

## **СЕКЦИЯ 4. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

УДК 691.33

Агеева М.С., канд. техн. наук, доц.  
Богусевич Г.Г., канд. техн. наук, доц.  
Сопин Д.М., канд. техн. наук,  
Богусевич В.А., канд. техн. наук,  
Гончаров Р.С., маг.  
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

### **ЗАКЛАДОЧНЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ**

*В работе рассматривается возможность получения закладочных смесей на основе композиционного вяжущего с использованием цемента, отходов ММС железистых кварцитов, доменных гранулированных шлаков и добавок.*

*Ключевые слова: закладочные смеси, композиционные вяжущие, техногенное сырье, отходы мокрой магнитной сепарации, вяжущие низкой водопотребности.*

Анализ многолетнего опыта применения систем с твердеющей закладкой показывает, что использование закладки позволяет успешно решать многие технические и организационные вопросы: от сокращения объема горнокапитальных работ и вовлечения в эксплуатацию новых участков со сложными гидрогеологическими условиями до снижения запыленности окружающей территории от хвостохранилищ [1-5].

Специфические условия многих месторождений, вовлекаемых в подземную отработку системами с закладкой выработанного пространства требуют неординарного подхода к решению комплекса сложных технологических, организационно-технических и технико-экономических задач по обоснованию оптимальных составов твердеющих смесей, технологии их приготовления и формирования искусственных массивов.

Известно, что основной особенностью техногенных песков, применяемых для производства композиционных вяжущих, является их химико-минеральный состав. Несмотря на то, что более низкое содержание кварца в составе техногенного песка вызывает некоторое снижение активности КВ на его основе, полиминеральный состав способствует снижению энергоемкости помола вяжущего [6-10].

Целью работы явилось получение закладочных смесей на основе

композиционного вяжущего с использованием цемента, отходов ММС железистых кварцитов, доменных гранулированных шлаков и добавок.

Для получения вяжущих были использованы следующие материалы: портландцемент ЦЕМ I 32,5Н ГОСТ 31108–2003 ЗАО «Белгородский цемент», Новолипецкий доменный гранулированный шлак с  $M_o = 1,14$  и  $M_a = 0,2$  и отходы мокрой магнитной сепарации (ММС) железистых кварцитов с  $M_k = 0,6$ , добавка Полипласт СП-1.

Физико-механические свойства используемых техногенных песков связаны со сложным комплексом факторов, важнейшими из которых являются минеральный состав, плотность, водопотребность и другие.

Отходы ММС железистых кварцитов и шлак характеризуются большими значениями показателей водопотребности и истинной плотности, по сравнению с отсевом кварцитопесчаника и природным песком (таблица 1).

Таблица 1 - Физические свойства используемых техногенных песков

Наименование	Шлак	ММС	Отсев КВП	Песок Таволжанский
Плотность насыпная в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	1090	1300	1490	1448
Плотность истинная, кг/м <sup>3</sup>	2820	2800	2670	2630
Водопотребность, %	15	24	5,5	7
Модуль крупности	2,71	0,9	3,5	1,38

Исследование вещественного состава сырьевых материалов, синтезированного вяжущего, а также бетонов на их основе включали определение химического состава, минералогического состава, рентгенофазового, дифференциально-термического анализ. Определение физико-механических характеристик сырьевых и синтезированных материалов проводилось по стандартным методикам согласно ГОСТам.

С целью выявления роли добавки доменного гранулированного шлака в композиционном вяжущем были разработаны составы КВ 20 с различным соотношением наполнителей (шлака и отходов ММС). Данные компоненты были взяты при одинаковом уровне дисперсности (200 м<sup>2</sup>/кг) и домальвались с цементом в течение 5 мин. Следует отметить, что количество добавки вводилось в процентном соотношении от массы цемента (таблица 2).

Таблица 2 - Составы и свойства вяжущих

№ п/п	Вид вяжущего	Цемент, %	Шлак, %	Отходы ММС, %	Д <sub>c</sub> %	Предел прочности при сжатии, МПа	
						7 сут.	28 сут.
1	КВ20	20	-	80	0,7	4,2	12,1
2	КВ 20	20	20	60	0,7	5,0	14,9
3	КВ 20	20	40	40	0,7	8,4	18,3
4	КВ 20	20	60	20	0,7	9,5	25,4
5	КВ 20	20	80	-	0,7	12,6	33
6	КВ 30	30	35	35	0,7	9,1	22,1
7	КВ 40	40	30	30	0,7	16,1	30,1
8	ЦЕМ I 32,5 Н	100	-	-	0,7	29,5	42,4

Установлено, что самую низкую прочность имеют вяжущее с содержанием отходов ММС 80%, самую высокую-вяжущие на одном шлаке.

Поскольку при производстве быстрое охлаждение шлакового расплава предотвращает (или приостанавливает) его кристаллизацию, позволяя сохранить в шлаке ту внутреннюю энергию, которая выделилась бы в виде теплоты образования и кристаллизации химических соединений, это повышает способность тонко размолотого гранулированного шлака затвердевать при затворении водой в присутствии возбудителей твердения.

Обеспечение показателей прочности у вяжущих со шлаковой составляющей происходит за счет повышения удельной поверхности и, как следствие, возрастания доли мельчайших частиц, увеличивающих скорость гидратации. При этом сам шлак обладает гидравлическими свойствами, которые при тонком измельчении проявляются более полно.

Также повышение активности происходит за счет одновременного введения шлака и частичек отходов ММС железистых кварцитов, выступающих подложками и центрами кристаллизации, что можно отчетливо проследить на микрофотографиях (рисунок 1).

Таким образом, оптимизация процессов структурообразования композиционных вяжущих происходит за счет обеспечения последовательного роста новообразований при твердении системы «клинкерные минералы–кварц различного генезиса–шлак–вода–суперпластификатор», обусловленного разной интенсивностью и временем взаимодействия полигенетического кварца и частичек шлака с продуктами гидратации клинкерных минералов.

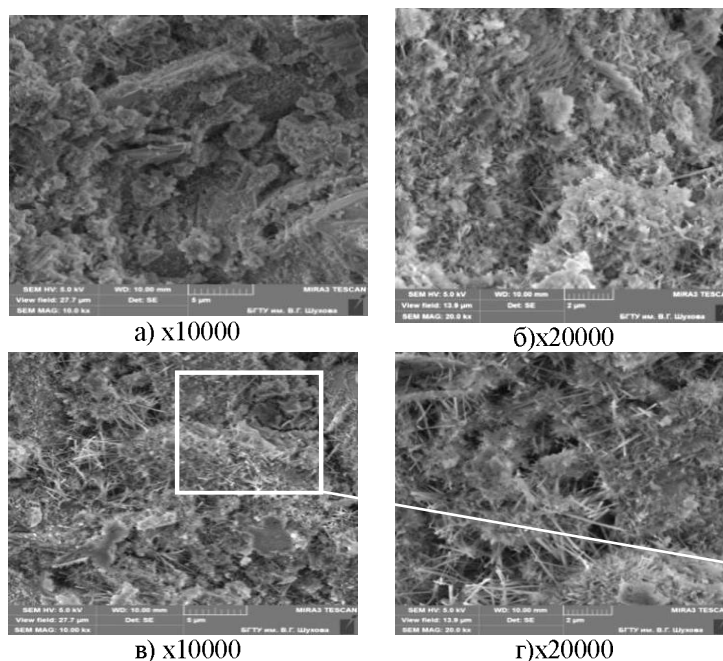


Рис.1 - Микроструктура вяжущих на основе шлака, отходов ММС и цемента: а,б- КВ 40; в,г- КВ 20

Халцедоновидная, регионально метаморфизованная, а также частично динамо-метаморфическая генерации кварца отходов ММС железистых кварцитов интенсивно связывают гидроксид кальция в мелкокристаллические нерастворимые гидросиликаты кальция, а контактово-метаморфическая разновидность и более крупные частицы шлака выступают подложками и центрами кристаллизации, что в целом способствует уменьшению количества дефектов, снижению кристаллизационного давления и оптимизации структуры материала.

#### Библиографический список

1. Лесовик, В. С. Снижение энергоемкости производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород : дис. ... д-ра техн. наук : 05. 23. 05 / Лесовик Валерий Станиславович. – М., 1997. – 461 с.
2. Лесовик, Р. В. Использование техногенных песков для производства мелкозернистых бетонов / Р. В. Лесовик // Строительные материалы. – 2007. – № 9. – С. 78 – 79.
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. – 173 с.

4. Клюев, А.В. Сталефибробетон на композиционных вяжущих и техногенных песках КМА для изгибаемых конструкций /Клюев А.В., Лесовик Р.В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова . – 2012. – № 2. – С. 14-16.

5. Лесовик, Р. В. Комплексное использование отходов алмазобогащения / Р. В. Лесовик, М. Н. Ковтун, Н. И. Алфимова // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 8. – С. 30 – 31.

6. Лесовик, Р. В. Минеральные бетоны для щебеночных оснований / А. М. Гридчин, А. Н. Хархардин, Р. В. Лесовик, С. М. Шаповалов // Строительные материалы. – 2004. – № 3. – С. 74 – 75.

7. Комбинированное дисперсное армирование мелкозернистого бетона на техногенном сырье и нанодисперсном модификаторе /Клюев С.В., Лесовик Р.В., Казлитина О.В., Нетребенко А.В., Калапников Н.В., Митрохин А.А. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова . – 2014. – № 3. – С. 47-53.

8. Лесовик, Р. В. Техногенный песок в дорожном строительстве / Р. В. Лесовик // Строительные материалы. – 2009. – № 12. – С. 48 – 50.

9. Лесовик, Р. В. Мелкозернистый бетон для дорожного строительства / Р. В. Лесовик // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2003. – № 11. – С. 92 – 95.

10. Клюев, С.В. Оптимальное проектирование высококачественного фибробетона / Клюев С.В., Клюев А.В., Лесовик Р.В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова . – 2015. – № 6. – С. 119-121.

**УДК 691.33**

**Богусевич Г.Г., канд. техн. наук, доц.**

**Сопин Д.М., канд. техн. наук,**

**Богусевич В.А., канд. техн. наук,**

**Гасанов О.Д., маг.,**

**Гончаров Р.С., маг.**

*(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

### **МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ КМА И КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР**

*В работе рассматривается возможность использования техногенного сырья Курской Магнитной Аномалии для получения мелкозернистого бетона используемого при зимнем бетонировании на основе композиционных вяжущих.*