

Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим свойствам и в то же время они легче. Использование композитов обычно позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении ее механических характеристик. Композиционные керамические материалы на основе оксида алюминия могут использоваться при более высоких температурах процесса, так как температура его плавления выше, чем у силикатной керамики. Подобные материалы обладают высокой твердостью, вследствие этого могут применяться для изготовления износостойких деталей [1-2]. Для улучшения механических характеристик, технологических свойств и получения заданной микроструктуры к керамическим материалам на основе оксида алюминия добавляют различные модифицирующие добавки. Наиболее перспективным является использование добавок, образующих при спекании корундовой керамики жидкую фазу. В ряде случаев стабилизация структуры керамики оксида алюминия эффективна с введением металлов [3,4]. Наличие небольшой доли более мягкой металлической фазы улучшает формуемость композитного нанопорошка при прессовании и в ходе последующих термообработок (спекания и отжига) минимизирует микронапряжения в керамике [5]. Целью данной работы являлось выявление влияния условий синтеза на свойства, в частности микротвердость, композитов на основе наноструктурированных оксида алюминия и металлов триады железа. Экспериментальная часть. В качестве исходного материала использовали наноразмерный порошок оксида алюминия, полученный электрохимическим методом [6-7]. Вторым компонентом служили порошки металлов триады железа, полученные электрохимическим восстановлением ионов железа(III), никеля(II) или кобальта(II) на суспензированной в раствор алюминиевой подложке [8]. Образцы композитов, предшественников керамических материалов, получали путем механического перемешивания оксида алюминия и металла, качество перемешивания определялось визуально. Компактирование нанодисперсных порошков проводили путем холодного прессования при различных давлениях. Микротвердость полученных образцов определяли с помощью микротвердомера HNV-2T (Shimadzu). Измерения проводили по Виккерсу при нагрузке индентора 100 г, времени экспозиции - 15 минут, количество измерений - 10. Рентгенографический анализ предшественников проводили методом порошковой дифрактометрии на дифрактометре D2 Phaser (фирма Bruker) с использованием монохроматизированного $\text{CuK}\alpha$ -излучения в режиме шагового сканирования (шаг сканирования - $2\theta=0,05^\circ$, время экспозиции в точке - 1 с). Расчет значений межплоскостных расстояний дифракционных рефлексов производился автоматически по программе EVA. Идентификация кристаллических фаз осуществлялась путем сопоставления полученных экспериментальных значений межплоскостных расстояний и относительных интенсивностей с эталонными. Обсуждение результатов Состав и основные

характеристики полученных образцов представлены в табл.1. Таблица 1 – Характеристики полученных образцов Состав Соотношение тобр., г Рпресс., ГПа d, мм h, мм ρ, г/см³ Al₂O₃-Fe 90:10 1,26 0,43 13,75 4,62 1,84 Al₂O₃-Fe 90:10 1,25 0,65 13,76 4,40 1,91 Al₂O₃-Fe 90:10 1,25 0,86 13,80 4,03 2,07 Al₂O₃-Fe 50:50 1,25 0,43 13,79 3,24 2,58 Al₂O₃-Fe 50:50 1,26 0,65 13,79 3,06 2,76 Al₂O₃-Fe 50:50 1,26 0,86 13,80 2,98 2,83 Al₂O₃-Fe 10:90 1,27 0,43 13,78 2,03 4,20 Al₂O₃-Fe 10:90 1,27 0,65 13,78 1,92 4,40 Al₂O₃-Fe 10:90 1,28 0,86 13,82 1,81 4,72 Al₂O₃-Ni 90:10 1,25 0,43 13,80 4,52 1,85 Al₂O₃-Ni 90:10 1,26 0,65 13,80 4,15 2,03 Al₂O₃-Ni 90:10 1,24 0,86 13,80 3,86 2,17 Al₂O₃-Ni 50:50 1,24 0,43 13,74 3,15 2,86 Al₂O₃-Ni 50:50 1,24 0,65 13,74 2,94 2,85 Al₂O₃-Ni 50:50 1,26 0,86 13,80 2,78 3,03

Результаты исследований гранулометрического состава предшественников композиционных керамических материалов на основе наноструктурированного оксида алюминия и металлов триады железа приведены на рис.1. а б Рис. 1 - Результаты исследований гранулометрического состава предшественников на основе наноструктурированного оксида алюминия и металла (а – Me – Fe, б – Me – Ni) Как видно из представленных данных гранулометрический состав зависит от природы металла триады железа. Результаты выявления закономерностей формирования прочностных характеристик композиционных материалов от условий синтеза и обработки представлены на рис.2. а) б) Рис. 2 - Изменение микротвердости композиционных материалов на основе наноструктурированных оксида алюминия и металла (а - Al₂O₃-Fe; б - Al₂O₃-Ni) Исследование влияния термообработки на микротвердость композиционных материалов на основе наноструктурированных оксида алюминия (90%) и железа (10%) показало (рис.3), что незначительное увеличение микротвердости полученных образцов наблюдается для системы, спеченной при 1023 К; относительный прирост прочностной характеристики от давления прессования составляет 2,5 раза. Аналогичная зависимость характерна и для системы Ni(10%)-Al₂O₃(90%). В результате проведения комплексных исследований было установлено, что характер изменения микротвердости синтезированных экспериментальных образцов меняется с изменением температуры спекания (рис.4). Для образцов системы с соотношением Ni: Al₂O₃ (50:50), спеченных при 773 и 1023 К при давлении 0,63 ГПа характерна четко выраженная точка экстремума (рис 4б,в). Рис. 3 - Влияние термообработки на микротвердость композиционных материалов (а) б) в) Рис. 4 - Влияние термообработки на микротвердость композиционных материалов По результатам экспериментальных исследований установлены оптимальные условия получения экспериментальных образцов композиционных керамических материалов на основе наноразмерного оксида алюминия и металлов триады железа (табл.2). Таблица 2 – Рецептатура и основные характеристики экспериментальных образцов

Система	Al ₂ O ₃ -Fe	Al ₂ O ₃ -Fe	Al ₂ O ₃ -Ni	Al ₂ O ₃ -Ni
Состав, %	10:90	50: 50	90: 10	10:90 50: 50
Средние геометрические размеры образца d, мм	13,80	13,80	13,80	13,80 13,80
h, мм				

мм P= 0,43 ГПа 4,62 3,24 2,03 4,52 3,15 P= 0,65 ГПа 4,40 3,06 1,92 4,15 2,94 P= 0,86 ГПа 4,03 2,98 1,81 3,86 2,78 т обр., г 1,25 1,26 1,25 1,25 1,24 HV P=0,43 ГПа 36 43 79 36 39 P=0,65 ГПа 52 47 107 52 53 P=0,86 ГПа 63 51 126 63 70 Pразр, Тонн P=0,43 ГПа 0,75 1,15* 7,41 - - P=0,65 ГПа - 1,74 1,13* 1,30* 3,25* P=0,86 ГПа 1,25 - - -

В результате спекания в исследуемых системах образуется некоторое количество фазы окисленного металла (никеля или железа соответственно); косвенным подтверждением данного факта является прирост массы образца. Минимальный прирост массы характерен для систем, содержащих в качестве второго компонента композиционного материала наноструктурированный элементный никель. Таким образом, в ходе проведенных исследований получены экспериментальные образцы композиционных материалов на основе наноструктурированного оксида алюминия и металлов триады железа.

Исследованы: распределение частиц по размерам в агрегированных системах, их морфология, изменение микротвердости полученных компактных образцов в зависимости от давления прессования и условий термообработки, фазовый состав; определены прочностные характеристики экспериментальных образцов. Кроме того, установлены оптимальные условия получения экспериментальных образцов композиционных керамических материалов. Показано, что при комнатной температуре образцы представляют собой механическую смесь фаз оксида алюминия и соответствующего d-металла. Термическая обработка в диапазоне температур 773-1373 К приводит к образованию фаз оксидов d-металлов, доля которых повышается с ростом температуры. В случае превышения оксидной составляющей некоторого количественного предела наблюдается увеличение хрупкости материала.