

Активированная сухая смесь для приготовления растворов и мелкозернистых бетонов

А.П. Пустовгар¹, В.А. Перфилов², Д.А. Ляшенко²

*Московский государственный строительный университет, Москва
Волгоградский государственный технический университет, Волгоград*

Аннотация: В данной статье представлены разработанные составы сухих растворных смесей для приготовления мелкозернистых бетонов. Для приготовления указанных смесей была применена технология электромагнитного воздействия на сухие компоненты растворов. В результате использования магнитного поля для активизации и повышения реакционной способности смеси значительно улучшились физико-механические характеристики мелкозернистых бетонов. Увеличение предела прочности образцов на сжатие достигало более 70 % по сравнению с прочностью образцов, приготовленных по обычной технологии без применения магнитной обработки сухих компонентов смеси.

Ключевые слова: сухая смесь, магнитная обработка, линейно-индукционный вращатель, мелкозернистый бетон, прочность.

В процессе изготовления монолитных напольных покрытий промышленных и жилых зданий и сооружений, а также замоноличивания швов железобетонных конструкций предъявляются повышенные требования к свойствам растворных смесей и затвердевшего раствора. Для получения высококачественных составов растворов с заданной подвижностью, водоудерживающей способностью и расслаиваемостью, а также мелкозернистых бетонов на их основе, с относительно малой плотностью, высокими показателями прочности и трещиностойкости, необходимо применить технологию приготовления сухих строительных смесей, способствующую упрочнению макро- и микроструктуры полученного изделия.

В настоящее время существует множество способов приготовления сухих строительных смесей путем их диффузионного и конвективного смешивания в аппаратах различной конструкции (барабанные, лопастные, центробежные, роторно-пульсационные и др.) [1, 2]. Энергоэффективность, производительность, а главное, активация полученных смесей путем

модифицирования свойств их компонентов в таких аппаратах являются недостаточными.

В настоящее время применяются смеси, имеющие в своем составе помимо цемента и песка суперпластификатор С-3, гипс, шлак с большим содержанием алюминия и сернокислый натрий [3].

Нашли свое применение также сухие смеси, в составе которых имеется расширяющаяся добавка, в которую входят: пемза, гипс, доломит, микрокремнезем, пластификатор и др. [4].

Указанные сухие строительные смеси приготавливали путем обычного смешивания компонентов с предварительным дроблением шлакового заполнителя [3]. Основным недостатком полученных растворных смесей и мелкозернистых бетонов [3,4] является их невысокая прочность из-за низкой реакционной активности сухой смеси, приготовленной обычным смешиванием компонентов.

Существуют способы приготовления растворных и бетонных смесей, включающие предварительную активацию воды затворения с портландцементом, пластифицирующей и другими модифицирующими добавками методами механической активации [1,5]. Однако сухие компоненты смеси смешивались обычным способом без интенсивной активации, что не способствовало получению затвердевших растворов и бетонов с улучшенными физико-механическими характеристиками.

Известна технология получения сталефибробетонов с использованием предварительной электромагнитной обработки сухой смеси, включающей портландцемент, пластифицирующие и модифицирующие добавки. В качестве ферромагнитных компонентов были использованы стальные фибровые волокна [6,7]. Приготовленную таким образом сухую смесь перемешивали совместно с водой, мелким и крупным заполнителями в обычном смесителе. Однако в процессе совместного перемешивания всех

компонентов сталефибробетонной смеси в обычном смесителе происходило частичное разрушение заполнителями адсорбции мелкодисперсных частиц портландцемента и модифицирующих добавок на поверхности стальных волокон [6,7]. В результате снижается реакционная активность смеси и ухудшаются физико-механические характеристики сталефибробетона. Существуют челночные технологии изготовления бетонов с агрегированным распределением фибр [8-10], а также активизацию смеси щелочью и полипропиленовыми волокнами [11].

Влияние электромагнитной активации сухих строительных смесей, применяемых для приготовления растворов и мелкозернистых бетонов, на их физико-механические свойства в настоящее время недостаточно изучено.

Задачей исследований является получение сухих строительных смесей, растворов и мелкозернистых бетонов на их основе с улучшенными физико-механическими свойствами.

Для получения указанных материалов, используемых в железобетонных конструкциях, разработаны оптимальные составы и применена технология электромагнитного воздействия на сухие компоненты растворов или мелкозернистых бетонов.

Для изготовления растворов или мелкозернистых бетонов применялся портландцемент марки ЦЕМ 1 42,5 Н Оскольского цементного завода. Кварцевый песок с модулем крупности 1,98 был доставлен с орловского карьера Волгоградской области. Для пластификации смеси использовали известную добавку «Полипласт СП-3».

Для предотвращения образованию усадочных трещин применялись полимерные фибровые волокна, а также гипс.

С целью экономии расхода пластификатора и утилизации производственных отходов были использованы отходы теплоэнергетических производств в виде сажи.

Применение полых стеклянных микросфер в сухой смеси, подвергнутой электромагнитной обработке, способствует снижению плотности и увеличению прочности мелкозернистого бетона. Количество аппретированных стеклянных микросфер составило 10 % по отношению к расходу кварцевого песка.

Расходы пластифицирующих и расширяющихся добавок, фибровых волокон для сухой строительной смеси представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расходы пластифицирующих и расширяющихся добавок в сухие смеси

№ п/п	Наименование компонентов смеси	Расход компонентов, % от массы цемента		
		1	2	3
1	Суперпластификатор «Полипласт СП-3»	0,4	0,5	0,6
2	Сажа	0,4	0,5	0,6
3	Гипс	2,6	2,8	3,0
4	Полимерная фибра, кг/м ³	0,8	1,0	1,2

Приготовление разработанных составов сухих смесей осуществлялось с использованием линейно-индукционного вращателя (ЛИВ), рабочими элементом которого являются металлические ферромагнитные стержни. При показателе индуктивности установки, составляющей 0,2 Тл и частоте 50 Гц, продолжительность перемешивания составляла 240 секунд.

По окончании перемешивания сухих компонентов смесь затворяли водой и подвергали дополнительной обработке в обычном лопастном смесителе в течение 4-5 минут.

Полученную активированную смесь укладывали в стандартные формы размером 40x40x160 мм и оставляли на 28 суток твердеть в обычных условиях.

Параметры линейного расширения образцов определяли через 72 часа после изготовления. По окончании набора прочности образцы подвергались испытаниям для определения физико-механических свойств (см. табл. 2).

Таблица 2

Физико-механические свойства растворов и мелкозернистых бетонов

№ Состава	Подвижность раствора, см	Плотность раствора, кг/м ³	Линейное расширение, %	Плотность мелкозернистого бетона, кг/м ³	Прочность мелкозернистого бетона, МПа	
					изгиб	сжатие
1	3-4	2215	1,1	2203	7,2	63,54
2	3-4	2286	1,1	2278	8,7	71,29
3	7-8	2277	1,2	2263	7,9	68,78
Состав [3]	3-9		1,4			40,1- 55,9

В результате проведенных экспериментов установлено (см. табл. 2), что во всех разработанных составах на основе активированных электромагнитной обработкой сухих смесей при подвижности растворной смеси (3-8 см) и удовлетворительном линейном расширении (1,2 %) предел прочности на сжатие по сравнению с известными не активированными составами [3] увеличился на 71,5 % при подвижности 7-8 см и – на 27,5 % при подвижности 3-4 см.

Максимальные значения прочности были получены у состава 2 (см. табл. 2), в котором подобрано оптимальное содержание фибровых волокон (1,0 кг/м³), сажевых отходов совместно с суперпластификатором «Полипласт СП-3» в соотношении 1:1 (1,0 % от массы портландцемента) и гипса (2,8 % от массы портландцемента). При увеличении расходов указанных

компонентов смеси прочность незначительно падает, что может быть связано с увеличением расхода гипса, способствующего некоторому повышению пористости мелкозернистого бетона.

Таким образом, введение в активированную сухую строительную смесь пластифицирующей и углеродной добавок, гипса, стеклянных микросфер, повышающих, в том числе, коррозионную стойкость, волокнистых фибровых волокон способствовало упрочнению микро- и макроструктуры цементной матрицы, улучшению физико-механических свойств раствора и затвердевшего мелкозернистого бетона.

Полученные составы тяжелых мелкозернистых бетонов, имеющие плотность более 2200 кг/м³ и прочность на сжатие 63 – 71 МПа, обладают также высокой морозостойкостью; не менее 200 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Упрочнение макроструктуры полученных составов мелкозернистых бетонов путем введения полимерных фибровых волокон позволило увеличить прочность на растяжение при изгибе от 7,2 МПа до 8,7 МПа, что способствует увеличению характеристик трещиностойкости и долговечности.

Литература

1. Антропова Е.А., Дробышевский Б.А., Бялик Б.Ф., Мазур В.Н. Способ приготовления модифицированной сталефибробетонной смеси и модифицированная сталефибробетонная смесь. Патент на изобретение № 2214986, Бюллетень № 30, от 27.10.2003 г. 6 с.
2. Усов Б.А. Технология сухих строительных смесей – многоступенчатая безводная активация компонентов при их производстве // Информационный научно-технический журнал «Сухие строительные смеси». Москва: МГСУ, 2007. № 2, С. 48-51.

3. Хозин В.Г., Морозова Н.Н., Хохряков О.В. Сухая цементно-песчаная смесь // Патент на изобретение № 2259964, Бюллетень № 5 от 10.05.2005 г. 7 с.
 4. Базоев О.К. Сухая цементно-песчаная смесь «Прогресс-11» // Патент на изобретение № 2144908, Бюллетень № 3 от 27.01.2000 г. 5 с.
 5. Пименов С.И., Ибрагимов Р.А. Влияние механической активации цементной суспензии на физико-технические свойства цементных композиций // Фундаментальные основы строительного материаловедения. Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. Белгородский государственный технологический университет. Белгород: 2017. С. 797-805.
 6. Перфилов В.А. Способ приготовления модифицированной фибробетонной смеси и модифицированная фибробетонная смесь / Патент на изобретение № 2397069, Бюллетень № 23 от 20.08.2010 г. 6 с.
 7. Перфилов В.А. Способ приготовления модифицированной фибробетонной смеси и модифицированная фибробетонная смесь / Патент на изобретение № 2433038, Бюллетень № 31 от 10.11.2011 г. 6 с.
 8. Маилян, Л.Р., Налимова, А.В., Маилян, А.Л., Айвазян, Э.С. Челночная технология изготовления фибробетона с агрегированным распределением фибр и его конструктивные свойства // Инженерный вестник Дона, 2011, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/714
 9. Маилян, Л.Р., Маилян А.Л., Айвазян Э.С. Расчетная оценка прочностных и деформативных характеристик и диаграмм деформирования фибробетонов с агрегированным распределением волокон // Инженерный вестник Дона, 2013, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1760
 10. Bentur A., Mindess S. Fiber reinforced cementitious composites. Elsevier Applied Science. London & New York, 1990. pp. 348—351.
-

11. Wang L., Tan X. Preparation and properties of alkali activated foam cement reinforced with poly-propylene fibers // Journal of Wuhan University of Technology-Mater Sci Ed. 2011. № 26 (5). P. 960–964. URL: [//doi.org/10.1007/s11595-011-0345-7](https://doi.org/10.1007/s11595-011-0345-7).

References

1. Antropova E.A., Drobyshevskij B.A., Byalik B.F., Mazur V.N. Sposob prigotovleniya modificirovannoj stalefibrobetonnoj smesi i modificirovannaya stalefibrobetonnaya smes' [A method for preparing a modified steel-fiber concrete mixture and a modified steel-fiber concrete mixture]. Patent na izobretenie № 2214986, Byulleten № 30, ot 10.27.2003 g. 6 p.
2. Usov B.A. Informacionnyj nauchno-tekhnicheskij zhurnal «Suhie stroitel'nye smesi». Moskva: MGSU, 2007. № 2, pp. 48-51.
3. Hozin V.G., Morozova N.N., Hohryakov O.V. Suhaya cementno-peschanaya smes' [Dry cement-sand mixture]. Patent na izobretenie № 2259964, Byulleten № 5 ot 10.05.2005. 7 p.
4. Bazoev O.K. Suhaya cementno-peschanaya smes' «Progress-11» [Dry cement-sand mixture "Progress-11"]. Patent na izobretenie № 2144908, Byulleten № 3 ot 27.01.2000 g. 5 p.
5. Pimenov S.I., Ibragimov R.A. Vliyanie mekhanicheskoy aktivacii cementnoj suspenzii na fiziko-tekhnicheskie svojstva cementnyh kompozicij Fundamental'nye osnovy stroitel'nogo materialovedeniya. Sbornik dokladov Mezhdunarodnogo onlajn-kongressa. Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet. Belgorod: 2017. pp. 797-805.
6. Perfilov V.A. Sposob prigotovleniya modificirovannoj fibrobetonnoj smesi i modificirovannaya fibrobetonnaya smes' [The method of preparation of the modified fibroconcrete mixture and the modified fibroconcrete mixture]. Patent na izobretenie № 2397069, Byulleten № 23 ot 20.08.2010 p. 6 p.



7. Perfilov V.A. Sposob prigotovleniya modificirovannoj fibrobetonnoj smesi i modificirovannaya fibrobetonnaya smes' [The method of preparation of the modified fibroconcrete mixture and the modified fibroconcrete mixture]. Patent na izobretenie № 2433038, Byulleten № 31 ot 10.11.2011 g. 6 p.
8. Mailyan, L.R., Nalimova, A.V., Mailyan, A.L., Ajvazyan, E.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/714
9. Mailyan, L.R., Mailyan A.L., Ajvazyan E.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1760
10. Bentur A., Mindess S. Fiber reinforced cementitious composites. Elsevier Applied Science. London & New York, 1990. pp. 348—351.
11. Wang L., Tan X. Journal of Wuhan University of Technology-Mater Sci Ed. 2011. № 26 (5). pp. 960–964. URL: doi.org/10.1007/s11595-011-0345-7.

Дата поступления: 29.10.2023

Дата публикация: 9.12.2023