

Ильинская Г. Г., аспирант,
Лесовик В. С., д-р тех. наук, проф.,
Загороднюк Л. Х., канд. техн. наук, проф.,
Коломацкий А. С., д-р тех. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СУХИЕ СМЕСИ ДЛЯ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ*

naukavs@mail.ru

Установлено, что использование в составах сухих строительных смесей для отделочных работ композиционных вяжущих в присутствии базальтовых волокон в количестве от 1,5–4,5 % обеспечивают получение строительных растворов с плотной и однородной структурой.

Изучение микроструктуры затвердевших растворов показало, что базальтовые волокна служат подложкой для формирования кристаллических, игольчатых новообразований, сросшихся и пронизывающих весь объем покрытия, что обеспечивает прочное и надежное сцепление базальтового волокна с цементным камнем.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, базальтовые волокна, прочность, дефекты и трещины, математическое планирование эксперимента.

Радикальное улучшение прочностных свойств и эксплуатационной надежности строительных конструкций и их элементов при использовании традиционных технологий, их создания и ремонта представляется весьма проблематичным. В то же время известны методы значительного повышения рабочих характеристик и эксплуатационного ресурса указанных конструкций в случае применения при их изготовлении фибробетона – бетона с добавлением волокон (фибр). Армирование конструкций стальными, базальтовыми или полипропиленовыми волокнами, расположенными хаотично в бетонной матрице, позволяет допустить, что при возникновении трещин в бетонной конструкции всегда окажется какое-то определенное количество фибр, располагающихся поперек раскрытия трещины и препятствующие трещинообразованию [1, 2].

Развитие дефектов и трещин с течением времени существенно сказываются на состоянии элементов конструкций (рис. 1, 2).

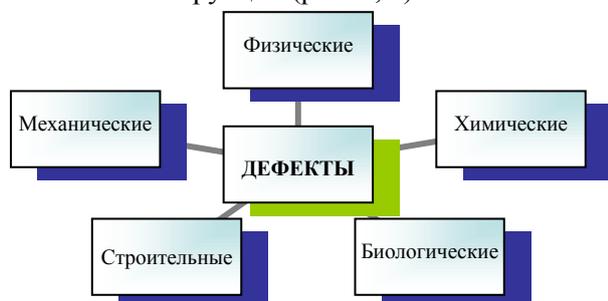


Рис. 1. Факторы, влияющие на образование дефектов

Предупредить все названные причины дефектообразования, трещинообразования в строительном композите или снизить степень их влияния на свойства материала можно применением дисперсного армирования [3, 4].

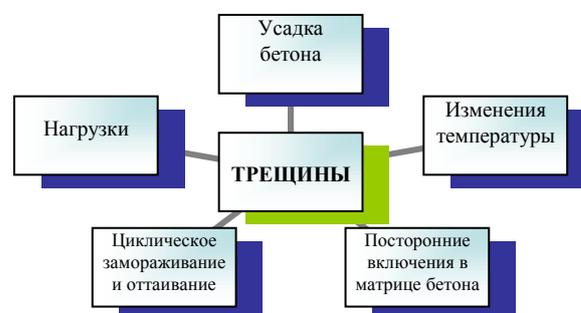


Рис. 2. Причины возникновения трещин

Отделочные смеси с использованием базальтовых волокон, обладают комплексом специфических свойств, существенно превосходящих свойства обычных смесей. Фибровое (дисперсное) армирование придает бетонной матрице пластический характер разрушения и повышенную трещиностойкость.

Получение высокоэффективных вяжущих веществ нового поколения сегодня сопровождается использованием сложных составов компонентов с целью получения высококачественных бетонов разного функционального назначения с улучшенными, а иногда и с принципиально новыми свойствами и определенной заранее заданной структурой. В основу создания таких вяжущих положен принцип целенаправленного управления технологией на всех ее этапах: использование активных компонентов, разработка оптимальных составов, применение химических модификаторов, использование механохимической активации компонентов и некоторых других приемов [5, 6].

К таким эффективным вяжущим относятся тонкомолотые цементы (ТМЦ) и вяжущие низкой водопотребности (ВНВ). ТМЦ получают в результате дополнительного измельчения портландцемента совместно с кремнеземистым ком-

понентом. В составе же ВНВ помимо портланд-цемента и активных наполнителей присутствует добавка суперпластификатора. Данные вяжущие были детально изучены, и была доказана их эффективность [7–12]. Однако следует отметить, что зачастую в качестве кремнеземистого компонента ТМЦ и ВНВ использовались природные пески, содержание кварца в которых составляет порядка 95 %. Поэтому вопрос о качестве кремнеземистого компонента не поднимался.

Установлено, что прочность материала на заполнителе, приготовленном по методу прерывистой гранулометрии из смеси фракций песка оптимального зернового состава, несколько превышает прочность материала на основе заполнителя непрерывной гранулометрии и почти в два раза выше прочности материала на песке с природным гранулометрическим составом [13]. В сложившейся ситуации острого дефицита не только вяжущих, но и качественных заполнителей, использование базальтовых волокон в качестве армирующего компонента штукатурных смесей позволит во много раз улучшить их физико-механические показатели.

В то же время необходимо принять во внимание тот факт, что базальты по химическому и минералогическому составу относятся к эффузивным магматическим горным породам, запасы которых составляют от 25 до 38 % площади, занимаемой на Земле всеми магматическими породами. Базальтовые волокна весьма разнооб-

разны по своему происхождению, условиям формирования и дальнейшего преобразования, химико-минеральному составу, строению и свойствам [14].

Основной особенностью базальтовых волокон с точки зрения их использования в штукатурных смесях является их элементный состав и основные характеристики. Это позволит радикально улучшить прочностные характеристики штукатурных смесей. Армирование конструкций стальными, базальтовыми или полипропиленовыми волокнами, расположенными хаотично в бетонной матрице, позволяет полагать, что при возникновении трещин в бетонной конструкции всегда окажется какое-то определенное количество фибр, располагающихся поперек раскрытия трещины и препятствующие трещинообразованию.

В связи с необходимостью оценки пригодности исследуемых базальтовых волокон были проведены исследования по определению их использования в качестве армирующего компонента отделочных строительных смесей.

В качестве вяжущего использовалось ТМЦ–50 с удельной поверхностью $\approx 500 \text{ м}^2/\text{кг}$, в качестве кремнеземсодержащего компонента использовался песок Безлюдовского месторождения, и базальтовые волокна производителей «Izovol», «Ivotsteklo», БСТВ «Новгородского завода стекловолокна», ООО «БАСК» (табл. 1).

Таблица 1

Основные характеристики базальтовых волокон

Характеристики волокон	Виды волокон			
	«Izovol»	«Ivotsteklo»	БСТВ	ООО «БАСК»
Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	22	17	15	19
Длина, мм	9	6	5	12
Диаметр, мкм	6–12	2–5	1–3	4–10
Способ производства	Центробежно-валковый	ВРВ*	ВРВ*	Центробежно-дутьевой

Примечание: * – раздув расплава вертикальной струей воздуха.

Определение оптимальных составов композиционного вяжущего осуществлялось методом математического планирования эксперимента [15, 16].

В качестве факторов варьирования оптимизации состава отделочных смесей были приня-

ты: количество базальтового волокна (1,5–4,5 % от массы вяжущего), водоцементное отношение (0,4–0,8). Условия планирования эксперимента представлены в (табл. 2).

Таблица 2

Условия планирования эксперимента

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
натуральный вид	кодированный вид	-1	0	1	
Базальтовое волокно, % от массы вяжущего	X_1	1,5	3	4,5	1,5
В/Ц	X_2	0,4	0,6	0,8	0,2

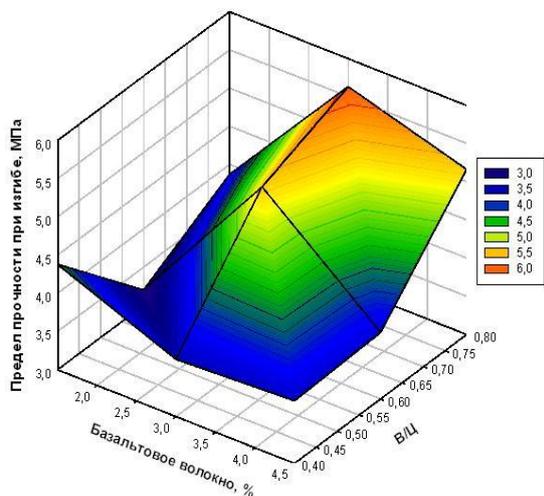
В соответствии с матрицей планирования были рассчитаны 9 составов отделочных смесей для эксперимента, в которых варьировалось, как указывалось ранее, количество базальтового во-

локна (1,5–4,5 % от массы вяжущего), водоцементное отношение (0,4–0,8).

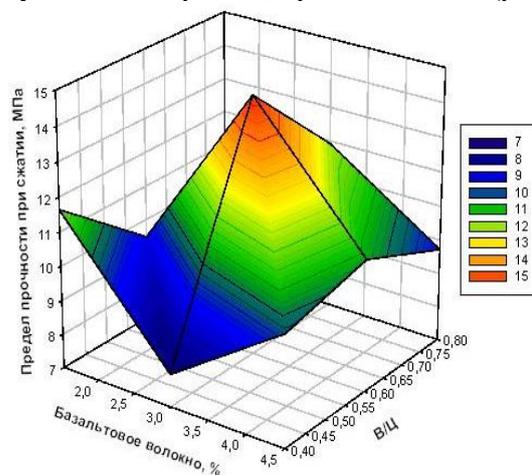
Выбор факторов и параметров оптимизации производился исходя из технологической и эко-

номической целесообразности. Варьирование расходов базальтового волокна преследовало цель выявления их минимального количества, обеспечивающего получение материала с требуемыми характеристиками [17].

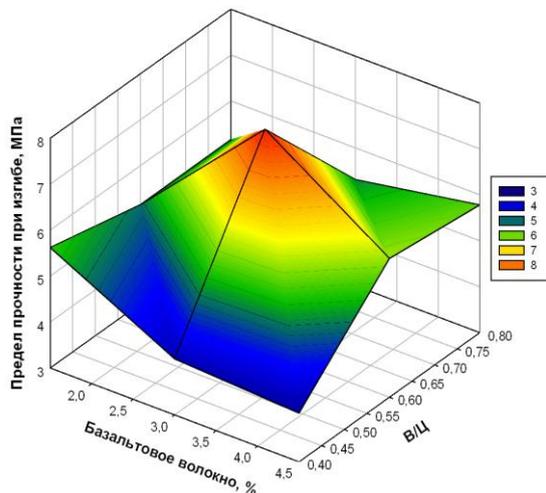
Выходным параметром для подбора оптимального состава служила прочность при изгибе и при сжатии (7, 14, 28 суток твердения). Математическая обработка производилась с применением программы SigmaPlot, с помощью неё получены номограммы, приведенные на (рис. 3).



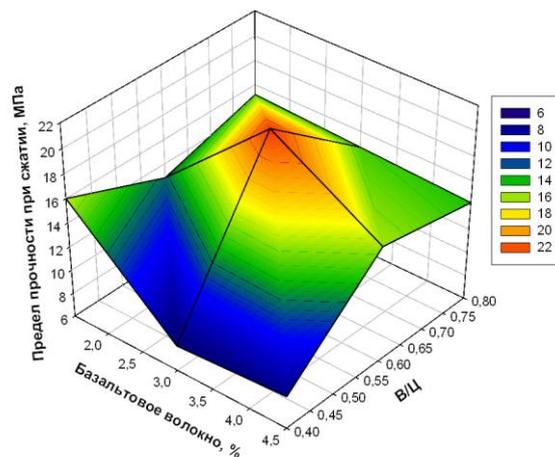
а



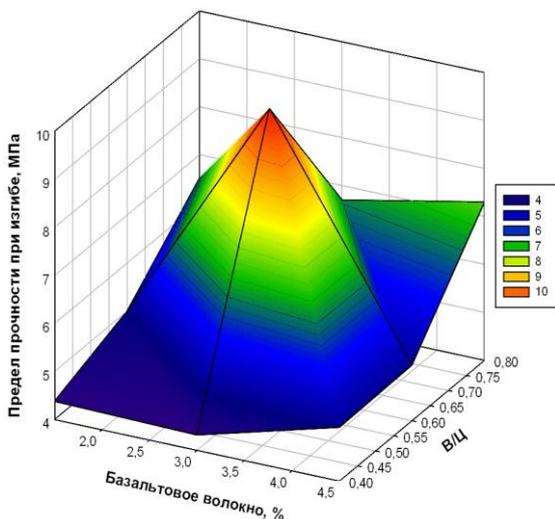
б



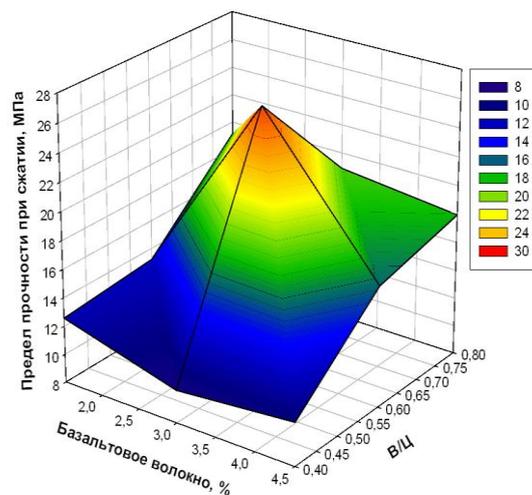
в



г



д



е

Рис. 3. Зависимость средней прочности образцов отделочных смесей от содержания базальтового волокна и водоцементного отношения:

а – при изгибе на 7 суток, б – при сжатии на 7 суток, в – при изгибе на 14 суток, г – при сжатии на 14 суток, д – при изгибе на 28 суток, е – при сжатии на 28 суток

Полученные номограммы дают возможность прогнозировать изменение прочностных характеристик отделочных смесей при изменении значения каждого фактора. Анализ номограмм показал, что наибольшая прочность при изгибе и при сжатии достигается у образца отделочной смеси при содержании базальтового волокна 3 % от массы вяжущего и $V/C=0,6$ на 28 сутки твердения, что позволяет принять его за базовый состав.

Структура наряду с минеральным составом является одним из основных факторов, определяющих свойства строительных материалов. Особую трудность обычно вызывает исследова-

ние структуры и, в частности размеров различных видов пор, морфологии и взаимного расположения новообразований и реликтовых фаз, которые сложены частицами минералов микронного и субмикронного размеров, их контактов. Так как подобные структурные элементы можно увидеть лишь под мощным оптическим или электронным микроскопом, то в данном случае правильнее говорить о микроструктуре композита.

Исследование микроструктуры отделочных смесей проводилось в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях (рис. 4), при помощи растрового электронного микроскопа (РЭМ).

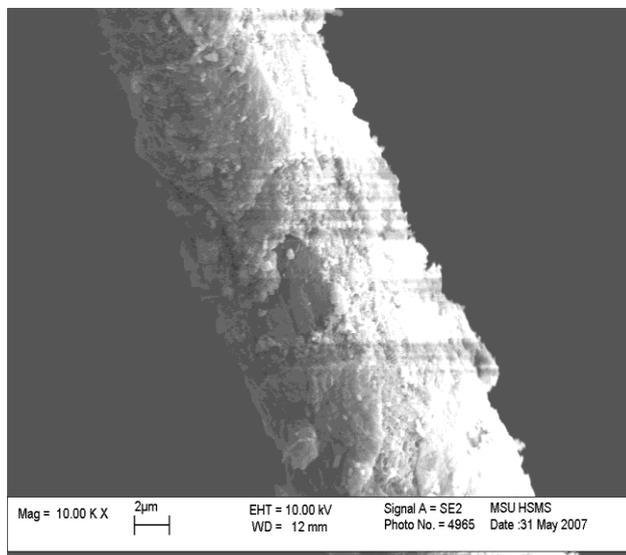
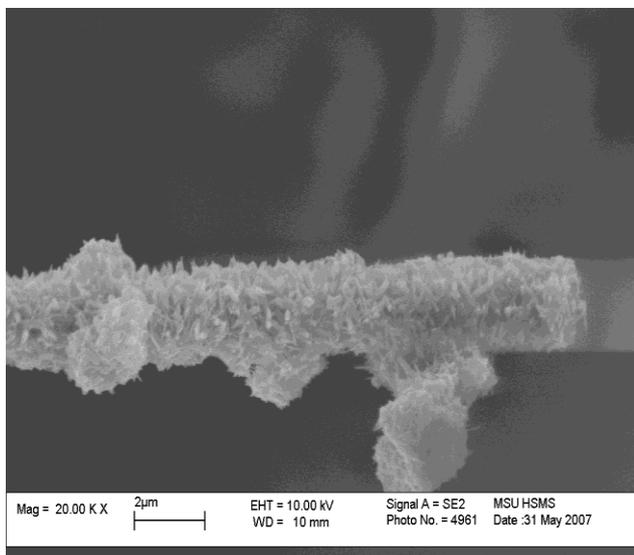
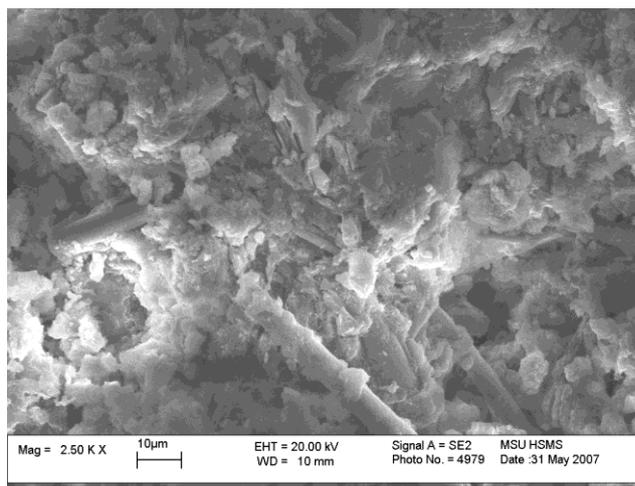
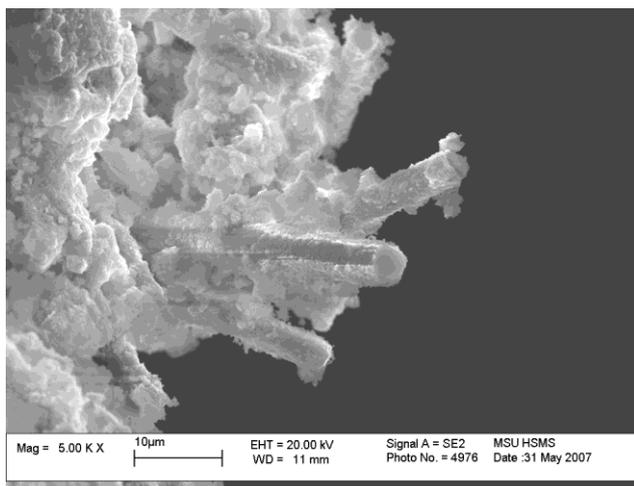


Рис. 4. Распределение базальтовых волокон в общей массе цементного камня

Фотоснимки свидетельствуют, что поверхность базальтового волокна является отличной подложкой для формирования кристаллических, игольчатых сросшихся новообразований, пронизывающих весь объем покрытия, достаточно плотно и однородно, что обеспечивает прочное сцепление базальтового волокна с цементным камнем.

Таким образом, разработанные отделочные строительные смеси отличаются от известных аналогов новым качественным и количественным составом компонентов. Техническим результатом является изготовление на основе сухих смесей отделочных строительных растворов, обладающих, более высокими физико-механическими и эксплуатационными показателями.

**Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калиновский, М.И. Применение фибры для повышения трещиностойкости бетона // Транспортное строительство. – 2008. – №3. – С. 7–9.
2. Ключев, С.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон с использованием полипропиленового волокна / С.В. Ключев, Р.В. Лесовик // Бетон и железобетон. – 2011. – №3 – С. 7 – 9.
3. Сари, М. Армированные волокнами вяжущие композиционные материалы, вклад полиамидных волокон / М. Сари, Дж. Лекселент // Современные технологии сухих смесей в строительстве: Тр. междунар. науч.-техн. конф.: – Петербургский государственный университет путей сообщения, – 2001.– №5. – С. 48–61.
4. Мэттьюз, Ф. Композитные материалы. Механика и технология / Ф. Мэттьюз, Р. Ролингс. – Москва: – Техносфера, 2004. – 408 с.
5. Баженов, Ю.М. Технологии бетонов XXI века: новые научные направления в строительном материаловедении // Сб. трудов Академических чтений РААСН, посвященный 75-летию со дня рождения Ю. М. Баженова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2005. – Ч I. – С. 9–19.
6. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение: Уч. пособие. – 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2004. – 700 с.
7. Алфимова, Н.И. Влияние сырья вулканического происхождения и режимов твердения на активность композиционных вяжущих / Н.И. Алфимова, Я.Ю. Вишневская, П.В. Трунов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011. – №1. – С. 10–14.
8. Лесовик, Р.В. Выбор кремнеземсодержащего компонента композиционных вяжущих веществ / Р. В. Лесовик, И. В. Жерновский // Строительные материалы. – 2008. – №8. – С. 78–79.
9. Лесовик, Р.В. Комплексное использование отходов обогащения ЮАР / Р.В. Лесовик, М.Н. Ковтун, Н.И. Алфимова // Промышленное и гражданское строительство. – М.: Изд-во «ПГС», 2007. – №8. – С. 30 – 31
10. Лесовик, Р.В. К проблеме использования техногенных песков для производства мелкозернистых бетонов и изделий на их основе / Р.В. Лесовик // Строительные материалы. – 2007. – № 9. – Приложение «Наука». – № 10. – С. 13 – 15.
11. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих / В.С. Лесовик, Н.И. Алфимова, Е.А. Яковлев, М.С. Шейченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.–2009. – №1. – С. 30–33.
12. Лесовик, Р.В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках: автореф. дис.докт.техн.наук: 05.23.05:защита 11.06.09 / Лесовик Руслан Валерьевич; БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2009. – 46с.
13. Белан, В.И. Сухие смеси для отделочных работ с применением ВНВ / В.И. Белан, К.М. Свириденко // Строительные материалы. – 2006. – №3 – С. 22–23.
14. Джигирис, Д.Д. Основы технологии получения базальтовых волокон и их свойства. / Д.Д. Джигирис, А.К. Волынский, Ю.Н. Демяненко. – Киев: «Наукова Думка», 1980. – 248 с.
15. Барабашук, В.И. Планирование эксперимента в технике / В.И. Барабашук, Б.П. Креденцер, В.И. Мирошниченко. – Киев: Техника. – 1984. – 200 с.
16. Талантова, К.В. Математические модели зависимости прочностных характеристик сталефибробетона от технологических факторов / К.В. Талантов, В.К. Беспрозванных // Бетон и железобетон. – 2008. – № 1 – С. 16–19.
17. Соркин, Э.Г. Методика и опыт оптимизации свойств бетона и бетонной смеси. – М.: Изд-во лит. По стр-ву, 1973. – 56 с.