

## Исследование свойств бетонных смесей и бетонов на основе

### мелкозернистых минеральных отходов горного производства

М.Д. Бутакова, Ф.А. Зырянов (ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ)), г. Челябинск

Технология бетона постоянно развивается в различных направлениях, приводящих к снижению материальной себестоимости продукции или к улучшению строительно-технических свойств готового продукта. Решение вопросов по улучшению строительно-технических свойств бетонов путем модифицирования структуры цементного камня будет во все времена являться приоритетным направлением развития материаловедения. Немаловажным фактором является и решение вопросов по снижению материальной себестоимости готового продукта, так как рынок потребления данного продукта является очень обширным и требует значительных материальных затрат, в частности затраты на инертные материалы – заполнители. С учетом постоянно растущего объема производства бетона, особенно в период сезонного спроса, нередко возникает дефицит пользующихся спросом наполнителей - природного щебня и песка. При детальном рассмотрении рынка инертных материалов в городе Челябинске выявляется дефицит высококачественного природного песка. Данный дефицит обусловлен высокой выработкой существующих месторождений и малым количеством вновь вводимых месторождений песка.

Все вышеизложенные аспекты определили направление предлагаемой научно-исследовательской работы по разработке составов бетонных смесей с использованием отходов производства горнодобывающих компаний. В частности в работе рассмотрены возможности и перспективны развития использования отсевов дробления щебня в технологии бетонов.

Исследования выполнены в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы». Было проведено исследование свойств бетонов на основе мелкозернистых минеральных отходов горного производства, предназначенных для производства цементно-бетонных дорожных покрытий.

В качестве перспективы развития широкого внедрения отсевов дробления щебня в технологию бетонов является его модифицирование: как по гранулометрии, так и по форме зерна. Под модифицированием гранулометрии понимается изменение фракционного состава с целью снижения пустотности и содержания пылевидной фракции (менее 0,16 мм). Модифицирование формы подразумевает преимущественно перевод зерен лещадной формы в кубовидную, которая также позволит снизить пустотность отсева и тем самым снизить расход портландцемента.

Почему же выбраны данные направления модифицирования отсевов дробления – ответы достаточно просты:

1. Большинство отсевов дробления по гранулометрическому составу и содержанию пылевидной фракции не стабильны во времени и это отрицательно сказывается на конкурентоспособности отсева;

2. Значительное количество отсевов дробления образуется при дроблении горной породы на щековых дробилках, работа которых характеризуется высоким количеством выхода лещадных зерен в готовом продукте. Как известно, лещадные частицы снижает прочностные характеристики бетона и требует большего количества портландцемента для обеспечения необходимых показателей по удобоукладываемости бетонных смесей.

Для оценки возможных перспектив комплексного модифицирования отсева, авторами были разработаны и оценены составы и свойства бетонных смесей и бетонов с использованием следующих материалов:

- природный кварцевый песок;
- рядовой отсев дробления;
- фракционированный отсев дробления;
- модифицированный по форме зерна фракционированный отсев дробления (далее: модифицированный фракционированный песок).

Основные характеристики анализируемых материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Строительно-технические свойства мелкого заполнителя

Показатель		Наименование мелкого заполнителя			
		Песок природный	Рядовой отсев	Фракционированный отсев	Модифицированный фракционированный отсев
Частные остатки на ситах, мм	2,5	8,5	28,5	22,2	22,2
	1,25	16,0	24,5	19,1	19,1
	0,63	10,5	9,0	25,3	25,3
	0,315	25,0	12,0	12,0	12,0
	0,16	34,0	11,5	21,4	21,4
	>0,16	6,0	14,0	0	0
Модуль крупности		2,2	3,0	3,1	3,1
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>		1430	1480	1430	1480
Пустотность, %		46,1	46,2	48,0	46,2
Водопотребность, %		6,4	11,1	9,2	7,3

Необходимо отметить следующее: предложенные гранулометрические составы фракционированного и модифицированного фракционированного отсева дробления были разработаны на ранних стадиях исследования, результаты которых представлены в работах [1, 2]. Данные гранулометрические составы позволяют использовать все фракции, то есть получаемый мелкий заполнитель является полифракционным. Это обеспечивает наиболее полную утилизацию отходов производства горных предприятий.

Проанализировав свойства всех заполнителей представленных в таблице 1 можно сделать следующие выводы:

1. Фракционированный отсев дробления обладает меньшей насыпной плотностью по сравнению с рядовым отсевом. Хотя, ранее полученные результаты [1, 2] показали, что фракционированный отсев позволяет получить максимально возможную упаковку зерен и максимально возможную насыпную плотность.

Снижение насыпной плотности фракционированного отсева связано с высоким содержанием фракции 0,16...0,315 мм и отсутствием фракции менее 0,16 мм, в то время как в рядовом отсеве дробления фракция менее 0,16 мм заполняет пространство между крупными и мелкими фракциями. За счет этого увеличивается насыпная плотность и снижается пустотность материала.

2 Модифицирование формы зерна позволяет повысить насыпную плотность и снизить пустотность материала. Данный эффект достигается за счет снижения содержания лещадных зерен, которые не дают, в отличие от зерен кубической формы, максимально плотной упаковки.

3 Водопотребность анализируемых заполнителей изменяется достаточно в широких пределах. Причем, обеспыливание отсева дробления с одновременным его модифицированием по форме зерна приводит к снижению водопотребности.

При разработке составов бетонов на анализируемых заполнителях использовалась стандартная методика подбора составов бетонных смесей. Используемые материалы: портландцемент ПЦ 400 Д20 ОАО «Лафарж цемент» г. Коркино, щебень гранодиоритовый кубовидный фракции 5...20 мм, мелкий заполнитель (природный песок, рядовой отсев, фракционированный отсев, модифицированный фракционированный отсев) и вода.

Разработанные составы бетонных смесей, их свойства, а также свойства бетонов приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Свойства бетонных смесей и бетонов с В/Ц 0,6

Показатель		Наименование мелкого заполнителя			
		Песок природный	Рядовой отсев	Фракционированный отсев	Модифицированный фракционированный отсев
Состав	ПЦ 400 Д20	310	363	331	319
	Мелкий заполнитель	708	714	711	703
	Крупный заполнитель	1136	1066	1109	1147
	Вода	186	217	199	191
Подвижность бетонной смеси, см		13	11	10	12
Плотность бетонной смеси		2340	2360	2350	2360
Сохраняемость бетонной смеси в пределах марки, мин		30	20	30	40
Предел прочности при сжатии в возрасте 3 сут, МПа		7,6	10,0	11,5	13,7
Плотность бетона в 3 сут, кг/м <sup>3</sup>		2330	2335	2340	2345
Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут, МПа		30,8	25,9	28,3	31,7
Плотность бетона в 28 сут, кг/м <sup>3</sup>		2290	2330	2330	2335

По результатам исследований, приведенных в таблицах 2 и 3 можно сделать следующие выводы:

1. Предел прочности бетона на отсевах дробления в возрасте 3 суток выше, чем предел прочности бетона на природном песке. Данный результат связан в первую очередь с тем, что поверхность зерна природного песка преимущественно окатанная, в то время как поверхность зерна отсева дробления неровная и шероховатая, что позволяет обеспечить более высокую адгезию цементного камня к зерну отсева, и повышает прочность контактной зоны.

2. Чем чище отсев дробления от пылевой фракции, тем выше прочность на ранних и поздних стадиях твердения бетона. Это объясняется наличием слабой контактной зоны в бетоне из-за плохого сцепления заполнителя с цементным камнем.

3. Наибольшей прочностью в марочном возрасте обладают бетоны, изготовленные на модифицированном фракционированном отсевах. Относительное снижение прочности бетонов, изготовленных с использованием рядового и фракционированного отсевах связано с наличием лещадных малопрочных зерен в их составе, с высоким содержанием пылевой фракции, а так же с повышенным расходом портландцемента. Повышенный расход портландцемента приводит к появлению усадочных деформаций, а в цементном камне таких бетонов будет проходить деструкция.

4. Плотность бетонов с уменьшением пустотности заполнителя будет увеличиваться, особенно в бетонах, где в заполнителях отсутствуют пылевидная фракция и лещадные зерна. Это объясняется плотной упаковкой зерен заполнителя.

Таблица 3 – Свойства бетонных смесей и бетонов с В/Ц 0,4

Показатель		Наименование мелкого заполнителя			
		Песок природный	Рядовой отсев	Фракционированный отсев	Модифицированный фракционированный отсев
Расход	ПЦ 400 Д20	495	607	560	502
	Мелкий заполнитель	641	602	626	654
	Крупный заполнитель	1136	1049	1075	1133
	Вода	198	242	224	201
Подвижность бетонной смеси, см		12	10	12	13
Плотность бетонной смеси		2475	2500	2485	2490
Сохраняемость бетонной смеси в пределах марки, мин		20	15	30	30
Предел прочности при сжатии в возрасте 3 суток, МПа		17,2	17,5	18,9	20,6
Плотность бетона в 3 суток, кг/м <sup>3</sup>		2440	2450	2445	2465
Предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток, МПа		50,4	44,4	51,3	54,8
Плотность бетона в 28 суток, кг/м <sup>3</sup>		2420	2445	2440	2455

5. Расход портландцемента в бетонных смесях при использовании рядового отсева дробления выше на 17,6% и 22,6% по отношению к расходу цемента для состава, разработанного на природном песке, и на 13,7% и 20,9% выше по отношению к расходу цемента для состава, разработанного на модифицированном фракционированном отсева дробления. Это объясняется наличием пылевидной фракции в рядовом отсева дробления, которая при обволакивании зерен «оттягивает» на себя часть вяжущего в равноподвижных бетонных смесях.

6. Сохраняемость бетонных смесей тем выше, чем меньше в мелком заполнителе содержание пыли и зерен пластинчатой формы. Высокое содержание пыли в рядовом отсева и мелких отмучиваемых частиц в природном песке приводит к раннему структурированию бетонной смеси, а, следовательно, и к уменьшению ее сохраняемости.

#### Заключение.

Результаты проведенных исследований показали возможность и перспективы использования отходов производства горнодобывающих компаний с целью их модифицирования для получения бетонов с заданными строительно-техническими показателями при их минимальной себестоимости.

#### Литература:

- 1.Зырянов Ф.А., Бутакова М.Д., Трофимов Б.Я. Влияние гранулометрического состава отсева дробления щебня на свойства бетонной смеси и бетона // Сборник статей международной конференции. Ростов-на-Дону – 2006. – с. 68-75.
- 2.Бутакова М.Д., Зырянов Ф.А. Исследование влияние зернового состава отсева дробления скальных пород на прочность бетонов // Межвузовский сборник научных трудов «Строительные материалы и изделия». Магнитогорск: МГТУ, 2007. – с. 146 - 152