

**Бабаев В. Б., аспирант,
Строкова В. В., д-р техн. наук, проф.,
Нелюбова В. В., канд. техн. наук, доц.,
Савгир Н. Л., студент**

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

К ВОПРОСУ О ЩЕЛОЧЕСТОЙКОСТИ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ В ЦЕМЕНТНОЙ СИСТЕМЕ*

sphinx-sx@mail.ru

В статье приведены результаты исследований по изучению щелочной стойкости базальтового волокна, используемого для микроармирования цементных систем. Предложена методика изучения щелочестойкости, основанная на моделировании процессов, протекающих в среде цементного камня.

Ключевые слова: *коррозионная стойкость, базальтовое волокно, щелочь, цементный камень, микроармирование, фибра.*

В настоящее время потенциал дисперсного армирования полностью не реализуется, ввиду малой эффективности, или из-за чрезвычайно высокой стоимости компонентов для микроармирования бетонов. Существуют ряд непреодолимых факторов, ограничивающих использование этих компонентов в массовом строительстве, в числе которых малая удельная поверхность, невысокая адгезия к цементному камню или высокая стоимость этих материалов. Очевидно, что наиболее эффективным компонентом для микроармирования цементных композитов, может стать базальтовое волокно. Это связано с его природными свойствами, простотой производства, химическим сродством с цементным камнем, а так же высокими прочностными характеристикам.

Однако, вопрос о разрушении базальтового волокна в агрессивных средах достаточно неоднозначен и в настоящее время в отрасли строительного материаловедения существуют крайне противоположные точки зрения о влиянии агрессивной среды на структуру и поверхность волокна [1–7].

Учеными установлено, что снижение прочности различных по химическому составу стеклянных и базальтовых волокон после воздействия на них щелочных сред в течение некоторого времени, является результатом сложных многостадийных физико-химических процессов взаимодействия компонентов стекла с окружающей его водной щелочной средой. Первым и самым быстрым (а иногда основным) из этих процессов является адсорбция воды и других составляющих агрессивной среды на поверхности волокна, которая, как правило, является довольно развитой [9]. Адсорбционное заполнение дефектов поверхности волокон (пор, микротрещин) жидкой агрессивной средой сопровождается существенным снижением прочности волокна (эффект Ребиндера). Параллельно протекают и более медленные реакции, приводящие к

растворению всех или части оксидных компонентов стекла или базальта, в основном кремнеземного каркаса [9, 10].

Согласно модели, предложенной учеными [11–12], быстрое старение ровингов в щелочной среде связано в основном с удалением (отмывкой) замасливателя и быстрым протеканием процессов адсорбции агрессивной среды на дефектах поверхности волокон (в порах и микротрещинах), приводящих к снижению их прочности (разрушающей нагрузки). Адсорбционные процессы на поверхности волокон и соответствующее снижение разрушающей нагрузки подчиняются кинетическому закону первого порядка [13–15]. На этом этапе старения потери массы и уменьшения диаметра волокон за счет химического растворения собственно базальта незначительны и их вкладом в снижение прочности можно пренебречь [16–17].

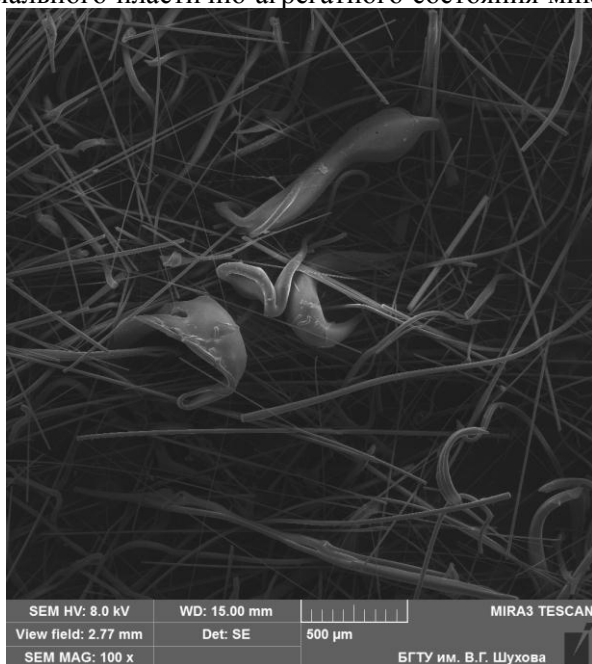
В настоящее время в нормативной литературе отсутствует описание методики испытаний волокон на щелочестойкость.

В связи с этим для определения коррозионной стойкости базальтового волокна в щелочной среде, в работе предложено опытное моделирование естественных процессов, протекающих в течение гидратации цементного камня в сопряжении с процессами изменения поверхностной структуры базальта. В качестве способа эмпирического контроля за состоянием повреждения распущенного базальта, использовалось сравнение остаточной массы проб волокна.

Как было установлено ранее [18], канцерогенные волокна наиболее устойчивые в щелочных средах, следовательно, могут быть использованы в цементных композициях более эффективно, тогда как более основные волокна могут быстрее взаимодействовать с агрессивными растворами. Установлено, что базальтовое волокно ООО «Машзавод БАСК» [18] обладает повышенными исходными свойствами, связанными с более крупным строением и оптимальным соот-

ношением химического состава. Это означает, что растворение этих волокон будет происходить послойно без заметной диффузии катионов из объёма образца.

Стоит отметить, что для достижения оптимального пластично-агрегатного состояния мик-



роармирующего компонента в смеси, следует отбирать исходные компоненты с оптимальным соотношением длины и диаметра [10]. Это так же подтверждает целесообразность выбора базальтового волокна производства ООО «Машзавод БАСК» (рис. 1).

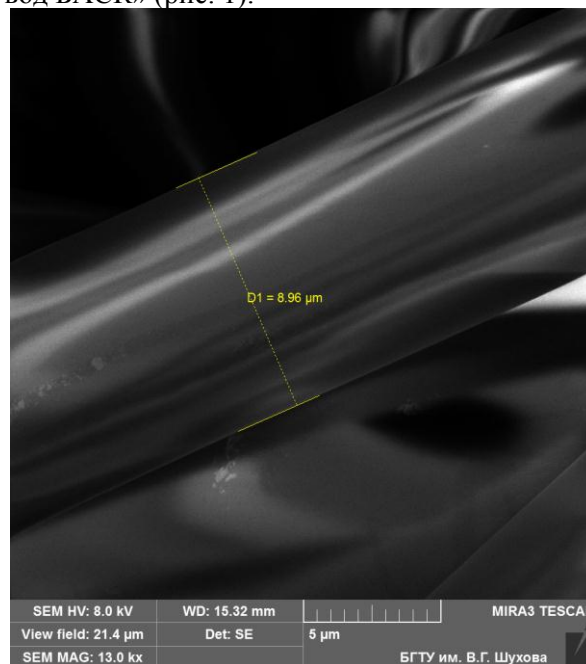


Рис. 1. Общий вид базальтового волокна производства ООО «Машзавод БАСК»

В качестве агрессивной щелочной среды использовали цементное молочко, характеризующееся достаточной щелочной средой ($\text{pH} = 11,9$). В указанный раствор вводилось распущенное волокно. Концентрация базальтового волокна в растворе соответствовала оптимальному содержанию фибры в цементном композите. Данное соотношение позволяет с уверенностью предполагать, что в процессе растворения базальтовых волокон в цементном молочке при соблюдении постоянства условий замкнутости опытной системы, концентрации свободных ионов водорода в среднем не будет колебаться выше границ 1–5%, что не отразится на агрессивности щелочной среды даже в длительный промежуток времени.

Образцы подвергли выдержке при комнатной температуре на 7, 14, 28, 72 сутки. По истечению срока выдержки для удаления остатков цементных составляющих волокно промывали слабым раствором серной кислоты 0,1% через фильтровальную бумагу. Для удаления посторонних примесей в последствии образец промывали 1 л дистиллированной воды. Далее оставшееся на фильтровальной бумаге базальтовое волокно просушивали при комнатной температуре. Растворимость волокна определяли по разности масс первоначальной навески и сухого остатка в результате выдержки в щелочной среде; потерю массы выражали в процентах (табл. 1).

Таблица 1

Результаты исследования щелочной стойкости базальтового волокна

№	Время испытания, сут	Масса исходная, гр.	pH исх.	Масса после выдержки	Раств., %	pH после выдержки	Цвет
1	7	4,87	11,9	4,22	13,4	11,9	норм
2	14	5,12	11,9	3,67	28,3	11,5	норм
3	28	5,06	11,9	3,49	30,9	11,5	слабоосветл.
4	72	4,96	11,9	2,04	58,8	11,3	осветл.

В процессе наблюдения на 7 сутки на поверхности волокна обнаружилось незначительное выпадение белого осадка, вероятно, связанное с кристаллизацией CaO на ороговевшей поверхности базальта. В период с 14 до 28 суток в результате утоньшения более мелких ворсинок волокна общая масса базальта виде сгустка по-

степенно рассыпалась с медленным осаждением мелких частиц волокна (до 20 %). На 28 сутки количество белого осадка возросло, и покрывало собой уже все наиболее крупные волокна. При осмотре образца на 72 сутки обнаружено изменение цвета поверхности волокна – от слабо-

осветленного для малых ворсинок, до серого для более крупного волокна.

Последующая медленная стадия разрушения связана с химическим растворением волокон, протекающем на поверхности в диффузионно-контролируемом режиме, т. е. в условиях внешней диффузионно-кинетической области, что подтверждает проведенные ранее исследования [19–20].

Установлено, что изменение рН цементного раствора существенно зависит от времени нахождения в нем образцов волокна. Так, на 7 сутки прирост рН не зафиксирован, на 14 – отмечено уменьшение на 2 %, и в период с 28 до 72 суток достиг уменьшения на 4,3% относи-

тельно исходного. Полученные изменения значений рН находится в пределах значения прогнозируемой нормы.

Анализ микроструктуры базальтового волокна, выдержанного в щелочной среде в течение 28 суток показал существенное влияние щелочной среды на его структуры. Волокна в исходном состоянии характеризуется гладкой поверхностью без существенных дефектов на поверхности (рис. 2, а, б). Активность фибры в щелочной среде приводит к коррозированию ее поверхности. При этом общая цельность волокна не нарушена. Такая структура волокна будет способствовать лучшей адгезии цементного камня.

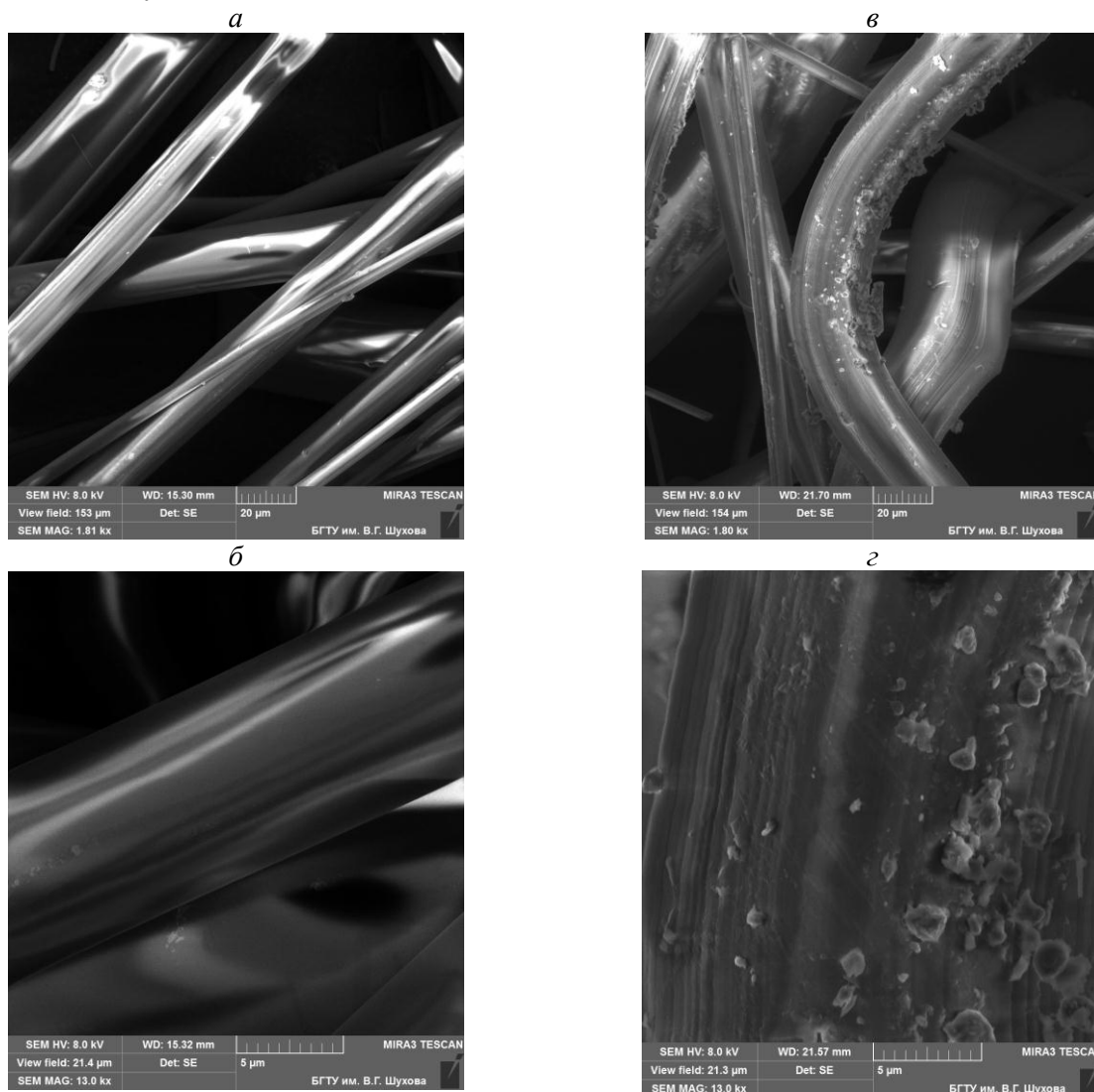


Рис. 2. Микроструктура базальтового волокна

а, б – в исходном состоянии; в, з – выдержанное в щелочной среде в течение 28 суток (Исследования выполнены с помощью растрового электронного микроскопа с системой энергодисперсионного микроанализа Tescan в Центре высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова)

Отмечено образование кристаллических форм новообразований на поверхности корродированного волокна. Это свидетельствует о том, что при введении в цементный камень ювенильная поверхность корродированного волокна

будет выступать в роли центров кристаллизации.

В результате исследований установлено, что волокно, находящееся в растворе в течение гидратации цемента, характеризуется достаточной щелочестойкостью. Однако, как отмечено

по результатам исследований, длительное хранение (72 дня) фибры в растворе способствует ее растворению.

Таким образом, дальнейшее изучение процессов протекающих в концентрированных растворах, моделирующих поведение волокна в структурах, аналогичных естественным или гиперболизированным, является целесообразным и обоснованным. Так, очевидным решением проблемы растворения волокна может стать поиск различных способов модификации базальтового волокна, как путем воздействия на технологический процесс производства, так и на пост-производственную обработку, модификацию или изменение структуры. Авторы данной статьи уверены, что при обеспечении надлежащего контроля за изучением всех вышеперечисленных условий к производству и получению волокна, в дальнейшем позволит вывести на рынок высокопрочный, недорогой и перспективный строительный материал

Данная работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации: соглашение 14.В37.21.1218, программа стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова; РФФИ, договор № 12-08-97603.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клюев С.В., Лесовик Р.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон с использованием полипропиленового волокна // Бетон и железобетон. – 2011. – № 3. – С. 7–9.
2. Velde K., Kiekens P., Van Langenhove L. Basalt fibers as reinforcement for composites // Van de Department of Textiles, Ghent University, Technologiepark 907. – В-9052 Zwijnaarde.
3. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Влияние сырья вулканического происхождения и режимов твердения на активность композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 1. – С. 52 – 55.
4. Кнотько А.В., Путляев В.И., Иванов В.К., Гаршев А.В., Третьяков Ю.Д. Химические процессы при термообработке базальтового волокна // Сборник трудов Строительное материаловедение – теория и практика. Всероссийская научно-практическая конференция. – Москва. – 2006.
5. Клюев С.В. Высокопрочный фибробетон для промышленного и гражданского строительства // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – №8(34). – С. 61 – 66.
6. Юрьев А.Г., Лесовик Р.В., Панченко Л.А. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон с использованием техногенного песка // Известия высших учебных заведений. – Строительство. – 2008. – № 11. – С. 121 – 125.
7. Клюев С.В. Экспериментальные исследования фибробетонных конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2011. – № 4. – С. 71 – 75.
8. Клюев С.В. Ползучесть и деформативность дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. В.Г. Шухова. – 2010. – № 4. – С. 85.
9. Асланова М.С., Колесов Ю.И., Хазанов В.Е. Стекланные волокна. – М.: Химия, 1979. – С. 597 – 604.
10. Пащенко А.А., Сербин В.П. Физико-химические основы композиции неорганическое вяжущее – стекловолокно // Вища школа. – Киев. – 1979 – 224 с.
11. Артеменко С. Е., Волков Ю. П., Васильева О. Г., Байбурун В. Б., Кадыкова Ю. А., Леонтьев А. Н. Заводская лаборатория // Диагностика материалов. – 2003. – Т. 69. – № 11. – С. 36–39.
12. Гончарова Т.П., Артеменко С.Е., Кадыкова Ю.А. Фиброконструкционные изделия // Перспективные материалы. – 2007. – № 1. – С. 66–68.
13. Даленкевич А.А., Гумаргалиева К.С., Мараховской С.С., Суханова А.В. Современные базальтовые волокна и полимерные композиционные материалы на их основе // Конструкции из композиционных материалов. – 2010. – №3.
14. Розенталь Н.К., Чехний Г.В. Коррозионно-стойкие бетоны особо малой проницаемости // Бетон и железобетон. – 1988. – №1. – С. 27 – 29.
15. R.F. Cooper, J.V. Fanselow, D.V. Paker. Geocbim.CosmocbimActa, 1996, v.60.N17.p3253-3256.
16. Джигирис Д.Д., Махова М.Ф. Основы производства базальтовых изделий и волокон. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 407 с.
17. Пащенко А.А. Использование стеклянных волокон для армирования неорганических вяжущих. – Киев. – 1976.
18. Кнотько А.В., Гаршев А.В., Давыдова И.Б., Путляев В.И., Иванов В.К., Третьяков Ю.Д. Химические процессы при термообработке базальтового волокна // Коррозия: материалы, защита. – 2007. – №3.
19. Моисеев Ю.В., Заиков Г.Е. Химическая стойкость полимеров в агрессивных средах // Химия – М.: 1977. – С. 162–165.
20. Франк-Каменецкий М. Д. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1967. – 486 с.