

Алфимова Н. И., канд. техн. наук, доц.,
Вишневская Я. Ю., канд. техн. наук, н. с.,
Юракова Т. Г., канд. техн. наук, доц.,
Шаповалов Н. Н., аспирант,
Лугинина И. Г., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ВОПРОСУ О ТВЕРДЕНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ*

alfimovan@mail.ru

Вяжущие низкой водопотребности относятся к ряду эффективных материалов, позволяющих получить изделия с уникальными свойствами. В связи с чем была рассмотрена возможность их применения при изготовлении изделий, твердеющих в условиях тепловлажностной обработки. Проведенные исследования позволили выявить оптимальные значения температуры пропаривания в зависимости от генетического вида и количества кремнеземсодержащего компонента, используемого при их изготовлении.

Ключевые слова: композиционные вяжущие, техногенное сырье, тепловая обработка, активность, кремнеземсодержащий компонент, вяжущее низкой водопотребности.

Введение

В настоящее время разработана широкая номенклатура композиционных вяжущих (КВ), где в качестве кремнеземистого компонента применяется сырье как природного, так и техногенного происхождения [1–20 и др.]. В основу создания таких вяжущих положен принцип целенаправленного управления технологией на всех ее этапах: использование активных компонентов, разработка оптимальных составов, применение химических модификаторов, использование механохимической активации компонентов и некоторые другие приемы.

В целом, факторы, которые влияют на активность композиционных вяжущих и как следствие на свойства изделий на их основе можно разделить на три основные группы (рис. 1).



Рис. 1. Факторы, влияющие на активность композиционных вяжущих

Цель данного исследования заключалась в выявлении влияния температуры изотермической выдержки при тепловлажностной обработке (ТВО) на активность вяжущих низкой водо-

потребности, изготовленных с использованием сырья различного генезиса.

Условия твердения относятся к технологическим факторам, однако рассматривать их воздействие на активность КВ необходимо только в совокупности с генетическими и рецептурными факторами.

Ранее была рассмотрено влияние рецептурно-технологических факторов на активность тонкомолотых многокомпонентных цементов [21]. Однако введение в систему суперпластификатора может существенно изменить характер зависимостей.

Методика

В качестве кремнеземсодержащих компонентов для изготовления ВНВ, как и ранее [21], были выбраны четыре разновидности песков, входящие в различные генетические группы:

осадочные (природные) – кварцевый песок Нижне-Ольшанского месторождения;

магматические (природные) – полнокристаллический вулканический пепел (Республика Эквадор);

метаморфические (техногенные) – отсев дробления кварцитопесчаника зеленосланцевой степени метаморфизма (Лебединский ГОК);

пирогенные (техногенные) – отход производства керамзитового гравия, образующийся на стадии сортировки (ОАО ЖБК-1, г. Белгород).

Для изучения влияния условий твердения на свойства композиционных вяжущих были запланированы две матрицы с использованием четырех видов кремнеземсодержащих компонентов (табл. 1). В качестве факторов варьирования были приняты количество минерального компонента и температура изотермической выдержки.

Таблица 1

Условия планирования эксперимента

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	1	
Кремнеземсодержащий компонент, % от массы КВ	$X_1 (X_1')$	30(70)	50(80)	70(90)	20 (10)
Температура изотермической выдержки, °С	X_2	55	70	85	15

Режим тепловлажностной обработки выбран в соответствии с наиболее распространенным на заводах по производству железобетонных изделий 2+3+6+2. Образцы испытывались через 1 сут после пропаривания.

В соответствии с матрицей планирования были рассчитаны 9 составов композиционных вяжущих. Расход суперпластификатора Melment F 10 принимался равным 0,8 % от массы цемен-

та. Все составы проектировались с условием равной подвижности.

Выходным параметром для подбора оптимального состава служила прочность на сжатие.

Для контрольного сравнения были изготовлены образцы ЦЕМ I 42,5 Н, ТМЦ-100 и ВНВ-100, твердеющие в аналогичных условиях (табл. 2)

Таблица 2

Активность бездобавочных вяжущих в зависимости от условий твердения

Вид вяжущего	Активность вяжущих, МПа, твердеющих в различных условиях		
	Тепловая обработка при температуре изотермической выдержки:		
	55 °С	70 °С	85 °С
ЦЕМ I 42,5 Н	27,00	38,10	34,40
ТМЦ-100	38,50	42,50	37,80
ВНВ-100	42,10	57,50	54,30

Основная часть

После статистической компьютерной обработки экспериментальных данных были получены зависимости изменения прочности композиционных вяжущих от вида, количества кремнеземсодержащего компонента и температуры

изотермической выдержки при тепловой обработке (рис. 1). По уравнениям регрессии был сделан анализ влияния исследуемых факторов.

Уравнение регрессии прочности при сжатии для ВНВ, изготовленного с использованием:

кварцевого песка:

$$а) R = 30,9 - 11,72X_1 + 1,45X_2 - 5,4X_1^2 - 6,22X_2^2 + 0,07X_1X_2$$

$$б) R = 15,54 - 5,117X_1 + 2,96X_2 + 2^{-15}X_1^2 - 3,04X_2^2 - 0,4X_1X_2$$

отсева дробления кварцитопесчаника:

$$а) R = 43,53 - 12,23X_1 - 0,34X_2 - 3,785X_1^2 - 7,57X_2^2 + 0,15X_1X_2$$

$$б) R = 17,5 - 6,295X_1 + 2,188X_2 - 0,202X_1^2 - 1,68X_2^2 + 0,03X_1X_2$$

вулканического пепла:

$$а) R = 42,03 - 11,19X_1 + 1,133X_2 - 4,82X_1^2 - 7,25X_2^2 + 0,27X_1X_2$$

$$б) R = 15,77 - 5,61X_1 + 2,492X_2 - 0,05X_1^2 - 1,73X_2^2 - 0,2X_1X_2$$

керамзитовой пыли:

$$а) R = 45,76 - 10,66X_1 + 1,125X_2 - 1,908X_1^2 - 7X_2^2 + 0,04X_1X_2$$

$$б) R = 25,93 - 5,515X_1 + 2,078X_2 + 0,505X_1^2 - 1,39X_2^2 + 0,94X_1X_2$$

В целом характер зависимостей схож с ранее полученными результатами для тонкомолотых многокомпонентных цементов [21]. В частности: максимальная активность наблюдается у вяжущих изготовленных с использованием отходов производства керамзита и отсевов дробления кварцитопесчаника, наименьшая – вулканического пепла и кварцевого песка.

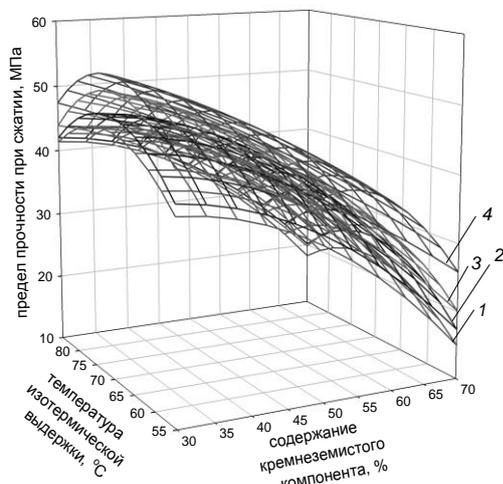
При этом оптимальной температурой изотермической выдержки, при содержании клин-

керной составляющей 70–30 %, как и для контрольных образцов (табл. 2) является $t = 70$ °С, при ее повышении до 85 °С увеличивается негативное воздействие деструктивных процессов, что в свою очередь приводит к сбросу прочности. Невысокие прочностные показатели при 55 °С можно объяснить недостаточной активацией кремнеземистого компонента.

И в то же время для ВНВ-30, ВНВ-20 и ВНВ-10 оптимальной является температура изо-

термической выдержки 85 °С (рис. 1, б). Это можно объяснить уменьшением количества воды затворения при введении суперпластификатора, что, в свою очередь, приводит к снижению влияния деструктивных процессов, вызванных миграцией влаги, и к расширению паровоздушной смеси в порах.

а



б

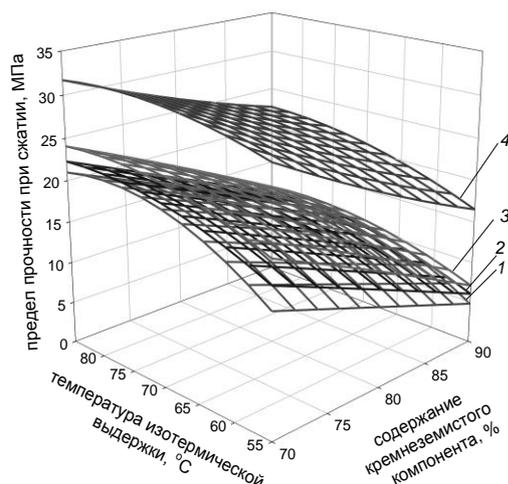


Рис. 1. Зависимости прочности при сжатии ВНВ от вида, количества кремнеземсодержащего компонента, % (а – 30, 50, 70; б – 70, 80, 90) и температуры изотермической выдержки

- 1 – кварцевый песок; 2 – вулканический пепел;
3 – отсев дробления кварцитопесчаника;
4 – керамзитовая пыль

Выводы

Таким образом, установлены оптимальные температуры изотермической выдержки для ВНВ, в зависимости от вида и количества используемого кремнеземсодержащего компонента.

КСК проранжированы по степени их эффективности в качестве сырья для производства

КВ в зависимости от параметров ТВО в порядке убывания активности «керамзитовая пыль – отсев дробления кварцитопесчаника – вулканический пепел – кварцевый песок».

*Работа выполнена в рамках Гранта Президента Российской Федерации МК-5667.2013.8 и Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н., Ластовецкий А.Н. О возможности использования техногенных песков в качестве сырья для производства строительных материалов* // Региональная архитектура и строительство. 2008. №2. С. 10–15.
2. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н. Стеновые камни из мелкозернистого бетона на основе техногенного сырья // Известие вузов. Строительство. 2007. №11. С. 46–49.
3. Лесовик Р.В., Ключев С.В. Техногенные пески для производства высококачественного фибробетона // Строительные материалы оборудование, технологии XXI века. 2012. №8. С. 31.
4. Лесовик Р.В., Ключев С.В. Фибробетон на композиционных вяжущих и техногенных песках Курской магнитной аномалии для изгибаемых конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2012. №3. С. 41–47.
5. Использование композиционных вяжущих для повышения долговечности брусчатки / В.С. Лесовик, М.С. Агеева, Ю.В. Денисова, А.В. Иванов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №4. С. 52–54.
6. Лесовик Р.В., Ключев А.В., Ключев С.В. Мелкозернистый сталефибробетон на основе техногенного песка для получения сборных элементов конструкции. В сборнике :Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов сбрник докладов (XIX научные чтения). 2010. С. 140-143.
7. Ключев С.В. Сталефибробетон на основе композиционного вяжущего В сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. 2011. С. 32-36.
8. Ключев С.В., Ключев А.В., Лесовик Р.В. Смесь для производства мелкозернистого сталефибробетона на основе отсева дробления кварцитопесчаника. Патент на изобретение RUS 2467972 25.03.2011
9. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Жуков Р.В. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производ-

стве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 10. С. 79–79.

10. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Жуков Р.В., Гаранин В.К. Ячеистые бетоны с использованием попутнодобываемых пород Архангельской алмазоносной провинции // Известие вузов. Строительство. 2007. №2. С. 13–18.

11. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Алфимов С.И. Силикатные материалы на основе вскрышных пород Архангельской алмазоносной провинции // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2006. №3 С. 67.

12. Володченко А.Н., Ходыкин Е.И., Строкова В.В. К проблеме использования попутно добываемого сырья угольных месторождений для производства автоклавных силикатных материалов. Технология бетонов. 2013. № 6 (83). С. 40–41.

13. Володченко А.Н. Повышение морозостойкости силикатных материалов на основе нетрадиционного сырья // Инновации в науке. 2013. № 24. С. 24–30

14. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К. А. Энергоэффективные газобетоны бетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известие вузов. Строительство. 2012. №3. С. 10–20.

15. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства. Белгород: КОНСТАНТА, 2011. 151 с.

16. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Су-

лейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 152 с.

17. Ходыкин Е.И., Фомина Е.В., Николаенко М.А., Лебедев М. С. Рациональные области использования сырья угольных разрезов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №3. С. 125–128.

18. Носова А.Н., Фомина Е.В. Термоактивация опал-кристоболитовой породы – отхода Коркинского угольного месторождения // Технические науки – от теории к практике. 2013. №24. С. 106–111.

19. Фомина Е.В. Особенности твердения композиционных вяжущих в технологии автоклавных ячеистых материалов / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2007

20. Лесовик, Р. В. Жерновский И. В., Выбор кремнеземсодержащего компонента композиционных вяжущих веществ // Строительные материалы. №8. 2008. С. 78–79.

21. Вишневская Я. Ю., Яковлев О. А., Калатази В. В., Шадский Е. Е., Бондаренко Д. О. Влияние тепловлажностной обработки на свойства тонкомолотых многокомпонентных цементов, изготовленных с использованием сырья различного генезиса // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №3. С. 17–21.