

УДК 691.335

Д. С. Дюсембинов, А. А. Жумагулова, Р. Е. Лукпанов

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГАЗООБРАЗОВАНИЯ В ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНАХ

Аннотация. В данной статье приводится анализ структуры композиционного газобетона, изготовленного с применением полимерной эмульсии и комплексного модификатора. Установлено влияние полимерной эмульсии и комплексного модификатора на особенности формирования структуры композиционного газобетона. Повышается доля капиллярных пор, объясняемая ускорением процесса газообразования вследствие качественного омыления газообразователя в полимерной эмульсии. Изучаемый подход позволяет совершенствовать производство ячеистого бетона в направлении снижения его плотности и получения эффективных изделий для современных конструкций стен.

Ключевые слова: газобетон, микроструктура ячеистого бетона, композиционный газобетон, газообразование, поровая структура.

Перспективным направлением повышения технико-экономических показателей тепловых агрегатов является применение в футеровках жаростойких и огнеупорных теплоизоляционных материалов [1].

Жаростойкий бетон представляет собой специальный вид материалов, который под воздействием высоких температур (до 1800°C) способен сохранять в установленных границах собственные физико-механические характеристики. Жаростойкие бетоны, в сравнении с обычными огнеупорными материалами, не нуждаются в специальном предварительном обжиге. Термообработку жароупорный бетон проходит при первом нагреве готовой конструкции. Наибольшее распространение получили газобетоны, изготавливаемые на гидравлических, воздушных и химических вяжущих [2, 3]. Технология приготовления газобетонной смеси для жаростойкого бетона практически та же, что и для обычного газобетона.

От качества микроструктуры газобетона зависит не только его прочность, но и такие важные характеристики, как плотность, теплопроводность, водопоглощение, капиллярный подсос и др. [4-6]. Вместе с тем вопросы, касающиеся зависимости прочности ячеистого бетона от его состава и показателей поровой структуры, недостаточно раскрыты до сих пор.

Представляют научно-практический интерес данные о структуре ячеистого бетона, полученные Г.К. Нагашибаевым под научным руководством Т.А. Уховой. Установлено, что общая пористость и макропористость зависят от средней плотности бетона и водотвердого отношения. При этом отмечается, что увеличение водотвердого отношения приводит к значительному повышению однородности распределения пор. Так, при $V/T = 0,45$ получен бетон средней плотностью 363 кг/м^3 с общей пористостью $\Pi = 0,84$ и макропористостью $\Pi_T = 0,68$, при $V/T = 0,65$ плотность бетона 350 кг/м^3 , $\Pi = 0,86$, $\Pi_T = 0,68$ [7].

Авторским коллективом исследовалась структура композиционного газобетона, изготовленного по предлагаемой технологии с комплексным

модификатором при повышенной концентрации гидрофобизатора в единице объема ячеистой массы за счет применения полимерной эмульсии и комплексного модификатора. Выявлено влияние полимерной эмульсии и комплексного модификатора на особенности формирования структуры композиционного газобетона, которые имеют решающее значение для повышения его прочности при заданной средней плотности и снижения его сорбционной влажности.

Результаты испытаний сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Характер и распределение пор по размерам в газобетоне

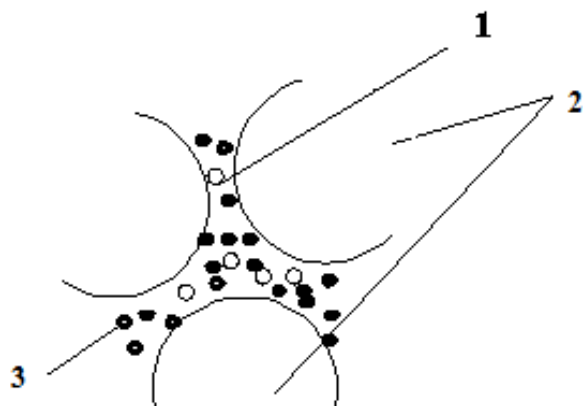
Виды пор	Размеры пор, см	Доля пор в общей пористости, %
Традиционный газобетон		
Капиллярные	$1 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4}$	10 – 12
Воздухововлеченные	$8 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-2}$	6 – 25
Газовые	0,08 – 0,15	50 – 75
Композиционный газобетон с комплексным модификатором		
Капиллярные	$1 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4}$	6 – 18
Воздухововлеченные	$8 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-2}$	4 – 12
Газовые	0,05 – 0,10	53 – 75

Из таблицы 1 видно, что композиционный газобетон отличается от традиционного более развитой и однородной мелкопористой структурой. При этом диаметр даже газовых пор не превышает 1 мм. Весьма заметно снижение объема пор за счет воздухововлечения в ячеистую массу (почти в два раза), что может быть объяснено положительным влиянием комплексного модификатора, который снижает энергию адсорбции воздуха на минеральных составляющих композиционной газобетонной смеси. Пространственный каркас ячеистого бетона формируется за счет последовательного заполнения объема бетона сравнительно мелкими порами (не более 1 мм в диаметре). Предельно плотная укладка пор достигается за счет самопроизвольной пространственной перестройки решетки при перемешивании перед вспучиванием массы, то есть за счет проявления эффекта тиксотропного разжижения ячеистобетонной смеси. Повышается доля капиллярных пор, что объясняется ускорением процесса газообразования вследствие качественного омыления газообразователя в полимерной эмульсии.

Максимальная пористость газобетона при толщине межпоровых перегородок 80-100 мкм и диаметре пор не более 0,8-1,0 мм достигает 75-80 %. Такая пористая структура, образованная порами различного размера с гидрофобными межпоровыми перегородками существенно уменьшает вероятность объединения пор и обеспечивает повышенную устойчивость системы [8].

Таким образом, предложенный состав и способ приготовления композиционного газобетона позволяют получить материал с улучшенной поровой структурой. Комплексный модификатор и полимерная эмульсия позволяют управлять процессами газовой выделения. В данной технологии гармонично сочетаются процессы газовой выделения, разжижения и набора пластической прочности газобетонной смеси.

Предлагаемая физическая модель пористой структуры модифицированного газобетона показана на рисунке 1.



1 – газовая пора; 2 – воздухововлеченная пора; 3 – капиллярная пора;

Рисунок 1 - Физическая модель пористой структуры композиционного газобетона

Следует отметить, что А.П. Меркиным и А.Н. Филатовым также была предложена физическая модель структуры ячеистого бетона с общей пористостью выше 90 %, образованная сочетанием пор четырех типоразмеров: капиллярных, воздухововлеченных двух видов, и газовых – в условно плотной упаковке цементного камня [9].

В данной физической модели не учтено влияние таких факторов, как формирование поровой структуры газобетона, с присутствием полимерной эмульсии, которая удерживает структуру ячейки и не прогидратированные частицы цементного вяжущего, тем самым сохраняя структуру ячейки на ранних и последующих стадиях твердения.

Исследования показали, что именно эти факторы позволяют улучшить качество поровой структуры композиционного газобетона и цементного камня в межпоровой перегородке.

Такой подход позволяет совершенствовать производство ячеистого бетона в направлении снижения его плотности и получения эффективных изделий для современных конструкций стен: наружных многослойных стен здания, вентилируемых наружных (фасадных) стен, наружных самонесущих стен с утеплителем и др.

Представляет научно-практический интерес определение влияния водотвердого отношения на распределение пор в композиционном газобетоне. Согласно полученным данным, во всех исследованных композиционных газобетонах преимущественный объем занимают поры радиусом ~ 100 мкм. Количество таких пор возрастает с уменьшением водотвердого отношения и при гидрофобной модификации бетона.

Доля пор размером до 100 мкм газобетона традиционной технологии с плотностью 600 - 700 кг/м³ составила в среднем при В/Т= 0,42 и В/Т =0,32

соответственно 47,8 и 56,0 % от общей пористости, определенной по полному водопоглощению, что указывает на сильно развитую микропористую структуру.

Более существенное влияние на количество микропор в ячеистом бетоне комплексные модификаторы оказывают увеличение его плотности. В композиционных газобетонах с комплексными модификаторами в области мелких пор (до 10 мкм) наблюдается смещение в сторону увеличения размера пор, которые не так ощутимы, как в классических газобетонах.

По мнению авторов, это связано с общим уменьшением количества микрокапилляров в результате гидрофобизации бетонной смеси, а также технологии введения полимерной эмульсии с газообразователем при формировании газобетона с пониженным водотвердым отношением. Таким образом, присутствие гидрофобных модификаторов увеличивает на 8-10% количество мелких пор, что повышает качество ячеистого бетона как эффективного стенового материала.

Список литературы

1. Абызов В. А. Жаростойкие ячеистые бетоны и вяжущие на основе шлаков алюминотермического производства / В. А. Абызов, С. Н. Черногорлов, Д. А. Речкалов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 38–47. DOI: 10.14529/build160207
2. Тарасова, А. П. Ячеистые жаростойкие бетоны / А. П. Тарасова, А. Л. Карпова // Исследования в области жаростойкого бетона. – М.: Стройиздат, 1977. – С. 80–90.
3. Абызов, В. А. Ячеистые жаростойкие материалы на основе промышленных отходов / В. А. Абызов // Строительство и образование: сб. науч. тр. – Екатеринбург, УГТУ, 2001. – Вып. 4. – С. 123–124.
4. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – 2-е изд. перераб. и доп. – М., 1998. – 768 с.
5. Кулибаев А. А. Новые ресурсосберегающие технологии модифицированных строительных материалов: автореф. дис. ... д.т.н. – Алматы, 2002. – 44 с.
6. Соловьев В. И., Ергешев Р. Б. Эффективные модифицированные бетоны. – Алматы: КазНИИНТИ, 2000. – 112 с.
7. Ухова Т. А., Нагашибаев Г. К. Неавтоклавный поробетон для однослойных ограждающих конструкций // Бетон и железобетон. – 1997. – № 5.
8. Байджанов Д. О., Жумагулова А. А., Абдрахманова Г. А. Особенности цементного камня, модифицированного полимерным компонентом пластифицирующими добавками и коррозионностойким наполнителем. // Вестник Кокшетауского технического института. – 2019. – № 4 (36). – 101 с.
9. Патент СССР № 806656. Способ автоклавной обработки ячеистобетонных изделий.

References

1. Abyzov V. A. ZHarostojkie yacheistye betony i vyazhushchie na osnove shlakov alyuminotermicheskogo proizvodstva / V. A. Abyzov, S. N. CHernogorlov, D. A. Rechkalov // Vestnik YUUrGU. Seriya «Stroitel'stvo i arhitektura». – 2016. – T. 16, № 2. – S. 38–47. DOI: 10.14529/build160207
2. Tarasova, A. P. YAcheistye zharostojkie betony / A. P. Tarasova, A. L. Karpova // Issledovaniya v oblasti zharostojkogo betona. – M.: Strojizdat, 1977. – S. 80–90.

3. Abyzov, V. A. Yacheistye zharostojkie materialy na osnove promyshlennyh othodov / V. A. Abyzov // Stroitel'stvo i obrazovanie: sb. nauch. tr. – Ekaterinburg, UGTU, 2001. – Vyp. 4. – S. 123–124.
4. Batrakov V. G. Modificirovannye betony. Teoriya i praktika. – 2-e izd. pererab. i dop. – M., 1998.- 768s.
5. Kulibaev A. A. Novye resursoberegayushchie tekhnologii modificirovannyh stroitel'nyh materialov: avtoref. dis. ... d.t.n. – Almaty, 2002. – 44 s.
6. Solov'ev V.I., Ergeshev R.B. Effektivnye modificirovannye betony. – Almaty: KazNIINTI, 2000. – 112 s.
7. Uhova T. A., Nagashibaev G.K. Neavtoklavnyj porobeton dlya odnoslojnyh ograzhdayushchih konstrukcij // Beton i zhelezobeton. – 1997. – №5.
8. Bajdzhанov D.O., ZHumagulova A.A., Abdrahmanova G.A. Osobennosti cementnogo kamnya, modificirovannogo polimernym komponentom plastificiruyushchimi dobavkami i korrozionnostojkim napolnitelem. // Vestnik Kokshetauskogo tekhnicheskogo instituta. – 2019. - № 4 (36). – 101 s.
9. Patent SSSR № 806656. Sposob avtoklavnoj obrabotki yacheistobetonnyh izdelij.

Д. С. Дюсембинов, А. А. Жумагулова, Р. Е. Лукпанов

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

ЫСТЫҚҚА ТӨЗІМДІ БЕТОНДАРДА ГАЗ ТҮЗІЛУ ПРОЦЕСІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аңдатпа. Бұл мақалада полимерлі эмульсия мен күрделі модификаторды қолдану арқылы жасалған композициялық газдалған бетонның құрылымына талдау жасаланды. Полимерлі эмульсия мен күрделі модификатордың композициялық газдалған бетонның құрылымын қалыптастыру ерекшеліктеріне әсері анықталды. Полимерлі эмульсиядағы газ түзгіштің жоғары сапалы сабындануына байланысты газдың пайда болу процесінің жеделдеуімен түсіндірілетін капиллярлық тесіктердің үлесі артады. Зерттелген тәсіл ұялы бетон өндірісін оның тығыздығын азайту және заманауи қабырға конструкциялары үшін тиімді өнімдер алу бағытында жақсартуға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: газдалған бетон, ұялы бетонның микроқұрылымы, композициялық газдалған бетон, газ түзілуі, кеуек құрылымы.

D. S. Dyusembinov, A. A. Zhumagulova, R. Y. Lukpanov

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

FEATURES OF THE GAS FORMATION PROCESS IN HEAT-RESISTANT CONCRETE

Abstract. This article provides an analysis of the structure of composite aerated concrete made with the use of a polymer emulsion and a complex modifier. The influence of a polymer emulsion and a complex modifier on the features of the formation of the structure of composite aerated concrete is established. The proportion of capillary pores increases, which is explained by the acceleration of the gas formation process due to the high-quality saponification of the gas-forming agent in the polymer emulsion. The approach under study allows us to improve the production of cellular concrete in the direction of reducing its density and obtaining effective products for modern wall structures.

Keywords: aerated concrete, cellular concrete microstructure, composite aerated concrete, gas formation, pore structure.

Авторлары туралы мәлімет / Сведения об авторах / information about the authors

Думан Серікұлы Дюсембинов – техника ғылымдарының кандидаты, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің өнеркәсіптік және азаматтық құрылыс технологиясы кафедрасының доценті. Қазақстан, Нұр-Сұлтан, Қажымұқан көшесі, 13а. E-mail: dusembinov@mail.ru

Адия Асқарқызы Жұмағұлова – техника ғылымдарының кандидаты, сәулет-құрылыс факультеті деканының орынбасары, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті өнеркәсіптік және азаматтық құрылыс технологиясы кафедрасының доценті. Қазақстан, Нұр-Сұлтан, Қажымұқан көшесі, 13а. E-mail: zaaskarovna@gmail.com

Рауан Ермаганбетұлы Лұқпанов – PhD, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті «ENU-Lab» ғылыми-өндірістік орталығының директоры. Қазақстан, Нұр-Сұлтан, Қажымұқан көшесі, 13а. E-mail: lukpanov_rye@enu.kz

Дюсембинов Думан Серикович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии промышленного и гражданского строительства Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева. Казахстан, Нур-Султан, улица Кажымукана, 13 а. E-mail: dusembinov@mail.ru

Жумағұлова Адия Аскарровна – кандидат технических наук, заместитель декана архитектурно-строительного факультета, доцент кафедры технологии промышленного и гражданского строительства Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева. Казахстан, Нур-Султан, улица Кажымукана, 13 а. E-mail: zaaskarovna@gmail.com

Лукпанов Рауан Ермаганбетович – PhD, директор научно-производственного центра «ENU-Lab» Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева. Казахстан, Нур-Султан, улица Кажымукана, 13 а. E-mail: lukpanov_rye@enu.kz

Duman Dyusembinov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering Technology of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Kazakhstan, Nur-Sultan, 13 a Kazhymukan Street. E-mail: dusembinov@mail.ru

Adiya Zhumagulova – Candidate of Technical Sciences, Deputy Dean of the Faculty of Architecture and Construction, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering Technology of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Kazakhstan, Nur-Sultan, 13 a Kazhymukan Street. E-mail: zaaskarovna@gmail.com

Rauan Lukpanov – PhD, Director of the Research and Production Center «ENU-Lab» of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Kazakhstan, Nur-Sultan, 13 a Kazhymukan Street. E-mail: lukpanov_rye@enu.kz