

Разработка процессов получения и
исследования физико-химических
свойств наночастиц на основе
оксидов железа и твёрдых растворов
ферритов

Актуальность исследования

- Использование магнитных порошков оксидов железа в качестве наполнителей для магнитоэлектрореологических суспензий (МЭРС) даёт огромный потенциал для развития таких инженерных технологий, как гидравлические системы, звукоусилителях, амортизирующих и фрикционных устройствах и т.д.
- Магнитные наночастицы представляют большой интерес для биомедицины (разработка высокоспецифичных диагностических систем и эффективных методов терапии).

Цели исследования

- Синтез стабильной низкотемпературной фазы $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ с заданными свойствами.
- Установление возможности управления размерностью и морфологией поверхности частиц путём выбора условий и методики эксперимента.
- Установление возможности получения частиц типа «ядро– оболочка».
- Исследование влияния состава на реомеханические свойства магнитоэлектрореологических (МЭР) систем.

Объекты исследования:

$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, Fe_3O_4 , нанокompозиты $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{—SiO}_2$.

Методы синтеза:

- распылительный пиролиз;
- химическое осаждение.

Методы исследования:

- просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия;
- инфракрасная спектроскопия;
- рентгенофазовый анализ.

Метод распылительного пиролиза

Пиролизу подвергались:

- водный раствор солей $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{FeSO}_4$;
- коллоидный раствор $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$.

При этом испытывались различные условия синтеза, такие как температура пиролиза, концентрация исходных растворов и влияние добавок (SiO_2 , KCl , ПАВ).

Синтез методом химического осаждения

Маггемит $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ является высокотемпературной модификацией оксида железа, термодинамически стабильной при $> 670^\circ\text{C}$. По этой причине основной проблемой, рассматриваемой в данном разделе, было получение $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в метастабильном состоянии при низкой температуре.

Методики синтеза включают синтез прекурсоров различной химической природы и их окисление в контролируемых условиях. В качестве прекурсоров испытывали:

- $\text{Fe}(\text{OH})_2$;
- золь Fe_3O_4 ;
- $\gamma\text{-FeOOH}$.

Условия синтеза и особенности состояния образцов оксида железа.

| № образца | Прекурсор | Т°С | Форма частиц | Цвет | Фазовый состав |
|-----------|-------------------------------------|-----|-------------------------------------|------------------|--|
| 12 | $\text{Fe}(\text{OH})_2$ | 100 | Сферические и игольчатые | Черный | $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, Fe_3O_4 |
| 12' | $\text{Fe}(\text{OH})_2$ | 300 | Сферические | Коричневый | $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ |
| 13 | $\text{Fe}(\text{OH})_2$, старение | 100 | Сферические | Черно-коричневый | $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ |
| 13' | $\text{Fe}(\text{OH})_2$, старение | 300 | Сферические | Коричневый | $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ |
| 14 | Fe_3O_4 | 100 | Сферические | Черно-коричневый | $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ |
| 14' | Fe_3O_4 | 300 | Сферические | Темно-коричневый | $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ |
| 15 | Fe_3O_4 , старение | 100 | Сферические | Темно-коричневый | $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ |
| 15' | Fe_3O_4 , старение | 300 | Сферические | Коричневый | $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ |
| 16 | $\gamma\text{-FeOOH}$ | 100 | Игольчатые | Желтый | $\gamma\text{-FeOOH}$ |
| 16' | $\gamma\text{-FeOOH}$ | 300 | Игольчатые, сферические, столбчатые | Коричневый | $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ |

Основные выводы

- Пиролизом аэрозоля $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot x\text{nH}_2\text{O}$ с добавлением $\text{SiO}_2 \cdot x\text{nH}_2\text{O}$ и KCl получены частицы магнитной фазы оксида железа с необходимыми для биомедицинских применений размерами. Поверхность таких частиц модифицирована пленкой диоксида кремния.
- С помощью метода химического осаждения получены частицы метастабильной низкотемпературной фазы $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Установлена возможность управления размерностью и морфологией поверхности частиц путём выбора условий и методики эксперимента.
- Реофизические измерения показали, что магнитоэлектрореологический эффект суспензии порошкообразного образца $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, синтезированного окислением $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и подвергнутого процедуре старения, оказался выше, чем суспензии частиц коммерческого образца $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ игольчатой формы, традиционно используемого в MPC.