

5. Kozlov V.N. Flank Contact Load Distribution at Cutting Tool Wear. // The 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST 2012) “Innovative technology and advanced engineering”, IFOST conference, September 17-21.2012, pp. 147-151.
6. Oraby S. E., Hayburst D. R. Tool life determination based on the measurement of wear and tool force ratio variation / S. E. Oraby, D. R. Hayburst // International Journal of Machine Tools and Manufacture, 44, (2004), pp. 1261- 1269.
7. Afonarov A. and Lasukov A. Elementary Chip Formation in Metal Cutting / A. Afonarov, A. Lasukov //Russian Engineering Research, 2014, vol 3, pp 152-155.

Чжао Чжэнчуань (Китай)

Томский политехнический университет, г.Томск

Научный руководитель: Годымчук Анна Юрьевна,
к.т.н., доцент отделения материаловедения ИШНПТ НИ ТПУ;
ведущий эксперт кафедры функциональных наносистем
и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС»

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА АГРЕГАЦИЮ ЧАСТИЦ В ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ

Введение

Наночастицы оксида железа имеют большие перспективы применения в медицине. Например, коллоидные оксиды железа могут использоваться в качестве контрастных агентов магнитно-резонансной томографии [1] [2] и при доставке лекарств [3]. Чем больше применений, тем больше производство и тем больше будет источников выделения наночастиц в окружающую среду. При этом воздействие наночастиц на организмы и растения может быть как положительным [4], так и отрицательным [5].

В настоящее время методики определения токсичности требуют разработки устойчивых гидрозолей наночастиц со стабильными седиментационной и дисперсионными свойствами. При этом для поддержания дисперсности чтобы исключить добавление химических веществ, используют внешнее физическое воздействие – перемешивание и ультразвуковую обработку [6]. Есть данные по дисперсионным и седиментационным свойства наночастиц оксида железа оценке физико-химического поведения наночастиц TiO_2 в водных средах [7]. Однако,

данных по устойчивости оксида железа в водных растворах при внешнем воздействии на суспензию в литературе отсутствуют. Поэтому целью работы являлось влияние времени ультразвуковой (УЗ) обработки на размер и скорость осаждения наночастиц в водной суспензии.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования был выбран нанопорошок оксида железа (III) (Fe_2O_3). Согласно данным производителя (Nanografi, Турция) частицы имели состав маггемита (99.55%мас.), средний размер частиц 18 нм и удельную поверхность 75 м²/г. Размер исходных частиц измеряли путем обработки изображений, полученных с помощью просвечивающей электронной микроскопии на микроскопе VEGA3 (ПЭМ, Tescan, Чехия). По данным ПЭМ строили распределение частиц на графике и анализировали методом Ферета.

Приготовление сток-суспензии включало смешивание 20 мг нанопорошка (весы ALC-110d4 Acculab, Россия, точность $\pm 0,0001$) в пластиковом стакане с 50 мл дистиллированной воды (рН=6,5 \pm 0,6, проводимость 0,2 мкС, Аквадистиллятор ДЭ-4 ТЗМОИ, Тюмень Медико, Россия) с помощью обработки в ультразвуковой ванне ГРАД 28-35 (Grade Technology, Россия, 55 Вт) в течение 5, 15 и 30 мин..

Из приготовленного стока отбирали 2.5 мл для проведения скорости осаждения частиц через изменение коэффициента светопропускания (Т%), измеренного с помощью спектрофотометра PD-303 (ApeI, Япония) при 340 нм в течение 60 мин ($\Delta T60\%$).

Оставшуюся суспензию разбавляли 200 мл воды в пробоотборнике лазерного анализатора SALD-7101 (Shimadzu, Япония) для измерения размера частиц и агрегатов (лазер 375 нм). Измерения проводили при включенном ультразвуке (40 Вт). Результатом измерения являлись данные для построения кривой количественного распределения частиц по размерам и расчета среднего размера частиц/агрегатов. Измерения проводили не менее трех раз.

Результаты и обсуждение

Согласно данным просвечивающей электронной микроскопии, частицы имеют вытянутую форму и формируют агрегаты (рис.1а). Распределение частиц оксида железа находится между 26 и 143 нм, а средний размер составил 75 нм (рис.1б).

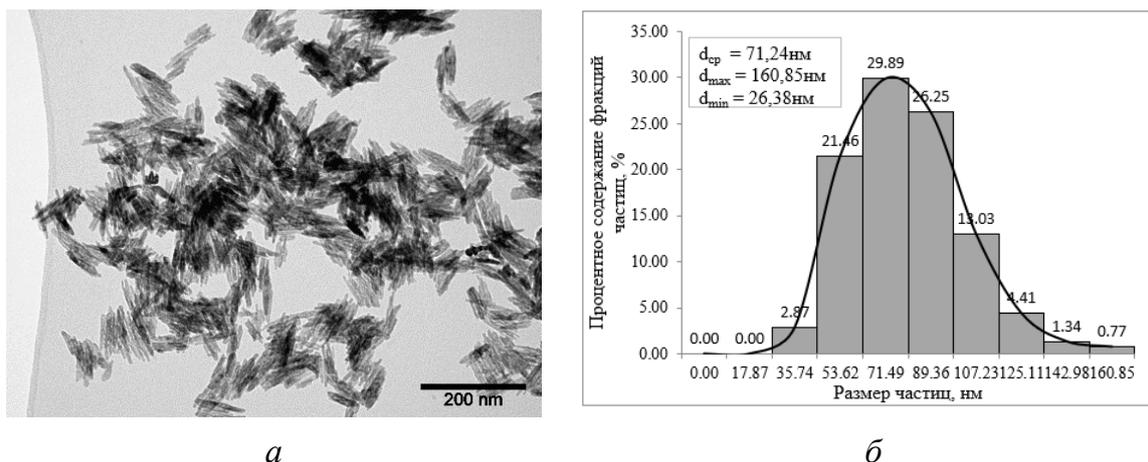


Рис. 1. ПЭМ-микрофотографии (а) и распределение частиц по размерам (б), построенные по данным ПЭМ.

При попадании в воду распределение агрегатов составляет 0.7...57 мкм, а средний размер агрегатов достигает 3.035 мкм (рис.2), что свидетельствует о том, что частицы сильно агрегируют в водной суспензии.

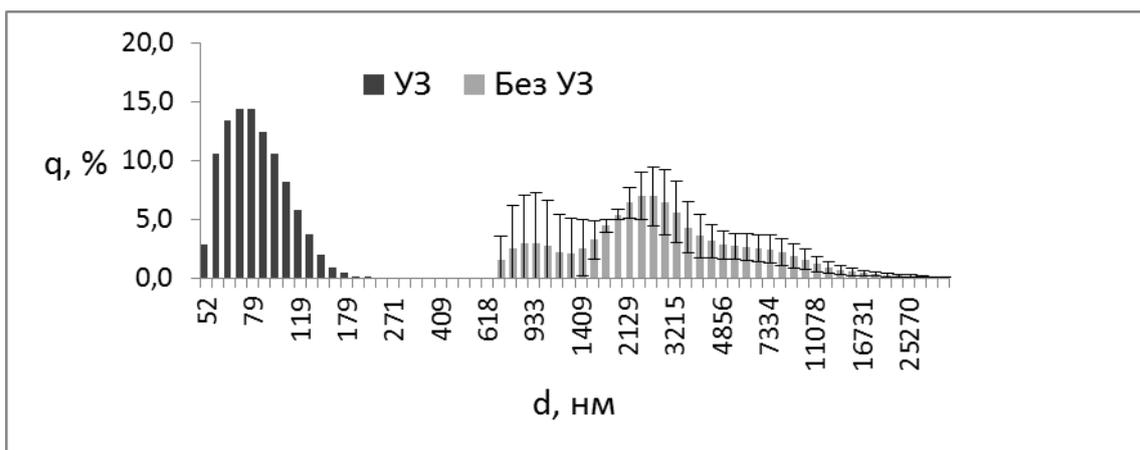


Рис. 2. Влияние УЗ на распределение

Также видно, что ультразвуковая обработка сильно уменьшает размеры частиц. Например, после УЗ обработки в течение 5 мин распределение агрегатов уменьшилось до 52...220 нм, а средний размер агрегатов уменьшился до 78 нм. Таким образом, из рисунка 2 видно, что ультразвуковая волна очень эффективна для предотвращения агрегации частиц в воде.

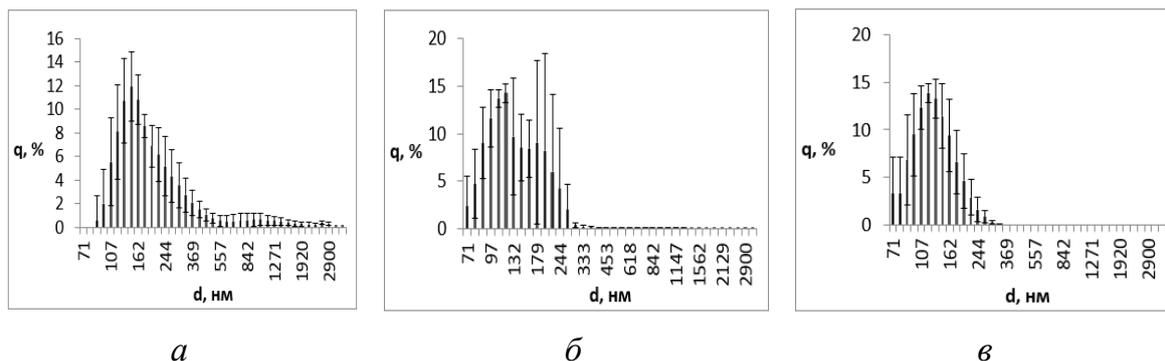


Рис. 3. Влияние времени УЗ обработки на распределение частиц по размерам при воздействии в течение 5 (а), 15 (б) и 30 мин (в).

Из рисунка 3 ясно видно, что размер частиц порошка постепенно уменьшается с увеличением времени ультразвука. Видно, что распределение частиц при увеличении времени обработки сдвигается влево. Так, при обработке в течение 5...15...30 мин модальный размер составляет 119...119...119 нм (рис.3).

Усредненные данные также показывают влияние ультразвуковой обработки. Когда время ультразвука составляет 5 мин, средний размер частиц порошка составляет 251 нм, а после 15 мин обработки – 130 нм. Но более длительная обработка не приводит к значительному уменьшению среднего размера (138 нм) (рис. 4а).

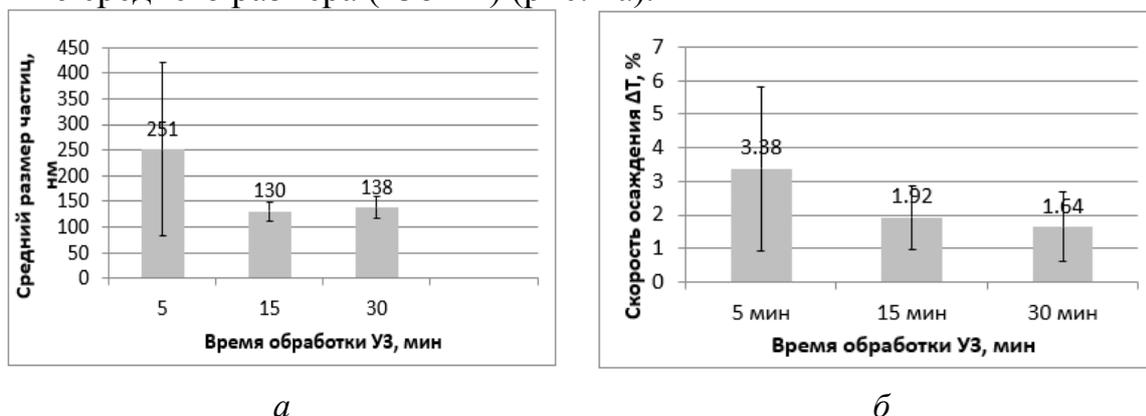


Рис. 4. Влияние времени УЗ обработки на средний размер (а) и скорость осаждения - ΔT_{60} , % (б).

С помощью метода фотолокориметрии показано, что чем дольше время ультразвука, тем медленнее скорость осаждения. Так, после обработки в течение 5...15...30 мин скорость осаждения составляет 3,38...1,92...1,64% (рис.4б).

Заключение

В ходе эксперимента проведено изучение влияния времени ультразвуковой обработки на размер и скорость осаждения водной суспензии частиц оксида железа со средним размером частиц 75.26 нм. Установлено, что обработка суспензий способствует дезагрегации частиц и увеличению их седиментационной устойчивости. Однако, обработка дольше 15 мин не влияет значительно на размер и скорость осаждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Babes L., Denizot B., Tanguy G., Le Jeune J.J., Jallet P., Synthesis of iron oxide nanoparticles used as MRI contrast agents: a parametric study // *Journal of Colloid Interface Science*. – 1999. – 474–482.
2. R. Lawaczeck., M. Menzel., H. Pietsch., Superparamagnetic iron oxide particles: contrast media for magnetic resonance imaging // *Materials, Nanoscience and Catalysis, Appl Organomet Chem*. – 18 – (2004). – p. 506
3. F. Benyettou., Y. Lalatonne., I. Chebbi., M.D. Benedetto., J.-M. Serfaty., M. Lecouvey., A multimodal magnetic resonance imaging nanoplatform for cancer theranostics // *Phys Chem Chem Phys*. – 13 (2011). –p. 10020
4. Sheykhbaglou R., Sedghi M., Shishevan M. T., & Sharifi R. S., Effects of nano-iron oxide particles on agronomic traits of soybean // *Notulae Scientia Biologicae*. 2(2) – (2010). –112–113
5. Ebrahiminezhad A., Rasoul Amini S., Kouhpayeh A., Davaran S., Barar J., Ghasemi Y., Impacts of Amine Functionalized Iron Oxide Nanoparticles on HepG2 Cell Line // *Current Nanoscience*. 11– 1. –2015. –pp. – 113–119(7)
6. A Estrada-Monje., R Zitzumbo-Guzman., JA Banuelos-Díaz., E A Zaragoza-Contreras., Ultrasonic dispersion and activation of TiO₂ nanoparticles and its effect on bacterial inhibition in EVA films // *Materials Chemistry and Physics*. – 2019. – 235 – 121760
7. Frank von der Kammer., Stephanie Ottofuelling., Thilo Hofmann., Assessment of the physico-chemical behavior of titanium dioxide nanoparticles in aquatic environments using multi-dimensional parameter testing // *Environmental Pollution*. – 2010. –p. 3472–3481