

НАУЧНО - МЕТОДИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРОМЫШЛЕННОЕ
И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»**
(г. Минск, БНТУ — 24.05.2011)

УДК 624-2/9

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МОДИФИЦИРОВАННОГО
МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО И БЕТОНОВ
НА ИХ ОСНОВЕ**

МОЛДАМУРАТОВ Ж.Н.

Таразский Государственный университет имени М.Х. Дулати
Тараз, Казахстан

ГАЛУЗО Г.С.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Высокоэффективные вяжущие вещества нового поколения сегодня получают с использованием многокомпонентных составов, обеспечивающие получение высококачественных бетонов разного функционального назначения с улучшенными строительно-эксплуатационными свойствами. В основу создания таких вяжущих положен принцип целенаправленного управления технологией на всех ее этапах: использование активных компонентов, разработка оптимальных составов, применение химических модификаторов и некоторые другие приемы.

Анализ исследований процессов структурообразования многокомпонентных цементных систем показывает, что активность минеральных добавок характеризуется их способностью как к химическому, так и физико-химическому воздействию на процессы гидратации цемента. Химическая активность исследуемых отходов обо-

гашения и шлака цинкового производства в основном имеет пуццолановую природу.

Получение высокоэффективных вяжущих веществ нового поколения сегодня сопровождается использованием сложных составов компонентов с целью получения высококачественных бетонов разного функционального назначения с улучшенными строительно-эксплуатационными свойствами.

Исследуемые минеральные добавки повышают нормальную густоту цементного теста и замедляют скорость гидратации вяжущего. Для повышения прочностных свойств многокомпонентного вяжущего в ранние сроки твердения в состав комплексной добавки вводится сульфат натрия в количестве 0,5; 1,0; 1, % от массы комплексной добавки.[3]

Минеральные составляющие модифицирующей добавки (ШЦП, ОКОФ и ОБОФ) измельчали совместно до удельной поверхности 300, 350 и 400 м²/кг. После достижения заданной тонкости помола добавляются химические добавки и суперпластификатор и смесь перемешивается до получения однородной смеси в течение 1-2 мин. В качестве пластифицирующих добавок использованы:

- порошковый суперпластификатор С - 3 соответствующий требованиям ТУ 6.36.020429.625 - 90 «Пластификатор С - 3. Технические условия»;

- сухой, порошковый суперпластификатор «Сікамент-FF-N» соответствующий требованиям ASTM C-494, тип G.

Оптимизацию состава комплексного модификатора осуществляли с применением метода математического планирования эксперимента. Для этой цели использовали D - оптимальный план второго порядка, позволяющий получить математические зависимости изменения функциональных свойств комплексных добавок и дать их технологическую интерпретацию. [4]

В качестве независимых переменных в эксперименте приняты :

- тонкость помола комплексной добавки ($X_2 = S_m = 300, 350, 400$ м²/кг);

- количество отходов обогащения ($X_1 = 92, 94, 96$ % от массы комплексной добавки);

- количество суперпластификатора ($X_3 = 2,0; 2,5; 3,0$ % от массы комплексной добавки).

В результате проведения эксперимента получены математические зависимости изменения водопотребности вяжущего (нормальная густота цементного теста НГ), предела прочности при сжатии после пропаривания и нормального твердения от тонкости помола, дозировок минеральной и пластифицирующей добавок (таблица 1).

Оптимальное содержание комплексных модифицирующих добавок устанавливали по влиянию их на активность цемента. Активность цемента без добавки через 28 суток нормального твердения составляет 41,0 МПа.

Оптимальная дозировка комплексной добавки КМ-ЗШ составляет 30 % от массы цемента. При этом прочность многокомпонентного вяжущего в 28-суточном возрасте с комплексной добавкой КМ - ЗШ увеличивается на 11 % и составляет 45,5 МПа. При введении комплексной добавки КМ-ЗК прочность цемента достигает 48-53 МПа, т.е. на 7-12 МПа выше прочности эталонных образцов. Оптимальным содержанием комплексных добавок КМ-ЗК является 35 %. Оптимальная дозировка комплексной добавки КМ-ЗБ в составе многокомпонентного вяжущего составляет 35 и 40 %, при этом марочная прочность достигает соответственно 52,5 и 49,5 МПа.

Исследование влияния модифицирующих добавок на гидратацию и свойства цемента проводили с оптимальными составами (таблица 2).

Исследованы системы «цемент-вода» и «цемент-комплексная модифицирующая добавка-вода» с целью определения влияния доз добавок КМ-ЗШ, и КМ-ЗК на механизм гидратации цемента.

Таблица 1. Комплексные модифицирующие добавки

Компонент	Состав комплексной добавки,		
	КМ-ЗШ	КМ-ЗК	КМ-ЗБ
Суперпластификатор С-3	2	3	3
Na ₂ SO ₄	1	1	1
Нитрит-нитрат кальция (КНН)			
ЩЦП	3	2	3
ОКОФ	94	-	-
ОБОФ	-	94	-
	-	-	93

Начальный период гидратации цемента определяет дальнейший процесс твердения и физико-механические свойства цементного камня. В связи с этим исследованы составы жидкой и твердой фаз при В/Ц=10 в ранние сроки твердения. В жидкой фазе суспензии цемента без добавки через 15 мин гидратации наблюдается снижение концентрации Ca^{2+} , а через 30 мин - уменьшение до минимума (0,56 г/л). Снижение концентрации Ca^{2+} в жидкой фазе суспензии цемента с карбонат- и железосодержащими добавками наблюдается также через 15 мин с начала гидратации и уменьшение до минимума соответственно через 45 и 60 мин.

Установлено, что снижение концентрации Ca^{2+} с момента затворения вызвано образованием вокруг цементных зерен пленок из мельчайших кристаллов гидросульфатоалюминатов кальция, затрудняющих дальнейшее поступление их в жидкую фазу.

При введении в цемент добавки КМ-ЗК заметно снижаются концентрации щелочных ионов (Na^+ , K^+) в результате хомсорбционного поглощения их с составляющими добавками. Рост концентрации Ca^+ (после индукционного периода) в жидкой фазе уменьшает растворимость этtringита, что соответственно увеличивает его содержание в твердой фазе. Интенсивное поступление ионов кальция в жидкую фазу цемента с добавкой ОКОФ продолжается до 8 ч, что благоприятно действует на ускорение процесса гидролиза силикатных составляющих. [5]

Труднорастворимый сульфат бария, входящий в состав ОКОФ, затормаживает переход в жидкую фазу ионов SO_4^{2-} , что приводит к медленному образованию гидроалюминатных фаз в начальные сроки. Этим объясняются сравнительно низкие начальные сроки гидратации цемента с добавкой ОКОФ.

Добавка ОКОФ дополнительно поставляет ионы Ba^+ в жидкую фазу. Можно предположить, что их появление меняет свойства гидратных фаз, поскольку растворимость гидросиликатов бария ниже, чем гидросиликатов кальция. Сульфат бария, находящийся в составе добавки, как «специфический» адсорбент (по квалификации А.В. Кисилева) усиливает комплексообразование и способствует увеличению скорости гидратации силикатных минералов.

В статье представлены новые научно-обоснованные результаты разработки технологии производства модифицированных ма-

локлинкерных цементных систем, обеспечивающие решение важной научно-практической проблемы энерго- и ресурсосбережения.

Таблица 2. Оптимальные составы многокомпонентных вяжущих веществ

Портландцементный клинкер	Комплексная модифицирующая добавка	
	вид	количество, %
70	КМ-3Ш	30
65	КМ-3К	35
60	КМ-3Б	40

Основные научные результаты, практические выводы и рекомендации, полученные при выполнении работы, заключаются в следующем:

1. Разработаны химико-технологические основы применения некоторых отходов цветной металлургии Казахстана в качестве минеральных составляющих комплексных добавок модифицированных вяжущих. Показано, что комплексные добавки значительно повышают скорость гидратации силикатных минералов C_3S и β - C_2S . Степень гидратации камня C_3S через 28 суток твердения составляет 50 %, а с добавкой 15 % ШЦП и 20 % ОБОФ и 30 % ОКОФ соответственно – 54; 58,4 и 52,4 %. Оптимальная дозировка суперпластификаторов Сикамент-FF-N или С-3 для C_3S и (3- C_2S соответственно составляют 0,97 % и 0,22 % от массы мономинералов.

2. Установлено, что стеклообразный шлак цинкового производства, имея в своем составе оксид железа, подвергается растворению и гидролизу при нормальной температуре. Продукт гидратации C_3S – портландит катализирует процесс взаимодействия ШЦП с водой, повышая pH среды. В результате этого частицы добавки покрываются тонкой пленкой гелеобразного гидроксида железа и кремниевой кислоты.

3. Показано, что введение ОКОФ (до 30% от массы) не изменяет степень гидратации C_3S . Степень гидратации C_3S с добавкой ОКОФ через 3 и 7 суток твердения соответственно составляет 52,4 % и 61,4 %. Однако, в 28 суток возрасте твердения степень гидратации с добавкой, 74,0, а без неё 71,5%.

Таким образом, экономический эффект внедрения технологии малоклинкерных вяжущих веществ и бетонов получен за счет применения комплексной модифицирующей добавки на основе местных и техногенных материалов, снижения расхода цемента, энергосбережения и решения экологических проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глуховский, В.Д. Шлакощелочные легкие бетоны / В.Д. Глуховский. – Ташкент.Фан, 1992.
2. Козлов, В.В. Сухие строительные смеси / В.В. Козлов. – М: ИАСВ, 2000.
3. Нехорошев, А.В. Ресурсосберегающие технологии керамики, силикатов и бетонов / А.В. Нехорошев, Г.И. Цителаури. – М.: Стройиздат, 1991.
4. Филимонов, Б.П. Отделочные работы. Современные материалы и новые технологии: учебное пособие / Б.П. Филимонов. – М.: ИАСВ, 2004.
5. Горбунов, Г.И. Основы строительного материаловедения / Г.И. Горбунов. – М.: ИАСВ, 2002.
6. Карапузов, Е.К. Сухие строительные смеси / Е.К. Карапузов [и др.]. – К.: Техника, 2002.