

МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОПРОЧНЫХ ОГНЕУПОРНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р.Д. Капустин*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук, Черноголовка, Россия

* kapustin-roman@mail.ru

В настоящее время существуют следующие основные мировые тенденции в производстве огнеупорных материалов:

- повышение требований к качеству и эксплуатационной долговечности материалов;
- применение высокочистого и синтетического сырья;
- увеличение доли неформованных огнеупоров, не требующих обжига, в общем объеме производства, снижающих трудоёмкость работ и удешевляющих ремонт;
- разработка новых материалов и технологий их производства для увеличения срока службы тепловых агрегатов и удешевления ремонтных работ.

Настоящая работа посвящена исследованиям физико-механических свойств и огнеупорности новых модификаций огнеупорных материалов с улучшенными физико-химическими, механическими и эксплуатационными характеристиками.

Цель работы – на основании экспериментальных исследований определить свойства новых огнеупорных материалов и выявить наиболее перспективные из них для изготовления изделий, подвергаемых прямому воздействию сверхвысоких температур: факелов горелок, дефлекторов, балок и т.п.

Методика экспериментальных исследований предусматривала изготовление образцов из огнеупорных керамических материалов, их обжиг до $T=1600^{\circ}\text{C}$ с последующим исследованием их физико-механических характеристик и изменений структуры.

На первом этапе экспериментов исследовались корундовые материалы, в том числе с применением электроплавленного корунда (№ 1) и высокочистого Al_2O_3 (№ 2). Образец № 3 был изготовлен на основе табулярного корунда, представляющего собой крупнокристаллические гранулы, обожженные при температуре 1950°C . Такой корунд носит название «табулярный» (пластинчатый), так как его кристаллы имеют пластинчатую

форму и размер от 50 до 150 мкм. Образцы № 4 и №5 были изготовлены на основе электроплавленного корунда с добавками микрофибры: базальтовой и углеродной соответственно.

Таблица 1. Номенклатура корундовых образцов для испытаний

№ образца	Форма и размеры, мм; $S_{\text{осн}}, \text{мм}^2$	Марка, состав	Масса, гр
1	Куб (100×100×100) $S_{\text{осн}} = 10000$	ВБФ 1700К (электроплавленный корунд)	2360
2	Куб (100×100×100) $S_{\text{осн}} = 10000$	ВБФ 1700К Sintal F280 (электроплавленный высокочистый корунд)	2610
3	Куб (100×100×100) $S_{\text{осн}} = 10000$	ВБФ 1700К Coral F280 (табулярный корунд)	2620
4	Куб (100×100×100) $S_{\text{осн}} = 10000$	ВБФ 1700 К (с микрофиброй базальтовой)	2610
5	Куб (100×100×100) $S_{\text{осн}} = 10000$	ВБФ-1700КУ (с микрофиброй углеродной)	2380

После термообработки до температуры 1600°C линейная усадка всех образцов составила не менее 6 %. Наибольшие изменения размеров до 9 % зафиксированы на образце № 5 с добавкой углеродной микрофибры, что связано с её выгоранием при воздействии сверхвысоких температур.

На втором этапе экспериментов исследовались корундовые материалы с добавкой периклаза (MgO).

Таблица 2. Номенклатура корундово-периклазовых образцов для испытаний

№ образца	Форма и размеры, мм; $S_{\text{осн}}, \text{мм}^2$	Марка, состав	Масса, гр
6	Куб (100×100×100) $S_{\text{осн}} = 10000$	КП10 (с периклазом)	2730
7	Куб (100×100×100) $S_{\text{осн}} = 10000$	КП10т (с пониженным содержанием связующего)	2830
8	Куб (100×100×100) $S_{\text{осн}} = 10000$	КП15 (с повышенным содержанием периклаза)	2650

Образцы подвергались термообработке до максимальной температуры 1600°C. Линейная термическая усадка всех корундово-периклазовых образцов составила не более 2 %.

На третьем этапе исследований были изготовлены образцы размером 50x50x50 мм и проведена оценка прочностных свойств различных составов, в том числе после термообработки при различных температурах. Также исследовались изменения структуры материалов при воздействии различных температур.

В результате экспериментальных исследований образцов было установлено:

- изделия из неформованных огнеупорных материалов на основе Al_2O_3 (электрокорунд) способны работать при температурах не менее 1600°C без оплавления и разрушения. При этом, в результате воздействия высоких температур и синтеза новых соединений значительно увеличиваются их прочностные свойства и износостойкость;
- линейная термическая усадка корундовых неформованных огнеупоров (независимо, используется табулярный, электроплавленный или сверхчистый корунд) при температуре до 1600°C составляет порядка 6–7 %;
- введение углеродной микрофибры позволяет уменьшить массу и плотность корундовых огнеупоров, но одновременно происходит увеличение линейной термической усадки до 9 % при 1600°C вследствие выгорания фибры;
- введение периклаза в корундовые огнеупоры порядка 5–10% по массе позволяет снизить линейную термическую усадку при 1600°C до 2 %;
- при введении 15–20% периклаза по массе, линейную усадку можно снизить до 1 % и менее, однако это приводит к значительному ухудшению технологических свойств материала при его применении (слишком быстрое отверждение) вплоть до невозможности изготовления огнеупорных изделий сложных форм и больших объемов.

Результаты прочностных испытаний показали, что прочность корундовых и корундово-периклазовых огнеупоров после термообработки до 1600°C как правило возрастает на 35–50%. Кроме того, отмечено значительное увеличение износостойкости и стойкости к механической обработке.