

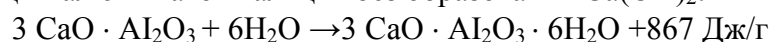
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ С БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРОЙ НА ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Левчук Н.В., Шляхова Е.И.

Из литературных источников [1, 2] известно, что в результате физико-химических процессов изменяется состав волокон, структура их поверхностного слоя, увеличиваются размеры имеющихся поверхностных дефектов - эти процессы, являются причиной снижения прочности волокон и композиций на их основе. Вместе с тем, реакции на поверхности «волоконно-цементная матрица» могут и улучшать свойства композита вследствие повышения адгезии матрицы к волокну, монолитности системы и улучшения условий совместимости нагружения волокон в композите.

Для оценки влияния базальтового волокна на структуру цементной матрицы были сделаны следующие предположения: - базальтовая фибра, состоящая из аморфной фазы должна активно хемосорбционно взаимодействовать с цементной системой, с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция.

В связи с этим, наши предположения основываются на том, что фибра обработанная таким веществом, которое способно вступать в хемосорбционные реакции и с базальтовой фиброй и с цементным раствором, будет улучшать физико-механические свойства цементного камня и бетона. Таким веществом в нашем эксперименте является коллоидный гидроксид алюминия. Фибра, обработанная таким раствором, будет поглощать поверхностью агрегаты коллоидного $Al(OH)_3$ образуя «защитный» слой, способный реагировать с минералами портландцементного клинкера по механизму гидратации алюминатов кальция без образования $Ca(OH)_2$:



Повышение содержания $3 CaO \cdot Al_2O_3$ без участия гипса вызывает протекание реакции типа:



В результате этой реакции образуются гели гидроалюминатов кальция, способные заполнить поровые пространства фибры.

Кроме того, в качестве раствора затворения был использован коллоидный гидроксид алюминия, способный взаимодействовать с гипсом, содержащимся в составе портландцемента.

Кроме того, рядом авторов показано, что композиты на основе цементных матриц и базальтовых волокон имеют переменную во времени прочность при растяжении вдоль волокон, изменение которой зависит от количества волокон и их диаметра. Минеральные волокна сравнительно больших диаметров от 100 мкм, несмотря на более низкую прочность при разрыве, имеют повышенные значения модуля упругости, но такие волокна обладают более высоким уровнем коррозионной устойчивости к воздействию среды гидратирующего цемента. Исследования показывают, что с увеличением объемного содержания волокон от 1 до 3 % и уменьшении диаметра от 250 до 50 мкм при длине 40 мм прочностные характеристики повышаются на 26-62 % по сравнению с не армированным бетоном. Из источника [3] известно, что при содержании волокна в цементной матрице менее 5% наблюдается тенденция к снижению прочности, в тоже время образцы, содержащие 7-10% волокон имеют незначительную прочность. Снижение прочности с увеличением процента армирования, авторы объясняют необходимостью увеличения водоцементного отношения, неравномерным распределением волокон по объему смеси, недоуплотнением смесей неотработанной технологией перемешивания. По мнению авторов [4], исследование влияния высокодисперсных волокнистых наполнителей на механические свойства фибробетонов с использованием базальтового микроармирующего волокна длиной 12 мм и диаметром 10 мкм, приводит к росту показателей прочности образцов на сжатие и изгиб что объясняется сцеплением базальтовых волокон с цементно-песчаной матрицей. Однако, увеличение расхода фибры приводит к ее комкованию, снижению прочностных показателей. По данным результатов испытаний оптимальным является состав фибробетона с концентрацией базальтовой фибры $1,4 \text{ кг/м}^3$. Отсюда можно сделать вывод, что оптимальная концентрация фибры может определяться и оставаться

постоянной, но степень дисперсности волокон фибры может варьироваться, в зависимости от прочностных показателей.

С этой точки зрения особое значение уделяется технологии приготовления фибробетонов. Известно, что неравномерное распределение волокон по всему объему цементной матрицы является одной из основных проблем в технологии приготовления фибробетонов, поскольку на стадии перемешивания происходит армирование бетонов волокнами. Было предложено снизить возможность комкования волокна за счет постепенной загрузки волокна в смеситель использование смесей с высокой подвижностью с применением пластификаторов, снижающих повышенную водопотребность [5].

В нашем случае, коллоидный гидроксид алюминия находится в высокоактивной форме и является раствором затворения, в связи с этим, появляется вопрос о способе введения минерального вяжущего вещества. Предварительно обработанная фибра равномерно распределена во всем объеме раствора и при равномерной подаче портландцемента в раствор, происходит его распределение, а также более интенсивное растворение зерен портландцемента в пространстве между волокнами фибры, что препятствует ее комкованию и в конечном итоге способствует увеличению прочности бетона.

Учитывая указанные проблемы, в Брестском государственном техническом университете на кафедре технологии бетона и строительных материалов была предпринята попытка получения бетонов, армируемых базальтовой фиброй, предварительно обработанной коллоидным гидроксидом алюминия, полученным электрохимическим способом.



Рисунок 1

а) базальтовая фибра б) измельченная базальтовая фибра

Испытаниям подвергали следующие образцы:

Серия I – образцы из цементной смеси;

Серия II – образцы из цементной смеси, армированные базальтовой фиброй;

Серия III – образцы из цементной смеси, армированные базальтовой фиброй, затворенной коллоидным раствором гидроксида алюминия;

Серия IV – образцы из цементной смеси, армированные базальтовой фиброй, измельченной в мельнице и затворенной коллоидным раствором гидроксида алюминия.

Приготовление цементных композитов (серия II) осуществлялось в соответствии с рекомендуемой технологией: в емкости смешали метаксаолин, воду и гипс, затем порционно ручным способом добавляли базальтовую фибру при работающем строительном миксере. Далее частями вводили портландцемент с постоянным перемешиванием всех составляющих в строительном миксере.

Приготовление цементных композитов (серия III, IV) осуществлялось по следующей технологии: базальтовую фибру предварительно измельчили в мельнице и затворили коллоидным раствором гидроксида алюминия на 3-е суток. В емкости смешали метаксаолин и полученный коллоидный раствор с измельченной базальтовой фиброй, затем добавили гипс и все составляющие перемешали в строительном миксере. Далее в полученную смесь постепенно добавляли портландцемент с постоянным перемешиванием всех составляющих в строительном миксере.

а)

б)



Рисунок 2

а) базальтовая фибра, затворенная коллоидным раствором гидроксида алюминия

б) измельченная базальтовая фибра, затворенная коллоидным раствором гидроксида алюминия

Основным контролируемым параметром цементных образцов являлась прочность на растяжение при изгибе и прочности на сжатие. Прочность на растяжение при изгибе и прочность на сжатие определяли на гидравлическом прессе марки CONTROLS AUTOMAX. Данный пресс позволяет проводить испытания в условиях контроля скорости сжатия и изгиба, а также нагрузки на образец.

Определение прочности на сжатие и растяжение при изгибе цементных растворов серий I, II, III, IV выполняли в возрасте 3, 7, 14 и 28 суток. Результаты испытаний представлены в виде гистограмм на рисунках 3, 4.

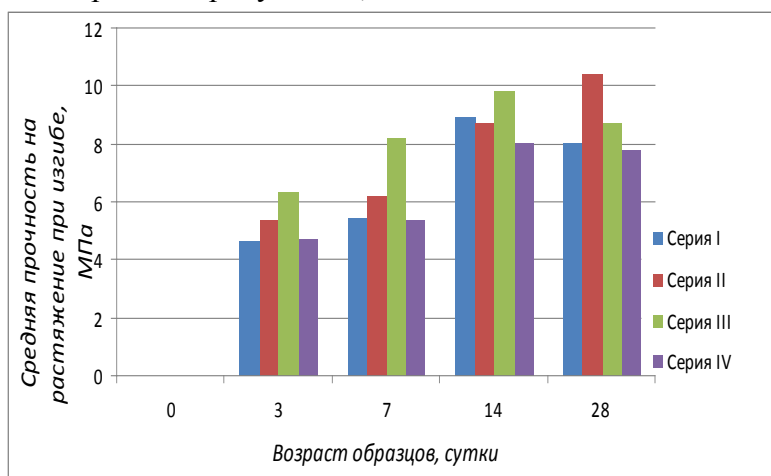
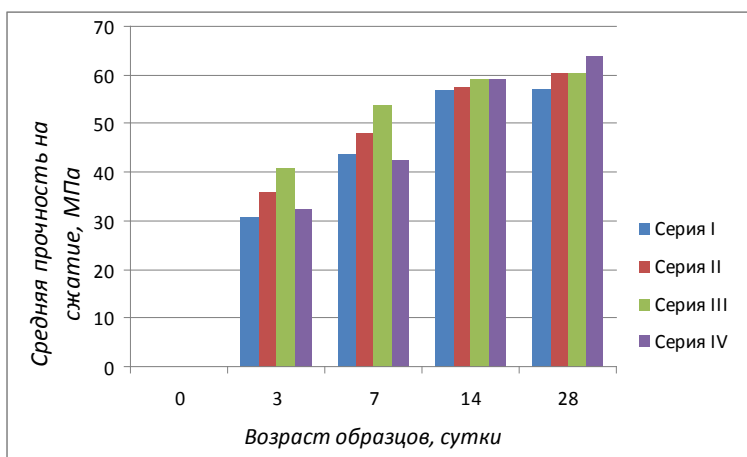


Рисунок 3 – Прочностные характеристики опытных образцов на растяжение при изгибе

Рисунок 4 – Прочностные характеристики опытных образцов на сжатие



Значения прочности на сжатие и на растяжение при изгибе в возрасте 28 суток представлены в таблице 1.

Таблица 1 –Прочностные характеристики цементных образцов

| Серия образцов | Средняя прочность на растяжение при изгибе, МПа (в возрасте 28 суток) | Средняя прочность на сжатие, МПа (в возрасте 28 суток) |
|----------------|--|---|
| Серия I | 8,06 | 57,3 |
| Серия II | 10,42 | 60,62 |
| Серия III | 8,79 | 60,48 |
| Серия IV | 7,82 | 64,04 |

ВЫВОДЫ

1. Прочность на растяжение при изгибе у образцов с базальтовой фиброй, обработанной коллоидным раствором гидроксида алюминия равномерно возрастает и показывают самые высокие результаты на протяжении 28 суток твердения.

Прочность на растяжение при изгибе образцов с измельченной фиброй имеет несколько меньшие значения, однако, в период твердения с 7 по 14 сутки резко увеличивается набор прочности на изгиб на 19 %, в то время как прочность образцов с базальтовой фиброй возрастает только на 11%.

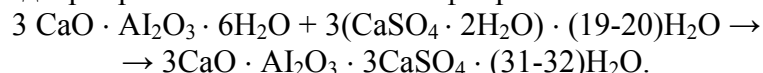
В то же время самую высокую прочность на сжатие показывают образцы с измельченной базальтовой фиброй. Такой результат подтверждает участие измельченной базальтовой фибры в процессах структурообразования цементного камня и подтверждает ее модифицирующие свойства. Однако, измельчение фибры снижает ее армирующие показатели.

2. Участие коллоидного раствора

Исследование показали, что при обработке базальтовой фибры раствором коллоидного гидроксида алюминия и введении в такой раствор портландцемента равномерно прочностные показатели образцов за 28 суток твердения возрастают на 33% относительно контрольной серии образцов. Увеличение прочности образцов на изгиб можно объяснить одновременным влиянием коллоидного гидроксида алюминия на хемосорбционные процессы базальтового волокна и на ускорение процессов растворения и химического взаимодействия минералов портландцементного клинкера с коллоидным гидроксидом алюминия. Кроме того, гидроксид кальция, являющийся основным химическим реагентом разрушающим базальтовое волокно будет участвовать в процессах образования алюмосиликатов по механизму:



А участие метаксаолина и гипса в процессах структурообразования цементного камня может происходить не на поверхности базальтового волокна, а на поверхности агрегатов коллоидного гидроксида алюминия адсорбированного базальтовой фиброй



По нашему мнению такие процессы приводят к формированию более прочной структуры цементного камня и бетона в целом.

4. По результатам эксперимента можно сделать предварительный вывод о том, что на прочностные свойства портландцементных систем с базальтовой фиброй оказывает влияние и способ введения фибры в смесь.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Войлоков И.А. Канаев С.Ф. Базальтофибробетон. Исторический экскурс // Инженерно-строительный журнал. – 2009. - №4. – С. 26-31.
2. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: монография. – М.:АВС, 2004. – 560с.
3. Аспекты применения базальтовой фибры для армирования бетонов / Новицкий А.Г., Ефремов М.В. // Сборник Строительные материалы, изделия и санитарная техника.-2010, № 36.
4. В.А. Перфилов, В.А., Зубова, М.О. Влияние базальтовых волокон на прочность мелкозернистых фибробетонов. ISSN 1994-0351 Интернет-Вестник ВолГУСУ. Сер.: Политематическая., 2015. – Вып. 1(37). [http:// www.vestnik/vgasu.ru](http://www.vestnik/vgasu.ru)
5. Зубова, М.О Мелкозернистые бетоны с применением базальтовой фибры и комплексных модифицирующих добавок: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.23.05 / М.О.Зубова; Волг. гос. арх.-стр. ун-т. – Волгоград, 2014. – 21 с.