

Д. т. н. В. Н. Соков (✉), к. т. н. С. Д. Сокова, к. т. н. В. В. Соков

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия

УДК 666.974.2:666.762.11].017:620.179.132

ТЕРМОСТОЙКИЙ КОРУНДОВЫЙ БЕТОН, АРМИРОВАННЫЙ ВОЛОКНАМИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, СИНТЕЗИРУЕМЫМИ В МАТРИЦЕ ПРИ ОБЖИГЕ. Часть 6. Изучение термомеханических свойств армированного корундового бетона*

Введение в бетон специального волокна, переведенного при обжиге в корундовое и спеченное с матрицей, позволило перераспределить напряжения между матрицей и волокном, значительно снизить усадку в связке бетона, повысить термостойкость и несущую способность изделий.

Ключевые слова: циклическое температурное воздействие, релаксация напряжений, усадочные явления, термостойкость, распространение трещин.

При первом нагревании жаростойкого бетона происходит основное формирование его структуры. Усадочные явления в связке бетона и температурное расширение заполнителя обуславливают разноименные деформации в структуре, вызывающие соответствующие напряжения между ее компонентами. Протекающие при высоких температурах реакции в твердых фазах между дисперсными составляющими бетона в одних случаях увеличивают эти напряжения, а в других — релаксируют их. Трудно определить, когда указанные напряжения вызывают образование микротрещин в структуре бетона, однако во всех случаях они ослабляют связи между структурными компонентами и являются основой разделения гетерогенной структуры жаростойкого бетона на фрагменты, иногда соизмеримые с величиной зерен его компонентов.

Циклическое температурное воздействие на структуру бетона, сформированную при первом нагревании и имеющую ослабленные или нарушенные прослойки между компонентами, способствуют образованию и развитию микротрещин в этих прослойках, в результате чего структура может приобрести фрагментарное строение.

Значение фрагментации структуры огнеупорных материалов для повышения термостойкости и теоретическое обоснование такой зависимости

рассмотрены в работах К. К. Стрелова [1] и других исследователей. При изучении фрагментации жаростойких бетонов необходимо иметь в виду, что их структура образуется из компонентов с размером зерен от 0 до 20 мм, причем прочностные характеристики крупных зерен и соединяющего их раствора могут быть близки или значительно различаться. В первом случае трещины проходят по раствору и по зернам, размер фрагмента от величины последних зависит в меньшей степени. В случае более прочных зерен крупного заполнителя трещины проходят лишь по раствору, поэтому размер зерен заполнителя существенно влияет на величину фрагментов.

Введение в бетон специального волокна, в результате термообработки переведенного в корундовое и спеченное с матрицей, позволяет в значительной мере снизить усадочные явления в связке бетона и повысить за счет армирования несущую способность и долговечность элементов футеровки из огнеупорного бетона, а также противостоять циклическому температурному воздействию за счет перераспределения напряжений между матрицей и волокном. Измерение линейных размеров проводили после термообработки образцов при 1600 °С (рис. 1).

Структура огнеупорных бетонов имеет принципиальные отличия от структуры наиболее распространенных огнеупоров. Во-первых, огнеупорные бетоны — безобжиговые материалы, поэтому при первом нагревании их структура претерпевает физико-химические превращения, существенно изменяющие физико-механические и теплофизические характеристики бетона. При этом формируется стабилизированная структура бетона, содержащая поры, микротрещины. Другое принципиальное отличие огнеупорных бетонов от огнеупорных изделий, указанное К. К. Стреловым [1], состоит в том, что их структура при

* Части 1–4 статьи опубликованы в журнале «Новые огнеупоры» № 5–8 за 2014 г., часть 5 — в журнале № 1 за 2015 г.



В. Н. Соков
E-mail: sersok_07@mail.ru

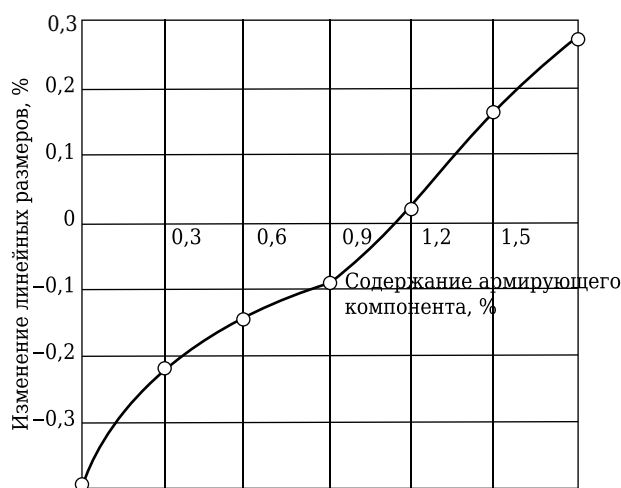


Рис. 1. Изменение линейных размеров образцов $(\frac{\Delta l}{l}) \cdot 100$ от содержания армирующего компонента после термообработки при 1600 °С

службе в конструкциях тепловых агрегатов подвержена градиентным превращениям из-за неизбежных перепадов температуры, т. е. происходит как бы расслаивание структуры бетона по толщине. Следующая особенность изделий из бетонов состоит в их крупноразмерности, монолитности, поэтому возникающие в бетонном изделии напряжения релаксируют в меньшей степени, чем в штучных огнеупорах, соединяемых раствором.

Анализ службы огнеупорных бетонов в конструкциях тепловых агрегатов показывает, что их разрушение весьма часто предопределено недостаточной термостойкостью при температурах значительно ниже допускаемых.

Как отмечено выше, огнеупорный бетон по структуре является гетерогенным материалом со значительной пористостью и развитой трещиноватостью. Следовательно, с позиций службы огнеупорного бетона в конструкциях тепловых агрегатов его термостойкость означает сопротивляемость распространению трещин при тепловых нагрузках. Особенности структуры огнеупорных бетонов обуславливают тот факт, что в результате одной теплосмены несущая способность их обычно мало изменяется. Для ощутимой деструкции бетонов требуется воздействие ряда тепловых нагрузений. Отсюда возникла методика испытания образцов огнеупорного бетона по числу водяных теплосмен [2]. Этот метод, несмотря на существенные недостатки, получил большое распространение из-за своей простоты и является общепринятым. В то же время метод водяных теплосмен не полностью характеризует термостойкость огнеупорных бетонов, так как получаемый результат не отражает реальные условия теплообмена изделий с окружающей средой и зачастую не позволяет сопоставлять теплофизические свойства различных бетонов для заданных условий службы.

В последние годы появились предложения оценивать термостойкость бетона по относительному изменению скорости ультразвука в образце или по остаточной прочности бетона при испытании на изгиб после воздействия нескольких циклов нагрева – охлаждения.

Для определения зависимости термической стойкости корундового бетона от массовой доли армирующего компонента изготовлены образцы семи составов, мас. %: крупный заполнитель (1,25–5,0 мм) 20, мелкий заполнитель (0,14–1,25 мм) 62, высокоглиноземистый цемент 18, армирующий компонент 0,3–1,8. Содержание армирующего компонента в образцах приведено ниже, мас. %:

Образец.....	1	2	3	4	5	6	7
Содержание армирующего компонента.....	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8

Образцы помещали в предварительно разогретую до 950 °С печь, выдерживали при этой температуре 30 мин и сбрасывали в емкость с проточной водой, время охлаждения в воде 3 мин. Цикл повторялся до тех пор, пока образец не разрушался на два куска или большее количество кусков.

Анализируя полученные данные, можно заключить (рис. 2), что армирующее действие волокон

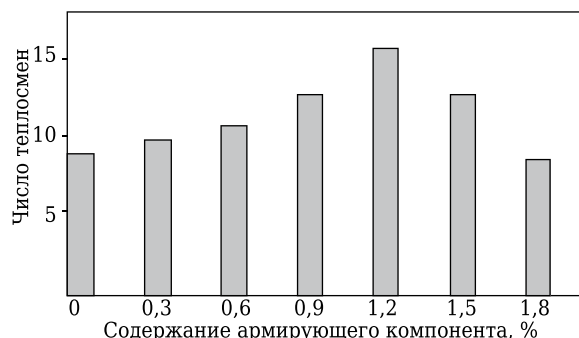


Рис. 2. Зависимость термической стойкости корундового бетона от содержания армирующего компонента

максимально проявляется только при достаточном количестве цемента. В противном случае увеличение количества волокон снижает термостойкость. Поэтому большое значение имеет поиск благоприятного сочетания волокна и связки, и, как показали проведенные исследования, желательно, чтобы это соотношение было не менее 1 : 1,2.

Библиографический список

1. Стрелов, К. К. Структура и свойства огнеупоров / К. К. Стрелов ; 2-е изд., перераб. — М. : Металлургия, 1982. — 208 с.
2. Инструкция по технологии приготовления жаростойких бетонов. СН 156–79. — М. : Стройиздат, 1978. — 38 с.■

Получено 23.09.14
© В. Н. Соков, С. Д. Сокова,
В. В. Соков, 2015 г.