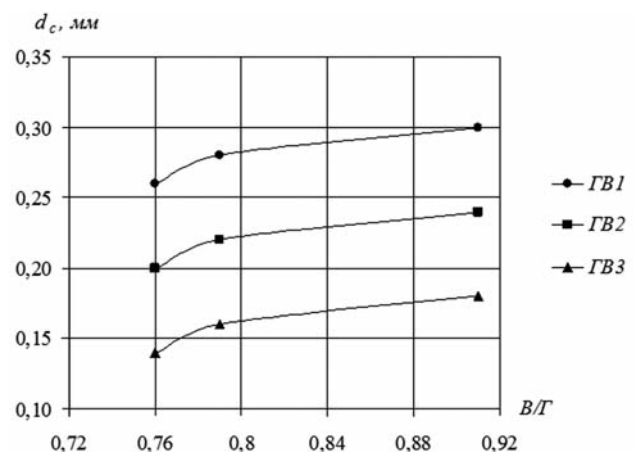


Рис. 5. Графіки залежності d_c від прийнятих B/G та ГВ

Аналіз параметрів порової структури (табл. 2 та 3) та графіків на рис. 3 та 4 показує, що кінетика поглинання гіпсового каменю та піногіпсу на основі додатково помелених ГВ при досліджених практично співпадає. Кінетика поглинання гіпсового каменю на основі ГВ1 є дещо більш інтенсивною ніж при використанні додатково помелених ГВ, а кінетика поглинання піногіпсу на основі ГВ1 є значно більш інтенсивною ніж при використанні додатково помелених ГВ. В гіпсовому камені та піногіпсі при зменшенні В/Г (збільшенні густини) величина середнього розміру пор зменшується, а величина однорідності розміру пор практично не змінюється на що вказують параметри λ і α . Також слід відмітити, що використання додатково помелених ГВ призвело до зменшення середнього розміру пор в гіпсовому камені та піногіпсі.

В зв'язку з тим, що показник середнього розміру пор піногіпсу суттєво λ змінився при додатковому помелі ГВ, були виконанні дослідження макроструктури піногіпсу, яка досліджувалась на зразках, шляхом підрахунку кількості пор та визначення їх діаметрів за допомогою стереоскопічного мікроскопу МБС-9. Підрахунок кількості пор n_i та визначення їх діаметрів d_i , виконувався на чотирьох бокових гранях кожного зразка на площі рівній 10 мм², розміщеній по центру грані. Середній діаметр пор визначався за залежністю:

$$d_c = \frac{n_i d_i}{\sum n_i} \quad (7),$$

На рис. 5 показані графіки залежності середнього діаметру пор піногіпсу від прийнятих В/Г та ГВ.

З рис. 5 видно, що при використанні ГВ2 середній діаметр пор піногіпсу для прийнятих В/Г зменшився в середньому на 21%, а при використанні ГВ3 – на 43%.

На основі виконаних досліджень можна зробити висновок, що підвищення тонкості помелу ГВ сприяє значному підвищенню міцності піногіпсу. Виконаний аналіз порової структури піногіпсу на основі прийнятих ГВ дає можливість стверджувати, що основною причиною значного підвищення міцності піногіпсу на основі додатково помелених ГВ є зменшення середнього діаметру пор піногіпсу, тобто зміна його порової структури.

Література:

1. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) / А.В. Ферронская // Справочник. Москва: Изд-во АСВ, 2004. – 488 с.
2. Ружинский С.И. Все о пенобетоне / С.И. Ружинский, А. Портник, А. Савиных. СПб.: ООО «Стройбетон», 2006. – 630 с. – ISBN 590319-701-9.
3. Будівельні матеріали. В'язучі гіпсові. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-82:2010. – [Чинний від 1999-03-02]. – Київ: Держбуд України.
4. Дворкін Л.Й. Проектування складу піногіпсу за його заданими показниками / Л.Й. Дворкін, О.В. Безусяк, І.В.Ковалик // Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка». – 2011. – №40. – С.63-68.
5. Шейкин А.Е. Структура и свойства цементных бетонов / А.Е. Шейкин, Ю.В. Чеховский, М.И. Бруссер. М.: Стройиздат, 1979. – 344 с.

УДК 691-38.3-03(38Т)

Рудченко Д.Г., канд. техн. наук, Генеральный директор ООО «Аэрок», г. Обухов, Киевская обл., Украина

О РОЛИ ГИПСА В ГАЗОБЕТОНЕ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА

Учитывая то, что автоклавный ячеистый бетон является конструкционно-теплоизоляционным материалом, в современной научной деятельности и производственной практике его изготовления прослеживается стратегическая задача – повышение коэффициента конструктивного качества (ККК) материала, и она сводится к повышению прочностных характеристик при одновременном снижении его плотности. До последнего времени продолжается бескомпромиссный спор приверженцев ударной технологии формирования без применения сульфатосодержащих добавок и литьевой технологии с введением данных добавок в процессе производства автоклавного газобетона, преследующих цель повышение его ККК.

О роли гипса в газобетоне.

Если заглянуть в историю, то до недавнего времени основным документом, который регламентировал изготовление изделий из ячеистого бетона, являлась инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона СН 277-80, согласно которой предусматривалось использование гипсовой добавки, в качестве регулятора структурообразования, а не в качестве сырьевого материала, повышающего физико-механические характеристики продукции [1].

Даже на сегодняшний день во вновь создаваемых нормативных документах нет ссылок на то, что сульфатосодержащая добавка (гипсовый камень) должна применяться не только для регулирования процессов структурообразования, но и для повышения физико-механических характеристик бетона. Ярким примером этого может служить недавно введенный в действие на территории Республики Беларусь (РБ) вместо СН 277-80, ТКП 45-5.03-137-2009 «Изделия из ячеистого бетона. Правила изготовления», в котором согласно п. 5.6 гипсовый камень в ячеистых бетонах следует применять лишь для регулирования структурообразования, нарастания пластической прочности и ускорения твердения [2].

Следует заметить, что еще в начале 60-х годов, когда в СССР зарождалась массовое производство автоклавного газобетона, ряд отечественных исследователей убедительно показывали положительное влияние гипсовых добавок на взаимодействие CaO и SiO_2 в процессе автоклавной обработки [3-6]. Только после распада СССР и поставок новых современных заводских от европейских производителей газобетона в независимых постсоветских странах «по-новому» рассматривается вопрос использования гипсовых добавок.

На предприятиях «Аэрок» – крупнейшем производителе газобетона на территории стран СНГ технологическая схема производства ячеистого бетона предусматривает применение гипсового камня из расчета 3-4% в перерасчете на SO_3 .

Наличие в смеси гипсового камня позволяет интенсифицировать технологический процесс набора пластической прочности газобетона до автоклавной обработки – сократить на 50-70 минут время до разрезки массива и калибровки изделий при прочих равных условиях.

Учитывая то, что при существующей технологической схеме производства газобетона в газобетонмешалку совместно с моло-