

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ПЕНОБЕТОНА К ВОЗДЕЙСТВИЮ ПАРОВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Г.Ф. Аверина, В.А. Кошелев, Л.Я. Крамар

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Настоящая работа направлена на исследование возможности понижения сорбционной влажности ячеистых хлормagneзиальных композитов, полученных на основе вяжущего с низким содержанием оксида магния. Установлена актуальность проводимых исследований и приведены причины повышенных показателей сорбционной влажности у магнезиальных ячеистых бетонов. Предложен способ модификации структуры магнезиального камня в составе пенобетона путем введения добавки никелевого шлака, содержащего свободные двух- и трехвалентные ионы железа. Приводятся результаты исследования фазовых составов исходного и модифицированного хлормagneзиальных пенобетонов путем дифференциально-термического и рентгенографического анализа образцов в 28-е сутки твердения. Установлено присутствие катионного обмена (магний-железо) при твердении модифицированного никелевым шлаком ячеистого хлормagneзиального композита. Проведено сравнение основных физико-механических характеристик исходного и модифицированного составов магнезиальных пенобетонов. Установлено, что исследуемый состав магнезиального пенобетона, модифицированного никелевым шлаком, имеет показатели сорбционной влажности, соответствующие требованиям действующих технических регламентов.

Ключевые слова: магнезиальное вяжущее, низкое содержание оксида магния, пенобетон, сорбционная влажность, фазовый состав, физико-механические характеристики.

Введение

Ячеистые бетоны на основе магнезиального вяжущего, затворенного водным раствором хлорида магния, являются перспективными материалами для возведения жилых и общественных зданий. Это обусловлено высокой стойкостью хлормagneзиальных композиций к воздействию организмов, вызывающих биокоррозию строительных материалов, а также способностью препятствовать распространению микроскопических пор болезнетворных плесневых грибов на их поверхности [1].

Однако существенным фактором, осложняющим применение хлормagneзиальных материалов при производстве ячеистых бетонов, является их высокая гигроскопичность и низкая водостойкость в отсутствии модификаторов [2–5]. Высокая гигроскопичность магнезиального камня в составе ячеистого бетона приводит к повышению уровня сорбционной влажности готовых изделий, что в свою очередь повышает коэффициент теплопроводности композита и снижает эффективность теплоизоляции возводимой на его основе конструкции.

На сегодняшний день известен способ понижения сорбционной влажности хлормagneзиальных газобетонов путем введения железосодержащей добавки, компоненты которой способны вступать в реакцию ионного обмена со структурными компонентами магнезиального камня [6].

Таким образом, при частичном замещении катионов магния образуются новые водостойкие структурные минералы с низкой гигроскопичностью. Однако результаты данного исследования являются актуальными при условии использования в качестве сырья магнезиальных вяжущих с высоким содержанием ($>75\%$) оксида магния.

Данное исследование посвящено разработке магнезиальных пенобетонов на основе вяжущих с низким содержанием ($\sim 20\%$) оксида магния. Использование технической пены в качестве порообразователя является более эффективным решением при формировании ячеистой структуры искусственного камня, так как способствует снижению количества открытой пористости затвердевшего поризованного композита.

Материалы и методы исследования

В данной работе в качестве вяжущего использовали продукт обжига смеси минералов кальцита, доломита и магнезита при средних температурах в присутствии добавки-интенсификатора, содержащий 20 % активного оксида магния и 80 % карбоната кальция. Вяжущее затворяли водным раствором бишофита плотностью $1,22\text{ г/см}^3$. Для повышения теплотехнических характеристик в тесто вяжущего вводили легкий заполнитель – вспученный перлит. В качестве пенообразователя использовали пеноконцентрат на протеиновой основе.

При проведении эксперимента по снижению гигроскопичности магниезиальных пенобетонов по аналогии с указанным методом было принято решение модифицировать исходный состав пенобетона, заменив никелевым шлаком 20 % от массы используемого вяжущего.

У образцов пенобетонов исходного и модифицированного составов, твердевших в течение 28 суток в воздушно-сухих условиях, определяли фазовый состав методом рентгенографического и дифференциально-термического анализа, а также сорбционную влажность и прочности при сжатии в возрасте 28 суток. Расшифровку результатов исследования фазового состава проводили на основании литературных данных [7, 8].

Исследовательская часть

На рис. 1–4 приведены результаты исследования фазового состава образцов магниезиального

пенобетона, модифицированного никелевым шлаком в 1-е и 28-е сутки твердения в естественных условиях.

На рентгенограмме пенобетона исходного состава основной пик соответствует присутствию в пробе карбоната кальция CaCO_3 ($d\lambda = 3,029, 1,044, 1,869, 1,912 \text{ \AA}$). Также отмечается наличие основных фаз хлормagneзиального камня, таких как $3\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ (3OX) ($d\lambda = 8,3, 3,88, 2,46 \text{ \AA}$), $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ($d\lambda = 4,77, 1,79, 2,365 \text{ \AA}$) и $5\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ (5OX) ($d\lambda = 7,7, 4,17, 2,39 \text{ \AA}$).

По данным рентгенограммы пенобетона, модифицированного никелевым шлаком, в возрасте 28 суток помимо пиков, соответствующих наличию вышеперечисленных соединений, присутствуют отклики, соответствующие соединениям FeOOH ($d\lambda = 4,18, 2,45, 2,69 \text{ \AA}$), $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ($d\lambda = 2,42, 4,61, 2,82 \text{ \AA}$), $(\text{Mg,Fe})(\text{OH})_2$ ($d\lambda = 2,33, 1,728, 1,53, 2,8 \text{ \AA}$), $\text{FeMgCl}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ($d\lambda = 2,819, 4,149, 8,337 \text{ \AA}$).

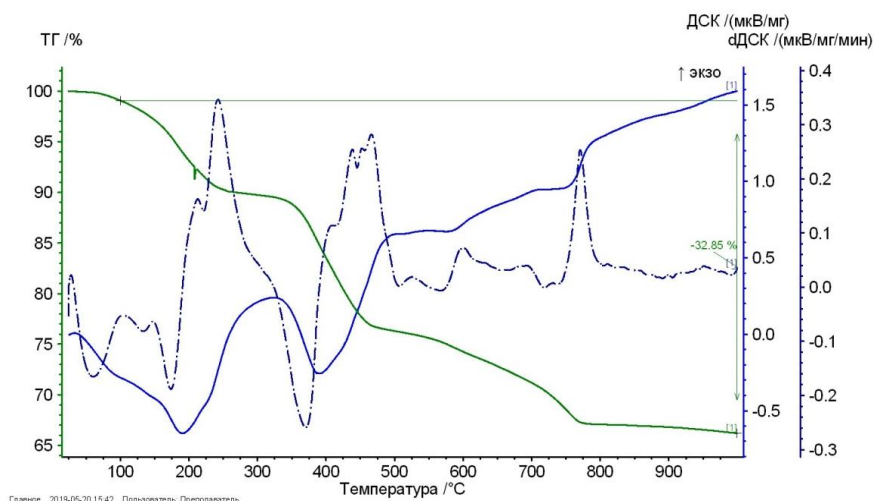


Рис. 1. Дериватограмма пенобетона, полученного на основе хлормagneзиального теста, не модифицированного никелевым шлаком, в 28-е сутки твердения

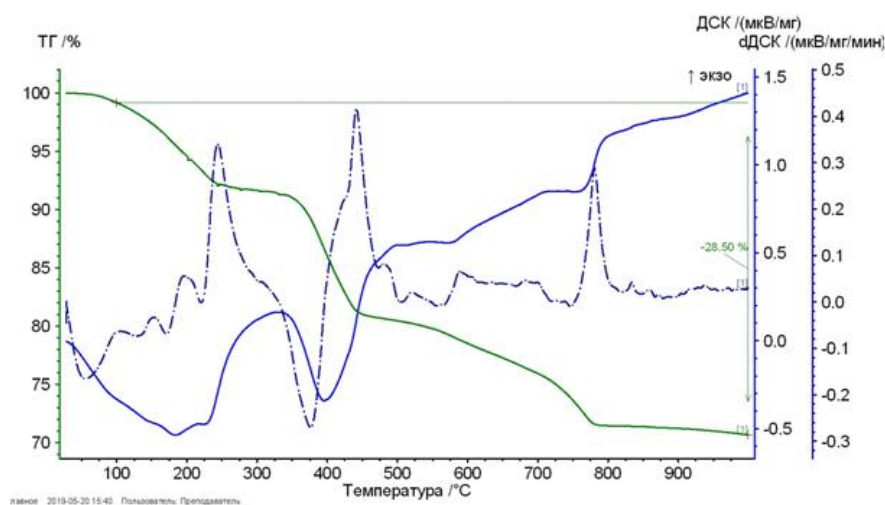


Рис. 2. Дериватограмма пенобетона, полученного на основе хлормagneзиального теста, модифицированного добавкой никелевого шлака в количестве 20 % от массы вяжущего, в 28-е сутки твердения

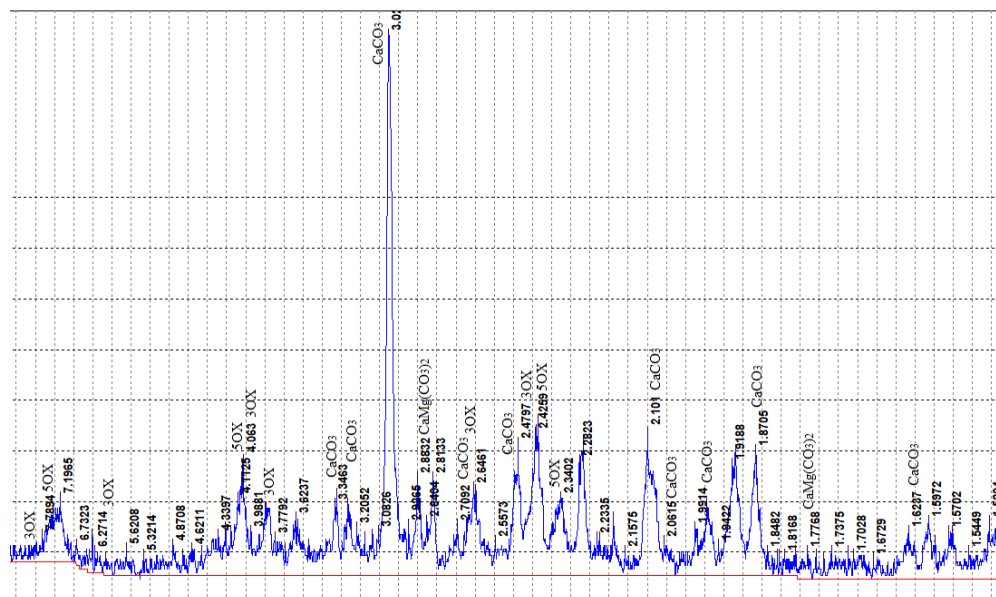


Рис. 3. Рентгенограмма пенобетона, полученного на основе хлормagneзиального теста, не модифицированного никелевым шлаком, в 28-е сутки твердения

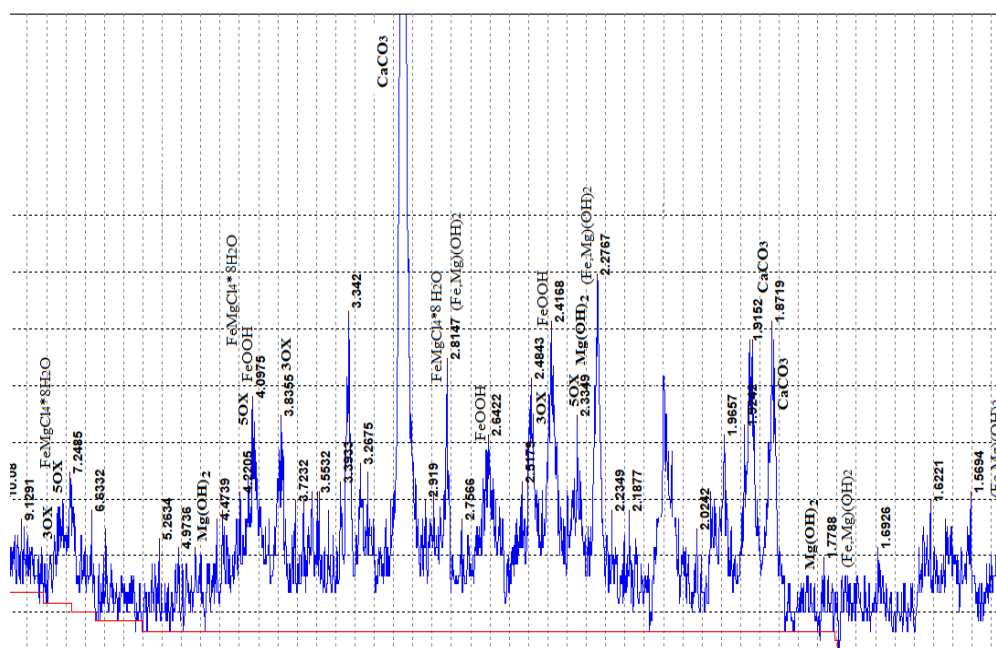


Рис. 4. Рентгенограмма пенобетона на основе хлормagneзиального теста, модифицированного добавкой никелевого шлака в количестве 20 % от массы вяжущего, в 28-е сутки твердения

О сходном структурном составе можно судить также по характеру кривых потери массы приведенных дериватогрaмм.

Результаты испытания физико-механических характеристик образцов в возрасте 28 суток приведены в таблице.

Таким образом, можно сделать вывод, о том, что введение железосодержащей добавки в виде никелевого шлака в состав магнезиального пенобетона повышает его прочностные характеристики и значительно снижает сорбционную влажность.

Полученные результаты коррелируются с данными из научных работ по модификации газобетонов на основе высокомагнезиального вяжущего и разработке стойких к воздействию влаги строительных смесей на основе вяжущих с низким содержанием оксида магния [6, 9].

Выводы

По результатам исследования фазовых составов магнезиальных пенобетонов было выявлено, что количественное содержание и присутствие ос-

Сравнение свойств исходного и модифицированного образцов неавтоклавного магнезиального пенобетона

Состав пенобетона	Прочность при сжатии, МПа	Сорбционная влажность, %, при относительной влажности воздуха		Плотность, кг/м ³
		75 %	97 %	
Исходный	4,4	15,9	21,7	886
Модифицированный никелевым шлаком	5,1	9,89	15,1	878

новых структурообразующих минералов в исходном и модифицированном железосодержащей добавкой образцах практически совпадает. Также на рентгенограммах образца, содержащего в составе никелевый шлак, наблюдается замещение ионов магния привнесенными ионами железа и формирование самостоятельных железистых соединений.

Физико-механические характеристики модифицированных никелевым шлаком образцов являются улучшенными относительно аналогичных характеристик образцов пенобетона исходного состава. Сорбционная влажность модифицированных образцов соответствует требованиям государственных стандартов, регламентирующих соответствующие характеристики неавтоклавных ячеистых бетонов [10].

Литература

1. Uryasheva, N.N. Research of the magnesia cement stability to the impact of corrosive biological environments / N.N. Uryasheva, O.I. Kovaleva, N.V. Kovalev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 451, № 1. – С. 012035.
2. Устинова, Ю.В. Повышение водостойкости магнезиальных вяжущих / Ю.В. Устинова, А.Е. Насонова, В.В. Козлов // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4. – С. 123–127.
3. Зимич, В.В. Влияние различных видов затворителей на гигроскопичность магнезиального камня / В.В. Зимич, Л.Я. Крамар, Б.Я. Трофимов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2008. – № 12. – С. 13–15.
4. Никифорова, Т.П. Исследование взаимодействия каустического магнезита с добавкой хризотил-асбеста / Т.П. Никифорова, Ю.В. Устинова, А.Е. Насонова, В.В. Козлов // Вестник МГСУ. – 2011. – № 4. – С. 100–104.
5. Крамар, Л.Я. Бетоны на магнезиальных вяжущих для водостойких полов / Л.Я. Крамар, А.С. Королев, В.М. Горбаненко // Сб. докладов научно-практической конференции «Проблемы повышения надежности и качества строительства». – Челябинск, 2003.
6. Зимич, В.В. Формирование структуры и свойств магнезиального камня, модифицированного соединениями двух- и трехвалентных металлов / В.В. Зимич, Л.Я. Крамар // Сб. докладов. – М.: РХТУ им. Менделеева, 2009. – С. 93–97.
7. Горшков, В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. – М.: Высшая школа, 1981. – 334 с.
8. Горшков, В.С. Вяжущие, керамика и стеклокристаллические материалы. Структура и свойства / В.С. Горшков, В.Г. Савельев, А.В. Абакумов. – М.: Стройиздат, 1995. – 576 с.
9. Аверина, Г.Ф. Повышение водостойкости магнезиального камня для твердеющих закладочных смесей из техногенных доломитов / Г.Ф. Аверина, Т.Н. Черных, В.В. Зимич, А.Н. Катасонова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 28–32.
10. ГОСТ 25485–89. Бетоны ячеистые. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 14 с.

Аверина Галина Федоровна, аспирант кафедры «Строительные материалы и изделия», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), averinagf93@gmail.com

Кошелев Василий Александрович, студент кафедры «Строительные материалы и изделия», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), koshvasili@gmail.com

Крамар Людмила Яковлевна, профессор кафедры «Строительные материалы и изделия», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), kramarli@susu.ru

Поступила в редакцию 7 октября 2019 г.

INCREASING THE RESISTANCE OF MAGNESIUM FOAM CONCRETE TO VAPOR SORPTION

G.F. Averina, averinagf93@gmail.com
V.A. Koshelev, koshvasili@gmail.com
L.Ya. Kramar, kramarli@susu.ru
South Ural State University, Chelyabinsk

This paper is aimed at studying the possibility of lowering the sorption humidity of cellular chlormagnesium composites based on a binder with a low content of magnesium oxide. The relevance of the research has been determined and the causes for the increased indicators of sorption humidity in magnesium cellular concretes have been given. A method for modifying the structure of magnesia stone in the composition of foam concrete by introducing an additive of nickel slag containing free divalent and trivalent iron ions has been proposed. Results of a study on the phase compositions of the initial and modified chlormagnesium foam concrete by differential thermal and x-ray analysis of samples on the 28th day of hardening are presented. The presence of cation exchange (magnesium-iron) was observed at hardening of a cellular chlormagnesium composite modified with nickel slag. The main physical and mechanical characteristics of the initial and modified compositions of magnesia foam concretes have been compared. It has been stated that the investigated composition of magnesia foam concrete modified with nickel slag has indicators of sorption humidity that meet the requirements of current technical regulations.

Keywords: magnesium oxychloride cement, low content of magnesium oxide, foam concrete, sorption humidity, phase composition, physical and mechanical characteristics.

References

1. Uryasheva N.N., Kovaleva O.I., Kovalev N.V. [Research of the Magnesia Cement Stability to the Impact of Corrosive Biological Environments]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing, 2018, vol. 451, no. 1, pp. 012035.
2. Ustinova Yu.V., Nasonova A.E., Kozlov V.V. [Improvement of the Magnesium Binding Materials Water Resistance]. *Vestnik MGSU*, 2010, vol. 5, iss. 4, part 3, pp. 123–127. (in Russ.)
3. Zimich V.V., Kramar L.Ya., Trofimov B.Ya. [Influence of Various Types of Coater on the Hygroscopicity of Magnesia Stone]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2008, no. 12, pp. 13–15. (in Russ.)
4. Nikiforova T.P., Ustinova Yu.V., Nasonova A.E., Kozlov V.V. [Research of the Interaction of the Caustic Magnesite with the Chrysotile-Asbestos Additive]. *Vestnik MGSU*, 2011, vol. 6, iss. 4, pp. 169–174. (in Russ.)
5. Kramar L.Ya., Trofimov B.Ya., Korolev A.S., Nuzhdin S.V. [Concretes on Magnesia Binders for Waterproof Floors]. *Sb. dokladov nauch.-prakt. Konferentsii "Problemy povysheniya nadezhnosti i kachestva stroitel'stva"* [Collection of Reports of the Scientific-Practical Conference "Problems of Improving the Reliability and Quality of Construction"]. Chelyabinsk, 2003, pp. 64–68. (in Russ.)
6. Zimich V.V., Kramar L.Ya. [Formation of the Structure and Properties of Magnesia Stone Modified by Compounds of Divalent and Trivalent Metals]. *XXVII nauchnaya konferentsiya professorsko-prepodavatel'skogo sostava i sotrudnikov NI RKHTU im. D.I. Mendeleeva : tezisy dokladov* [XXVII Scientific Conference of the Faculty and Staff of NI RKHTU im. D.I. Mendeleev: Abstracts]. Moscow, RKHTU im. Mendeleeva, 2009, pp. 93–97. (in Russ.)
7. Gorshkov V.S., Timashev V.V., Savel'yev V.G. *Metody fiziko-khimicheskogo analiza vyazhushchikh veshchestv* [Methods of Physico-Chemical Analysis of Binders]. Moscow, Higher School, 1981. 334 p.
8. Gorshkov V.S., Savel'yev V.G., Abakumov A.V. *Vyazhushchiye, keramika i steklokristallicheskiye materialy. Struktura i svoystva* [Binders, Ceramics and Glass-Crystalline Materials. Structure and Properties], Moscow, Stroyizdat, 1995. 576 p.
9. Averina G.F., Chernykh T.N., Zimich V.V., Katasonova A.N. [Increasing the Water Resistance of Magnesia Stone for Hardening Filling Mixtures of Technogenic Dolomites]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2016, vol. 16, no. 2, pp. 28–32. (in Russ.) DOI: 10.14529/build160205
10. GOST 25485–89. *Betony yacheistyye. Tekhnicheskiye usloviya* [Cellular Concrete. Technical Specifications]. Moscow, Standartinform Publ., 2003. 14 p.

Received 7 October 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Аверина, Г.Ф. Повышение стойкости магнезиального пенобетона к воздействию паровоздушной среды / Г.Ф. Аверина, В.А. Кошелев, Л.Я. Крамар // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 60–64. DOI: 10.14529/build190407

FOR CITATION

Averina G.F., Koshelev V.A., Kramar L.Ya. Increasing the Resistance of Magnesium Foam Concrete to Vapor Sorption. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2019, vol. 19, no. 4, pp. 60–64. (in Russ.). DOI: 10.14529/build190407