

УДК 691.311: 691.54: 666.952

Халиуллин М.И. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: khaliullin@kgasu.ru

Нурiev М.И. – аспирант

E-mail: omar151vb@ya.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Влияние дисперсности и содержания добавки керамзитовой пыли на свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего

Аннотация

В настоящей работе выполнены исследования, направленные на получение гипсоцементнопуццолановых вяжущих с применением молотой керамзитовой пыли. Установлены необходимые количества керамзитовой пыли для получения гипсоцементнопуццоланового вяжущего в зависимости от ее дисперсности, показывающие ее эффективность как пуццолановой добавки. Установлены зависимости, характеризующие влияние содержания и удельной поверхности молотой керамзитовой пыли на прочность при сжатии, водостойкость и другие основные физико-механические свойства гипсоцементнопуццолановых вяжущих при различном содержании портландцемента в их составе.

Ключевые слова: гипсоцементнопуццолановое вяжущее, пуццолановая добавка, керамзитовая пыль, удельная поверхность, водостойкость.

Введение

Расширение производства и применения малоклинкерных композиционных вяжущих позволяет сократить потребление в строительстве портландцемента, чем вносится существенный вклад в решение экологических проблем, вызываемых высокой энергоемкостью производства портландцемента, сопровождающегося существенными объемами выбросов в атмосферу углекислого газа. Гипсоцементнопуццолановые вяжущие в ряде случаев выступают в качестве альтернативы портландцементу и отличаются такими преимуществами, как быстрые сроки схватывания и ускоренный набор прочности, возможность применения при достаточно низких температурах окружающей среды.

В утвержденной Правительством Российской Федерации 10 мая 2016 года «Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года», одним из приоритетных направлений в инновационных технологиях промышленности строительных материалов является производство малоклинкерных композиционных вяжущих с вовлечением в качестве сырья техногенных отходов.

В известных работах по получению композиционных гипсовых вяжущих с повышенными показателями физико-механических свойств широко применяются различные высокоактивные минеральные добавки [1-4]. Поиск доступных и относительно недорогих видов модифицирующих минеральных добавок продолжает оставаться важным направлением исследований для развития производства композиционных гипсовых вяжущих. Применение в качестве таких добавок промышленных отходов обеспечивает и решение проблем экологической безопасности.

Одной из эффективных пуццолановых добавок для введения в цементные и гипсовые вяжущие является керамзитовая пыль – многотоннажный отход заводов керамзитового заполнителя. В Уфимском государственном нефтяном техническом университете разработаны составы гипсоцементнопуццолановых вяжущих с применением в качестве пуццолановой добавки керамзитовой пыли и молотого керамзитового песка – отходами производства завода керамзитового гравия ООО «Уфимская гипсовая компания». При содержании в составе вяжущего на основе строительного гипса марки Г-5 керамзитовой пыли в количестве от 10 до 25 % и портландцемента в количестве от 15 до 25 % показатели прочности при сжатии образцов искусственного камня составили от 5 до 15

МПа, коэффициент размягчения образцов при хранении от 13 до 90 суток хранения в нормально-влажностных условиях – от 0,5 до 0,74 [5].

В Казанском государственном архитектурно-строительном университете авторами настоящей работы на основе низкомарочного строительного гипса марок Г-5, Г-6 были разработаны гипсоизвестковокерамзитовые вяжущие повышенной водостойкости с прочностью при сжатии в пределах 13,5-17,3 МПа и коэффициентом размягчения до 0,68 [6]. Из рассмотренных образцов проб керамзитовой пыли наилучшие показатели вяжущих были получены при применении молотой керамзитовой пыли с фильтров пылеочистки цеха керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром».

Целью данной работы явилось исследование количества и дисперсности керамзитовой пыли на основные свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего, в зависимости от содержания в его составе портландцемента.

Методы и материалы

Гипсоцементнопуццолановое вяжущее получали смешением строительного гипса Г-5БП производства завода «ВОЛМА-Волгоград» по ГОСТ 125, портландцемента ПЦ 500-Д0-Н производства ОАО «Мордовцемент» по ГОСТ 10178, пробы керамзитовой пыли с фильтров пылеочистки цеха керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром». Предварительно керамзитовая пыль подвергалась помолу в планетарной мельнице до достижения удельных поверхностей 300, 500 и 800 м²/кг.

Керамзитовая пыль обладает следующим химическим составом (в % по массе): SiO₂ – 59,12; Al₂O₃ – 17,85; Fe₂O₃ – 9,7; MgO – 3,01; CaO – 1,74; K₂O – 2,26; SO₃ – 0,93; Na₂O – 0,81; P₂O₅ – 0,22; MnO – 0,2; потери при прокаливании – 3,11. Минералогический состав, представлен, в % по массе: недегидратированными и дегидратированными глинистыми минералами – 53; кварцем – 15; полевыми шпатами – 5; ангидритом – 3; рентгеноаморфной фазой – 27. Согласно испытаниям, выполненным по ГОСТ 8735, в составе керамзитовой пыли присутствует 9,5 % недегидратированной глины. Пуццолановая активность по поглощению CaO для керамзитовой пыли молотой до достижения удельных поверхностей в пределах 250-800 м²/кг составила, соответственно, 316-462 мг/г.

Необходимое количество керамзитовой пыли для получения гипсоцементнопуццоланового вяжущего определялось по концентрации оксида кальция согласно известной методике, разработанной в МИСИ им В.В. Куйбышева [6], на препаратах, представляющих собой водные суспензии смеси полуводного гипса, портландцемента и активной минеральной добавки. Необходимое количество активной минеральной добавки, гарантирующее отсутствие условий для образования высокоосновной формы гидросульфатоалюмината кальция, вызывающего деформации и разрушение образующегося искусственного камня в длительные сроки твердения вяжущей композиции, должно обеспечивать концентрацию оксида кальция в растворе на 5 сутки не более 1,1 г/л, на 7 сутки – не более 8,5 г/л.

Определение основных физико-механических свойств гипсоцементнопуццоланового вяжущего проводили по ГОСТ 23789. Образцы выдерживались 28 суток в камере нормального твердения. Коэффициент размягчения определялся по ТУ 21-0284757.

Результаты и обсуждение результатов

На рис. 1 представлены данные исследований по определению необходимого количества керамзитовой пыли для получения гипсоцементнопуццоланового вяжущего. Результаты исследований показывают, что с увеличением тонкости помола керамзитовой пыли от удельной поверхности 300 до 800 м²/кг необходимое количество пуццолановой добавки относительно количества портландцемента уменьшается от 30 до 10 %.

Показатели активности молотой до удельных поверхностей 300-800 м²/кг керамзитовой пыли в составе гипсоцементнопуццолановой композиции превосходит активность трепела, диатомита и биокремнезема, приближаясь к активности метакаолина [3].

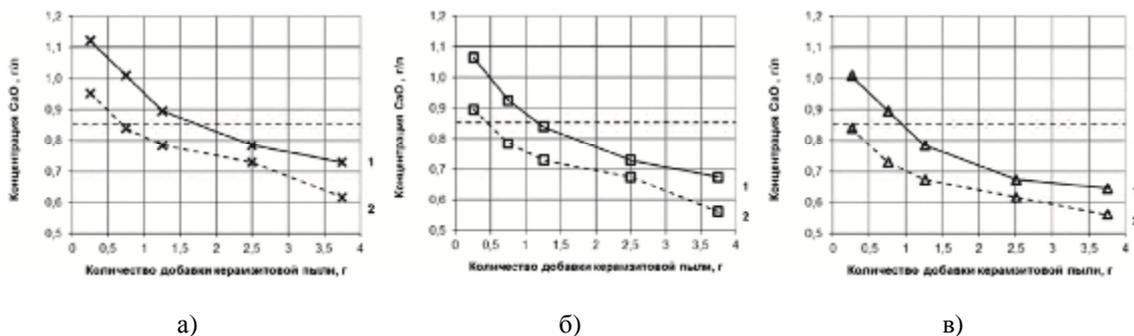


Рис. 1. Кинетика поглощения CaO молотой керамзитовой пылью: концентрация CaO в растворе для препаратов: 1 – 5 суточного возраста; 2 – 7 суточного возраста

Удельная поверхность керамзитовой пыли, м²/кг: а – 300; б – 500; в – 800

На следующем этапе исследований исследовалось влияние содержания добавки керамзитовой пыли, размолотой до удельной поверхности 300, 500 и 800 м²/кг на прочность основные физико-механические свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего при содержании портландцемента в его составе – 15, 20, 25 %.

Согласно результатам исследований при увеличении содержания молотой керамзитовой пыли до 40 % в составе гипсоцементнопуццоланового вяжущего, а также при увеличении удельной поверхности керамзитовой пыли с 300 до 800 м²/кг происходит монотонное увеличение водопотребности вяжущего с 51-53 % до 54-59 % в зависимости от содержания портландцемента.

При введении до 10-20 % молотой керамзитовой пыли средняя плотность искусственного камня на основе гипсоцементнопуццоланового вяжущего несколько увеличивается (с 1371-1395 до 1375-1425 кг/м³), а его водопоглощение снижается (с 27-25,4 до 26,5-24,3 %), что является следствием взаимодействия активной минеральной добавки с продуктами, образующимися в процессе гидратации минералов портландцементного клинкера и гипса [8]. Последующее увеличение содержания керамзитовой пыли свыше 20 % с ростом водопотребности вяжущего вызывает снижение средней плотности и увеличение водопоглощения.

На рис. 2-3 приведены результаты исследований влияния содержания добавки керамзитовой пыли, размолотой до удельной поверхности 300, 500 и 800 м²/кг на прочность при сжатии и коэффициент размягчения гипсоцементнопуццоланового вяжущего при содержании портландцемента в его составе – 15, 20, 25 %.

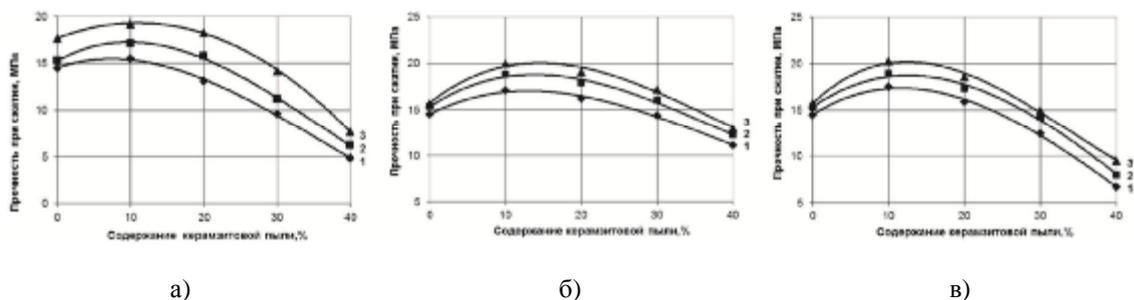


Рис. 2. Влияние содержания керамзитовой пыли на прочность при сжатии искусственного камня на основе гипсоцементнопуццоланового вяжущего при удельной поверхности керамзитовой пыли, м²/кг: а – 300; б – 500; в – 800

Содержание портландцемента в составе гипсоцементнопуццоланового вяжущего, % по массе: 1 – 15; 2 – 20; 3 – 25.

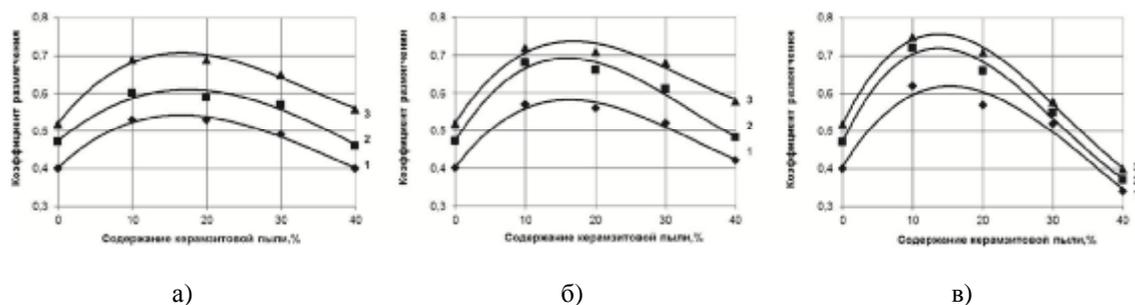


Рис. 3. Влияние содержания керамзитовой пыли на коэффициент размягчения искусственного камня на основе гипсоцементнопуццоланового вяжущего при удельной поверхности керамзитовой пыли, $\text{м}^2/\text{кг}$: а – 300; б – 500; в – 800

Содержание портландцемента в составе гипсоцементнопуццоланового вяжущего, % по массе: 1 – 15; 2 – 20; 3 – 25.

Анализ результатов исследований, представленных на рис. 2 и 3 показывает, что введение в состав гипсоцементнопуццоланового вяжущего с содержанием портландцемента от 15 до 25 % по массе керамзитовой пыли при удельных поверхностях 300-800 $\text{м}^2/\text{кг}$ в количествах 10 и 20 % по массе (отвечающих необходимым количествам пуццолановой добавки в составе вяжущего) по сравнению с контрольными образцами без введения добавки приводит к увеличению прочности при сжатии в пределах, соответственно, 107-129,3 % и 102,8-121,7 %; повышению коэффициента размягчения с 0,4-0,52 до 0,53-0,75 и 0,53-0,71, то есть до показателей, соответствующих группе вяжущих повышенной водостойкости [6].

Увеличение содержания керамзитовой пыли в составе гипсоцементнопуццоланового вяжущего свыше 20 % по массе, вследствие роста водопотребности вяжущего, приводит к монотонному снижению прочности, коэффициента размягчения.

Помол керамзитовой пыли с увеличением удельной поверхности от 300 до 500 $\text{м}^2/\text{кг}$ при оптимальном содержании пуццолановой добавки – 10-20 % и одинаковом содержании портландцемента в составе вяжущего обеспечивает увеличение прочности при сжатии в пределах 3,9-23,9 %; некоторому повышению коэффициента размягчения с 0,53-0,69 до 0,56-0,72. Помол керамзитовой пыли с увеличением удельной поверхности от 500 до 800 $\text{м}^2/\text{кг}$, вследствие дальнейшего роста водопотребности вяжущего, менее эффективен с точки зрения прироста прочностных показателей и водостойкости.

Заключение

Установлены необходимые количества керамзитовой пыли для получения гипсоцементнопуццоланового вяжущего в зависимости от ее дисперсности, показывающие ее эффективность как пуццолановой добавки.

Установлены зависимости, характеризующие влияние содержания и удельной поверхности молотой керамзитовой пыли на прочность при сжатии, водостойкость и другие основные физико-механические свойства гипсоцементнопуццолановых вяжущих при различном содержании портландцемента в их составе. Наибольший прирост по показателям прочности при сжатии и водостойкости искусственного камня на основе гипсоцементнопуццоланового вяжущего обеспечивается при введении 10-20 % керамзитовой пыли с удельной поверхностью 500 $\text{м}^2/\text{кг}$.

Список библиографических ссылок

1. Токарев Ю.В., Гинчицкий Е.О., Яковлев Г.И., Бурьянов А.Ф. Эффективность модификации гипсового вяжущего углеродными нанотрубками и добавками различной дисперсности // Строительные материалы, 2015, № 6. – С. 84-87.
2. Морозова Н.Н., Галиев Т.Ф. Минеральные добавки для композиционных гипсовых вяжущих // Сб. материалов Международной научно-практической конференции

- «Инновационное развитие современной науки». – Уфа: Издательство «Омега сайнс», 2015. – С. 49-51.
3. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего // Строительные материалы, 2015, № 5. – С. 20-23.
 4. Панченко А.И., Бурьянов А.Ф., Соловьев В.Г., Козлов Н.В., Пашкевич С.А. Комплексная оценка эффективности применения гипсового вяжущего повышенной водостойкости // Строительные материалы, 2014, № 12. – С. 72-75.
 5. Бабков В.В., Латыпов В.М., Ломакина Л.М., Асянова В.С., Шигапов Р.И. Модифицированные гипсовые вяжущие повышенной водостойкости и гипсокерамзитобетонные стеновые блоки для малоэтажного жилищного строительства на их основе // Строительные материалы, 2012, № 7. – С. 4-7.
 6. Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р. Состав и структура камня композиционного гипсового вяжущего с добавками извести и молотой керамзитовой пыли // Вестник МГСУ, 2013, № 12. – С. 109-117.
 7. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В. Ферронской. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 488 с.
 8. Волженский А.В., Роговой М.И., Стамбулко В.И. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие материалы и изделия. – М.: Госстройиздат, 1960. – 162 с.

Khaliullin M.I. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: khaliullin@kgasu.ru

Nuriev M.I. – post-graduate student

E-mail: omar151vb@ya.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Effect of fineness and content of the expanded haydite dust additive on the properties of gypsum-cement-pozzolanic binder

Resume

The expansion of production and use of little clinker composite binders allows to reduce the consumption in the construction of Portland cement than to be paid a substantial contribution to the solution of environmental problems caused by the highly energy intensive production of Portland cement, accompanied by significant emissions of carbon dioxide into the atmosphere. Gypsum-cement-pozzolanic binders in some cases serve as alternatives to Portland cement and are characterized by advantages such as fast setting time and strength development, the possibility of application at low ambient temperatures. In the present work the investigation of the possibility of obtaining gypsum-cement-pozzolanic binders with the use of ground haydite dust. Have the correct amount of haydite dust to obtain a gypsum-cement-pozzolanic binder, depending on its dispersion, showing its effectiveness as a pozzolanic additive. The dependences illustrating the effect of content and specific surface of ground haydite dust on compressive strength, water resistance and other basic physico-mechanical properties of gypsum-cement-pozzolanic binders with different contents of Portland cement in their composition.

Keywords: gypsum-cement-pozzolanic binders, pozzolanic additive, haydite dust, specific surface, water resistance.

Reference list

1. Tokarev Yu.V., Ginchitsky E.O., Yakovlev G.I. Burianov A.F. Efficiency of Modification of a Gypsum Binder with Carbon Nanotubes and Additives of Various Dispersity // Stroitelnye materialy, 2015, № 6. – P. 84-87.

2. Morozova N.N., Galiev T.F. Mineral additives for composite gypsum binder // Sat. materials of International scientific-practical conference «Innovative development of modern science». – Ufa: Publishing house «Omega science», 2015. – P. 49-51.
3. Izotov V.S., Muhametrahimov A.D., Galautdinov A.R. Study of Influence of Active Mineral Additives on Rheological and Physical-Mechanical Properties of a Gypsum-Cement-Pozzolanic Binder // Stroitelnye materialy, 2015, № 5. – P. 20-23.
4. Panchenko A.I., Burianov A.F., Soloviev V.G., Kozlov N.V., Pashkevich S.A. Complex Assessment of Efficiency of Using Gypsum Binder of Enhanced Water Resistance // Stroitelnye materialy, 2014, № 12. – P. 72-75.
5. Babkov V.V., Llatypov V.M., Lomakina L.N., Asyanova V.S., Shigapov R.I. Modified Gypsum Binders of High Water Resistance and Gypsum-Claydite-Concrete Wall Blocks for Low-Rise Housing Construction on their Basis // Stroitelnye materialy, 2012, № 7. – P. 4-8.
6. Khaliullin M.I. Rakhimov R.Z., Gaifullin A.R. Composition and Structure of the Stone composite Gypsum Binder with Additives of Lime and the ground Haydite Dust // Vestnik MGSU, 2013, № 12. – P. 109-117.
7. Ferronskaja A.V. Gypsum materials and products (production and application). Reference book. – M.: Publishers ASV, 2004. – 488 p.
8. Volzhensky A.B., Rogovoi M.I., Stambulko V.I. Gypsumzement and gypsumshlag binders materials and products. – M.: Gosstroyisdat, 1960. – 162 p.