УДК 666.76

УВЕЛИЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ ОГНЕУПОРОВ ЧЕРЕЗ СОЗДАНИЕ СТРУКТУРНЫХ УСЛОВИЙ ЗАЛЕЧИВАНИЯ ДЕФЕКТОВ

А. С. БУЯКОВ, М. П. ЛУКЬЯНЕЦ, А. Г. БУРЛАЧЕНКО, В. В. ШМАКОВ, Ю. А. МИРОВОЙ, А. А. НЕЙМАН, С. П. БУЯКОВА
Институт физики прочности и материаловедения им. В. Е. Панина СО РАН
Томск, Россия

Металлургия является флагманской отраслью экономики большинства стран, поскольку стали и сплавы составляют основу конструкционных материалов. Снижение затрат металлургического производства – ключевой фактор экономического развития смежных отраслей промышленности, а одной из основных статей этих затрат являются расходы на ремонт и замену футеровки плавильных и разливочных агрегатов. Именно эксплуатационные повреждения футеровки чаще всего становятся причиной вывода сталеплавильных агрегатов из технологического цикла. Накопление повреждений связано с низкой трещиностойкостью огнеупорной керамики, из которой изготавливается футеровка сталеплавильных агрегатов, лабораторных, стекольных и цементных печей. Согласно современным представлениям о трещиностойкости керамики в условиях термомеханических воздействий, увеличить срок службы футеровки можно за счет создания структурно-фазовых условий для увеличения работы распространения трещин и самозалечивания эксплуатационных дефектов.

Механизмы самозалечивания различаются для разных классов материалов. В металлах залечивание трещин происходит за счет диффузионного перемещения атомов при длительном термическом воздействии, в бетонах – за счет капсулированного отверждаемого полимера, вскрывающегося в устье трещины. В керамике самозалечивание может реализовываться посредством фазового перехода с образованием фазы большего удельного объема, химического взаимодействия компонентов на вновь образующихся поверхностях трещины либо за счет окисления отдельных компонентов. Сочетание таких структурно-фазовых предпосылок с высокой трещиностойкостью матрицы способно изменить сложившуюся ситуацию с ограниченным ресурсом футеровки сталеплавильных агрегатов.

В настоящей работе самозалечивание эксплуатационных микротрещин в магнезиальном огнеупоре достигнуто введением в исходный порошковый состав функционального компонента – гранул размером порядка 1 мм со структурой ядро – оболочка: ядро из карбида кремния (SiC), оболочка из композиции оксидов кремния и магния (SiO_2–MgO). Такая оболочка предотвращает преждевременное окисление SiC и образование силикатных фаз с матрицей при контакте с кислородом, проникающим через связную пористость огнеупора. При этом развитие трещины вблизи такого включения при рабочей температуре около 1 500 °C обеспечивает локальный приток кислорода к ядру гранулы: окисление SiC сопровождается увеличением объема продукта реакции, а его сравнительно низкие температура плавления и вязкость обеспечивают «мостикование» трещины расплавом, повышая работу ее дальнейшего распространения и тем самым тормозя рост дефекта.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 26-79-10078, https://rscf.ru/project/26-79-10078.