

Л.А. ВЕШНЯКОВА и др. Оптимизация состава высокодисперсных композитов строительных растворов

УДК 691.535, УДК 691.335

ВЕШНЯКОВА Людмила Александровна, магистр техники и технологии, аспирант кафедры композиционных материалов и строительной экологии, ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Институт строительства и архитектуры; наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Россия, 163002; l.a.veshnyakova@gmail.com

АЙЗЕНШТАДТ Аркадий Михайлович, профессор, д.х.н., заслуженный работник высшей школы РФ, заведующий кафедрой композиционных материалов и строительной экологии, ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Институт строительства и архитектуры; наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Россия, 163002; a.isenshtadt@narfu.ru

ФРОЛОВА Мария Аркадьевна, канд. хим. наук, доцент кафедры композиционных материалов и строительной экологии, ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Институт строительства и архитектуры; наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Россия, 163002; aizenmaria@gmail.com

ГРУНОВА Екатерина Алексеевна, студент, ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Институт строительства и архитектуры, кафедра композиционных материалов и строительной экологии; наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Россия, 163002; grunya245@yandex.ru

ДОЛИНИН Александр Николаевич, студент, ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Институт строительства и архитектуры, кафедра композиционных материалов и строительной экологии; наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Россия, 163002; alexa-dolinin@yandex.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ КОМПОЗИТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Исследовано влияние высокодисперсных компонентов горных пород на свойства строительного раствора. Обоснована возможность получения строительного раствора с использованием ресурсов сырьевой базы Архангельской области путем введения высокодисперсного композита на основе базальта и кремнеземсодержащей породы. Разработан состав эффективного строительного раствора с использованием композита в высокодисперсном состоянии.

Ключевые слова: композит, высокодисперсный материал, оптимальный состав, строительный раствор.

В работе [1] нами, исходя из основных принципов термодинамики, был подобран оптимальный, с учетом энергетики поверхности, состав микро- и нанодисперсного композита на основе горных пород с количественным содержанием базальта и кремнеземсодержащей породы 40 и 60% (по массе), соответственно. Расчет энергетических характеристик исходных композитов осуществлялся на основании фундаментальных термодинамических положений [2]. Для определения оптимального состава высокодисперсного композита использовались значения следующих критериев: критическое поверхностное натяжение и постоянная Гамакера [3, 4].

Целью исследований, представленных в данной работе, является оценка прочностных характеристик цементного раствора, в котором песчаный заполнитель был заменен на микро- и нанодисперсный композит на основе материала горных пород речного песка (кремнеземсодержащей породы) и базальта в оптимальном, с учетом энергетики поверхности, количественном соотношении.

Для создания опытных образцов в качестве сырьевых материалов использовались горные породы Архангельской области: базальт (месторождение – гора Мяндуха в Плесецком районе) – эффузивная магматическая порода – и кремнеземсодержащая порода осадочного происхождения (речной песок месторождения «Краснофлотский-Запад») в стадии позднего катагенеза.

Исходные образцы базальта и кремнеземсодержащей породы высушивали и доводили до постоянной массы при температуре 105°C. Измельчение исходных материалов проводили на планетарной шаровой мельнице Retsch PM100: осуществляли одностадийный сухой помол сырья в трехчасовом режиме с остановкой мельницы каждые 30 минут (число оборотов – 420 об/мин, количество размольных тел – 100 стальных шариков). Средний размер высокодисперсных образцов базальта составил 360 ± 98 нм, кремнеземсодержащей породы – 266 ± 69 нм. Протоколы определения размера частиц полученных фракций на анализаторе размера субмикронных частиц Delsa Nano представлены на рис. 1.

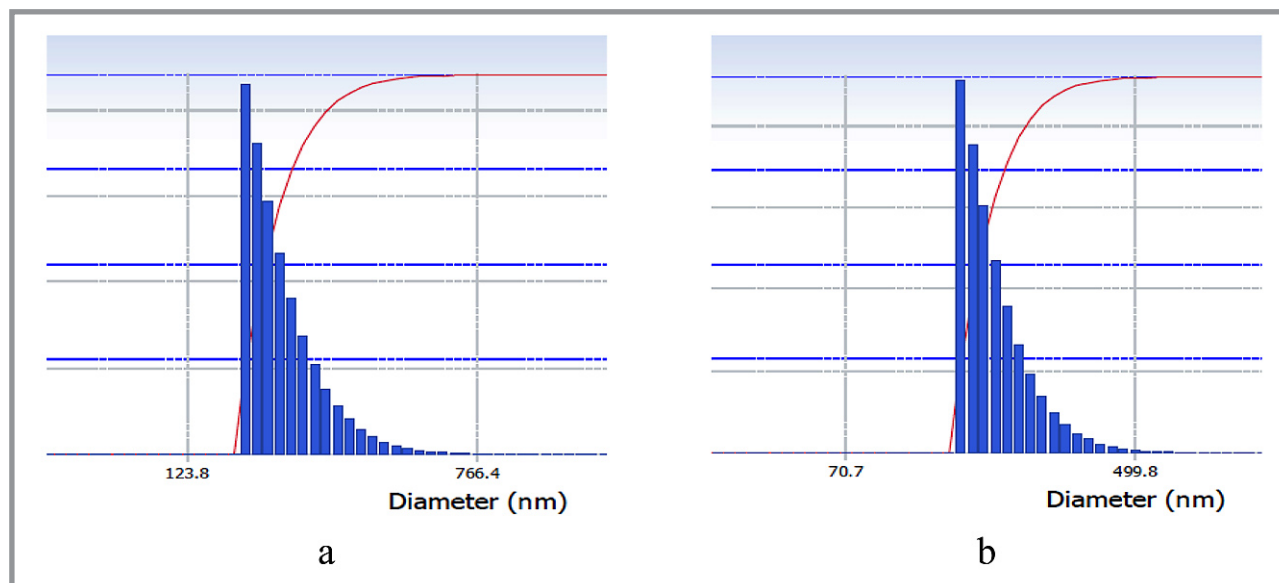


Рис. 1. Фракционная размерная характеристика диспергированного материала: а – образца базальта, б – образца кремнеземсодержащей породы

Смешивание исходных компонентов для получения композиционной смеси проводили механическим путем. Равномерность смешения достигали путем многостадийного последовательного смешения пропорциональных объемов материала базальта и кремнеземсодержащей породы.

Для данного состава, а также двух других составов: 50% базальта – 50% кремнеземсодержащей породы и 30% базальта – 70% кремнеземсодержащей породы – были определены механические характеристики: прочность на изгиб и прочность на сжатие. Испытания данных смесей проводили как для определения марочной прочности цемента, только вместо песка использовали высокодисперсную композиционную смесь.

Испытания проводили согласно методике ГОСТ 310.4-81. Марочную прочность образцов определяли по полученным пределам прочности при изгибе и при сжатии образцов-балочек (размер 40x40x160 мм), изготовленных из цементного раствора состава 1:3 по массе (1 часть цемента и 3 части композиционной смеси). Композиционную смесь и цемент перемешивали в сухом виде до состояния однородной массы. Водоцементное отношение раствора определяли экспериментальным путем при замешивании раствора и использовании виброплощадки. Для образцов состава «цемент-песок» оно составило 0,6, для образцов состава «цемент-композит» оно составило 0,9.

Прочностные характеристики определяли через 28 суток с момента изготовления образцов путем их испытания на изгиб и сжатие. Испытания образцов по определению прочности на изгиб проводили на испытательной машине МИИ-100. Предел прочности при изгибе принимали как среднее арифметическое двух наибольших результатов испытания трех образцов-балочек. В табл. 1 приведены результаты испытаний на изгиб рассматриваемых образцов.

Испытания образцов по определению прочности на сжатие проводили на испытательном прессе ИП-1250 М – авто. Результаты определения прочности на сжатие рассматриваемых образцов приведены в табл. 2. В табл. 3 сведены окончательные результаты по испытаниям образцов.

Приведенные результаты подтверждают повышение прочностных характеристик строительного раствора при применении вместо песчаного заполнителя композиционной смеси базальта и песка. Наиболее предпочтительна смесь, состоящая из 40% базальта и 60% песка, так как в этом случае наряду с высокой прочностью на сжатие достигается максимальное значение прочности на изгиб.

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что оптимальный с энергетической точки зрения состав микро- и нанодисперсного композита следующий: содержание базальта (по массе) составляет 40%, кремнеземсодержащей породы – 60%. В результате проведения опытной апробации композита базальт-песок оптимального состава на примере строительных растворов было получено увеличение прочности на изгиб в 2,2 раза, увеличение прочности на сжатие – в 3,7 раза.

Таблица 1

Определение предела прочности на изгиб образцов-балочек

№ образца	Значение предела прочности на изгиб (МПа) образцов-балочек цементного раствора с составом заполнителя			
	30% базальт + 70% песок	40% базальт + 60% песок	50% базальт + 50% песок	100% песок
1	4,27	4,74	4,06	1,95
2	3,91	3,42	3,19	2,07
3	3,83	4,16	3,09	1,82
$R_{изг}^{ср}$	4,09	4,45	3,63	2,01

Л.А. ВЕШНЯКОВА и др. Оптимизация состава высокодисперсных композитов строительных растворов

Таблица 2

Определение предела прочности на сжатие образцов-балочек

№ образца	Значение предела прочности на сжатие (МПа) образцов половинок балочек цементного раствора с составом заполнителя			
	30% базальт + 70% песок	40% базальт + 60% песок	50% базальт + 50% песок	100% песок
1	13,07	9,08	13,85	3,52
2	12,11	10,49	18,50	3,97
3	13,83	13,71	13,03	4,58
4	15,60	13,89	25,23	4,90
5	15,87	19,78	14,92	3,01
6	13,52	16,16	21,99	3,50
$R_{сж}^{ср}$	14,71	15,89	20,15	4,25

Таблица 3

Результаты испытаний образцов-балочек на прочность на изгиб и сжатие

№ п/п	Состав заполнителя цементного раствора		Прочность на изгиб $R_{изг}$, МПа	Прочность на сжатие $R_{сж}$, МПа
	базальт, мас. %	песок, мас. %		
1	30	70	4,09	14,71
2	40	60	4,45	15,89
3	50	50	3,63	20,15
4	0	100	2,01	4,25

Также следует отметить тот факт, что выделенные критерии энергетического состояния поверхности, такие как критическое поверхностное натяжение и постоянная Гамакера, позволяют эффективно определять оптимальное количество высокодисперсного композита в строительных растворах.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (Соглашение на предоставление гранта № 14.А18.21.1108).

Библиографический список:

1. *Абрамовская И.Р., Айзенштадт А.М., Фролова М.А., Вешнякова Л.А., Тутыгин А.С.* Энергетика высокодисперсных композитов горных пород // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.:ЦНТ «НаноСтроительство». – 2013. – Т. 5, № 3. – С. 28–37. – URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_3_2013.pdf (дата обращения 15.07.2013).
2. *Лесовик В.С.* Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. Научное издание. – Москва: Изд. Ассоциации строительных вузов, 2006. – 526 с.
3. *Фролова М.А., Тутыгин А.С., Айзенштадт А.М., Махова Т.А., Поспелова Т.А.* Применение термодинамического подхода к оценке энергетического состояния поверхности дисперсных материалов // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.:ЦНТ «НаноСтроительство». – 2011. – Т. 3, № 6. – С. 13–25. – URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_6_2011.pdf (дата обращения 15.07.2013).
4. *Вешнякова Л.А., Фролова М.А., Айзенштадт А.М., Лесовик В.С., Михайлова О.Н., Махова Т.А.* Оценка энергетического состояния сырья для получения строительных материалов // Строительные материалы. – 2012. – № 10. – С. 21–23.

Уважаемые коллеги!

При использовании материала данной статьи просим делать библиографическую ссылку на неё:

Вешнякова Л.А., Айзенштадт А.М., Фролова М.А. и др. Оптимизация состава высокодисперсных композитов строительных растворов // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.:ЦНТ «НаноСтроительство». – 2013. – Том 5, № 5. – С. 13–20. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_5_2013.pdf (дата обращения: _____).

Л.А. ВЕШНЯКОВА и др. Оптимизация состава высокодисперсных композитов строительных растворов

VESHNYAKOVA Liudmila Alexandrovna, Ph.D., Master of Engineering and Technology, Student, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Institute of Construction and Architecture, Department of Composite Materials and Engineering Ecology; Northern Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia, 163002; l.a.veshnyakova@gmail.com

AYZENSTADT Arcady Mikhailovich, Doctor of Chemistry, Professor, Head of Composite Materials and Engineering Ecology Department, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Institute of Construction and Architecture, Department of Composite Materials and Engineering Ecology; Northern Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia, 163002; a.isenshtadt@narfu.ru

FROLOVA Maria Arcadijevna, Associate Professor, Ph.D., Northern (Arctic) Federal University named by M.V. Lomonosov, Institute of Construction and Architecture, Department of Composite Materials and Engineering Ecology; Northern Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia, 163002; aizenmaria@gmail.com

GRUNOVA Ekaterina Alekseevna, Student, Northern (Arctic) Federal University named by M.V. Lomonosov, Institute of Construction and Architecture, Department of Composite Materials and Engineering Ecology; Northern Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia, 163002; grunya245@yandex.ru

DOLININ Alexander Nikolaevich, Student, Northern (Arctic) Federal University named by M.V. Lomonosov, Institute of Construction and Architecture, Department of Composite Materials and Engineering Ecology; Northern Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia, 163002; alexa-dolinin@yandex.ru

OPTIMIZATION OF BUILDING MORTAR COMPOSITION CONTAINING HIGHLY DISPERSED COMPOSITES

The influence of the highly dispersed rock components on the properties of building mortars was investigated. It was proved that it is possible to produce building mortars with the use of raw materials resources from Arkhangelsk region through introducing highly dispersed composite based on basalt and silica-containing rocks. Using highly dispersed composites, the efficient building mortar was designed.

Key words: composite, highly dispersed material, the optimal composition, building mortars.

References:

1. *Abramovskaya I.R., Frolova M.A., Ayzenstadt A.M., Veshnyakova L.A., Tutugin A.S.* The energy of highly dispersed rock composites. *Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal*, Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2013, Vol. 5, no. 3. pp. 28–37. Available at: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_3_2013.pdf (Accessed 15 July 2013). (In Russian).
2. *Lesovik V.S.* Povyshenie effektivnosti proizvodstva stroitelnykh materialov s uchetom genezisa gornyykh porod [Improving the efficiency of the production of building materials with regard to the genesis of rocks]. Moscow, Association of Building Universities Publ., 2006. – 526 p. (In Russian).
3. *Frolova M.A., Tutugin A.S., Ayzenstadt A.M., Makhova T.A., Pospelova T.A.* Application of the thermodynamic approach to the assessment of the surface energy state of the dispersed materials. *Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal*, Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2011, Vol. 3, no. 6. pp. 13–25. Available at: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_6_2011.pdf (Accessed 15 July 2013). (In Russian).
4. *Veshnyakova L.A., Frolova M.A., Ayzenstadt A.M., Lesovik V.S., Mikhailova O.N., Makhova T.A.* Evaluation of Energetic State of Raw Material for Production of Building Materials. *Construction Materials*. 2012, no 10. pp. 21–23. (In Russian).

Dear colleagues!**The reference to this paper has the following citation format:**

Veshnyakova L.A., Ayzenstadt A.M., Frolova M.A. etc. Optimization of building mortar composition containing highly dispersed composites. *Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal*, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2013, Vol. 5, no. 5, pp. 13–20. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_5_2013.pdf (Accessed __ ____ ____). (In Russian).