

Демьянова В. С., д-р техн. наук, проф.,
Дярькин Р. А., аспирант,
Гусев А. Д., аспирант,
Володин В. М., аспирант,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ РЕАКЦИОННО-ПОРОШКОВЫЕ ДИСПЕРСНОАРМИРОВАННЫЕ БЕТОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛОКОРДА

penza-ruslan@mail.ru

Разработаны мелкозернистые реакционно-порошковые дисперсноармированные бетоны, одним из компонентов которых является металлокорд – продукт переработки изношенных автомобильных шин.

Ключевые слова: Реакционно-порошковые бетоны, строительные пески, металлокорд, изношенные автомобильные шины.

В Пензенском государственном университете архитектуры и строительства в течение последних лет под руководством профессора В.И. Калашникова ведётся разработка пластифицированных высококачественных реакционно-порошковых бетонов нового поколения [3, 4]. Основным достоинством и мотивацией появления таких бетонов является возможность использования каменных реакционно-активных порошков, изготавливаемых из тонких отсевов камнедробления и обогащения рудных ископаемых, ежегодный выход которых в мире достигает 100 млрд.т., а также использование измельченной или отсеянной тонкой фракций кварцевого песка. Это отличает реакционно-порошковые бетоны от мелкозернистых (песчаных) и щебеночных бетонов. Зерновой состав измельченной тонкозернистой фракции песка находится в пределах 0,1 – 0,6 мм. Удельная поверхность такого песка не превышает 400 см²/кг.

Как правило, сырьевая база многих регионов страны богата месторождениями нерудных полезных ископаемых [5]. Для Пензенского региона объёмы добычи нерудных полезных ископаемых составили (в 2010 году) свыше 1млн. м³, значительная доля среди которых принадлежит строительным пескам (Рис. 1). Усреднённый химический состав отдельных месторождений строительного песка представлен следующими оксидами (в %): SiO₂ – 97,30...99,42; Al₂O₃ – 0,10...0,95; Fe₂O₃ – 0,46...0,80; CaO – 0,14...0,70; MgO – до 0,40; Na₂O+K₂O – 0,13...0,33; SO₃ – 0,019; R₂O₃ – 0,9...1,45; п.п.п. – 0,34...0,54. Присутствием в составе строительных песков преобладающего количества кварца, значительно активизирующего свои свойства при помоле, способствует возрастанию поверхностной энергии и увеличению реакционно-химической активности дисперсных частиц кварца. В измельчённом виде активная форма аморфизированного кварца способна к

взаимодействию с гидролизной известью, выделяемой в процессе гидратации минералов цементного клинкера, с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция.

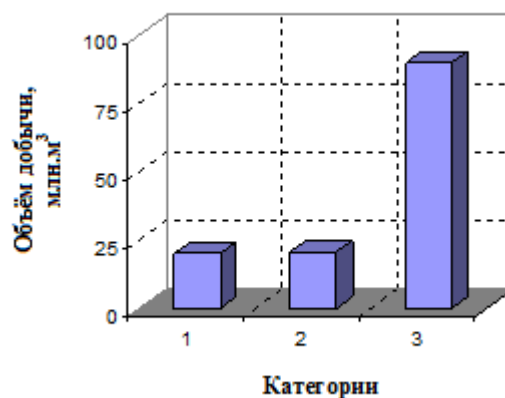


Рис. 1. Балансовые запасы месторождений строительных песков

Пензенской области по категориям:
1 - A+B+C₁; 2 - C₂; 3 - прогнозные ресурсы

Использование измельчённого кварца в смеси с цементом способствует значительному повышению водоредуцирующего действия суперпластификаторов. Клинкерный цемент, при затворении его водой загустевает, образуя суперколлоидные частицы, значительно труднее поддается диспергированию суперпластификаторами. В тоже время, частицы целого ряда горных пород, даже самые тонкие, не видоизменяются в воде в течение длительного времени. Поэтому добавлением к цементу каменной муки в виде измельчённого кварцевого песка позволяет увеличить реологическое воздействие суперпластификатора. Благодаря высокой водоредуцирующей эффективности суперпластификатора, в тонких прослойках воды интенсивно протекают реакции гидратации, гидролиз минералов це-

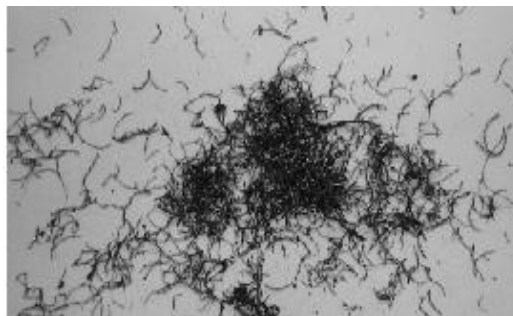
ментного клинкера, взаимодействие гидролизной извести (портландита) с тончайшими частицами кварцевого песка с образованием тоберморитоподобной фазы и ксонотлита. Указанное, обеспечивает возможность использования измельченных кварцевых песков, содержащих активную форму аморфизированного SiO_2 , в качестве дисперсных наполнителей цементных композиций. На этом основано получение мелкозернистых реакционно-порошковых бетонов нового поколения, реологической матрицей которых, является дисперсия, состоящая из цемента, песка, воды, суперпластификаторов с высоким водоредуцирующим эффектом. [1].

С другой стороны, в настоящее время во всём мире наблюдается тенденция повышения негативного влияния промышленно-хозяйствующих объектов на окружающую среду, сопровождающаяся истощением природных ресурсов, нарушением динамического равновесия биосферы. В этой связи особую актуальность приобретает концепция устойчивого развития стран и регионов, разработка природоохранных и ресурсосберегающих технологий и материалов. [2] Мировая практика охраны окружающей среды опирается на наилучшие доступные методы (Best Available Techniques – BAT), способствующие снижению антропогенного воздействия человека на окружающую среду. В связи с этим, всё более очевидной становится необходимость поиска и создания новых материалов и технологий, в том числе с использованием техногенных отходов. К числу таких материалов относятся фибробетоны с использованием в качестве армирующих элементов волокон из металлокорда. Целесообразность использования дисперсной стальной фибры, в том числе из отходов, взамен стальной промышленной арматуры, повышается с переходом на тонкозернистые порошковые фибробетоны нового поколения. В таких бетонах полностью реализуется однородность распределения фибры по сечению бетона. Тонкозернистая реакционно-порошковая матрица бетонов в сочетании с дисперсными волокнами способствует формированием высокой прочности при сжатии и растяжении [6].

В настоящее время ограниченность и локализация производства тонкой промышленной фибры в нашей стране увеличивает её стоимость, что приводит к удорожанию сталефибробетона и снижению его применения. В настоящей работе в качестве альтернативы промышленной фибры предложено использование металлокорда (Рис. 2.), продукта механической переработки изношенных автомобильных шин.

В ООО «Пензмаш» активно ведётся работа по созданию инновационного оборудования, которое по всем показателям может стать наиболее эффективным и рентабельным на рынке новых технологий. Так например, работы по созданию промышленной линии по механической переработке изношенных автомобильных шин КПШ-1 стремятся к завершению. Линия позволяет перерабатывать свыше 3 тонн покрышек за смену. Объёмы производства металлокорда только от одной установки КПШ-1, составляют 200...300 кг/час.

а



б

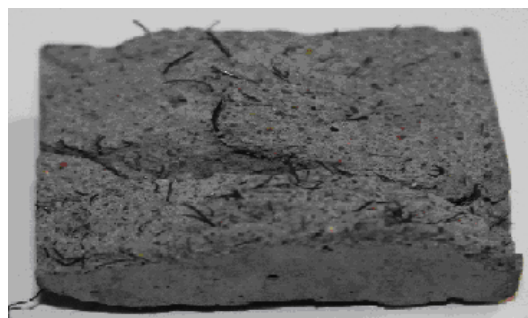


Рис. 2. Внешний вид металлокорда:
а - после механической переработки; б - металлокорд в теле реакционно-порошкового бетона

Выполнены сравнительные испытания мелкозернистого реакционно-порошкового бетона и порошкового фибробетона с использованием промышленной фибры и металлокорда. Для изготовления опытных образцов использовались следующие исходные материалы: цемент ПЦ500ДО ПО «Осколцемент» с удельной поверхностью $S_{уд} = 300 \text{ кг/м}^2$, кварцевый песок Никольского карьера Пензенской области фр. 1,25...2,5 мм. Модификация цементной матрицы осуществлялась комплексными органоминеральными добавками. В качестве дисперсных наполнителей таких добавок использовались: реакционно-активные порошки из измельченного до удельной поверхности не менее $S_{уд} = 350 \text{ кг/м}^2$ строительного песка месторождений Пензенской области. Дозировка измельченного строительного песка составляла 15% от расхода цемента. Органическим компонентом являлся суперпластификатор С-3, вводимый в

количестве 0,85 % от массы портландцемента. В качестве армирующих элементов принята промышленная стальная микрофибра белорусского металлургического завода диаметром 0,22 мм длиной 12 мм и металлокорд длиной 10...12 мм., вводимые в количестве 1,5% от объёма сухих компонентов. Соотношение l/d составляло 60 единиц. Водотвёрдое отношение без учёта массы фибры $V/T = 0,15$, водоцементное отношение достигало 0,35. Перемешивание бетонной смеси осуществлялось миксером при скорости вращения 300-600 об./мин. Расплав бетонной смеси с фиброй по конусу Хагерманна составлял 285-300 мм. Реологический критерий, определяемый как отношение объёма водно-цементно-минеральной дисперсии к объёму немолотого песка, определяющий толщину плёнки водной дисперсии на поверхности песка достигал 1,5 [6].

Как следует из результатов испытаний (Таблица - 1), прочность в возрасте 28 сут. фибробетона, дисперсно-армированного металло-

кордом уступает прочности фибробетона, армированного промышленной фиброй на 8% (165 и 180 МПа соответственно). Прочность на растяжение при изгибе составляет 22 МПа для фибробетона, армированного промышленной фиброй и 21,3 МПа – армированного металлокордом. Отношение прочности на сжатие к прочности на изгиб оказалось равным 9,4. Для обычных высокопрочных неармированных бетонов этот показатель достигает 10, т.е. такие бетоны имеют хрупкий характер разрушения. Таким образом, использование тонкой фибры из металлокорда, не имеющей анкерных элементов, позволяет получить высокоэффективные порошковые фибробетоны нового поколения. К сожалению, диаметр фибры, выпускаемой российскими производителями, как правило, составляет 0,5...1,0 мм. В связи с этим, использование металлокорда, диаметром не более 0,2, как продукта переработки изношенных автомобильных шин, в качестве альтернативы промышленной фибре, особенно перспективно.

Таблица 1

Технологические и физико-механические показатели исследуемых бетонов

№ п/п	Фибра стальная промышленная, кг	Металлокорд кг	Плотность бетона, кг/м ³	V/T	Прочность на изгиб и сжатия $R_{из}/R_{сж}$ в возрасте, МПа		
					1 сут	7 сут	28 сут
1	—	—	2376	0,15	$\frac{8,0}{49,6}$	$\frac{10,8}{126}$	$\frac{16,4}{146,8}$
2	121	—	2460	0,15	$\frac{14,3}{59,2}$	$\frac{18,5}{130,1}$	$\frac{21,9}{170,4}$
3	—	121	2420	0,15	$\frac{11,0}{53,4}$	$\frac{18,3}{120,5}$	$\frac{20,5}{150,1}$

Выполненные исследования, направленные на создание эффективных и конкурентоспособных дисперсноармированных порошковых бетонов нового поколения с использованием техногенных отходов, способствуют расширению материально-сырьевой базы, созданию нового высокотехнологичного производства в регионе. В связи с высокой экономической эффективностью реакционно-порошковых дисперсноармированных бетонов, в том числе с использованием промышленных отходов, разработка и исследование их являются чрезвычайно актуальными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М., Демьянова В.С. Модифицированные высокопрочные бетоны. // М.: АСВ. - 2007. - с. 368.
2. Демьянова В.С. Комплексное использование промышленных отходов. // Экология и промышленность России. - Москва, - 2008. - №1. - с.12 - 14.
3. Калашников В.И., Ананьев С.В., Хвастунов В.Л., Мороз М.Н. Бетоны нового поколения

с низким удельным расходом цемента на единицу прочности. // Вестник отделения строительных наук. Выпуск 14. Том 2. Москва-Иваново. - 2010. с. 27 - 32.

4. Калашников С.В. Тонкозернистые реакционно-порошковые дисперсно-армированные бетоны с использованием горных пород. // Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Пенза, - 2007, - с. 175.

5. Калашников В.И. Промышленность нерудных строительных материалов и будущее бетонов. // Строительные материалы. - Москва, - 2008. - №3. - с. 20 – 22.

6. Калашников В.И., Гуляева Е.В., Володин В.М., Валиев Д.М., Дрянин Р.А., Ананьев С.В. Порошковые фибробетоны со сверхвысокой прочностью с дисперсным армированием фиброй. // Международная научно-техническая конференция. Сборник статей. «Новые энерго- и ресурсосберегающие наукоемкие технологии» – с. 20 – 22.