

Клюев С. В., канд. техн. наук, доц., докторант

Авилова Е. Н., соискатель

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ ФИБРОБЕТОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ*

Klyuyev@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы применения полипропиленовой фибры для дисперсного армирования мелкозернистых бетонов. Проведены экспериментальные исследования фибробетонных образцов на композиционном вяжущем.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, техногенный песок, фибробетон, фибра.

В настоящее время сфера использования высококачественных дорожных покрытий в России значительно расширяется. Применение композиционных материалов способны разрешить данные проблемы.

Использование дисперсно-армированных цементных композиций позволяет выпускать облегченные бетоны, за счет уменьшения диаметры арматуры или замены его дисперсным армированием, с повышенной прочностью на изгиб и ударной вязкостью. Выбор волокна обуславливается тем, какими свойствами должна обладать композиция для удовлетворения заданным требованиям.

Существуют многочисленные разновидности изделий из фибробетона, которые находят разнообразное применение. Использование полипропиленовых волокон позволяет получить экономию за счет сокращения размеров сечений, для автомобильных дорог это уменьшение толщины покрытия. Изучение возможности замены полипропиленовым волокном других волокон в бетоне показало, что получаемый прочный и легкий композит с высокой вязкостью разрушения представляется весьма перспективным.

Полипропиленовая фибра относится к классу волокон органического происхождения. Эта фибра, несмотря на более низкие значения упругих характеристик (по сравнению со стальными и стеклянными), представляет интерес к ее исследованиям и применению в качестве армирующей добавки для бетонов (рис. 1.).



Рис. 1. Полипропиленовая фибра

Полипропиленовые волокна для армирования бетонов были впервые использованы в Англии. Волокна диаметром 0,02 – 0,038 мм получали из пленки путем ее продольной резки, вытягивания и скручивания. Однако эти волокна имеют плохую смачиваемость, при этом их сцепление с цементным камнем весьма мало и обуславливается в основном силами механического заанкеривания (рис. 2).

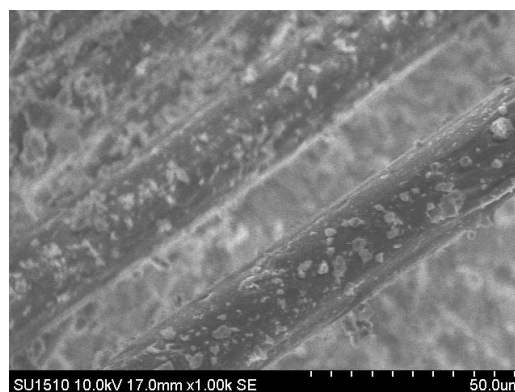


Рис. 2. Пучок полипропиленовой фибры

В настоящее время нерудная, горнорудная и другие отрасли ежегодно складывают в отвалах сотни миллионов кубометров рыхлых отходов различного состава и строения, которые имеют размер зерен до 10 мм. Основной причиной неполного использования этих отходов в качестве мелких заполнителей бетонов является недостаточная изученность их характеристик и свойств бетонных смесей и изготовления бетонов на их основе.

Свойства техногенных песков, бетонных смесей и бетонов на их основе зависят от многих факторов, обусловленных свойствами исходных пород, способами их измельчения и методами обогащения полученного продукта и т.д. Наиболее существенное влияние оказывают прочность, структура и состав исходных пород.

При сопоставлении свойств природных и искусственных песков обращают на себя внимание основные, принципиальные различия этих материалов. Если первые являются в основном кварцевыми, с округлой формой зерен и гладкой поверхностью, то вторые имеют существенные различия по составу и свойствам исходных пород, форме зерен и шероховатости их поверхности. Искусственные пески имеют свежееобнаженную поверхность. В результате свойства последних различны. Взаимодействие поверхности техногенных песков с цементным тестом и цементным камнем значительно сложнее, чем у природных песков. Без учета этого взаимодействия невозможно изучить влияние гранулометрического состава, формы зерен, шероховатости поверхности и других характеристик песка на свойства смесей и бетонов [3].

Для оценки возможности применения техногенных песков как сырья для производства фибробетона, были разработаны составы мелко-

зернистого бетона с использованием в качестве заполнителя отсева дробления сланца. Для получения более плотной упаковки заполнителя использовался песок Шебекинского месторождения [1].

Экспериментальные исследования связаны с изучением поведения бетонных элементов, дисперсно-армированных полипропиленовым волокном, при сжатии и растяжении при изгибе.

Большие перспективы в получении качественных бетонов связаны с применением композиционного вяжущего, которое получают совместным помолом высокомарочного цемента и суперпластификатора С-3.

Для его получения применялся товарный цемент ЗАО «Белгородский цемент» Цем I 42,5Н, отходы мокрой магнитной сепарации (отходы ММС) и суперпластификатора С-3. По полученным данным можно оценить и эффективность помола: помол цемента с пластифицирующей добавкой СП-1 в количестве 0,6% от массы цемента проходит интенсивнее; так требуемая величина удельной поверхности $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ достигается через 2 ч. помола, а не через 3 ч., как в случае помола цемента без добавки, что объясняется расклинивающим действием самой добавки (рис. 2) [2, 4].

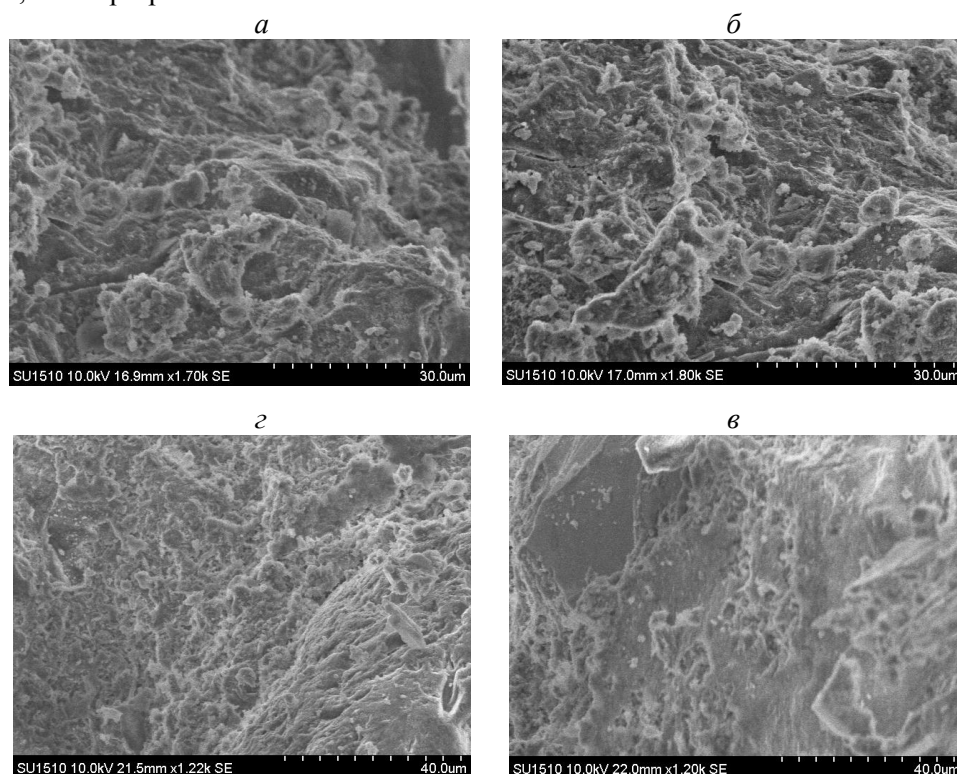


Рис. 2. Микроструктура в зависимости от свойств вяжущих: *а, б* – морфология новообразований цементного камня Цем I 42,5Н; *в, г* – морфология новообразований цементного камня композиционного вяжущего; увеличение *а, в* – $\times 16000$, *б, г* – $\times 32000$

Для оценки качества применяемых заполнителей были изучены их основные физико-механические свойства (табл. 1).

Производственная практика показала, что армирование цементной матрицы полипропиленовым волокном, обладающим высокой химиче-

ской устойчивостью к щелочной среде. Полипропиленовые волокна включаются в бетонные образцы с целью увеличения прочности бетона на сжатие от 10% до 60% и изгибе от 10% до 200%.

Таблица 1

**Физико-механические характеристики
заполнителя**

Наименование показателя	Отсев дробления сланца	Песок
Модуль крупности	2,70	1,12
Насыпная плотность в неуплотненном состоянии, кг/м ³	1415	1467
Насыпная плотность в уплотненном состоянии, кг/м ³	1510	1648
Истинная плотность, кг/м ³	2740	2630
Пустотность, %	46,7	44,2
Водопотребность, %	7,5	11
Цементопотребность	0,530	0,63

Высушенный песок, отсев дробления сланца, композиционное вяжущее и полипропиленовое волокно были смешаны до получения однородного состава. Затем добавлялась вода до получения однородной массы. После формования и уплотнения образцы в течение 24 часов находились при температуре не ниже 15 °С. Затем были сняты формы и бетонные образцы перенесены в сухое место.

Испытание образцов для определения прочности на сжатие (кубики 100×100×100 мм) и на растяжение при изгибе (призмы 100×100×400 мм) проводились на универсальной испытательной машине по стандартной методике. Результаты экспериментальных исследований представлены на рис 3.

Анализ результатов экспериментов по изучению влияния различных дозировок полипропиленовых волокон показал, что бетонные образцы имеют различные показатели прочности

на сжатие и на растяжение при изгибе. Наилучшие показатели прочности дали образцы, имеющие в составе полипропиленовое волокно в количестве 4 кг. При этом отмечается повышение прочности на сжатие до 13% и на растяжение при изгибе до 38% . С увеличением процента армирования бетонных образцов отмечается снижение прироста прочности на сжатие, а на растяжение при изгибе прочность образцов становится меньше прочности контрольного образца.

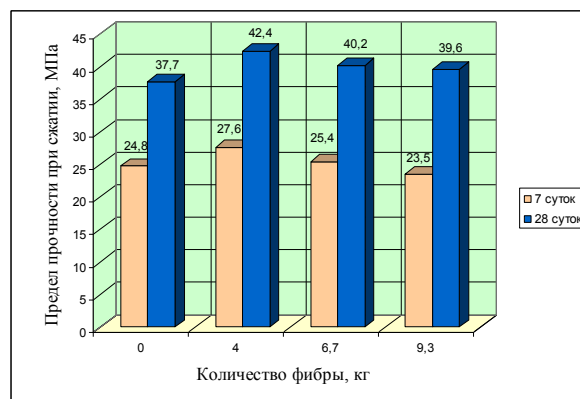
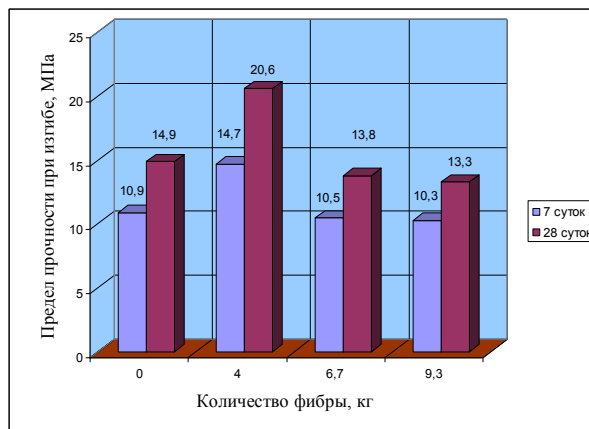
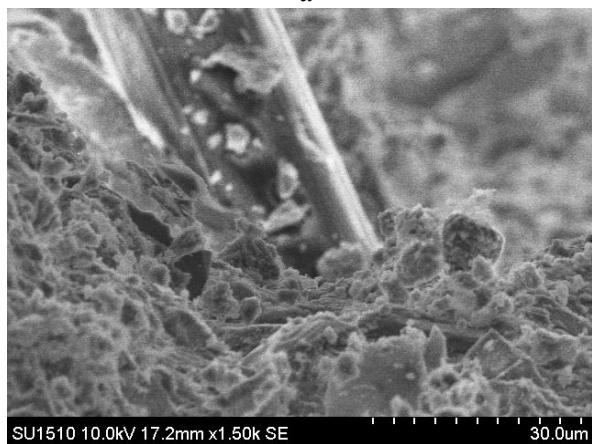


Рис. 3. Результаты экспериментальных исследований

а



б

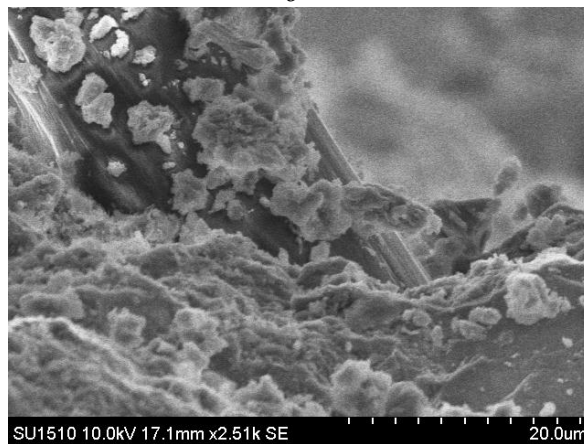


Рис. 4. Микроструктура контактной зоны «цементный камень – фибра»: а – на ВНВ-70; б – на Цем I 42,5Н

Выявлен микроармирующий эффект наполнителя композиционного вяжущего за счет кремнеземсодержащих компонентов матрицы, что объясняется удлинением габитуса частиц, микрошероховатостью поверхности и высокой адгезией частиц наполнителя к цементному камню, это и предопределяет наилучшее сцепление цементного камня с фиброй.

На основе результатов экспериментальных исследований осуществлена оценка эффективности влияния дисперсного армирования мелкозернистого бетона полипропиленовым волокном. Использование полипропиленового волокна более эффективно для повышения прочности мелкозернистого бетона на растяжение при изгибе и рекомендуется ее применение для конструкций, работающих на это воздействие.

**Работа выполнена в рамках реализации ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы, грант № 14.В37.21.1487, тема: «Разработка научных и практических основ создания композиционных вяжущих на основе техногенного сырья с целью производства фибробетона для ремонтных работ», при финансовой поддержке в виде гранта президента Российской Федерации МК-2715.2012.8 по теме: «Разработка научных и практических основ повышения эффективности мелкозернистого фибробетона на основе техногенного песка и композиционного вяжущего для промышленного и гражданского строительства».*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Ключев С.В. Экспериментальные исследования фибробетонных конструкций / С.В. Ключев// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2011. – №.4 – С. 71 – 74.
3. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны с использованием техногенных песков Курской магнитной аномалии для строительства укрепленных оснований автомобильных дорог: Монография / Р.В. Лесовик. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. – 174 с.
4. Лесовик Р.В. Фибробетон на композиционных вяжущих и техногенных песках Курской магнитной аномалии для изгибаемых конструкций / Р.В. Лесовик, С.В. Ключев // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – №3(29). – С. 41 – 47.