

# Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Б. С. Мاستрюков, А. П. Шутов, Н. П. Кузнецова, Радиационные характеристики огнеупорных бетонов, *ТВТ*, 1978, том 16, выпуск 4, 761–764

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 34.239.153.44

6 ноября 2024 г., 09:11:04



УДК 536.521.2

**РАДИАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ***Мастрюков В. С., Шутков А. П., Кузнецова Н. П.*

Проведено исследование нормальных спектральных и интегральных степеней черноты огнеупорных бетонов, применяемых в отечественном печестроении. Спектральные степени черноты измеряли при температуре 1123 К, интегральные — в температурном интервале 850–1250 К. Установлено, что радиационные характеристики исследованных огнеупоров зависят от типа заполнителя, связующего и отвердителя, а также состава среды, в которой производился нагрев образцов.

Широкое применение огнеупорных бетонов в современном печестроении обусловлено возможностью индустриализации методов сооружения и ремонта, увеличения межремонтных сроков и производительности печей. Кроме того, имеется теплотехнический аспект применения огнеупорных бетонов, связанный с активной ролью футеровки в процессах радиационного теплообмена в рабочем пространстве печей [1]. Интенсивность процессов теплообмена и их рациональная организация во многом зависят от правильного подбора радиационных характеристик футеровки печей. Кирпичная футеровка предоставляет ограниченные возможности для варьирования радиационных свойств [2]. Радиационные характеристики огнеупорных бетонов, состоящих из различных сочетаний заполнителя, связующего и отвердителя, могут изменяться в значительно более широких пределах.

Данные по радиационным свойствам огнеупорных бетонов практически отсутствуют. Известны работы [3, 4], в которых приводятся величина интегральной степени черноты бетона, и [5, 6] с данными по спектральной степени черноты бетонов. Однако ни в одной из них не указаны состав бетонов, состояние поверхности и условия проведения экспериментов.

В данной работе исследовались нормальные спектральные (в интервале длин волн 1–9 мкм)  $\epsilon_\lambda$  и интегральные  $\epsilon_\Sigma$  степени черноты огнеупорных бетонов, применяемых в отечественном печестроении.

Исследования проводились с использованием относительного радиационного метода на установке, описанной в работе [2]. При изготовлении образцов использовались: в качестве заполнителя — шамот, диас, высокоглинозем, магнезит, хромомagneзит и хромит; в качестве связующего — глиноземистый цемент, портландцемент, жидкое стекло; в качестве отвердителя — кремнефтористый натрий, нефелиновый шлам и портландцемент. Образцы изготавливались плоскими, размером 70×70 мм<sup>2</sup>; минимальная толщина 4 мм определялась прочностью образцов.

Измерения спектральной степени черноты образцов проводились при температуре 1123 К, определяемой наличием значительного градиента температур по сечению образца и стойкостью нагревателя. Интегральные степени черноты измерялись в температурном интервале 850–1250 К. Температура поверхности образца определялась путем экстраполяции показаний двух термопар, заделанных в образец на глубинах 0,5 и 1,5 мм. Максимальная погрешность измерения спектральной степени черноты не превышала 12%, интегральной — 8%.

Спектральные и интегральные степени черноты огнеупорных бетонов с кремнеземистым и алюмосиликатными заполнителями представлены на рис. 1. Кривые  $\epsilon_\lambda(\lambda)$  и  $\epsilon_\Sigma(T)$  подобны аналогичным кривым для штучных огнеупоров [2]. В спектральном диапазоне 1—4 мкм, представляющем наибольший интерес с точки зрения радиационного теплообмена в рабочем пространстве промышленных печей, все рассмотренные бетоны имеют относительно низкие значения спектральной степени черноты. Наименьшими значениями  $\epsilon_\lambda$  обладают шамотный бетон (жидкое стекло+ $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ) и высокоглиноземистый бетон (глиноземистый цемент).

Наибольшую спектральную степень черноты в рассматриваемом интервале длин волн имеет динасовый бетон (жидкое стекло+ $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ). При

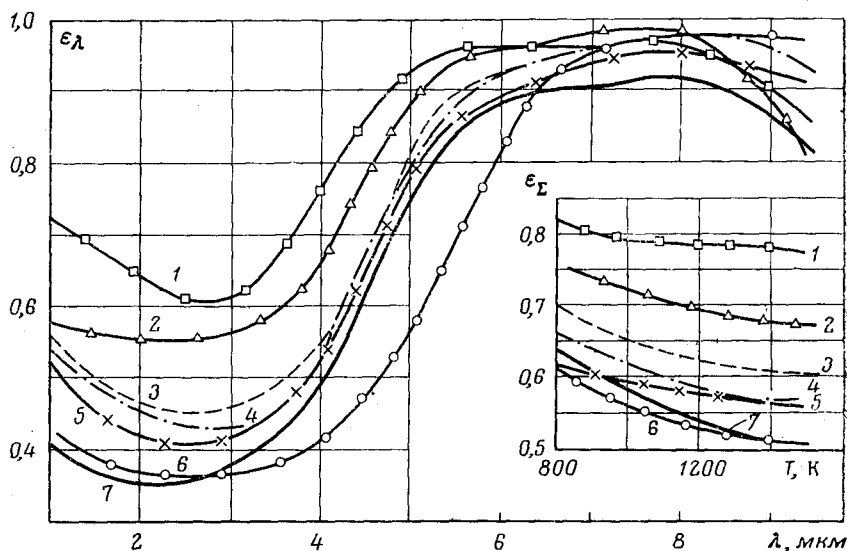


Рис. 1. Радиационные характеристики огнеупорных бетонов с кремнеземистым и алюмосиликатными заполнителями в воздушной среде: 1 — динасовый бетон (жидкое стекло +  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ); 2 — шамотный бетон (жидкое стекло + портландцемент); 3 — шамотный бетон (жидкое стекло + нефелиновый шлам); 4 — шамотный бетон (портландцемент); 5 — шамотный бетон (глиноземистый цемент); 6 — высокоглиноземистый бетон (глиноземистый цемент); 7 — шамотный бетон (жидкое стекло +  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ )

одном и том же заполнителе изменение связующего и отвердителя позволяет менять спектральную и интегральную степени черноты бетона в широком диапазоне.

Экспериментально полученные значения интегральной степени черноты исследованных бетонов сопоставлялись с величинами, рассчитанными по соответствующей спектральной кривой  $\epsilon_\lambda(\lambda)$ . Во всем исследованном интервале температур сопоставляемые величины отличались друг от друга менее чем на 3%. Это свидетельствует не только о достаточно высокой точности эксперимента, но и о малом изменении  $\epsilon_\lambda(\lambda)$  для исследованных бетонов в рассматриваемом температурном интервале, что позволяет экстраполировать полученные данные на более высокие температуры.

В нейтральной среде (в атмосфере аргона) спектральные и интегральные степени черноты всех исследованных огнеупорных бетонов заметно увеличивались (рис. 2). Аналогичное увеличение обнаружено и для штучных огнеупоров, в [2] оно объясняется изменением порядка окислов титана и железа, входящих в огнеупорную массу. Такое объяснение справедливо и для огнеупорных бетонов.

Магнезитовые огнеупорные бетоны (рис. 3) при нагреве на воздухе обладают более резким изменением спектральной степени черноты в интервале длин волн 1—5 мкм. Минимальное значение  $\epsilon_\lambda$  приходится на  $\lambda =$

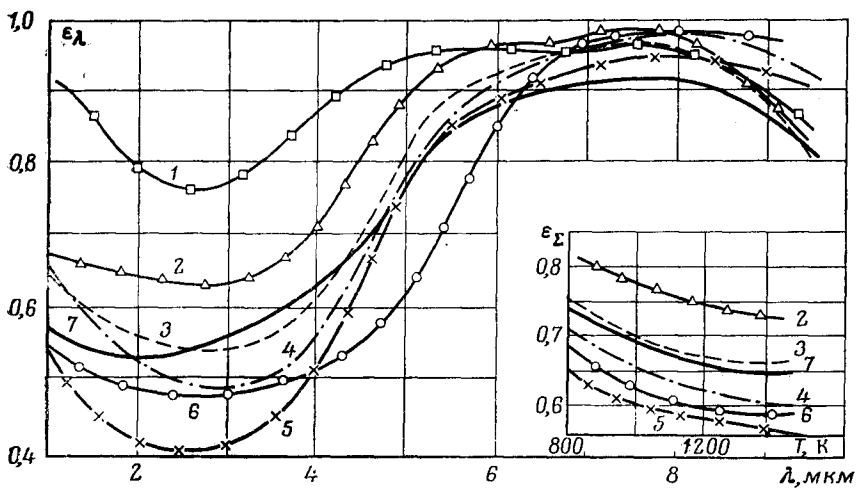


Рис. 2. Радиационные характеристики огнеупорных бетонов с кремнеземистым и алюмосиликатными заполнителями в нейтральной среде (Обозначения те же, что и на рис. 1)

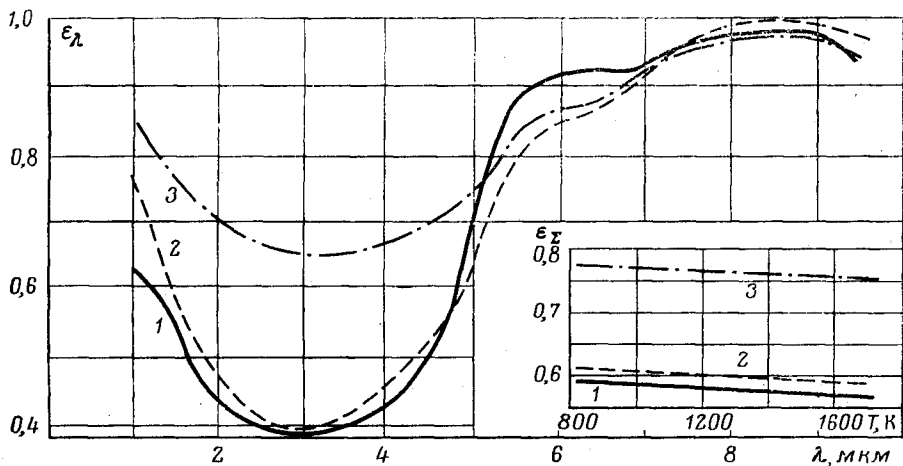


Рис. 3. Радиационные характеристики магнезитовых бетонов в воздушной среде: 1 — магнезитовый бетон (жидкое стекло +  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ); 2 — магнезитовый бетон (жидкое стекло + нефелиновый шлам); 3 — магнезитовый бетон (портландцемент)

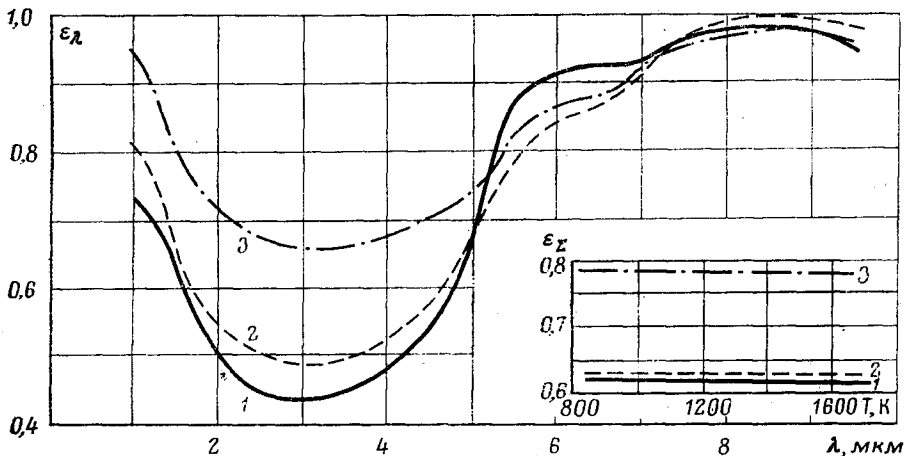


Рис. 4. Радиационные характеристики магнезитовых бетонов в нейтральной среде. (Обозначения те же, что и на рис. 3)

$\approx 3$  мкм, для магнезитовых бетонов с различными связующими и отвердителями оно меняется почти в два раза (от 0,38 для бетонов на жидком стекле до 0,64 для бетона на портландцементе).

Влияние инертной среды на радиационные характеристики магнезитовых бетонов (рис. 4) выражено слабее, чем в случае алюмосиликатных бетонов, но также приводит к некоторому увеличению спектральных и интегральных степеней черноты. Интересно отметить, что степень черно-

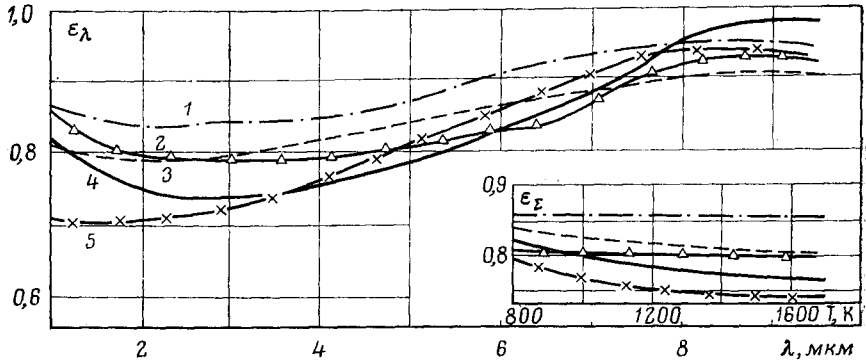


Рис. 5. Радиационные характеристики хромитовых бетонов: 1 — хромитовый бетон (портландцемент); 2 — хромомагнезитовый бетон (портландцемент); 3 — хромитовый бетон (жидкое стекло + нефелиновый шлак); 4 — хромитовый бетон (жидкое стекло +  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ); 5 — хромитовый бетон (высокоглиноземистый цемент)

ты магнезитового кирпича в нейтральной среде снижается по сравнению со степенью черноты в воздухе [2]. Противоположный характер изменения спектральной и интегральной степеней черноты магнезитовых бетонов при переходе к нейтральной среде, что, по-видимому, следует объяснить влиянием связующего и отвердителя.

Огнеупорные бетоны с хромитовым и хромомагнезитовым заполнителями обладают меньшей селективностью радиационных свойств: их спектральные степени черноты плавно меняются от 0,7—0,85 при  $\lambda=1$  мкм до 0,9—0,98 при  $\lambda=9$  мкм (рис. 5). Как и в случае магнезитовых бетонов, наивысшую степень черноты имеют бетоны на портландцементе. Влияние состава среды на радиационные характеристики этих бетонов не обнаружено, что отмечено ранее для хромомагнезитового кирпича [2].

Таким образом, практически все исследованные огнеупорные бетоны обладают существенной селективностью радиационных характеристик, зависящих от типа заполнителя, связующего и отвердителя и от состава среды, в которой производится их нагрев. Широкий диапазон изменения спектральных и интегральных степеней черноты огнеупорных бетонов даёт возможность выбора для футеровки печей такого бетона, радиационные свойства которого будут способствовать интенсификации процессов теплообмена.

Московский институт стали и сплавов

Поступила в редакцию  
27 XII 1977

#### ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Глинков. Основы общей теории печей. Металлургиздат, 1962.
2. Б. С. Мاستрюков, Н. П. Кузнецова, А. П. Шугов. В сб. тр. МИСиС, Радиационный теплообмен в промышленных печах, № 84. «Металлургия», 1975, стр. 43.
3. Р. Зигель, Дж. Хауэлл. Теплообмен излучением. «Мир», 1976.
4. Э. М. Сперроу, Р. Д. Сесс. Теплообмен излучением. «Энергия», Л., 1971.
5. С. Н. Шорин. Теплопередача. «Высшая школа», 1964.
6. А. А. Воскресенский, А. Р. Ферг. ИФЖ, 12, № 5, 610, 1967.