



Лаповська С.Д.

**Лаповська С.Д., доктор техн. наук, заступник директора з наукової роботи,
Державне підприємство «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут
будівельних матеріалів та виробів», м. Київ, Україна**

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВАПНА НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ

Природна і техногенна сировина, що застосовується при виробництві ніздрюватих бетонів, як правило, має нестабільні робочі параметри. Найбільшою мірою це стосується вапна – основного лужного компонента сировинної суміші, яке характеризується нестабільною активністю, температурою і швидкістю гідратації. Ці параметри безпосередньо впливають на протікання реакції гідротермального синтезу цементуючих речовин, а у виробництві – на процес формування масивів пористого бетону. Нестабільність властивостей вапна призводить до зниження якості продукції, що випускається з автоклавного ніздрюватого бетону [1].

Необхідність залучення великих капітальних вкладень та значний обсяг робіт з реконструкції діючих вітчизняних заводів-виробників віддаляє випуск якісного вапна зі стабільними властивостями на невизначену перспективу. Враховувати доводиться також вичерпання запасів якісного природної сировини, що додатково ускладнює і здорожує отримання високоякісної вапна. Такий стан в промисловості збережеться достатньо довго і змушує виробників ніздрюватого бетону з цим рахуватися.

Тому метою даної роботи є дослідження впливу змінних властивостей вапна на формування структури ніздрюватого бетону автоклавного тверднення.

Враховуючи вище зазначене, для отримання високоякісних ніздрюватобетонних виробів, цілком успішно можна використовувати вапно меншої активності, наприклад, 72 і 82% замість необхідної для випуску ніздрюватобетонних виробів за сучасними технологіями 92%. Для коригування співвідношення між активностями вапна автором та д.т.н., проф. Сахаровим Г.П. (МГСУ, м. Москва) запропонована емпірична формула:

$$C = \frac{S_{\text{нр}}(1\%CaO)[n \cdot A_u + (1-n)A_{\text{ш}}] + P_{\text{изв.песч.смеси}}(S_{\text{удл}} - S_{\text{изв.песч.смеси}})}{S_{\text{удл}}}, \quad (1)$$

де $S_{\text{н}}(1\%CaO) = 80 \dots 100 \text{ см}^2/\text{г} \cdot 1\%CaO$.

В розрахунку складові вяжучого приймаються за одиницю:

$$1 = C + Q_{\text{изв.песч.смеси}} \frac{A_{\text{изв.песч.смеси}}}{A_u} + \frac{T \cdot P_{\text{вшламе}}}{A_u - T}, \quad (2)$$

$$P_{\text{вшламе}} = C - Q_{\text{изв.песч.смеси}} \left(1 - \frac{A_{\text{изв.песч.смеси}}}{A_u} \right), \quad (3)$$

Після підстановки $P_{\text{вшламе}}$ із формули (3) в формулу (2) і алгебраїчних перетворень, отримаємо формулу для визначення $Q_{\text{изв.песч.смеси}}$:

$$Q_{\text{изв.песч.смеси}} = \frac{(1 - C)(A_u - T) - C \cdot T}{A_{\text{изв.песч.смеси}} - T}, \quad (4)$$

Вміст усіх компонентів ніздрюватобетонної суміші представляється в долях одиниці по відношенню до вяжучого.

В умовах ДП «НДІБМВ» для дослідних формовок зразків ніздрюватого бетону автоклавного тверднення використано наступні сировинні матеріали:

- портландцемент ПЦ І-500 згідно з ДСТУ Б В.2.7-46 (виробництва ВАТ «Балцем»);

- вапно негашене кальцієве згідно ДСТУ Б В.2.7-90(виробництва ВАТ «ЭЗЯБИИ») активністю 72, 82 і 92%;
- алюмінієва пудра ПАП 1 згідно з ГОСТ 5494(виробництва фірми «СУАЛ», м. Шелехово, Росія)
- пісок кварцовий згідно з ДСТУ Б В.2.7-32;
- поверхнево-активну речовину – сульфанол;
- пластифікуючу добавку – суперпластифікатор С-3.

Таблиця 1.

Витрата компонентів вапняно-піщаного в'язучого (ВПВ), кг

Активність вапна, %	Витрата компоненту, кг, розрахована					
	за стандартною мето- дикою (СН 277-80)			за розробленою формулою		
	вапно	цемент	пісок	вапно	цемент	пісок
72	85	36	268	68	40	281
82	75	36	278	64	36	289
92	67	36	286	58	34	297

На основі запропонованої формули було розраховано співвідношення між вапном різної активності та піском (табл.) і виготовлено вапняно-піщане в'язуче з наступними характеристиками: активність в'язучого $40 \pm 2\%$, питома поверхня в'язучого $4500 \text{ см}^2/\text{г}$, питома поверхня піску у в'язучому $1400 \text{ см}^2/\text{г}$, співвідношення вапно:пісок змінювалось від 1:08 до 1:1,3.

Визначення складу новоутворень ніздрюватого бетону автоклавного тверднення, отриманого на вапні з низькою активністю, проводили за допомогою комплексу фізико-хімічних методів досліджень: рентгенофазового і диференційно-термічного аналізів та електронної мікроскопії.

Рентгенофазовий аналіз (РФА) проводили на дифрактометрі ДРОН-2М за порошковим методом. Зйомку виконували в інтервалі кутів $2\Theta = 10-60^\circ$ при швидкості обертання лічильника $2^\circ/\text{хв}$. Рентгенограми ідентифікували за допомогою комп'ютерної бази даних PC-PDF, Version 2.13a, Copyright JCPDS – International Centre for Diffraction Data, 1992 із використанням програми «XPowder» і бази даних AMSCD і робіт [3-8].

Комплексне термографічне дослідження (ДТА) виконано на дериватографі системи Р. Паулік, І. Паулік, Л. Эрдей фірми МОМ (Будапешт, Угорщина). Нагрівання зразків, виготовлених згідно рекомендацій [9], прово-

дили до температури 1000°C зі швидкістю 10°C/хв. У якості еталону використовували пропалений технічний глинозем. Отримані дані ідентифікували згідно даних, наведених в літературі [6, 8, 11].

Електронно-мікроскопічні дослідження мікроструктури штучного пористого каменю проведені на мікроскопі РЕММА – 101А методом мідних реплік по методиці [10]. Ідентифікацію новоутворень проводили в відповідності з даними робіт [6, 12, 13].

В сучасних технологіях, що розроблені фірмами «Хебель», «Ітонг», «Верхан», «Маза-Хенке», «Хесс», «Хеттен», «W+K» (Німеччина), «Сіпорекс» (Швеція, Фінляндія), «Дюрокс», «ЕЙРКРІТ ДЮРОКС» (Нідерланди), Н+Н (Данія, Великобританія), для отримання якісного автоклавного ніздрюватого бетону марки D400-500 за даними Європейської асоціації виробників бетону, найкраще всього застосовувати вапно активністю 92%. Використання вапна нижчої активності може привести до непередбачених технологічних зупинок ліній.

Якщо уважно придивитись до рентгенограм (рис. 1) зразків, що отримані з автоклавного ніздрюватого бетону, складі яких були розраховані за формулою (1) та отриманих на вапні активністю 72, 82 і 92%, то можна сказати, що вони схожі, але з деякими відмінностями. Так, в інтервалі кутів 12-14,5° і 29-30,5° (для вапна активністю 92%), 10,5-16,5° і 29-31° (для вапна активністю 82%), 10,5-16,5° і 29-31° (для вапна активністю 72%) є незначна розбіжність по утворенню тоберморитоподібних фаз. Найбільш висока ступінь закристалізованості низькоосновних гідросилікатів кальцію спостерігається для зразків автоклавного ніздрюватого бетону, що отримані з вапна активністю 92%. Дійсно, такий бетон при середній густині 403 кг/м³ (активність в'язучого 40%, В/Т=0,62) характеризується міцністю при стиску/згині 2,67/0,33 МПа, вологістю після автоклавної обробки 39,8%. Для ніздрюватого бетону, отриманого з вапна активністю 82% в інтервалі кутів 10,5-16,5° присутня аморфна фаза, яка характерна для частково закристалізованих тоберморитоподібних фаз, штучний камінь при середній густині 402 кг/м³ (активність в'язучого 40%, В/Т=0,62) характеризується міцністю при стиску/згині 2,24/0,31 МПа, вологістю після автоклавної обробки 38,61%. Для ніздрюватого бетону, що отриманий з вапна активністю 72% в інтервалі кутів 10,5-16,5° майже відсутні дифракційні відображення, які характерні для низькоосновних тоберморитоподібних фаз, штучний камінь при середній густині 403 кг/м³ (активність в'язучого 40%, В/Т=0,62) характеризується міцністю при стиску/згині 2,54/0,32 МПа, вологістю після автоклавної обробки 39,8%. Про що свідчать ці показники? По-перше, щодо правильного розрахунку складу бетону з використанням вапна різної активності; по-друге, є збіжність фазового складу новоутворень, які відрізняються поміж собою тільки кількісно.

Згідно даних РФА (рис. 1) у фазовому складі продуктів гідратації ніздрюватого бетону, що отримано з вапна активністю 72, 82 92%, після автоклавної обробки окрім реліктових дифракційних відображень β -SiO₂ d=0,423; 0,334; 0,244; 0,228; 0,212; 0,197; 0,181; 0,166 нм (ендоефекти при температурах (-) 57-595°C, рис. 2) і незначної кількості карбонатного спуриту 2(2CaO·SiO₂)·CaCO₃ d=0,301; 0,271; 0,266; 0,262 нм, який розкладається з виділенням CO₂ при температурах (-) 960-990°C (рис. 2) фіксується C₃AH₆ (d=0,337; 0,250; 0,223; 0,199 нм), продукт дегідратації якого при температурі (-) 520°C, реагуючи з кремнеземом, утворює незначну кількість гідрогранату виду 3CaO·Al₂O₃·xSiO₂·(6-2x)H₂O (d=0,270; 0,187; 0,165 нм) зафіксовані основні фази: пластинчаті та голкоподібні кристали риверсайдиту (рис. 1, кр. 2, рис. 3, є, ж, з) C₃S₂H₃ d=0,305; 0,298; 0,279 нм, який після термодеструкції (+) 840°C (рис. 2, кр. 1-3) кристалізується у неорієнтований

β -C₂S; зростки дрібних листочків пломбьєриту (рис. 3, є, ж), з C₂H₂ d=0,542; 0,207; 0,183; 0,167 нм із волокнисто-голкоподібними кристалами CSH(B) d=0,307; 0,280; 0,240; 0,210; 0,183; 0,167 нм (рис. 3, є, ж, з), які дегідратуються при температурах (-) 220°C і кристалізуються при (+) 800 і 840°C у β -CS (рис. 2, кр. 1-3); відмічено прихованокристалічні зростки гіроліту (рис. 3, є, ж, з) C₃S₂H₂ d=0,774 0,69; 0,46; 0,42; 0,336; 0,302; 0,266; 0,251; 0,212; 0,205 нм, який дегідратується при температурах (-) 150 і 778°C та кристалізується при (+) 810°C у α -CS і неорієнтований β -C₂S.

Як було зазначено вище, основні фази відрізняються тільки кількісно. Для ніздрюватого бетону, отриманого на вапні активністю 72%, по даним РФА (рис. 1, кр. 1) характерна наявність гофрованих кристалів C₂SH₂ d=0,49; 0,307; 0,280; 0,240; 0,200; 0,183; 0,172; 0,162 нм, який при температурі (+) 700°C кристалізується в β -CS (рис. 2, кр. 1); призматичних кристалів C₂SH(B) d=0,334; 0,301; 0,292; 0,268; 0,181; 0,174 нм, який дегідратується при температурі (-) 600°C з утворенням β -C₂S (рис. 2, кр. 1-2).

Відмічена наявність кристалів гіроліту C₃S₂H₂ d=0,77; 0,69; 0,46; 0,42; 0,336; 0,302; 0,268; 0,266; 0,251; 0,212; 0,205 нм, який дегідратується при температурі (-) 778°C з наступною кристалізацією при температур (+) 810°C призматичні кристали C₃S₂H₃ d= 0,578; 0,327; 0,319; 0,305; 0,274;

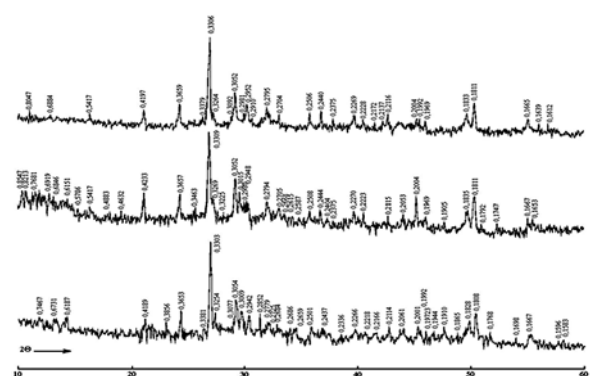


Рис. 1. Рентгенограми зразків із ніздрюватого бетону автоклавного твердіння при активності вапна, %: 1 – 72; 2 – 82; 3 – 92

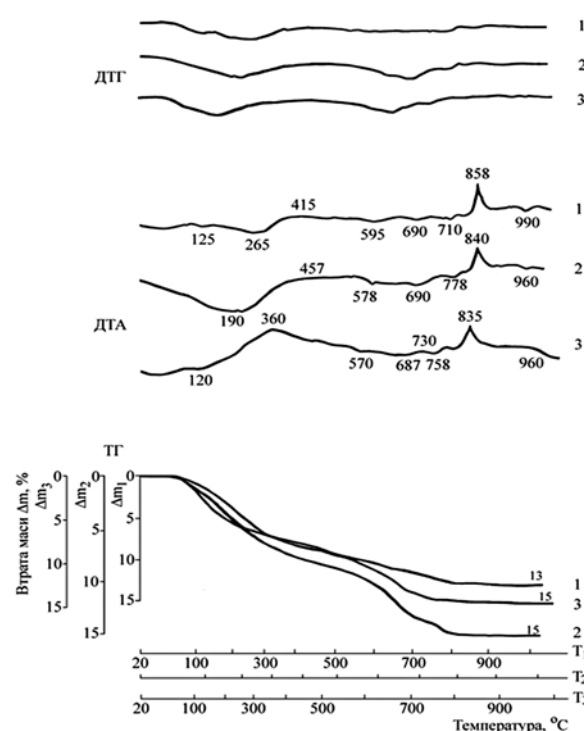


Рис. 2. Термограми зразків із ніздрюватого бетону автоклавного твердіння при активності вапна, %: 1 – 72; 2 – 82; 3 – 92

0,267; 0,244; 0,237; 0,205; 0,197; 0,181 нм, дегідратація якого відбувається за температури (-) 470°C з наступною кристалізацією при температурі (+) 820°C у β -CS (рис. 2, кр. 1-2); пластинки океаніту $C_3S_6H_6$ $d=0,740; 0,680; 0,610; 0,522; 0,420; 0,360; 0,305; 0,298; 0,293; 0,280; 0,277; 0,267; 0,238; 0,230; 0,222; 0,197$ нм, дегідратація якого відбувається при температурі (-) 700°C.

Також характерна наявність дифракційних відображень заплутано-волокнистих мас некоїту (особливо для зразків, отриманих з вапна активністю 82%) $C_3S_6H_8$ $d=0,76; 0,68; 0,57; 0,46; 0,336; 0,304; 0,292; 0,250; 0,227; 0,220; 0,190; 0,183; 0,179; 0,165$ нм, який дегідратується при температурі (-) 690°C з наступною кристалізацією при температурах (+) 750 і 800°C з утворенням β -CS і α - SiO_2 (рис. 2, кр. 1-2); голчатих кристалів фошагиту C_4S_3H $d=0,680; 0,490; 0,350; 0,337; 0,326; 0,292; 0,279; 0,268; 0,230; 0,212; 0,184; 0,174; 0,166$ нм, дегідратація якого відбувається при температурі (-) 690°C з утворенням β -CS і β - C_2S ; пластинок тобермориту $11,3A^\circ$ $C_5S_6H_5$ $d=0,570; 0,307; 0,298; 0,280; 0,251; 0,248; 0,227; 0,200; 0,183; 0,167$ нм, який при температурі (+) 840°C кристалізується в β -CS (рис. 2 кр. 1-2); волокнисто-призматичні кристали ксонотліту C_6S_6H $d=0,700; 0,420; 0,365; 0,323; 0,307; 0,271; 0,266; 0,251; 0,205; 0,184; 0,175$ нм, який дегідратується при температурі (-) 778°C з наступною перекристалізацією в β -CS.

Чарункова структура штучного каменю майже не відрізняється одна від одної (рис. 3, а-в). Середній діаметр сферіодальних чарунок становить величину від 0,379 до 0,586 мм (рис. 3, б), які в структурі матеріалу розташовуються досить рівномірно. Середня товщина міжчарункових перегородок становить від 0,276 до 0,862 мм, в перегородках знаходяться сферіодальні чарунки розміром від 0,069 до 0,086 мм. Такі особливості утворення порової структури автоклавного газобетону сприяють значному підвищенню міцності при стиску (зазначено вище).

Узагальнюючи отримані експериментальні дані можна сказати наступне:

1) запропонована формула за розрахунком складу бетону при використанні вапна низької активності підтверджується даними фізико-механічних і фізико-хімічних методів досліджень;

2) отриманий ніздрюватий бетон при постійних параметрах – активність в'язучого 40% і $V/T=0,62$ при активності вапна 92, 82 і 72% характеризується середньою густиною 402-403 kg/m^3 , міцністю при стиску/згині 2,24-2,67/0,31-0,333 МПа, вологістю після автоклавної обробки 38,61-39,8%;

3) однаковим фазовим складом, який відрізняється поміж собою кількісно.

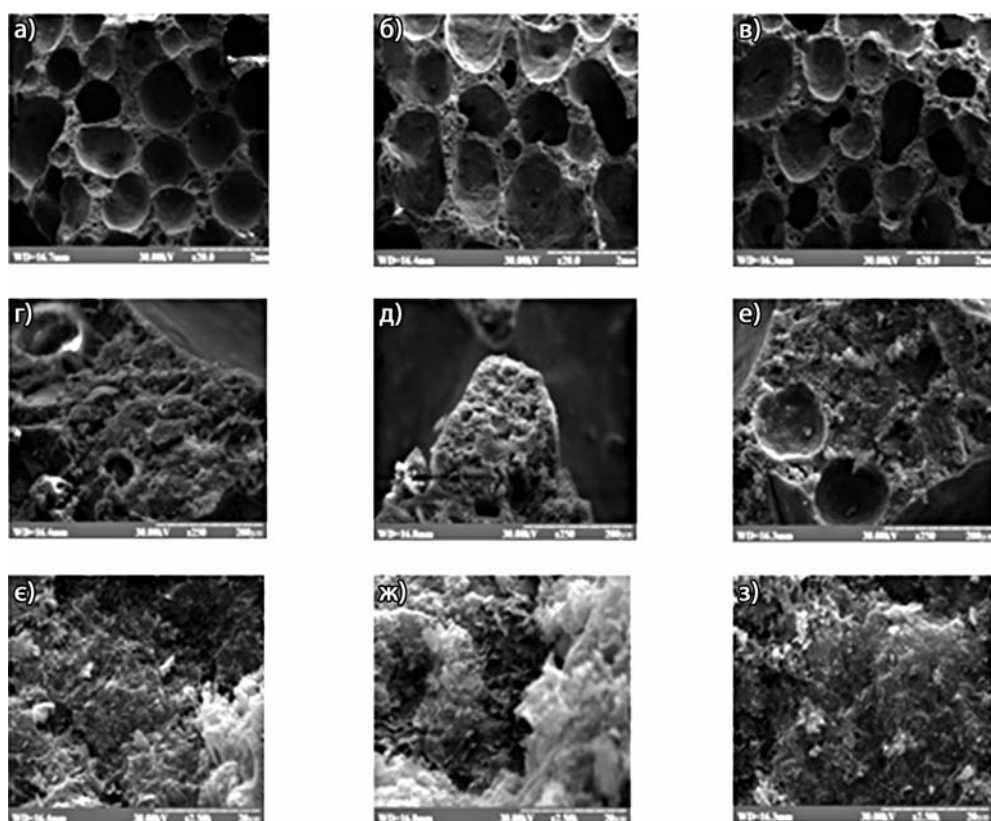


Рис. 2. Електронні мікрофотографії поверхні сколу зразків ніздрюватого бетону автоклавного тверднення при активності вапна, %: 72 (а, г, е), 82 (б, д, ж) і 92 (в, е, з)

Литература:

1. Воронин А.И. Разработка системы управления параметрами технологии силикатных автоклавных бетонов в условиях нестабильности свойств применяемой извести. Дис. канд. техн. наук: 05.23.05. – Воронеж: ВГТУСА, 2003. – 310 с.
2. Химия цемента / Под ред. Х. Тэйлора. – М.: Изд-во по строительству, 1969. – 502 с.
3. Project website containing an integrated database of Raman spectra, X-ray diffraction and chemistry data for minerals. <http://ruff.info>
4. <http://www.webmineral.com>
5. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1984. – 335 с.
6. Powder Diffraction File. Alphabetical Index Inorganic Compounds / Managing Editor [Електронний ресурс]: W.F. McClune. – NY, Published by International Centre for Diffraction Data, 2001. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. вимоги: Pentium;

32 Mb RAM, CD-ROM Windows 95/98/2000/XP. Назва з контейнера.

7. Горбунов Н.И. Рентгенограммы, термограммы и кривые обезвоживания минералов, встречающихся в почвах / Н.И. Горбунов, И.Г. Цюрупа, Е.А. Шурычина. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 187 с.
8. Борг Л.Г. Введение в термографию / Л.Г. Борг. – М.: Изд-во АН СССР, 1969. – 395 с.
9. Боровский И.В. Электронно-зондовый анализ / Под ред. И.Б. Боровского. – М.: Мир, 1974. – 260 с.
10. Термический анализ минералов и горных пород. – Л.: Недра, 1974. – 399 с.
11. Винчелл А., Винчелл Г. Оптические свойства искусственных минералов. – М.: Мир, 1967. – 526 с.
12. Минералогическая энциклопедия / Под ред. К. Фрея. – Л.: Недра, 1985. – 511 с.
13. Пашенко О.О. Вяжучі матеріали: підручник. / О.О. Пашенко, В.П. Сербін, О.О. Старчевська. – К.: Вища школа, 1995. – 416 с.

WhiteWall

БілаСтіна



UDK U-block

Применяется в качестве несъемной опалубки для устройства армированных поясов, перемычек для оконных и дверных проемов, колонн и элементов жесткости.

Длина x высота (мм): 600 x 200 | 500 x 200
Толщина блока (мм): 300 | 375 | 400 | 500



UDK SuperBlock 400

Стеновые блоки из автоклавного газобетона, сочетают прочность и теплоизоляционные свойства.

Длина x высота (мм) 600 x 200
Толщина блока (мм)
100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 375 | 400 | 500
Марка по средней плотности: 400 кг/м³
Коэффициент теплопроводности: 0,10 Вт/м К
Класс по прочности на сжатие: B2,5
Морозостойкость: ≥35 циклов



UDK SP

Штукатурная смесь для газобетона – предназначена как для наружного, так и внутреннего оштукатуривания.

- Легкая
- Паропроницаемая
- Морозостойкая
- Гидрофобная
- Негорючая
- Экологически безопасная
- Внешний вид «барашек»



UDK TBM

Цвет белый и серый

Клеевая смесь для газобетона. Предназначена для тонкослойной кладки газобетонных блоков. Обеспечивает удобный и быстрый монтаж, а также теплотехническую однородность кладки, без образования «мостиков холода».

Ориентировочный расход клеевой смеси на 1 м² кладки при толщине шва 2-3 мм:

Толщина блока (стены), мм	100	150	200	250	300	375	400	500
Расход, кг/м²	2,5	3,8	5	6,3	7,5	9,4	10	12,5

Будуй швидко!
Будуй тепло!

udkgazbeton.com