

ВЛИЯНИЕ ПРОБОПОДГОТОВКИ НА СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

Лиханосова У.А.¹, Станько А.Ю.²

¹Томский политехнический университет, отделение материаловедения,
e-mail: ual1@tpu.ru

²Томский политехнический университет, отделение материаловедения,
e-mail: stancko@tpu.ru

Введение

Наночастицы TiO_2 нашли применение в самых разных областях науки и техники [1]. При этом в процессе их синтеза и применения есть необходимость быстрого и точного определения размеров частиц.

Метод динамического рассеяния света позволяет проводить дисперсионный анализ и основан на анализе изменения интенсивности формируемого при рассеивании лазерного излучения на частицах в дисперсионной среде, которой обычно выступает жидкость [2]. И хотя метод незаменим в фармацевтике, научных исследованиях, мониторинге качества воздуха и производстве материалов, есть аналитические сложности в его исполнении. На поведение частиц в дисперсионной среде влияют как свойства самих частиц (размер, концентрация, состав поверхности, форма, заряд) [3] так и свойства дисперсионной среды (рН, наличие солей и органических добавок) [4]. При этом литературных данных недостаточно для выбора методики анализа для конкретных наночастиц. Целью нашего исследования являлось определение влияния условий пробоподготовки на распределение частиц по размерам, получаемое с помощью метода динамического рассеяния света.

Методы и материалы

Для работы использовали наночастицы TiO_2 с размером 18 ± 19 нм (анатаз, NanoAmor Ltd., США). В работе готовили суспензии с концентрацией частиц 100 мг/л на основе 10 мМ раствора NaCl с рН = 7 (весы GR-202, ООО A&D RUS, Россия, точность 0,0001 г, дистиллятор GFL 2004, ThermoFisher, США) в пластиковых баночках (50 мл). Суспензии подвергались перемешиванию: 1) с помощью ультразвуковой обработки (УЗ) в УЗ ванне Laborette-17 (Fritsch, Франция, объем жидкости 4 л, мощность 240 Вт) и 2) с помощью механического перемешивания стеклянными шариками (25 штук, диаметр 5 мм) при встряхивании в орбитальном шейкере GFL 3005 (GFL, Германия, 400 об/мин) в течение 15, 30, 45 и 60 мин. После обработки из суспензии брали аликвоту из верхней части объема для анализа.

Для измерения размеров частиц и дзета-потенциала использовали лазерный анализатор Zetasizer Nano ZS (Malvern, США, лазер волны 633 нм). Анализ проводили в U-образной кювете из полистирола при 25 °С три раза. Для наночастиц анатаза индекс отражения вносился равным 2,35.

Результаты

Показано, что независимо от времени и способа перемешивания распределение наночастиц по размерам в суспензиях имело мономодальный характер, но количественные характеристики распределения зависели от времени обработки. Например, после УЗ обработки в течение 15–30 минут модальный размер не изменялся (955 нм), а при более длительной обработке (45–60 минут) диаметр увеличился до 1484 нм (рис. 1а). При перемешивании на шейкере с увеличением времени обработки от 15 до 30 минут суспензии подвергались агрегации, распределение сдвинулось вправо: модальный размер увеличился от 712 до 1718 нм (рис. 1, б). Далее видно, что механическое перемешивание дольше 30 минут практически не влияло на получаемый результат: при времени 30...45...60 минут модальный размер составил 1718...1281...1484 нм (рис. 1, б).

В отношении заряда поверхности, видно, что суспензии очень нестабильны: дзета-потенциал не превышал 6 мВ. При этом независимо от способа обработки с увеличением времени перемешивания от 45 до 60 минут происходила перезарядка поверхности от 0 ± 2 мВ до -6 мВ (рис. 2).

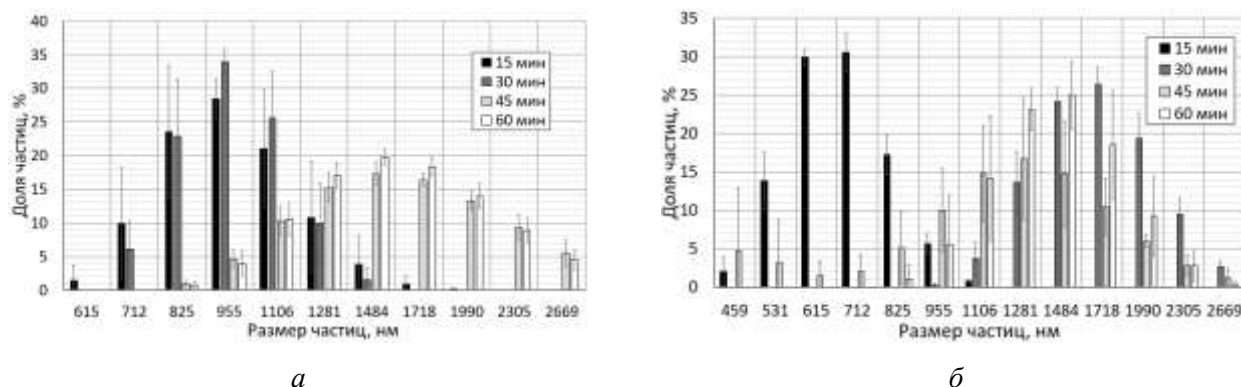


Рис. 1. Влияние времени перемешивания с помощью УЗ обработки (а) и стеклянных шариков на шейкере (б) на распределение частиц по размерам. Ошибка из трехкратного измерения

Усредненные данные показали, что при достижении определенного времени обработки происходит агрегация частиц в суспензиях. Например, после 45-минутного ультразвукового перемешивания средний размер агрегатов увеличился от 990 до 1808 нм (рис. 2, а), а после 30 минут механического перемешивания – размер увеличился от 689 до 1716 нм (рис. 2, б).

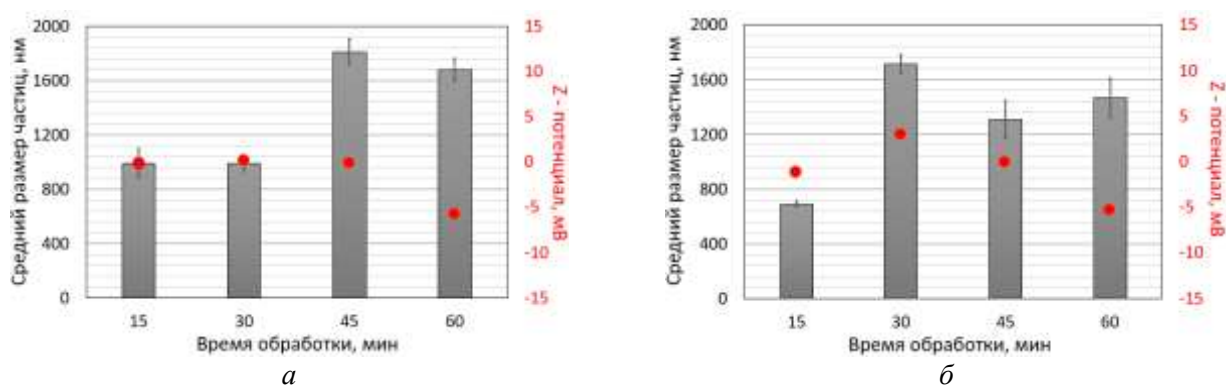


Рис. 2. Влияние времени УЗ (а) и стеклянных шариков на шейкере (б) на средний размер и дзета-потенциал. Ошибка из трехкратного измерения

Заключение

На основании результатов эксперимента можно сделать следующий вывод, что время и способ перемешивания суспензий наночастиц может сильно повлиять на результаты дисперсионного анализа при реализации методики, реализуемой с помощью метода динамического рассеяния света. При выбранных условиях видно, что предварительного перемешивания суспензий наночастиц TiO_2 в течение 15 минут достаточно для механического способа, и 30 минут – для УЗ обработки, потому что более длительная обработка приводит к агрегации частиц.

Список литературы

1. Haider A.J., Jameel Z.N., Al-Hussaini I.H.M. Review on: titanium dioxide applications // Energy Procedia. – 2019. – Vol. 157. – P. 17–29.
2. Stetefeld J., McKenna S.A., Patel T.R. Dynamic light scattering: a practical guide and applications in biomedical sciences // Biophysical reviews. – 2016. – Vol. 8(4). – P. 409–427.
3. Liu X., Chen G., Su C. Effects of material properties on sedimentation and aggregation of titanium dioxide nanoparticles of anatase and rutile in the aqueous phase // Journal of colloid and interface science. – 2011. – Vol. 363(1). – P. 84–91.
4. Thio B. J. R., Zhou D., Keller A. A. Influence of natural organic matter on the aggregation and deposition of titanium dioxide nanoparticles // Journal of hazardous materials. – 2011. – Vol. 189(1–2). – P. 556–563.