

*В.С. Любимов, П.А. Хохлов, А.В. Мележик**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА ИЗМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ РАСТВОРОВ С УГЛЕРОДНЫМ НАНОМАТЕРИАЛОМ

Основной проблемой при получении нанокompозитов является обеспечение равномерного распределения углеродных нанотрубок (УНТ) в матрице композита. Применение ультразвука в диспергировании наноматериалов создает множество эффектов. Наиболее очевидным является диспергирование материалов в жидкостях, с тем чтобы разрушить агломераты частиц. Ультразвуковое воздействие используется также при синтезе частиц. Как правило, это приводит к более мелким частицам и повышению однородности размеров частиц. Ультразвуковая кавитация способствует лучшему диспергированию частиц. Этот эффект также может быть использован для функционализации материалов, имеющих высокую удельную поверхность.

В работе приводятся экспериментальные исследования по созданию устойчивых растворов углеродных наноматериалов в воде. Распределение углеродного наноматериала в воде оценивалось по оптической плотности коллоидного раствора.

Оптическая плотность – мера непрозрачности слоя вещества для световых лучей – равна десятичному логарифму отношения потока излучения F_0 , падающего на слой, к ослабленному в результате поглощения и рассеяния потоку F , прошедшему через этот слой: $D = \lg (F_0/F)$, иначе оптическая плотность есть логарифм величины, обратной коэффициенту пропускания слоя вещества: $D = \lg (1/\tau)$. (В определении используемой иногда натуральной оптической плотности десятичный логарифм \lg заменяется натуральным \ln .)

Были приготовлены дисперсии УНТ серии «Таунит» в водной среде с различными поверхностно-активными стабилизаторами – ПВП и Диспергатор НФ. ПВП (поливинилпирролидон) – биополимер, смесь амфотерных линейных полимеров с варьирующей степенью вязкости. Белый гигроскопичный порошок. Растворяется в воде, спирте, ароматических углеводах, не растворяется в эфире. Стабилизирует пену, в водных системах может быть модификатором вязкости, нетоксичен.

Технический Диспергатор НФ применяется как вспомогательное вещество в резиновой, кожевенной, анилинокрасочной, текстильной,

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» З.А. Михалевой.

химико-фотографической промышленности, в производстве синтетического каучука, химических волокон, оптических отбеливателей, а также широко применяется в производстве минеральных удобрений в качестве вещества, препятствующего слеживанию при транспортировке и хранении удобрений.

В работе был использован наноматериал «Таунит» – пакетированные МУНТ с преимущественно конической формой графеновых слоев. Материал получен каталитическим пиролизом смеси $C_3H_8 + C_4H_{10}$ на катализаторе дисперсностью 80...500 мкм на подложке толщиной 100...500 мкм в атмосфере аргона при температуре 600...650 °С.

Для создания коллоидного раствора нанотрубок в воде использовали ультразвуковую обработку суспензий УНТ на специальной установке. Установка предназначена для исследования воздействия ультразвука на жидкие среды в кавитационном и докавитационном режиме. Установка серии ИЛ-100-6/4 позволяет обрабатывать жидкости и детали, помещенные в стакан, устанавливаемый на штативном столике, и состоит из ультразвукового генератора и магнитострикционного ультразвукового преобразователя (амплитуда колебаний на частоте 22 кГц). Эксперименты проводились с цилиндрическим волноводом-излучателем, коэффициент трансформации которого составляет 1:0,5.

В процессе ультразвуковой обработки наряду с диспергированием наночастиц происходит разогрев смеси, поэтому после однократного ультразвукового воздействия смесь охлаждали до комнатной температуры во избежание процесса агрегации наночастиц.

Экспериментальные данные оптической плотности были получены на фотоэлектрическом фотометре КФК-3. Принцип действия фотометра основан на сравнении светового потока Φ_1 , прошедшего через растворитель или контрольный раствор, по отношению к которому производится измерение, и светового потока Φ_2 , прошедшего через исследуемую среду.

Световые потоки Φ_1 и Φ_2 фотоприемником преобразуются в электрические сигналы, которые обрабатываются микро-ЭВМ фотометра и представляются на цифровом табло в виде коэффициента пропускания, оптической плотности, скорости изменения оптической плотности и концентрации.

В стакан объемом 150 мл налили 100 мл воды, присыпали навеску 0,0067 г Таунита. После чего подвергли ультразвуковому воздействию в течение 20 минут. Аналогичные эксперименты провели с добавлением 0,005 г ПВП и 0,005 г Диспергатора НФ. Оптическую плотность растворов определяли при длине волны равной 500, в 0,5 см кювете, с оптической плотностью воды равной 0,045.

В результате проведенных экспериментов были получены данные, представленные в табл. 1.

1. Оптическая плотность растворов

Время обработки ультразвуком, мин	Оптическая плотность р-ра (вода и Таунит)	Оптическая плотность р-ра (вода, Таунит и ПВП)	Оптическая плотность р-ра (вода, Таунит и Диспергатор НФ)
1	0,161	0,176	0,189
2	0,177	0,192	0,236
3	0,193	0,204	0,249
4	0,212	0,211	0,258
5	0,214	0,216	0,27
6	0,226	0,233	0,271
7	0,231	0,236	0,29
8	0,24	0,239	0,291
9	0,244	0,243	0,301
10	0,247	0,253	0,303
12	0,252	0,259	0,304
14	0,26	0,273	0,316
16	0,27	0,279	0,321
18	0,278	0,297	0,33
20	0,285	0,299	0,337

В графическом виде экспериментальные данные представляют собой зависимость оптической плотности от времени ультразвукового диспергирования (рис. 1).

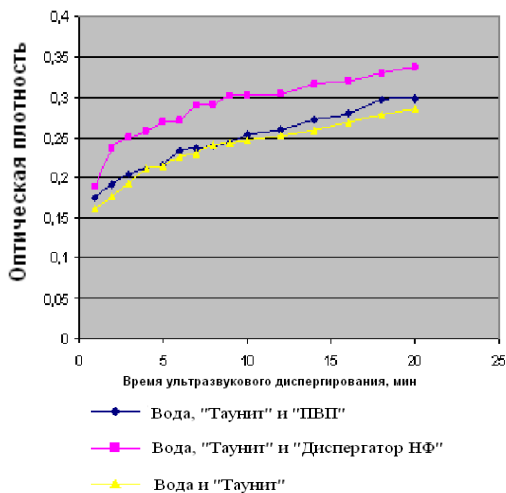


Рис. 1. Зависимость оптической плотности от времени ультразвукового диспергирования

Анализ экспериментальных исследований показывает, что применение ультразвукового воздействия на растворы с углеродными нанотрубками при комнатной температуре приводит к росту оптической плотности. УНТ образуют неустойчивые коллоидные растворы с водой. При добавлении ПВП в раствор оптическая плотность увеличивается, но незначительно. Самым лучшим поверхностно-активным стабилизатором оказался Диспергатор НФ – значительно увеличивающий устойчивость растворов.

Исследования по созданию устойчивых коллоидных растворов УНТ в водных средах дадут возможность обеспечить равномерное распределение углеродного наноматериала в модифицирующих добавках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mimani, Patil K. C. Solution combustion synthesis of nanoscale oxides and their composites // Mater. Phys. Mech. – 4. – 2001. – 134 – 137.
2. Ткачев, А.Г. Аппаратура и методы синтеза твердотельных наноструктур : монография / А.Г. Ткачев, И.В. Золотухин. – М. : Машиностроение–1, 2007. – С. 215 – 238.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*