Вопрос использования метода акустической эмиссии (АЭ) для неразрушающего контроля и прогнозирования прочности конструкционных ке­рамических материалов в настоящее время весьма актуален.

С целью выявления взаимосвязи между параметрам акустических си­гналов, возникающих в керамических образцах под воздействием удар­ной, монотонно возрастающей механической и термической нагрузки, и предельной прочностью выполнялись исследования при помощи комплекса аппаратурных средств для регистрации сигналов АЭ (рис. I).

к внешним

9

устройствам

3

4

5

6

7

8

2

1

10

Рис:№1: Комплекс аппаратурных средств для регистрации сигналов АЭ: 1-датчик АЭ, 2-усилитель, 3-аналоговая часть,4-8-счетчики, 9-блок управления внешними устройствами, 10-ЭВМ «МЕРА-1300»

В состав комплекса входит: датчик АЭ I, предварительный усилитель 2, аналоговая часть 3, счетчики 4-8, блок управления внешний вспомогательными устройствами 9, ЭВМ "МЕРА-1300" 10. Аналоговая часть, счет­чики и блок управления внешним, устройствами изготовлены в стандар­те аппаратуры для научных исследований "КАМАК". Комплекс имеет возможность производить сбор и обработку информации по пяти амплитудным уровням дискриминации в режиме "реального времени», а также осуществляет управление режимами ударного и термического нагружения керамических образцов. Разрушенные образцы подвергались визуальному контролю под оптическим микроскопом и просматривались на растровом электронном микроскопе BS-301.

В качестве объекта исследований служили образцы из керамики Si3N4 и образцы из керамики на основе полиалюминатов натрия.

Возрастающий интерес к керамике Si3N4 как к конструкционному материалу остро поставил вопрос о возможности неразрушающего контро­ля прочности изделий из этого материала. В работе [I] показано, что параметры АЭ в процессе испытаний на изгиб оказываются не связанными с предельными характеристиками образцов из нитрида кремния.

Нами были проведены следующие исследования:

- регистрация сигналов АЭ при ударном воздействии на образец па­дающего стального шарика;

- регистрация сигналов АЭ при испытаниях на изгиб до нагрузки, равной 0,1...0,3% от разрушающей;

- регистрация сигналов АЭ при нагреве и резком охлаждении образца.

На основе экспериментальных данных проводился корреляционный анализ

на наличие линейной связи между параметрами сигналов АЗ и прочностью керамических образцов. Результаты анализа указывают на наличие линей­ной связи (коэффициент корреляции 0,8) между предельным изгибающим моментом и суммарным счетом АЭ, возникающей при неразрушающих механи­ческих воздействиях. Установленная зависимость может служить предпосылкой для разработки экспресс-метода неразрушающего контроля керами­ческих изделий.

Надежность работы изделий из керамики на основе полиалюминатов натрия во многом зависит от однородности свойств по всему объему образца (2).*.* Появление локальных неоднородностей зачастую связано с от­сутствием методов контроля качества как внутри технологического процесса изготовления керамических изделий, так и на выходе последнего.

Исследования керамики на основе полиалюминатов натрия методом АЗ проводились по следующим направлениям:

- временные исследования (т.к. часть изделий разрушалась по истечении времени без видимых причин);

- исследования на механическую прочность;

- исследования на термостойкость.

Временные исследования проводились с периодичностью десять дней. В качестве возмущающей нагрузки был использован удар стального шарика. В результате исследований замечено, что для более прочных изделий на­блюдается более высокий суммарный счет АЭ.

Аналогичный результат был получен и в исследованиях на механическую прочность, в ходе которых образцы подвергались одноосновному сжатию по наиболее длинному геометрическому размеру до давления 12 МПа и воздействию ударом стального шарика.

Исследования термостойкости керамики производились методом термоциклирования и показали, что для более прочных изделий наблюдается волнообразное снижение скорости счета АЭ с увеличением числа термоциклов. В случае менее прочных образцов скорость счета А2 возрастает при тех же условиях, что, видимо, связано с ростом процессов трещинообразования.

После разрушения керамические образцы исследовались с помощью оп­тического и растрового электронного микроскопов. Наиболее тщательно изучалась область разрушения, при атом ставилась задача определить наиболее вероятное положение дефекта, являющегося причиной начала раз­рушения.

Было обнаружено, что образовавшиеся разломы связаны с дефектами,которые при просмотре под оптическим микроскопом представлялись корич­невыми пятнышками размером до 0,5 мм. При исследовании на растровом электронном микроскопе выявлено, что дефекты представляют собой скоп­ление крупных кристаллов, создавших вокруг себя зону напряжений (рис. 2), расположенных разупорядоченно: все скопление выглядит в виде цветка со множеством лепестков, растущих от одного центра – «розочки».



Рис. 2.дефект поверхности керамики (РЭМ 200-301,х270)

Каждый отдельный кристалл представляет собой гексагональную призму высотой около 50 мкм и длиной грани около 150 мкм. Сами "розочки" встречаются вблизи внутренней или внешней поверхности изделия. Нежно предположить, что возникновение дефектов связано с включенном железа. В работах, проведенных другими исследователями (3),*,* было замечено, что такие же дефекты обусловлены обилием в них железа. Загрязнение может быть связано с технологическим процессом, в ходе которого мел­кие частицы железа попадают в сырье при перемешивании, при формовке или по другим причинам.

В ходе исследований возникло предположение о возможной неравномер­ности распределения натрия по толщине образца. Кристаллическая решет­ка исследуемой керамики построена из ионов нескольких видов, тогда как другие ионы статистически распределены по большому числу мест и образуют подобие "ионной жидкости". Установлено, что некоторые осо­бенности керамики связаны с наличием такой "ионной жидкости", образо­ванной ионами натрия. Мы пытались подучить информацию о распределении натрия каким-либо косвенным методом. При слабом ионном травлении по­верхности керамики наблюдалось выделение вещества, дающего при гидра­тации щелочную реакцию (*NaOH*). Распределение выделившегося вещества связано с распре делением микротрещин на поверхности керамики.

Интересно, что выделение натрия в менее выраженном виде было заме­чено ранее при облучении таких материалов пучками электронов с энер­гией до 200 кэВ [4]. Видимо, миграция натрия в керамике при ионном травлении связана с электрической зарядкой ее, причем, существенную роль здесь играет распределение микротрещин на поверхности образца. Можно полагать, что механизм разрушения керамики связан с миграцией Na2O из проводящих плоскостей полиалюмината натрия с последующим разрушением структуры и формированием утолщенных штинельных слоев.

Приведенные выше результаты позволяют сделать вывод о возможности применения акустико-эмиссиионного метода неразрушающего контроля в технологическом процессе производства изделий из керамики на основе полиалюминатов натрия.

**Список литературы**

1. Гогоци Г.А., Неговский А.Н. Эффективность мето­да акустической эмиссии для оценки прочностных свойств керамики м ог­неупоров в зависимости от особенностей их деформирования// Огнеупоры. - 1983. - 6. - С.13-18.

*2.* Алимова И.А., Люцарева Л.А., Пивник - Е.Д., Яковлева Н.А. Методы выявления: дефектов керамики на основе полиалюминатов натрия// Стекло и керамика. - 1987. - № 5, - С.22-23.