

УДК 691.328.43

К.А. Сарайкина, В.А. Голубев, Е.Н. Семкова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ЩЕЛОЧЕСТОЙКОСТЬ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА И СПОСОБЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Использование базальтового волокна для дисперсного армирования бетона – весьма перспективное направление развития технологии бетонов. Однако сдерживающим фактором массового применения этого материала является низкая устойчивость базальтовых волокон к продуктам гидратации цемента. Рассмотрен механизм разрушения базальтового волокна в цементных бетонах и проанализированы различные методы его защиты от выщелачивания.

Ключевые слова: фибробетон, базальтовое волокно, щелочестойкость, дисперсное армирование, методы защиты.

Современное строительство представляет одну из наиболее материало- и энергоемких отраслей производственной деятельности во всем мире. Наиболее доступным и широко применяемым материалом в строительстве является бетон, и именно бетон, обладающий необходимыми пластическими свойствами при формовании конструкций, мог бы служить основой для создания эффективных разновидностей композиционных материалов, приемлемых для строительства.

Бетон обладает определенными специфическими свойствами, характеризующими его как хрупкое твердое тело с химически активной щелочной средой, возникающей в его объеме в процессе гидратации цементных вяжущих. Он является гетерогенным материалом с весьма неоднородной структурой. Предельные деформации бетона при растяжении существенно ниже, чем, например, у стали, стекла и полимерных материалов.

Перечисленные недостатки предопределили необходимость решения специальных научных задач, относящихся к выявлению оптимальных условий совмещения бетонной матрицы с различными видами армирующих волокон, технические характеристики которых (прочность, модуль упругости, предельные деформации при растяжении, сопротивление к воздействиям щелочной среды) изменяются в широком диапазоне.

Одним из решений таких задач может являться фибробетон – дисперсно-армированный композиционный материал, упрочненный короткими волокнами (фибрами), равномерно распределенными по объему. Такой конгломерат отличается высокими эксплуатационными свойствами, особенно повышенной прочностью при изгибе и растяжении, ударной прочностью и трещиностойкостью.

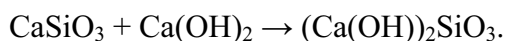
За рубежом и в России уделяется большое внимание развитию технологии фибробетона, изучению и улучшению его физико-технических и деформативных характеристик. В последние годы повышенный интерес в строительной индустрии проявляется к использованию базальтовых горных пород при производстве различных материалов и изделий, в том числе базальтовых волокон для дисперсного армирования бетона. Базальтовое волокно отличается не только своими высокими физико-механическими свойствами, но и повышенной температуро-, свето- и атмосферостойкостью и, что немаловажно, простотой технологии производства, невысокой стоимостью и экологической безопасностью.

Основные физико-механические характеристики базальтовых волокон:

Плотность, г/см ³	2,6
Прочность на растяжение, МПа·10 ³	1,6–3,2
Модуль упругости, МПа·10 ³	100–130
Удлинение при разрыве, %	1,4–3,6

Однако недостаточная изученность стойкости волокон в цементной матрице бетона ограничивает области и объемы применения фибробетона в строительстве [1]. Успешное использование минеральных волокон для армирования цементных бетонов невозможно без детального исследования процессов взаимодействия в системе цементный камень – минеральное волокно и способов защиты волокна от выщелачивания.

Исследованиями [2] установлено, что выщелачивание базальтового волокна в цементной среде под действием гидроксида кальция протекает по следующей реакции:



В процессе выщелачивания наблюдается изменение диаметров волокон, которое происходит циклично: в начальный период времени происходит увеличение диаметра волокна, сопровождающееся появлением новообразований, затем – уменьшение его диаметра, с отчетливым проявлением дефектов на его поверхности. После этого вновь наблюдается увеличение диаметра волокна, и цикл повторяется (рис. 1).

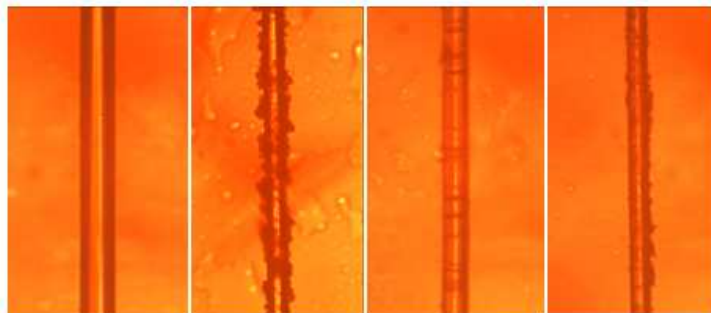


Рис. 1. Результат воздействия щелочной среды на базальтовое волокно в течение различного времени

Данный процесс имеет затухающий характер, продолжается до тех пор, пока волокно полностью не разрушится. Предположительно, процесс увеличения диаметра волокна сопровождается поглощением последним гидроксида кальция из раствора, а уменьшение диаметра связано с переходом в раствор компонентов волокна. Характер взаимодействия волокон с щелочным раствором может быть обусловлен адсорбцией труднорастворимых гидросиликатов и гидроалюминатов кальция на поверхности волокон. Эти процессы приводят к увеличению размеров имеющихся поверхностных дефектов и появлению новых. Дефекты, являясь концентраторами напряжений, существенно снижают прочность волокон, с течением времени происходит уменьшение диаметра волокна, что, безусловно, приводит к значительному снижению эффекта армирования матриц волокном [2].

Таким образом, определяющим фактором применения базальтового волокна для армирования различных видов цементных систем является выбор способа защиты волокна от разрушения в агрессивной среде.

Разрабатываемые в настоящее время способы предохранения базальтового волокна от выщелачивания можно классифицировать по объекту воздействия (рис. 2).

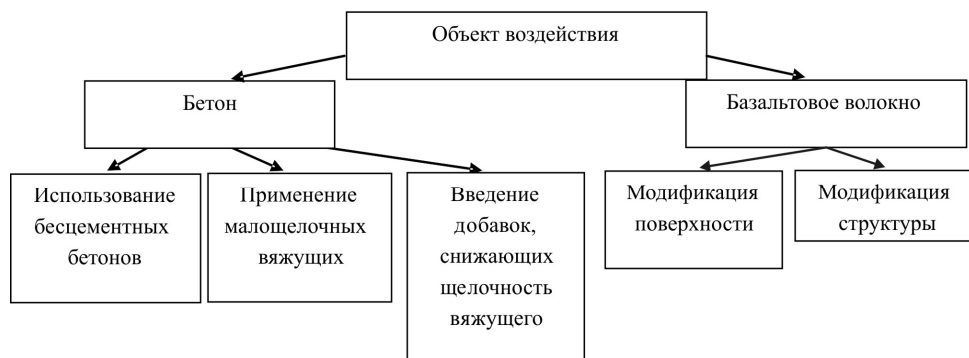


Рис. 2. Классификация способов защиты базальтового волокна от выщелачивания по объекту воздействия

В случае, когда объектом воздействия является тело бетона, необходимо решить задачу снижения степени агрессивности среды по отношению к волокну. К методам решения данного вопроса можно отнести:

1. Применение в качестве матрицы для армирования бесцементных бетонов, например полимербетонов. Однако данный материал, по сравнению с традиционным бетоном, имеет существенные недостатки – ограниченную температуру применения и высокую стоимость, что не позволяет ему в полной мере конкурировать с цементными бетонами.

2. Использование для изготовления бетонов мало- или бесщелочных вяжущих, таких как глиноземистый цемент, гипс и т.д. Фактором, сдерживающим их массовое применение в базальтофибробетонах, является ограниченная область применения бетонов на этих видах вяжущих ввиду их специфических свойств (недостаточная водостойкость гипса; перекристаллизация продуктов гидратации глиноземистого цемента при значительном изменении температуры, которая снижает прочность из-за напряжений в структуре камня и т.д.)

3. Модифицирование известных вяжущих с помощью различных активных минеральных добавок для снижения агрессивного воздействия на волокна. Примером такой обработки может быть введение в бетонную смесь микрокремнезема, который связывает большую часть свободной извести, тем самым защищая волокно от разрушения. Этот способ малоприменим в связи с недостаточной изученностью механизмов, обеспечивающих сохранность волокна в течение длительного времени в цементной среде, а также высокой стоимостью активного компонента.

Другое направление, связанное с модификацией самого минерального волокна (как его структуры, так и поверхности), в настоящее время развивается более активно. К первому варианту можно отнести такой способ обработки волокна, как подшихтовка – введение в смесь различных компонентов, уплотняющих структуру волокна: оксидов алюминия, циркония, железа, титана и т.д. Оценивая приемлемость данного метода, необходимо отметить повышение стоимости волокна за счет введения дорогостоящих модификаторов. Следовательно, применение данного метода не всегда целесообразно и требует дополнительного технико-экономического обоснования.

Модифицирование поверхности базальтового волокна может осуществляться различными способами, в том числе:

– Создание полимерного композита для применения в бетонных изделиях в виде гибких связей на основе базальтового волокна и эпоксидной композиции (базальтопластиковая арматура). Однако в данном случае речь идет уже не о дисперсном армировании бетонов, следовательно, этот способ выходит за рамки настоящего исследования.

– Термическая обработка в условиях отсутствия кристаллизации базальтового волокна, при которой происходит диффузия катионов щелочных элементов к поверхности, что улучшает его щелочестойкость. При контакте с водой окисленного волокна устанавливается показатель pH, заметно сдвинутый в щелочную область (более 9), что подтверждает повышение стойкости такого материала к щелочным растворам. Окислительная обработка волокна приводит к заметному улучшению прочности фиброцементного композита, особенно при твердении при повышенной температуре [3].

– Ионнообменная обработка базальтового волокна с целью обогащения его приповерхностной области наиболее подвижными ионами. Однако воздействие на приповерхностный слой весьма малой толщины при ионнообменной обработке эффективно только при совместном использовании с окислительной термообработкой для создания оптимального концентрационного профиля подвижных ионов около поверхности волокна [4].

Перечисленные способы весьма трудоемки и сложны в исполнении, следовательно, их применение, несомненно, повлечет за собой снижение технологичности производства базальтового волокна.

– Обработка поверхности волокна водными растворами некоторых солей (SnCl_2 , AlCl_3 , CdCl_2 и др.). В этих случаях защитный эффект оказывают малорастворимые селективные пленки, образующиеся при замене растворимых щелочных и щелочноземельных ионов в поверхностном слое элементарных волокон подобными по размеру ионами металлов.

– Модификация поверхности волокна двухслойными покрытиями. При этом вначале наносят вещества, улучшающие адгезию волокна к смоле, наносимой в качестве второго слоя. Природа этих веществ такова, что они могут взаимодействовать как с поверхностью волокна, так и со смолой, а их тип выбирается в зависимости от типа смолы. Кремнийорганические вещества, наносимые в качестве промежуточного слоя, содержат реакционно-способные группы, взаимодействующие с поверхностными гидроксидами, и кроме того, функциональные группы, обеспечивающие последующее взаимодействие со смолой [5].

Реализация последних способов требует предварительной термической обработки волокна с целью удаления замасливателя, что значительно снижает технологичность производства, а также неизбежно ведет к деструкции самого волокна.

Более перспективным можно считать способ модификации существующих типов замасливателей с приданием им защитных свойств. К слову, процесс замасливания представляет собой процедуру нанесения специального покрытия на поверхность волокна в ходе его производства. Основные функции замасливателя заключаются в следующем:

1. Обеспечение склейки множества отдельных элементарных волокон друг с другом, т.е. образование первичной нити. Одновременно не допускается склеивание нитей друг с другом на бобине.

2. Облегчение процесса размотки и кручения первичных нитей.

3. Обеспечение защиты первичной нити от истирания и механических повреждений при прохождении ее через фильеры плавающей печи.

4. Препятствование накоплению статического электрического трения.

5. Создание на нити прочной, эластичной и устойчивой к истиранию пленки, равномерно распределенной по диаметру элементарной нити и ее длине.

Применяемые в настоящее время при производстве базальтового ровинга компоненты замасливателей не обеспечивают защиту волокна от разрушения под действием щелочей гидратирующихся цементов. Следовательно, исследование возможности получения замасливателя, предохраняющего волокно от выщелачивания, до сих пор является весьма актуальной задачей. При разработке подобного состава необходимо учесть, что процесс его нанесения не должен существенно менять технологию производства волокна; помимо обеспечения защитных функций, должны выполняться и функции традиционных замасливателей. Кроме того, необходимо создать хорошую адгезию как с поверхностью волокна, так и со связующим, а также для совместимости с бетонами требуется, чтобы волокно, попадая в водную среду матрицы, легко распадалось, что может быть осуществлено при использовании водосовместимых замасливателей, основой для которых является дистиллированная вода. Подбор компонентов замасливателя с описанными функциями и является областью дальнейшего исследования авторов.

Библиографический список

1. Бучкин А.В. Мелкозернистый бетон высокой коррозионной стойкости, армированный тонким базальтовым волокном: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2011.
2. Сарайкина К.А., Семкова Е.Н. Исследование процесса выщелачивания минеральных волокон в цементной среде // Наука. Технологии. Инновации: материалы всерос. науч. конф. – Новосибирск, 2012.
3. Модификация поверхностного слоя базальтового волокна для увеличения коррозионной стойкости в фиброцементных композитах / А.В. Кнотько, А.А. Меледин, А.В. Гаршев, В.И. Путляев // Строительные материалы. – 2010. – № 9. – С. 89–93.
4. Процессы при ионообменной обработке поверхности базальтового стекловолокна / А.В. Кнотько, А.А. Меледин, А.В. Гаршев, В.И. Путляев // Строительные материалы. – 2011. – № 9. – С. 75–77.
5. Физико-механические основы композиции неорганическое вяжущее – стекловолокно / А.А. Пащенко [и др.]; под ред. А.А. Пащенко. – Киев: Высшая школа, 1979.

Получено 2.10.2012

К.А. Saraikina, V.A. Golubev, E.N. Semkova

**BASALT FIBER ALKALI-RESISTANCE
AND METHODS OF ITS INCREASE**

The use of basalt fibers for reinforced concrete is perspective way of the development of concrete technology. However, the limiting factor of mass application of this material is low resistance of basalt fiber to products of cement hydration. In this paper, the mechanism of the destruction of basalt fiber in cement concrete are described and various methods to protect from alkali-corrosion are analyzed.

Keywords: fiber concrete, basalt fiber, alkali-resistance, disperse reinforcement, protection method.

Об авторах

Сарайкина Ксения Александровна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение» ФГБОУ ВПО ПНИПУ (e-mail: mstf@pstu.ru).

Голубев Виктор Алексеевич (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение», декан строительного факультета ФГБОУ ВПО ПНИПУ (e-mail: dekstf@pstu.ru).

Семкова Елена Николаевна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение» ФГБОУ ВПО ПНИПУ (e-mail: smstf@pstu.ru).

About the authors

Saraikina Kseniya Aleksandrovna (Perm, Russia) – student, Department of Building materials and special technologies, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: smstf@pstu.ru).

Golubev Viktor Alekseevich (Perm, Russia) – Candidate of Technics, Associate Professor, Department of Building materials and special technologies, Acting dean of Civil engineering faculty, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: dekstf@pstu.ru).

Semkova Elena Nikolaevna (Perm, Russia) – student, Department of Building materials and special technologies, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: smstf@pstu.ru).