

*Новицкий А.Г. канд. техн. наук, ген. директор,
Ефремов М.В., доктор техн. наук,
ЗАО "МИНЕРАЛ 7", Львовская обл.,
Яворовский р-н, с. Новый Яр, Украина*

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ БЕТОНОВ

На сегодня большая часть строительных работ ведется с применением бетона. Не смотря на ряд неоспоримых достоинств и широкое применение, неармированные бетоны характеризуются низкой ударной прочностью, низким сопротивлением на разрыв, и образованием усадочных трещин при застывании. Все это приводит к относительно невысокой долговечности изделий из таких бетонов. Традиционно эти проблемы решаются вторичным армированием, которое в конструкционном бетоне осуществляется использованием стальной арматурой, а в перекрытиях - металлической сетки. Кроме того, в последнее время делаются попытки применения дисперсного армирования бетонной матрицы с помощью полипропиленовых, стеклянных, базальтовых и металлических волокон. Данные способы позволяет изготавливать конструкции сложной конфигурации, решает проблемы морозостойкости изделий, уменьшает общий вес конструкций, при определенном дозировании волокно заменяет вторичное армирование и обеспечивает пластичность бетона, уменьшая объемы применения конструктивной стальной арматуры. Дисперсионное армирование повышает пластичность бетонной массы и уменьшает образование усадочных трещин и в отличие от стальной сетки, которая имеет ценность только после того, как бетон треснул, фибра предотвращает появление трещин в бетоне еще на стадии, когда он пребывает в пластическом состоянии[1].

Вместе с тем, в ходе многолетних исследований в лабораторных и промышленных условиях было установлено, что изделия, армированные полипропиленовыми волокнами, характеризуются значительными деформациями даже при небольших нагрузках растяжения, что объясняется низкой адгезией полипропилена в цементной матрице. Кроме того, такие изделия с течением времени теряют свои прочностные свойства, имеют высокую истираемость поверхности и горючесть при воздействии на волокно открытого пламени. Основными недостатками металлических волокон является катодный эффект и нестойкость к агрессивной среде цементных растворов. В свою очередь, базальтовая фибра по своим характеристикам лишена данных недостатков. В связи с этим возникает необходимость исследования бетонных изделий армированных базальтовой фиброй.

Исследованиями, проведенными совместно с Научно-исследовательским институтом строительных материалов и изделий (г. Киев) и Киевским Национальным транспортным университетом, установлено, что бетонные изделия, армированные базальтовой фиброй, характеризуются повышенной долговечностью, значительной прочностью на сжатие, морозостойкостью и др. (рис 1.) Исследования проводились с использованием базальтовой фибры ТУ В В.2.7-26.8-32673353-001:2007, производимой на ООО "Минерал 7", при следующем составе контрольных образцов бетона:

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| - связующее | - портландцемент марки 400; |
| - соотношение вода - цемент | - 0,4; |
| - соотношение цемент : песок : щебень | - 1: 3:5. |

В армированных бетонах количество фибры составляло от 1% до 4% весовых.

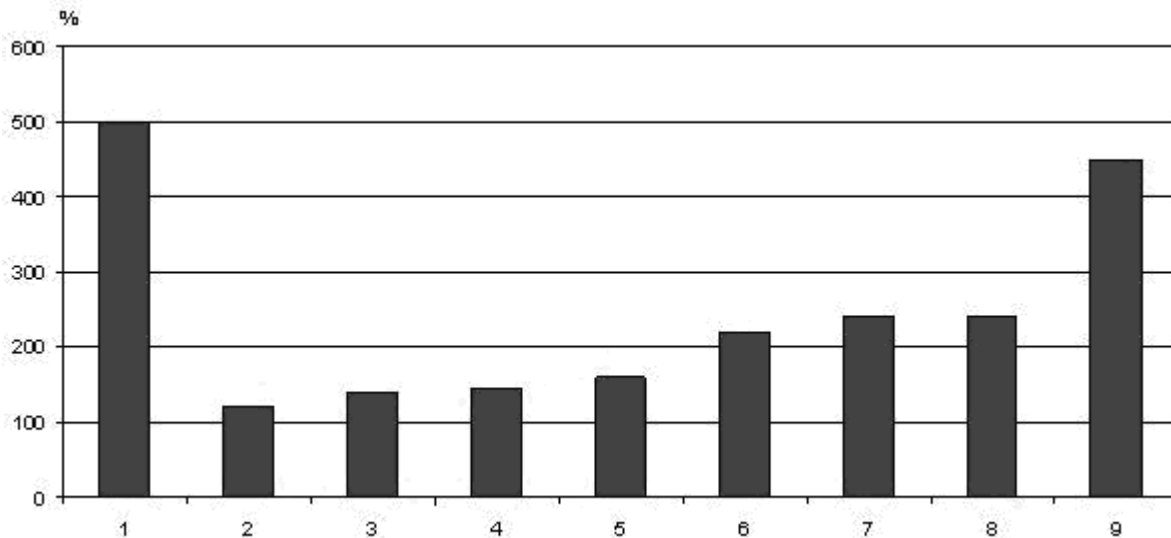


Рисунок 1 - Характеристика бетонных изделий, армированных базальтовой фиброй в сравнении с контрольными образцами

Условные обозначения:

1 - долговечность; 2 - прочность на сжатие; 3 - водонепроницаемость; 4- прочность на раскалывание; 5 - морозостойкость; 6 - трещиностойкость; 7 - прочность на растяжение при изгибе; 8 - сопротивление истираемости; 9 - ударная прочность.

Все это объясняется тем, что структура бетона, армированного базальтовой фиброй (БАБФ), близка к структуре, армоцемента с арматурой из стальной сетки. Однако БАБФ обладает более высокой прочностью и стойкий к деформациям, т.к. армирующая его фибра обеспечивает более высокую степень дисперсности армирования бетонного камня и сам базальтовый материал обладает более высокой, чем стальная сетка, прочностью. Кроме того, БАБФ может переносить большие упругие деформации потому, что базальтовое волокно при растяжении не подвергается пластической деформации, а по упругости превосходит сталь. Отличительной особенностью базальтовой фибры произведенной на заводе “Минерал 7”, является ее высокая адгезия с цементной матрицей. Исследования, проведенные с помощью растрового электронного микроскопа “JEOL” JSM-6460 LV при 4000-кратном увеличении [2], показали, что область контакта между фиброй и матрицей характеризуется плотным соприкосновением поверхностей и отсутствием трещин и зазоров. (Рис. 2)

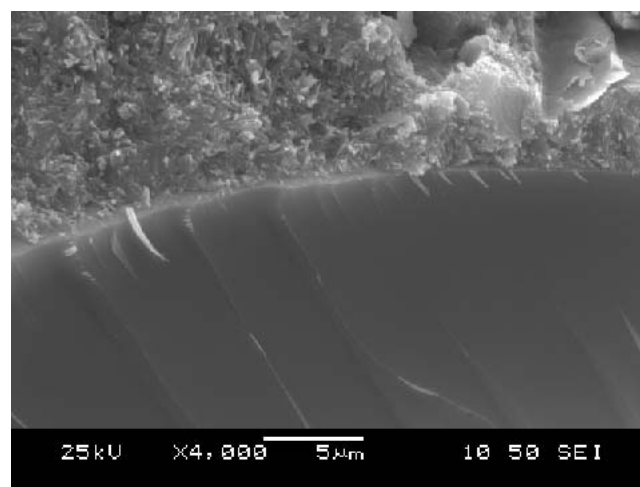


Рисунок 2 - Граница раздела между волокном и матрицей

Как известно материал волокна под действием агрессивной цементной среды реагирует с получением новообразований [3]. Происходит частичное разрушение волокна, величина которого зависит от времени. В среднем разрушение происходит на глубину до 4 мкм. Новообразования усиливают соединение волокна с цементной матрицей. Это наглядно видно при разрушении образцов, на изломе (рис.3), что цементная масса и волокна разрушаются как единое тело без вырывания волокна из бетонной матрицы.



Рисунок 3 - Поверхность излома образца, армированного базальтовой фиброй “Минерал 7”

При использовании волокна диаметром 30 мкм под воздействием агрессивной среды твердеющего цемента остается минимум 22 микрона рабочего диаметра волокна, что практически не влияет на его прочностные характеристики. Применение фибры диаметром 12 мкм, изготовленной из базальтового ровинга без замасливателя показало, что с течением времени она теряет все прочностные характеристики и иногда полностью разрушается, так как волокна, после реакции с агрессивной средой бетона уменьшаются в диаметре до 4 мкм. При использовании фибры, изготовленной из базальтового ровинга с замасливателем, адгезия с цементной массой практически отсутствует. При изломе (рис. 4) четко видны обрывки волокон, выдернутых из бетонной матрицы.

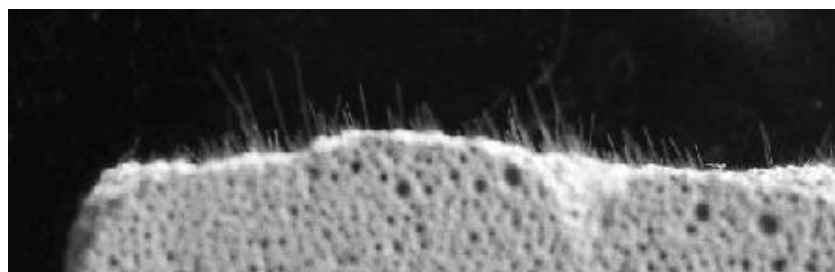


Рисунок 4 - Адгезия бетона и фибры, изготовленной из базальтового ровинга с замасливателем

Низкой адгезией с цементным вяжущим так же обладают полиамидные и пропиленовые волокна (рис. 5).



Рисунок 5 - Адгезия цементного вяжущего и полиамидного волокна [4]

Были проведенные исследования по определению потери прочности фибры, изготовленной из непрерывного базальтового волокна без замасливателя, при ее пребывании в жидкой фазе твердеющего портландцементного бетона при нормальных условиях. Результаты экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Прочность базальтового волокна после пребывания в жидкой фазе портландцементного бетона

Время обработки, час.	Диаметр базальтового волокна, мкм					
	12		20		40	
	Прочность на разрыв					
	ГПа	%	ГПа	%	ГПа	%
0	1,05	100	0,72	100	0,55	100
3	0,84	80,0	0,70	97,2	0,55	100
24	0,8	76,2	0,68	94,4	0,54	98,2
720	0,77	73,3	0,67	93	0,53	96,3

По данным расчетов, проведенных Научно-исследовательского института строительных конструкций (г. Киев), долговечность фибры, изготовленной из грубого базальтового волокна, в среде цементного камня составляет не менее ста лет [5]. Результаты испытаний образцов БАБФ, изготовленной из базальтового волокна, диаметром более 30 мкм, приведено в таблице 2.

Таблица 2 - Прочность цемента армированного базальтовой фиброй диаметром 40 мкм, при длине 10 мм

Режим твердения образцов	Коэффициент армирования по весу, %	Возраст образца, сутки			
		3	7	28	90
		Предел прочности образцов на растяжение при изгибе, МПа			
Контрольный образец, без волокна	—	6	7	12	18
Нормально-влажный	2	8	10	19	28
	3	9	11	20	27
	4	9	10	24	29

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Обладая высокой температуростойкостью (до 800°C) изделия из базальтобетона характеризуются повышенной прочностью на изгиб, растяжение и срез. Кроме того, у них понижено водопоглощение, повышена морозостойкость, трещиностойкость, ударная прочность, сопротивление истираемости, долговечность и т. п. Применение, для армирования бетонов, базальтовой фибры, изготовленной из грубого базальтового волокна, позволяет:

- увеличить марочную прочность бетона до 30%;
- уменьшить расслаивание бетонной смеси до 40 %;
- сократить время первичного и окончательного твердения на 25 %;
- снизить массу бетонных изделий.

Рекомендованы следующие сферы применения бетонов, армированных базальтовой фиброй:

- гидротехнические сооружения;
- сооружения, работающие в агрессивных средах;
- строительство в сейсмоопасных регионах;
- автодороги с интенсивным движением;
- мосты;
- атомные станции и хранилища радиоактивных отходов;
- наливные полы, бетонные трубы и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Деревянко В.Н. Саламаха Л.В. Дисперсно-армированные растворы для устройства стяжек полов // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сборник научных трудов. – 2009. – с. 14-19.
2. Дьяков К.В. Особенности технологии приготовления магнезиального базальтофибробетона // Бетон и железобетон. – 2007. – № 3. – с. 18.
3. Новицкий А.Г. Химическая стойкость базальтовых волокон для армирования бетонов. // Хімічна промисловість України. 2003. №3, с. 16-19.
4. Армированные волокнами вяжущие композиционные материалы: Вклад полиамидных волокон.// www.trotuar.ru/forms/dobavki/fibra2.shtml
5. Куртаев А.С., Сулейменов С.Т., Естемесов З.А. и др. Композиционные материалы на основе вяжущих. Киев, АН УССР ИПМ, 1991. С.21.

УДК 666.974

*Шабанова Г.Н., доктор техн. наук, проф.,
Тараненкова В.В., канд. техн. наук, доц.,
Проскурня Е.М., канд. техн. наук,
Миргород О.В., канд. техн. наук*,
Васютин Ф.А., канд. техн. наук, доц.,
Корогодская А.Н., канд. техн. наук,
Мокрицкая В.К., аспирант,
Национальный технический университет
“Харьковский политехнический институт”,
*Национальный университет гражданской
защиты Украины, г. Харьков, Украина*

БЕТОНЫ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОГНЕУПОРНЫХ ЦЕМЕНТОВ

Интенсификация технологических процессов в металлургии, энергетике, химии, промышленности строительных материалов, а также развитие новых отраслей техники – радиоэлектроники, атомной, ракетной и других требует создания новых материалов и изделий из них, обладающих рядом специальных свойств. Одним из таких перспективных материалов является диоксид циркония, твердые растворы которого с оксидами элементов второй и третьей групп периодической системы Д.И. Менделеева характеризуются наряду с высокой