

Б.С. Баталин, Е.Н. Семкова, К.А. Сарайкина
B.S. Batalin, E.N. Semkova, K.A. Saraykina

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТЕКЛОВОЛОКНА С ЦЕМЕНТНЫМ КАМНЕМ

STUDY OF THE INTERACTION OF GLASS FIBER AND CEMENT

Приведен обзор существующих методов определения щелочестойкости стеклянных волокон, их достоинства и недостатки. Предложена новая методика определения процесса разрушения волокна с максимально приближенными критериями подобия.

The paper presents a review of existing methods for determining the alkali resistance of glass fibers, their advantages and disadvantages. And also propose a new method for determining the fracture process fiber with high accuracy.

Ключевые слова: дисперсное армирование, цемент, стеклянное волокно, коррозионная стойкость, определение щелочестойкости.

Keywords: particulate reinforcement, cement, glass fibers, corrosion resistance, alkali resistance determination.

Применение стекловолокна для дисперсного армирования бетонов считается одним из эффективных методов повышения трещиностойкости бетонов [1]. Однако в большинстве случаев препятствием для широкого применения такого способа является низкая коррозионная стойкость стекловолокна к воздействию щелочной среды. Возникновение щелочной среды в цементном камне бетона происходит как за счет присутствия в исходном цементе щелочных оксидов и свободной извести, так и с гидролизом силикатов кальция при твердении бетонной смеси [2].

Исследование процесса взаимодействия стекловолокна с цементным камнем ранее было проведено М.С. Аслановой и А.Ф. Зак [3, 4]. При этом авторы использовали различные экспериментальные модели системы твердеющий бетон – стекловолокно. Так, в работе [3] описано исследование такой модели, представлявшей собой кипячение волокна в растворе щелочи. В этом

случае о степени коррозии стекловолокна судили по изменению его диаметра. В работе [4] волокно вводили в растворные образцы-балочки и определяли изменение прочности образцов при растяжении в зависимости от времени в сравнении с такими же образцами без волокна. Было установлено, что при взаимодействии волокна со щелочной средой на границе раздела сред вокруг волокна возникает оболочка, состоящая из продуктов взаимодействия. При этом адгезия этой оболочки к волокну ниже, чем к цементному камню, поэтому при растяжении образца волокно легко отделяется от оболочки и, как следствие, перестает работать, армирующий элемент структуры.

Глубина и характер химической коррозии стекловолокон в результате действия растворов различных реагентов зависит от состава стекла и продуктов взаимодействия, образующихся на его поверхности, от концентрации и температуры растворов, а также от степени связности кремнекислородного каркаса стекла [2], из которого вытянуты волокна:

$$f_{Si} = \frac{mSiO_2}{mR_2O + mRO + 2mRO_2 + 3mR_2O_3 + 5mR_2O_5 + 7mR_2O_7}.$$

где mR_xO_y – молярное содержание соответствующего оксида в минерале.

Перечисленные выше модели исследования щелочестойкости стеклянных волокон имеют ряд недостатков. К примеру, при кипячении волокон невозможно определить, что собой представляют продукты взаимодействия между щелочами и образцом. При изготовлении балочек исследовать процессы, происходящие с волокном, также недоступно. Возникает необходимость разработать другой способ проведения подобного эксперимента. Нами был предложен такой способ, который заключается в исследовании выщелачивания волокна непосредственно в цементной среде с использованием образцов-вкладышей. С использованием нашего метода становится возможным проследить за изменениями самого волокна и увидеть и исследовать продукты его разрушения.

Для эксперимента использовалось 6 видов стеклянного волокна различного химического состава, который определялся в лаборатории (сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N, рис. 1). Определялась степень связности кремнекислородного каркаса f_{Si} :

Номер стекловолокна	C1	C2	C3	C4	C5	C6
f_{Si}	0,289	0,353	0,345	0,288	0,278	0,3

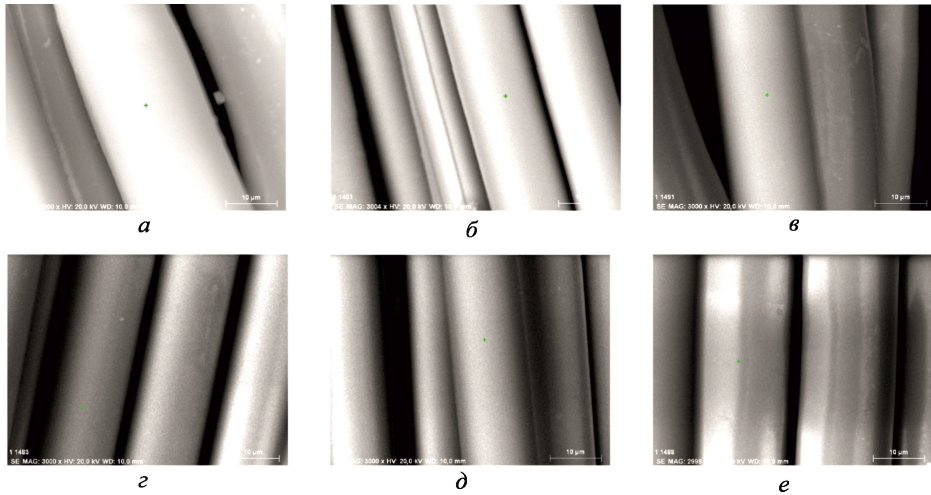


Рис. 1. Стекловолоконные волокна до взаимодействия с цементной средой:
a – C1; *б* – C2; *в* – C3; *г* – C4; *д* – C5; *е* – C6

На подготовительном этапе проведения эксперимента были сделаны образцы-вкладыши, которые при формовании помещались в форму. Образцы-вкладыши изготавливались путем приклеивания распущенных волокон к полиэтиленовой пластинке необходимого размера. На стадии формования вкладыш помещался к стенке формы волокнами наружу и заливался цементным тестом (рис. 2). После необходимого срока твердения формы распалубливали и вкладыш отделяли от цементного образца. Поверхность волокна после непосредственного контакта с цементным раствором подвергали химическому и микроскопическому анализу.

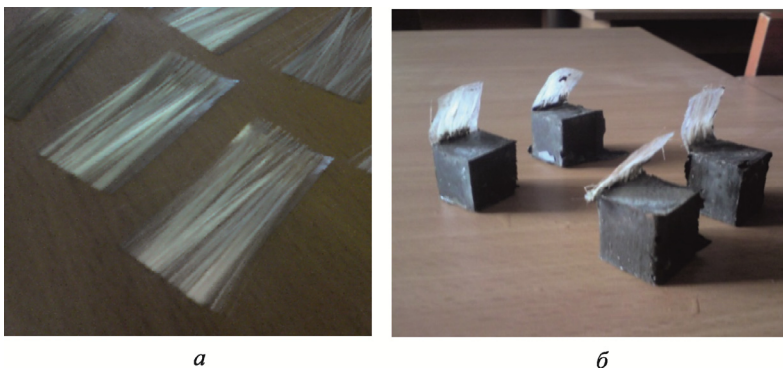


Рис. 2. Образец-вкладыш (*a*) и распалубленный образец-кубик с вкладышем (*б*)

Нами было исследовано два вида волокна с наименьшим и наибольшим показателем степени связности кремнекислородного каркаса. Анализ поверхности волокна проводили после взаимодействия с цементной средой в возрасте 7, 14 и 28 сут. При осмотре поверхности волокна на оптическом микроскопе при 320-кратном увеличении видно, что за такой период взаимодействия диаметр волокон почти не изменился, а на поверхности волокна появились новообразования спутанно-волоконистой структуры. Для более детального анализа необходимо было провести химический анализ волокна после контакта с цементным тестом в течение 28 сут (таблица, рис. 3).

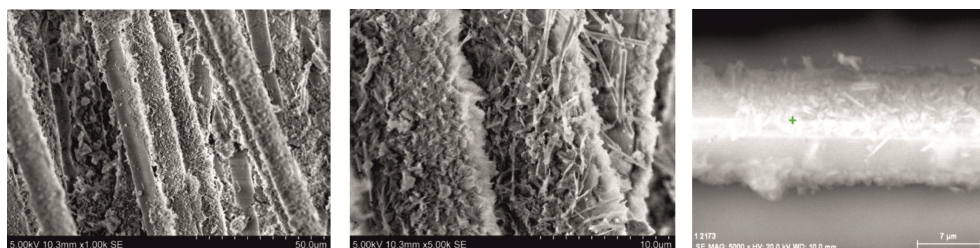


Рис. 3. Стекловолоконное C5 после контакта с цементной средой в течение 28 сут

Элементный состав стекловолокна C5 до и после контакта с цементной средой

Исходное волокно		Волокно после контакта с цементной средой	
Элемент	%	Элемент	%
O	51,08	O	54,49
Na	0,74	Mg	0,78
Mg	0,87	Al	2,67
Al	8,51	Si	8,13
Si	21,62	S	2,13
K	0,33	K	0,41
Ca	16,85	Ca	30,20
–	–	Fe	1,19

Судя по фазовому составу и структуре, эти новообразования представляют собой гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроферриты кальция, т.е. обычные новообразования, характерные для продуктов гидратации цемента. Они создают оболочку из продуктов взаимодействия, которая покрывает все волокно. Ввиду того, что адгезия этой оболочки к волокну ниже, чем к цементному камню, волокно легко отделяется от оболочки и как армирующий компонент работать не может. Новообразования такого фазового состава и структуры могли бы повысить трещиностойкость и прочность бетона на

растяжение, но из-за слабой адгезии к волокну это становится невозможным. Можно предположить, что если вместо волокна использовать тонкомолотое стекло такого же химического состава, адгезия новообразований к частице стекла на физико-механических свойствах цементного камня не скажется, поскольку поверхность каждой частицы очень мала и новообразования спутанно-волокнуистой структуры встраиваются в цементный камень. В этом случае можно ожидать повышения трещиностойкости и прочности цементного камня на растяжение. В дальнейшем планируется провести эксперимент с использованием тонкоизмельченного стекла, по составу аналогичного стекловолокну.

Список литературы

1. Пашенко А.А., Сербин В.П., Паславская А.П. Армирование вяжущих веществ минеральными волокнами. – М.: Стройиздат, 1988. – 197 с.
2. Аппен А.А. Химия стекла. – Л.: Химия, 1974. – 352 с.
3. Стекланные волокна / под общ. ред. М.С. Аслановой. – М.: Химия, 1979. – 256 с.
4. Зак А.Ф. Физико-химические свойства стеклянного волокна. – М.: Ростехиздат, 1962. – 224 с.

Получено 10.06.2013

Баталин Борис Семенович – доктор технических наук, профессор, ПНИПУ, СТФ, e-mail: bobata@list.ru.

Семкова Елена Николаевна – магистрант, ПНИПУ, СТФ, гр. ПСК-11-1мо, e-mail: lenasemkova@gmail.com.

Сарайкина Ксения Александровна – магистрант, ПНИПУ, СТФ, ПСК-12-1м, e-mail: ksenya_s2004@mail.ru.