

## FIBERGLASS-CEMENT STONE INTERACTION PROCESS RESEARCH

B. Batalin, Doctor of Technical Sciences, Full Professor  
Perm National Research Polytechnic University, Russia

The paper presents a review of existing methods of determining the alkali resistance of glass fibers in cement concretes. The article offers a new research technique of the fiberglass-cement stone interaction, that enables to define not only the change in the diameter of the fiber and composition strength, but also to examine the structure, chemical and phase constitution of products of interaction between the fiberglass and the hardening cement

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

Conference participants, National championship in scientific analytics,  
Open European and Asian research analytics championship


## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТЕКЛОВОЛОКНА С ЦЕМЕНТНЫМ КАМНЕМ

Баталин Б.С., д-р техн. наук, проф.  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Россия

В статье приведен обзор существующих методов определения щелочестойкости стеклянных волокон в цементных бетонах. Предложена новая методика исследования процесса взаимодействия волокна с цементным камнем, позволяющая определять не только изменение диаметра волокна и прочности композиции, но и исследовать структуру, химический и фазовый состав продуктов взаимодействия волокна с твердеющим цементом.

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

Участники конференции, Национального первенства по научной аналитике,  
Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsca.v0i6.1139>

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 стойкость стекловолокна к воздействию щелочной среды. Возникновение щелочной среды в твердеющем бетоне происходит как за счет присутствия в исходном цементе щелочных оксидов и свободной извести, так и за счет гидролиза силикатов кальция при твердении бетонной смеси. [2].

Исследование процесса взаимодействия стекловолокна с цементным камнем ранее было проведено Аслановой М.С. и Зак А.Ф. [3, 4] При этом авторы использовали различные экспериментальные модели системы «твердеющий бетон-стекловолокно». Так, в работе [3] описано исследование такой модели, представлявшей собой кипячение мстекловолокна в растворе щелочи. В этом случае о степени коррозии стекловолокна судили по изменению его диаметра. В [4] волокно вводили в растворные образцы-балочки при их формировании и определяли изменение прочности образцов при растяжении в зависимости от времени в сравнении с такими же образцами без волокна. Было высказано предположение, что продукты взаимодействия волокна с щелочной средой на границе раздела сред вокруг волокна образуют оболочку. При этом адгезия этой оболочки к волокну ниже,

чем к цементному камню, поэтому при растяжении образца волокно легко отделяется от оболочки и не работает как армирующий элемент структуры.

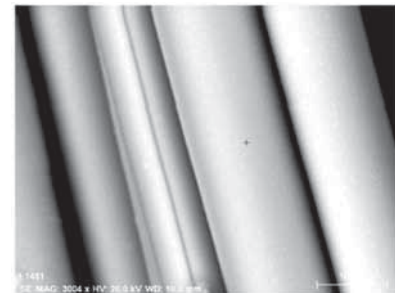
Перечисленные выше модели исследования щелочестойкости стеклянных волокон имеют ряд недостатков. Так, при кипячении волокон невозможно определить, что собой представляют продукты взаимодействия между известью, щелочами и стеклом. Аналогично во втором способе при испытании балочек, увидеть и исследовать изменения, происходящие в составе и структуре композиции, не представляется возможным.

Нами был предложен способ исследования взаимодействия стекловолокна с твердеющим цементом, который дает возможность наблюдения выщелачивания волокна непосредственно в цементной среде с использованием образцов-вкладышей. Достоинства данного метода заключаются в том, что: становится возможным проследить за изменениями самого волокна и увидеть продукты его взаимодействия со средой с помощью электронного микроскопа.

Для эксперимента использовали стеклянное волокно химический (элементный) состав, которого определял с помощью рентгеноэлектронной спектроскопии. (табл. 1)

Электронная микрофотография волокна показана на рис. 1.

На подготовительном этапе проведения эксперимента необходимо



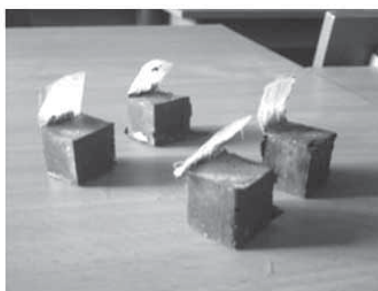
**Рис. 1. Электронная микрофотография стеклянного волокна до взаимодействия с цементной средой**

изготовить образцы-вкладыши, которые в дальнейшем будут помещены в цементное тесто при формировании. Изготавливать образцы-вкладыши необходимо, приклеивая распущенные волокна к полиэтиленовой пластинке, необходимого размера. На стадии формирования данный вкладыш помещается к стенке формы волокнами наружу и заливается цементным тестом. (Рисунок 2). После необходимого срока твердения формы распалубливают и вкладыш отделяют от цементного образца. Поверхность волокна после непосредственного контакта с цементным раствором подвергают химическому и электронномикроскопическому анализу.

Нами было исследовано 2 вида волокна с наименьшим и наибольшим показателем степени связности кремнекислородного каркаса. Анализ поверхности волокна проводили после взаимо-



а)



б)

**Рис. 2. а) – образец-вкладыш; б) – распалубленный образец-кубик с вкладышем.**

действия с цементной средой в течение 7, 14 и 28 суток. При осмотре поверхности волокна на оптическом микроскопе при 320-кратном увеличении видно, что за 28 суток взаимодействия

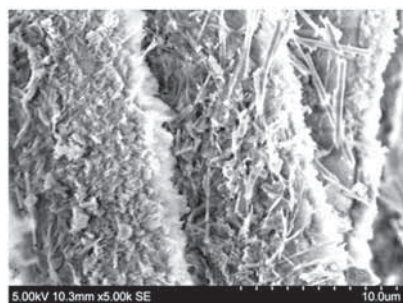
микроскопический снимок волокон в том же возрасте

Судя по химическому составу, эти новообразования представляют собой гидросиликаты, гидроалюминаты и

**Табл. 2.**

**Элементный состав стекловолокна С5 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



**Рис. 3. Структура поверхности стеклянного волокна С5 после контакта с цементной средой в течение 28 суток.**

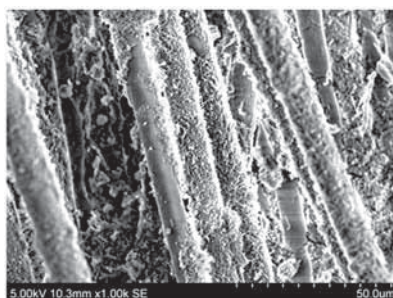
диаметр волокон почти не изменился, а на поверхности волокна появились новообразования спутанно-волокнистой структуры. Для более детального анализа необходимо было провести химический анализ поверхности волокна после контакта с цементным тестом 28 суток. Пример такого анализа приведен в табл. 2; На рис. 3 показаны электронно-

гидроферриты кальция, то есть обычные новообразования, характерные продукты твердения цемента.

Структура новообразований спутанно-волокнистая войлокоподобная.

На других снимках видно, что новообразования легко отделяются от поверхности волокна (рис. 4.)

Таким образом, разработанный способ наблюдения за процессом вза-



**Рис. 4. Поверхность стекловолокна после взаимодействия с цементным камнем. Видно легко отделившуюся оболочку из новообразований**

имодействия стекловолокна с твердеющим цементом позволяет сделать предположение, что введение неустойчивого к выщелачиванию стекловолокна в качестве армирующего компонента едва ли целесообразно.

В то же время, исходя из наблюдаемого характера структуры и состава продуктов взаимодействия стекла с цементным камнем, можно предположить, что добиваться повышения щелочестойкости волокна так же нецелесообразно.

Имеет смысл вводить в состав бетона тонкоизмельченное исходное стекло в виде добавки. В этом случае, подбирая состав стекла и его количество в составе бетона, можно сформировать наиболее выгодную с точки зрения механики разрушения спутанно-волокнистую структуру цементного камня. Это и позволит повысить трещиностойкость бетона.

## References:

1. Gutnikov S.I., Lazorjak B.I., Seleznev A.N. Stekljannye volokna [Fiberglass]. – Moscow, MGU imeni M. V. Lomonosova, 2010. – 53 p.
2. Appen A.A., Himija stekla [Glass chemistry]. – Leningrad, «Himija», 1974. – 351 p.
3. Aslanova M.S. Stekljannye volokna [Fiberglass]. – Moscow, Himija [Chemistry]. 1979. – 256 p.
4. Zak A.F., Fiziko-himicheskie svojstva stekljannogo volokna [Physicochemical properties of fiberglass]. – Moscow, Rostehizdat. ,1962. – 224 p.

## Литература:

1. Гутников С.И., Лазорjak Б.И., Селезнев А.Н. Стеклjанные волокна / М.: МГУ имени М. В. Ломоносова, 2010. – 53 с.
2. Аппен А.А., Химия стекла. Л.: «Химия», 1974. 351 с.
3. Асланова М.С., М.: Химия, 1979, 256с.
4. Зак А.Ф., Физико-химические свойства стеклjанного волокна. М.: Ростехиздат. 1962. 224 с.

## Information about author:

1. Boris Batalin - Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Perm National Research Polytechnic University; address: Russia, Perm city; e-mail: bobata@list.ru