

РАЗДЕЛ V. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

УДК 666.97.031:693.542

ПОДБОР СОСТАВА И ДОЗИРОВКИ ДОБАВОК- МОДИФИКАТОРОВ АРБОЛИТА

¹БОЗЫЛЕВ В. В., ²ЯГУБКИН А. Н.

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

²Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь

При изготовлении арболита водой из древесного заполнителя привлекаются дубильные и сахаристые вещества, вызывающие значительное снижение прочности арболита. Представлены пути уменьшения вредного влияния данных веществ в цементном растворе. По разработанной экспресс-методике были исследованы основные виды добавок ускорителей твердения и схватывания цемента: хлористый кальций, сода, соляная кислота, жидкое стекло, магний сернокислый, марганец сернокислый, кальциевая селитра, сульфат аммония, цинк сернокислый, медный купорос, хлористый калий, хлористый натрий, а также авторская добавка Арбел. Проведено исследование кинетики набора прочности модифицированным арболитом.

Введение. Вопрос повышения прочности арболита изучался многими учёными [1,2,5,7,8]. Ими было установлено, что прочность арболита можно повысить за счёт использования высокоактивных быстротвердеющих цементов, путём добавления в арболитовую смесь кварцевого песка, повысив удельное давление прессования арболитовой смеси и т.д. Все вышеперечисленные способы не всегда эффективны и осуществимы, т.к. быстротвердеющие цементы дефицитны и имеют высокую стоимость; кварцевый песок и увеличение удельного давления прессования увеличивает объёмный вес арболита.

Увеличить прочность с низкими затратами, а также повысить технологичность производства изделий из арболита позволяет модификация цементного раствора химическими добавками.

Целью исследований являлся подбор состава и дозировки добавок-модификаторов арболита, позволяющих улучшить его физико-механические характеристики.

Основная часть. Основным методом повышения прочности изделий из арболита считается путь сокращения продолжительности твердения и повышение прочности в ранние сроки.

При изготовлении арболита водой из древесины в основном извлекаются дубильные и сахаристые вещества, органические кислоты, минеральные соли. Основную опасность для легких бетонов с древесным заполнителем представляют растворимые в воде сахара (сахароза, глюкоза, фруктоза и т. д.), которые легко диффундируют через стенки клеток древесины и вымываются водой.

Решить задачу нейтрализации вредных веществ с наименьшими экономическими и трудовыми затратами позволяет модификация цементного раствора.

Наиболее распространёнными методами являются использование добавок ускорителей твердения и пластификаторов. Остальные способы достаточно дороги, сложны и поэтому не нашли широкого применения.

В настоящее время известно огромное количество добавок ускорителей твердения, добавок пластификаторов. Состав большинства добавок скрыт патентами производителей. Наиболее известные вещества, ускоряющие процессы схватывания и твердения: хлористый кальций; жидкое стекло; алюминий сернокислый и др.

В работе по разработанному авторами способу определения эффективности химических добавок для арболита [2] были исследованы основные известные добавки ускорители твердения и схватывания цемента: хлористый кальций, жидкое стекло, медный купорос, алюминий сернокислый. Название Арбел подразумевает использование в качестве добавки для арболита соли K_2SO_4 .

Для изготовления арболита использовался цемент ПЦ 500 Д0 (г. Кричев). Нормальная густота цементного теста 28%; начало схватывания – 1 ч. 30 мин. Арболит изготавливали следующего состава: расход цемента 350 кг/м³; расход щепы 230 кг/м³; В/Ц = 1,1. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Для добавки хлористого кальция был определён оптимальный расход 2 % от массы цемента, прочность арболита на сжатие 2,51 МПа, плотность 648 кг/м³. Для добавки жидкого стекла оптимальный расход составил 4 % от массы цемента, прочность арболита на сжатие 2,38 МПа, плотность 640 кг/м³. Для добавки медного купороса определён оптимальный расход 0,8 % от массы цемента, прочность арболита на сжатие 1,61 МПа, плотность 647 кг/м³. Для добавки алюминий серноокислый определён оптимальный расход 2 % от массы цемента, прочность арболита на сжатие 2,51 МПа, плотность 648 кг/м³. Для добавки Арбел оптимальным является расход 5 % от массы цемента, прочность арболита на сжатие 2,46 МПа, плотность 640 кг/м³.

Таблица 1

Выбор вида и расхода добавки для изготовления арболита

Наименование добавки	Расход добавки, % от массы цемента	Прочность (прирост прочности) по экспресс-методике, МПа (%)	Прочность (прирост прочности) арболита, МПа (%)
1	2	3	4
Хлористый кальций	1,0	30,60 (0,00)	2,191 (0,00)
	2,0	37,50 (22,55)	2,587 (18,07)
	3,0	37,50 (22,55)	2,607 (18,99)
Жидкое стекло	3,0	24,76 (0,00)	1,780 (0,00)
	4,0	27,63 (11,59)	2,380 (33,71)
	5,0	27,25 (10,06)	2,000 (12,36)
Медный купорос	0,4	35,49 (0,00)	1,320 (0,00)
	0,8	36,73 (3,49)	1,610 (21,97)
	1,2	28,73 (-19,05)	1,460 (10,61)
Алюминий серноокислый	1,0	27,54 (0,00)	1,852 (0,00)
	2,0	33,75 (22,55)	2,351 (26,94)
	3,0	33,75 (22,55)	2,365 (27,70)
Добавка Арбел	4,0	27,50 (0,00)	1,510 (0,00)
	5,0	36,20 (31,64)	2,460 (62,91)
	6,0	34,40 (25,09)	2,270 (50,33)

Объяснить механизм действия добавки Арбел можно следующим образом. Процессы формирования структуры арболита отличаются от обычных бетонов. При приготовлении арболитовой смеси используются достаточно высокие значения В/Ц. Это всеми ис-

следователями объясняется тем, что древесный наполнитель очень гигроскопичен. Более половины воды затворения впитывается стенками клеток, насыщает волокна, заполняет поры и капилляры древесного наполнителя.

Насыщение древесного наполнителя водой может происходить в течение нескольких часов. В это время в цементном тесте происходят процессы гидратации. В определённый момент цементу становится недостаточно той воды, которая не впиталась в древесный наполнитель и находится в цементном тесте. Поэтому цемент начинает вытягивать воду из древесного наполнителя. Однако находясь в стенках клеток, волокнах, порах и капиллярах вода вымывает из них экстрагируемые вещества (сахароза, глюкоза, фруктоза, крахмал). Все представленные выше вещества, попадая в цемент до начала его схватывания, замедляют процессы набора прочности от нескольких суток до нескольких месяцев, ухудшают сцепление цементного камня с древесным наполнителем, т.к. создают плёнки на поверхности алита, алюминатов и изолируют частицы цемента от воды. Исходя из вышесказанного, важно чтобы реакция с добавкой началась раньше, чем вредные вещества поступят из древесного наполнителя вместе с жидкостью затворения в цемент.

Поэтому, если за счёт добавки ускорить процессы схватывания и твердения цементного теста, то вредные вещества, которые будут поступать вместе с водой из древесного наполнителя, не смогут существенно повлиять на набор прочности цементом.

Добавка сернокислого калия, по данным Ратинова В.Б. [6, с.44, рис.7], увеличивает скорость растворения дисков из алита в 2 раза, и в течение 20 минут растворяется более 60 % дисков. Кроме того, сернокислый калий ускоряет гидратацию ангидрита. Это объясняется тем, что добавки содержащие сульфаты, влияют на структурные аспекты катионов и анионов; на воду, изменяя её подвижность; на некоторые кристаллохимические аспекты. Также по данным Ратинова, в присутствии сульфатов, процесс гидратации сильно смещается в сторону образования гидросульфалюмината кальция.

Действуя как ускоритель твердения арболита, сернокислый калий позволяет обеспечить схватывание и твердение цементного теста в ранние сроки, тем самым защитив цементный камень от агрессивного воздействия древесного наполнителя.

Исходя из вышесказанного, необходимо внести корректировку в технологию изготовления арболита, а также в проверку добавки по разработанному способу: приготовить цементное тесто с добавкой и через 20 минут ввести водный концентрат. Для изготовления арболита приготовить цементное тесто с добавкой для арболита и через 20 минут добавить древесный наполнитель. Остальные этапы оставить без изменений. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

Уточнение расхода добавки Арбел для изготовления арболита

Наименование добавки	Расход добавки, % от массы цемента	Прочность (прирост прочности) по экспресс методике, МПа (%)	Прочность (прирост прочности) арболита, МПа (%)
Добавка Арбел (авторское предложение)	1,0	34,58 (0,00)	2,360 (0,00)
	2,0	37,47 (8,36)	2,472 (4,75)
	3,0	37,52 (8,51)	2,480 (5,08)

Как видно из таблицы 3.3 введение древесного наполнителя через 20 минут после приготовления цементного теста позволяет сократить расход добавки Арбел с 5 % до 2 % и при этом получить почти равную прочность с добавкой хлористого кальция.

В качестве основного преимущества добавки Арбел перед основным наиболее сильным ускорителем - хлористым кальцием, является, то, что добавка сернокислого калия позволяет поддерживать более низкую эксплуатационную влажность стены и, соответственно, более низкий показатель теплопроводности.

Это можно объяснить с позиций общей химии. Известно, что соли кальция имеют малые размеры катионных радиусов, поэтому легко притягивают значительные количества диполей воды. Хлорид кальция существует в виде кристаллогидратов переменной структуры. Хлорид кальция притягивает к себе до 6 молекул воды с образованием кристаллогидратов ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Сульфат алюминия также является гигроскопичным, для него характерно образование кристаллогидрата $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Добавка Арбел – K_2SO_4 не притягивает воду и не образует кристаллогидратов.

Расчёты показывают, что 1 кг хлористого кальция в составе арболита удерживает до 1 литра воды. Т.к. на 1 м³ арболита идёт 7 кг хлористого кальция, то в стене удерживается дополнительно до 7 литров воды. Соль K₂SO₄ не является гигроскопичной, следовательно, её использование обеспечит более низкий показатель теплопроводности в условиях эксплуатации стенового ограждения.

Кроме того, использование сернокислого калия в качестве добавки в арболит позволит избежать сульфатной коррозии цементного камня, в отличие от использования добавок сульфата натрия и сернокислого глинозёма. Исследования данного процесса Миначом А.И. [4] указывают на то, что основной причиной разрушения цементного камня при сульфатной коррозии является увеличение объёма солей при фазовом переходе от менее гидратированных форм к формам, содержащим большие количества кристаллизационной воды. Согласно этим представлениям, наиболее опасно для стойкости цементного камня не просто кристаллизация соли, а образование кристаллогидратов с увеличением объёма твёрдой фазы. А поскольку сернокислый калий не образует кристаллогидратов, то и сульфатную коррозию цементного камня он вызвать не может.

Закключение. В результате выполненного исследования была разработана добавка-модификатор арболита Арбел, позволяющая обеспечить увеличение прочности, аналогичное основному наиболее сильному ускорителю – хлористому кальцию. Новый модификатор, в отличие от хлористого кальция, имеет более низкий показатель влагоудерживающей способности. Следовательно, при использовании арболита в наружных стенах не будет происходить накопления влаги и снижения теплоизоляционных характеристик.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арболит / Под ред. Г.А. Бужевича.-М.: Изд-во литер. по строительству, 1968. – 244 с.

2. Бозылев В.В. Ягубкин, А.Н. К вопросу разработки методики экспресс-анализа оценки влияния добавок на прочность арболита / Ягубкин А.Н., Бозылев В.В. // Вест. Полоцкого гос. ун-та. Серия F, Прикладные науки. Строительство. – 2009. - №6. – с. 71-76.

3. Брянская государственная инженерно-технологическая академия [Электронный ресурс] / Руденко Б.Д. Добавка для цементно-древесных композиций. – Режим доступа: <http://www.science->

bsea.bgita.ru/2006/leskomp_2006/rudenko_dobavka.htm. – Дата доступа: 19.11.2009.

4. Минас, А.И., Наназашвили, И.Х. Исследование адгезии в структуре конгломерата «древесина – цементный камень» / А.И. Минас, И.Х. Наназашвили // Совершенствование заводской технологии железобетонных изделий на предприятиях сельстройиндустрии. – М., 1979. – 19 с.

5. Наназашвили И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, 1990. – 415 с.: ил.

6. Ратинов, В.Б. Добавки в бетон / В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1973. – 207 с.

7. Hansen W. C. Actions of calcium sulfate and admixtures in portland cement paste // Proceeding of the Third International Symposium on the Chemistry of Cement. - London. 1952. – p. 3-25.

8. Steinour H.H. Actions of calcium sulfate on the hydration and the microstructure of hardened mortar of C_3S // Proceedings of the Third International Symposium on the Chemistry. – London, 1952. – p. 25-37.

УДК 691.545

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕТОНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ГРАФЕНОМ

БУДРЕВИЧ Н. А., ЛЕОНОВИЧ С. Н., САДОВСКАЯ Е. А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В данной статье представлены результаты экспериментального исследования влияния графена на физические свойства бетона. Графен добавлялся двух видов (АС-М Графен Озон WBK40 и АС-М Графен WBK40). Содержание графена принималось: 50, 150, 400, 700, 1000 грамм на тонну пластификатора. Испытания проводились в возрасте 2, 7 и 28 сут.

Ключевые слова: бетон, графен, прочность на сжатие, прочность на изгиб.