

**ВПЛИВ ГІДРОФОБІЗУЮЧОЇ ДОБАВКИ
НА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ**

Лаповська С.Д., канд. техн. наук, Волошина Т.М., м.н.с.

Державне підприємство «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів «НДІБМВ», м. Київ, Україна

Однією з найбільш актуальних проблем сучасного виробництва стінових матеріалів є зменшення їх густини за рахунок створення пористої структури при одночасному забезпеченні необхідних значень міцності та інших будівельно-технічних властивостей. Зменшення густини стінових матеріалів дозволить значно знизити матеріало- та енергоємність виробництва, підвищити теплозахисні властивості стінових огорожуючих конструкцій, вирішити проблеми енергозбереження та покращити екологію навколишнього середовища за рахунок зменшення забруднення повітря продуктами згоряння матеріалів, що використовують для отримання теплової енергії.

Як відомо, частка газових пор становить 60-90% в об'ємі газобетону. Пориста структура автоклавного газобетону визначає його властивості - відносно високу міцність і низьку теплопровідність, середню густину, морозостійкість, рівноважний вологовміст та ін. [1-5]. За даними [1, 4, 6] руйнування ніздрюватого бетону зниженої середньої густини відбувається переважно від втрати стійкості оболонок газових пор, а підвищеної густини – внаслідок вичерпання міцності (на стиск, розтяг при згині, зріз) матеріалу оболонки. Крім того, зниження міцності ніздрюватого бетону також викликають нерівномірний розподіл та невпорядковані розміри газових пор, що мають у багатьох випадках еліптичну, витягнуту у напрямку спучування форму (рис. 1). Анізотропія властивостей, викликана недосконалістю геометричної форми пор, неоднорідністю будови (різна товщина та мікрорельєф поверхні пор, виступи, тріщини і отвори) та властивостей матеріалу оболонки (пружності, міцності тощо) може бути значно зменшена завдяки направленому формуванню оптимальної структури матеріалу.

У роботах Сахарова Г.П. [4], Вознесенского В.А. [5], Schober G. [7, 8], Риб'єва І.А. [9] основною ознакою оптимальної структури штучного пористого будівельного конгломерату є щільна та найщільніша упа-

ковка сферичних пор різного діаметра, що розділені безперервним прошарком однакової товщини - матриці, яка сама є штучним мікроконгломератом оптимальної структури, що складається з в'язучого та заповнювача при мінімальному водов'язучому або водотвердому відношенні.

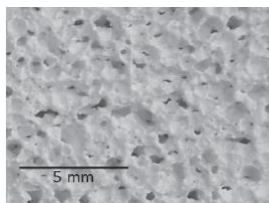


Рис. 1. Газові пори та дефекти стінок пор автоклавного газобетону

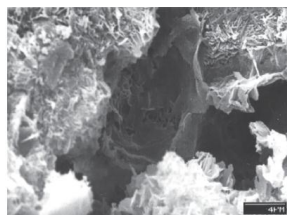


Рис. 2. Порожнини в скелеті матеріалу автоклавного газобетону

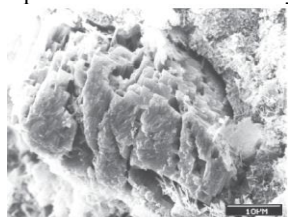


Рис. 3. Зерно кварцу, оточене кристалами тобермориту

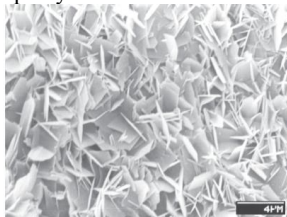


Рис. 4. Кристали тобермориту на стінках газових пор

Згідно з даними Горайнова К.Е., Горлова Ю.П. та Меркіна А.П. пори поділяються на ніздрюваті розміром $10^{-4} \div 0,15 \dots 0,25$ см, капілярні - $10^{-5} \div 10^{-4}$ см та гелеві - менше 10^{-6} см. Schober G. всі пори ніздрювато-го бетону поділяє на дві основні підгрупи: макропори та мікропори. Макропори мають розмір $100 \div 3000$ мк, мікропори – $0,005 \div 50$ мк. При цьому мікропори поділяються на: капілярні пори розміром $5 \div 30$ мк; пори, що утворюються навколо залишків зерен кварцу розміром $10 \div 50$ мк (рис. 2, 3); міжчасткові пори, що утворюються між новоутвореннями (кристалами тобермориту) розміром $0,5 \div 20$ мк та нанопори, що утворюються між кристалами тобермориту та CSH фазами, розміром $0,005 \div 1$ мк. Згідно з класифікацією Горчакова Г.І. та Волженського А.В., до капілярних відносяться пори розміром понад 1000 \AA ($0,1-30$ мк); до контракційних та перехідних - від 10 до 100 нм і до гелевих – від 1 до 10 нм. Змінюючи співвідношення ніздрюватої, капілярної та гелевої пористості можливо регулювати основні фізико-механічні властивості композиту [2, 4, 5, 7].

Основною умовою підвищення однорідності та міцності ніздрюва-

того бетону є рівномірна упорядкована упаковка та сферична форма газових пор з оболонками однакової товщини. Оптимальна мікроструктура газобетону повинна характеризуватись мінімальною капілярною пористістю, зокрема, складових цементуючої матриці, що забезпечує експлуатаційні властивості виробів та їх стійкість під час експлуатації. Крім того, матеріал повинен бути паропроникним і мати низьку адсорбційну здатність. При недостатній паропроникності стінового матеріалу огорожуючої конструкції виникає ризик утворення конденсату та накопичення вологи в стіні, особливо в місцях контакту матеріалу з іншим, менш паропроникним шаром.

Одним з ефективних способів зниження адсорбційної здатності будівельних матеріалів є об'ємна гідрофобізація кремійорганічними сполуками. В НДІБМВ було проведено комплекс досліджень щодо виявлення впливу гідрофобізуючих добавок на структуроутворення та фізико-механічні властивості автоклавного газобетону, виготовленого за литвесою технологією. Серед великого асортименту кремійорганічних матеріалів, що випускаються промисловістю, за результатами попередніх експериментів було обрано поліметилсилоксан $CH_3[(CH_3)_2SiO]_nSi(CH_3)_3$, де $n=3-70$ (ПМС-100). Поліметилсилоксани (ПМС) внаслідок специфічної будови молекул дозволяють значно знизити водопоглинання матеріалу і при цьому майже не знижують його паропроникність та є найбільш температуростійкими (до $300^\circ C$).

В результаті проведених досліджень встановлено, що внаслідок введення до складу ніздрюватобетонної суміші добавки ПМС в кількості 1,5-2% водопоглинання газобетону знижується до 6-3,1% за масою (для бездобавочного складу - близько 50% за масою). Отриманий гідрофобізований газобетон характеризується більш оптимальною структурою порівняно з бездобавочним внаслідок формування сфероїдальних чарунок меншого діаметру; товщина міжчарункових перегородок (рис. 5, а-в) менша, ніж у бездобавочного складу (рис. 5, г-е).

Плівка ПМС не тільки адсорбується в капілярах газобетону, але й на стінках пор. Добавка ПМС ініціює утворення на внутрішніх поверхнях пор автоклавного газобетону кристалів афвіліту (рис. 6, б). Збільшення вмісту добавки ПМС-100 понад 2 % спричиняє зниження міцності готових виробів внаслідок перекристалізації та укрупнення новоутворень (рис. 6, в) та утворення лінз гідрофобізатора, що спричиняють розклинюючу дію і викликають порушення зв'язків між новоутвореннями.

Фізико-механічні характеристики автоклавних газобетонів оптимальних складів наведені в табл. 1.

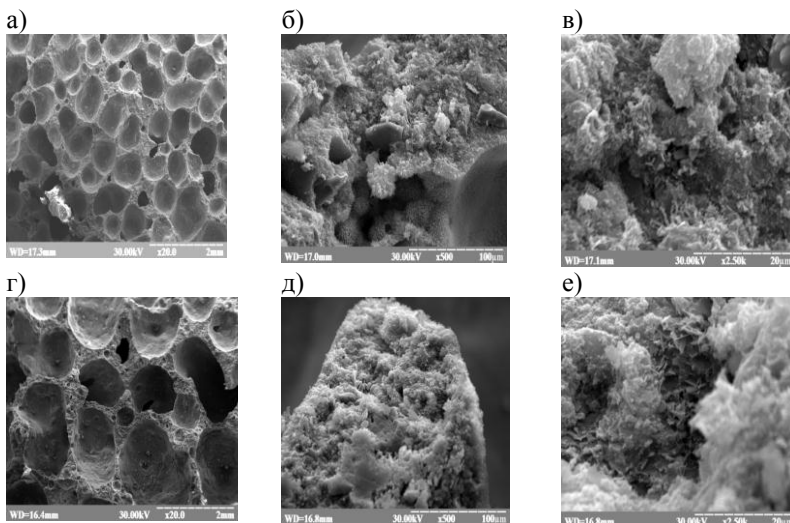


Рис. 5. Електронні мікрофотографії поверхні сколу зразків газобетону: з додавкою ПМС в кількості 2 % (а, б, в) та без додавки (г, д, е);

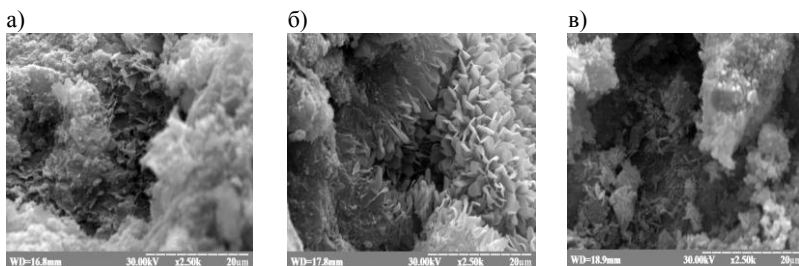


Рис. 6. Електронні мікрофотографії поверхні гідрофобізованого ніздрюватого бетону автоклавного тверднення а) - без додавки; б) при додаванні 2 % ПМС-100; в) при додаванні 10 % ПМС-100.

Таблиця 1. Фізико-механічні характеристики автоклавних газобетонів

Показники	Склади автоклавних газобетонів		
	без додавки	з додавкою ПМС-100 у кількості, % за масою	
		1,5	2,0
1	2	3	4
Середня густина у сухому стані, кг/м ³	406,8-414,2	392,3-395,1	387,5-392,8
Міцність при стиску, МПа	2,7-2,92	2,9-3,1	3,1-3,7
Водопоглинання, % за масою	49,3-50,5	5,8-6,4	2,2-3,1

1	2	3	4
Теплопровідність у сухому стані за температури 25 °С, Вт/м·К	0,100	0,098	0,098
Сорбційна вологість, % за масою при відносній вологості повітря:			
- 75 %	7,7-8,0	3,8-4,2	3,1-3,8
- 97 %	11,6-12,0	6,5-9,1	4,7-6,2
Морозостійкість, цикли	25	35	50
Коефіцієнт паропроникності, мг/(м·год·Па)	0,23-0,26	0,236-0,252	0,220-0,232

Висновок

На макрорівні вирішальним фактором, що впливає на капілярну дифузію води, паропроникність і поглинаючі властивості матеріалу є газова пористість ніздрюватого бетону. На мікрорівні фактором, що визначає теплоізоляційні властивості ніздрюватого бетону є структура його матриці – тонкого твердого безперервного прошарку між газовими порами, пронизаного множиною капілярів, її пористість, розподіл пор в об'ємі, геометрія і величина пор.

Доведено, ніздрюватий бетон, отриманий з застосуванням кремнійорганічної добавки ПМС-100 має наближену до оптимальної макроструктуру, яка характеризується щільною гексагонально-кубичною упаковкою сферичних газових пор різного діаметру, що розділені безперервним прошарком перегоронок. За допомогою електронної мікроскопії виявлено, що пори в структурі гідрофобізованого автоклавного газобетону розташовуються рівномірно по всьому об'єму, середній діаметр сфероїдальних пор становить від 0,153 до 1,05 мм при товщині міжпорових перегородок від 0,206 до 0,433 мм. Формування оптимальної порової структури автоклавного газобетону сприяє підвищенню міцності при стиску на 20-25%.

Встановлено, що оптимальним є введення 1,5-2 % кремнійорганічної добавки ПМС-100 від маси сухих компонентів. Отриманий штучний камінь характеризується середньою густиною 385-392 кг/м³, міцністю при стиску 3,1-3,7 МПа, морозостійкістю не менше 35 циклів та водопоглинанням за масою 2,2- 6,4 %.

Summary

The results of studies of the structure and physico-mechanical properties of hydrophobized AAC average density of 400 kg/m^3 are given. Possibility of use of additive PMS-100 for AAC bulk hydrophobization was confirmed.

Литература

1. Лаповська С.Д. Автоклавний газобетон з покращеними експлуатаційними властивостями: дис. ... докт. техн. наук / Світлана Давидівна Лаповська; КНУБА.- К., 2013. - 387 с.

2. Повышение качества ячеистого бетона управлением процесса поризации / [Удачкин И.Б., Лаповская С.Д., Юськович В.И., Семидидько А.О.] // сб. Реология бетонных смесей и ее технологические задачи. – Рига, 1986. – С. 190–191.

3. Лаповська С.Д. Дослідження дії змінних властивостей вапна на формування структури ніздрюватого бетону автоклавного твердіння / С. Д. Лаповська // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка». – 2012. – №45. – С. 10–16.

4. Сахаров Г.П. Физико–механические и технологические основы повышения надежности изделий из ячеистого бетона: дис. ... докт. техн. наук / Григорий Петрович Сахаров; МИСИ. – М., 1987. – 477 с.

5. К вопросу о формировании поровой структуры и использовании ее параметров для прогнозирования свойств ячеистых бетонов / [Вознесенский В.А., Баровски Н., Выровой В.Н., Шинкевич Е.С.]// Физико–хим. механика. – 1990. – № 17. – София: БАН. – С. 3 – 10.

6. Горяйнов К.Э. Влияние плотности укладки твердых компонентов смеси на физико–химические свойства ячеистых бетонов./ К.Э., Горяйнов, Э.Э. Джабраил–Заде // Легкие и ячеистые бетоны (технология производства). Материалы семинара, вып. 1. – М.: МДНТП им. Ф.Э. Дзержинского, 1967. – 99 с.

7. Schober G., 1992. Effect of size distribution of air pores in AAC on compressive strength. Advan. in AAC, 3rd RILEM Intern. Symposium on AAC, Balkema, Rotterdam, 77-80.

8. Schober G., 2005. The most important aspects of microstructure influencing strength of AAC. Autoclaved Aerated Concrete – Innovation and Development, Taylor & Francis Group, London, 145-153.

9. Рыбьев И.А. Закон прочности оптимальных структур / И.А. Рыбьев // Строительные материалы. – 2002. – №4. – С. 22–23.