УДК 666.972.16 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.159.2016.66997

ВЛИЯНИЕ МИКРОНАПОЛНИТЕЛЕЙ НА УСАДОЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ РАСТВОРОВ ДЛЯ НАЛИВНЫХ ПОЛОВ

Канд. техн. наук И.Э. Казимагомедов, асп. С.Ю. Шептун

ВПЛИВ МІКРОНАПОВНЮВАЧІВ НА УСАДОЧНІ ДЕФОРМАЦІЇ РОЗЧИНІВ ДЛЯ НАЛИВНИХ ПІДЛОГ

Канд. техн. наук І.Е. Казімагомедов, асп. С.Ю. Шептун

MICROFILLERS INFLUENCE ON SHRINKAGE DEFORMATION OF SELF-LEVELING FLOORS

Cand. of Engineering Sciences I. Kazimagomedov, Postgraduate S.Y. Sheptun

Исследовано влияние использования шлама от мокрых газоочисток производства ферросилиция, керамзитовой пыли и шлама водоумягчения Харьковской ТЭЦ–5 на усадочные деформации раствора для наливных полов. В статье предоставлены результаты исследований, проведенных на образцах – балочках размерами 40х40х160 мм. Предложен оптимальный состав сухой строительной смеси с применением отходов производства.

Ключевые слова: *сухая строительная смесь, наливной пол, микронаполнитель, шлам, керамзитовая пыль, усадка, отходы производства.*

Досліджено вплив використання шламу від мокрого газоочищення виробництва феросиліцію, керамзитового пилу і шламу водопом'якщення Харківської ТЕЦ-5 на усадочні деформації розчину для наливних підлог. У статті надані результати досліджень, що проводились на зразках-балочках розміром 40х40х160 мм. Запропоновано оптимальний склад сухої будівельної суміші із застосуванням відходів виробництва.

Ключові слова: *суха будівельна суміш, наливна підлога, мікронаповнювач, шлам, керамзитовий пил, усадка, відходи виробництва.*

We Studied the effect of the use sludge from wet gas cleaning ferrosilicon production, expanded clay dust and sludge water softening Kharkov CHP – 5 on shrinkage deformation solution for self-leveling floors. Using the sludge from wet gas cleaning ferrosilicon production promotes formation of a dense material structure in dry mortar, whereby in addition to increasing the strength characteristics of reduced permeability, increased frost resistance, abrasion resistance and erosion, as well as stability of the material to different types of corrosion, which ultimately determines its durability. Adding mineral modifier sludge water softening Kharkov CHP - 5 increases the porosity of the stone, with a decrease in the size of the capillary pores and increase their homogeneity. As a result, facilitate the binding stone reduced the probability failure of layers based on them under its own weight, which is important in finishing, as well as improved thermal and acoustic performance. Addition of expanded clay dust to the dry mix mortar increases the plasticity of the mix facilitates the spray mixture on the coated surface and solves the problem of disposal waste. Proposed an optimal composition of the dry mortar with production waste.

Keywords: *dry mortar, self-leveling floor, shrinkage, waste production.*

Введение. В сложившейся экономической ситуации в нашей стране потребители все больше задумываются над оптимизацией своих затрат при проведении строительных и ремонтных работ. Устройство наливных полов может быть одним из направлений возможной экономии. Поскольку их доля в общей сметной стоимости достаточно высока, в качестве одного из способов экономии может быть устройство самовыравнивающихся наливных полов.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. После укладки раствора наливного пола при его твердении на поверхности могут появляться нежелательные усадочные явления, которые могут привести к разрушению покрытия, потере его целостности и гладкости поверхности, понижению прочностных характеристик. Использование шлама от мокрых газоочисток производства ферросилиция, керамзитовой пыли и шлама водоумягчения ТЭЦ может помочь решить вышеуказанные проблемы и одновременно повысить экологическую эффективность промышленных предприятий.

Обзор последних источников исследований и публикаций. Условия твердения и эксплуатации таких тонкослойных цементных покрытий, как наливные полы, предопределяют образование в них усадки, что может вызывать растрескивание материала.

Для понижения усадочных деформаций можно сокращать расход цемента, одновременно повышая количество заполнителей в бетоне, уменьшать водоцементное отношение, использовать цемент с пониженным содержанием C_3A и C_3S [1].

Согласно работе [2], зола уноса может существенно уменьшить аутогенную усадку в раннем возрасте бетона. Влияние минеральных наполнителей связано с их количеством и тонкостью помола. Авторы [3] считают, что если удельная поверхность летучей золы превышает 4000 см^2/г, аутогенная усадка будет возрастать с увеличением количества добавки. Смесь летучей золы и шлака значительно уменьшает аутогенную усадку и ползучесть цементного камня.

Автор [4] предлагает для уменьшения усадки добавлять поликарбоксилаты. Благодаря их применению усадка уменьшилась на 10-15 %. В работе [5] для снижения усадки рекомендуется применять вместе с противоусадочной добавкой расширяющий компонент. В то же время автором отмечается, что совместное введение в цементную смесь двух и более добавок может как усилить, так и ослабить их индивидуальное влияние на усадку.

Авторы [3,6] предлагают использовать для противодействия усадки противоусадочные добавки Estrifan Additive RCL и Denka CSA 20 соответственно. В своих исследованиях они выявили, что эти добавки эффективно противодействуют усадочным деформациям цементного раствора при дозировке не более 2 %. Повышение дозировки добавок более 2 % приводит к увеличению размеров образцов в начальный период твердения, а в более поздние сроки – значительному повышению усадочных деформаций. Также установлено, что повышенное содержание противоусадочных добавок может вызвать понижение прочности затвердевшего цементного камня.

Авторами [7,8] предлагается использование металлической фибры в качестве дополнительного армирования. Так, наиболее эффективными параметрами армирующего компонента в ранние сроки твердения являются $l = 5$ мм, $d = 20$ мкм, $\mu = 0{,}4$ %, позволяющие снизить деформативные свойства на 15-25 % и увеличить прочностные показатели на 30-40 %, и соответственно в возрасте 28 суток: $l = 12$ мм, $d = 20$ мкм, $\mu = 0{,}4$%.

По [9] многие добавки, модифицирующие свойства твердеющего

цементного камня, например, замедлители схватывания, разжижители, оказывают на цементный камень побочные отрицательные действия. Замедлители схватывания могут не только интенсифицировать, но и инициировать возникновение усадочных трещин, причем это влияние выражено тем сильнее, чем больше интервал времени между началом и концом схватывания. Отмечается, что такие замедлители схватывания, как сахароза и гидроксикарбоновые кислоты, в меньшей степени замедляющие начало, чем конец схватывания, оказываются, с точки зрения возникновения трещин, более опасными, чем, например фосфаты, замедляющие в равной степени начало и конец схватывания. Разжижители раствора в зависимости от его консистенции действуют различно. Для цементного раствора с высокой величиной В/Ц, которые сами по себе склонны к образованию трещин, введение разжижителей может уменьшать склонность, а для растворов со средней величиной В/Ц, которые при твердении обычно не образуют трещин, опасность их появления может увеличиваться. Склонность цементного камня к образованию трещин при твердении уменьшается при введении в состав бетона добавок жирных спиртов. Введение указанных добавок в раствор с высокой величиной В/Ц делает его таким же стойким к образованию трещин, как и цементный камень со средней величиной В/Ц.

Для предотвращения появления усадочных трещин в наливном покрытии устраивают комплексные усадочные швы. Наилучшие результаты достигаются при нарезании швов в свежеуложенной смеси с помощью специального резчика.

В ходе изучения литературы была выявлена нехватка исследований по изучению влияния отходов металлургического производства на свойства сухих строительных смесей, в особенности шламов от мокрых газоочисток производства ферросилиция. До начала этого века данный вид отходов считался непригодным к применению в цементных растворах. Поэтому более детальное изучение влияния шлама на цементный раствор является актуальным.

Определение цели и задачи исследования. Целью нашего исследования является уменьшение усадочных деформаций раствора сухой строительной смеси за счет использования отходов промышленности. Одновременно ставится задача понизить себестоимость производства сухой строительной смеси и утилизировать большие залежи промышленных отходов.

Основная часть исследования. Использование отходов производств должно не только удешевить себестоимость смесей, но и способствовать решению экологических проблем. Применение отходов будет способствовать повышению экономической и экологической эффективности как металлургического производства, так и строительства.

Шлам мокрой газоочистки Стахановского завода образуется при выплавке ферросилиция, во время очистки исходящего ферросплавного газа от пыли по технологии мокрой газоочистки. На протяжении многих лет складирования он, под воздействием атмосферных явлений, превратился в цельную глыбу. Поэтому его необходимо перед использованием измельчить. Измельчение шлама проводится на дезинтеграторе после предварительной его сушки в электрическом сушильном шкафу. В результате измельчения был получен микронаполнитель со средней плотностью 180-250 кг/м^3 и удельной поверхностью 15000-25000 см^2/г [10]. Химический состав шлама от мокрых газоочисток производства ферросилиция представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав шлама

Шлам	Содержание компонентов, %										
	SiO_2	$Fe_20з$	$A1_2O$	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	TiO	P_2O_5	MпO	п. п. п.
Более 20-летней давности после производства	81,3	3,6	3,5	1,2	1,0	0,9	0,65	0,1	0,03	0,01	7,71

Керамзитовая пыль, образующаяся при обжиге керамзитового гравия, также является отходом производства. Она представляет собой мелкодисперсный коричневого цвета кремнеземсодержащий материал, обладающий свойствами активных минеральных добавок, плотностью 600-700 кг/м^3 и удельной поверхностью 2500-4000 см^2/г. Химический состав керамзитовой пыли представлен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав керамзитовой пыли

Материал	Содержание компонентов, %											
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	TiO_2	SO_3	Na_2O	P_2O_5	MnO	п.п.п.
Керамзитовая пыль	61,65	16,2	7,8	1,76	3,11	2,46	1,19	1,16	0,94	0,31	0,28	3,14

Минеральный модификатор в виде шлама водоумягчения Харьковской ТЭЦ-5 является высокодисперсным материалом с удельной поверхностью более 2870 см^2/г. Химический состав шлама водоумягчения ТЭЦ-5 следующий: $CaCO_3$ – 58,2 %, портландита – 33,4 %, остальное – примеси. Введение шлама водоумягчения в раствор сухой строительной смеси позволяет повысить эффективность работы пластификатора, модифицированной целлюлозы и редиспергируемого сополимерного порошка.

Составы сухих строительных смесей, по которым осуществлялась оценка влияния на усадку твердеющего раствора сочетаний шлама от мокрых газоочисток производства ферросилиция, керамзитовой пыли и шлама водоумягчения Харьковской ТЭЦ-5, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Состав разработанных смесей

Материал	Номер состава					
	Контр.	Контр.2	1	2	3	4
	Содержание компонентов					
Цемент Пц-500, мас. ч.	33					
Песок, мас. ч.	65,0					
Добавки, мас. ч.	2					
Шлам 25 лет, в процентах от цемента	-	15	15	15	15	15
Керамзит, в процентах от цемента	-	-	-	-	5	10
Шлам ТЭЦ-5, в процентах от цемента	-	-	5	10	-	-
Вода, В/Ц	0,5		0,6			

Испытание на усадку проводились в соответствии с требованиями ДСТУ Б В.2.7-126:2011 “Суміші будівельні сухі модифіковані” и ДСТУ Б В.2.7-216:2009 “Методи визначення деформацій усадки та повзучості”. Результаты испытания представлены в табл. 4.

Таблица 4

Усадка испытуемых составов

Возраст образцов	Номер состава					
	Контр.	Контр.2	1	2	3	4
	Усадка, мм					
Начало измерений	0	0	0	0	0	0
1-е сутки	0,096	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
3-и сутки	0,336	0,240	0,288	0,336	0,192	0,192
7-е сутки	0,721	0,577	0,673	0,721	0,529	0,529
14-е сутки	1,155	1,058	1,082	1,106	0,914	0,866
28-е сутки	1,443	1,251	1,274	1,299	1,058	1,010
45-е сутки	1,588	1,347	1,383	1,417	1,203	1,155
60-е сутки	1,684	1,443	1,487	1,494	1,299	1,251
75-е сутки	1,732	1,491	1,533	1,558	1,347	1,299
90-е сутки	1,780	1,54	1,581	1,597	1,395	1,347
105-е сутки	1,828	1,588	1,636	1,653	1,443	1,395
120-е сутки	1,876	1,636	1,683	1,695	1,491	1,443

Из таблицы видно, что наименьше усадочные деформации проявляют себя в составах с добавлением шлама от ферросплавной промышленности и керамзитовой пыли. В то же время добавление к шламу ферросплавной промышленности шлама водоумягчения Харьковской ТЭЦ-5 привело к повышению усадки по сравнению с образцом с добавлением только шлама от ферросплавной промышленности. Причины этого явления требуют дальнейших исследований.

Выводы из исследования и перспективы, дальнейшее развитие в данном направлении. Применение в составах сухих строительных смесей шламов и керамзитовой пыли позволяет уменьшить расход цемента и уменьшить негативное воздействие промышленности на окружающую среду. Благодаря своей микроструктуре они плотно упаковывают пространство между более крупными частицами цемента и песка, что уменьшает количество пустот, в которых может находиться вода. Таким образом, при испарении воды меньше образуется пустот, в которые проседает незатвердевший раствор. Дальнейшие исследования должны быть направленны на разработку оптимальной технологической схемы для производства сухих строительных смесей с добавлением отходов производств.

Список использованных источников

1. Тейлор, Х. Химия цемента [Текст]: пер. с англ. / Х. Тейлор. – М.: Мир, 1996. – 560 с.

2. Usherov-Marshak A.V., Sopov V.P., Kurdowski W. Studies of capillary porosity of clinker phases during hydration // J. of Therm. Analysis and Calorimetry, 1999, Vol. 55. – pp. 1031-1037.

3. Барабанщиков, Ю.Г. О влиянии суперпластификатора на эффективность противоусадочной добавки [Текст] / Ю.Г. Барабанщиков, А.А. Архаров, М.В. Терновский. – СПб.: СПбПУ, Magazine of Civil Engineering, 2014. – № 7. – С. 23-30.

4. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны [Текст] / В.Г. Батраков. – М.: Стройиздат, 1998. – 768 с.

5. Corcella, C.M. Parameters influencing the performance of shrinkage-compensating concrete [Text]/ C.M. Corcella, C. Cereda, S. Tavano [et. al.] // American Concrete Institute, ACI Special Publication, 2012. – №289.

6. Ушеров-Маршак, А.В. Калориметрический анализ взаимодействия в дисперсных системах на примере вяжущих веществ [Текст] / А.В. Ушеров-Маршак, В.П. Сопов // Неорганические материалы. – 1996. – Т. 32, №2. – С. 249-253.

7. Саламаха, Л.В. Сухі будівельні суміші з базальтовими волокнами для влаштування елементів підлоги [Текст]: автореф. дис… канд. техн. наук: 05.23.05 “Будівельні матеріали і вироби”/ Л.В. Саламаха; Держ. вищ. навч. закл. “Придніпр. держ. акад. буд-ва та архіт.”. – Вінниця, 2011. – 19 с.

8. Деревянко, В.Н. Дисперсно армированные промышленные полы [Текст] / В.Н. Деревянко, Л.В. Скидан // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2007. – Вип. 27. – С. 142-145.

9. Features of early hydration and formation of cements structure with additives / A. Usherov-Marshak, V. Sopov, I. Zaluzkaya, L. Reshetnik // Cheminė technologija, Kaunas. – 2004. – Nr. 3(33). – S. 66-70.

10. Казимагомедов, И.Э. Сухие строительные смеси, наполненные шламами мокрых газоочисток производства ферросилиция [Текст] / И.Э. Казимагомедов, С.Ю. Шептун // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: материалы IX Международной конференции молодых учёных. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 176 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.Г. Вандоловский

Шептун Сергій Юрійович, аспірант кафедри будівельних матеріалів та виробів Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел. 94-38-32. E-mail: zoooms@ukr. net.
Казімагомедов Ібрагім Емірчубанович, канд. техн. наук, кефедра будівельних матеріалів та виробів Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел. 706-20-73.

Sheptun Sergey Yurievich, Postgraduate at the Department of building materials and products Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. Tel. 94-38-32. E-mail: zoooms@ukr.net.
Kazimagomedov Ibrahim, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Department of building materials and products Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture.
Tel. 706-20-73.

Прийнята 21.02.2016 р.