

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СТРУКТУРУ УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА

¹Клубович В.В., ²Жданок С.А., ¹Рубаник В.В., ²Крауклис А.В., ¹Можжаров С.Е.,
¹Рубаник В.В. мл., ³Маркова Л.В.

¹Институт технической акустики НАН Беларуси, г. Витебск, Беларусь,
ita@vitebsk.by

²Научно-производственное предприятие «Перспективные Исследования и Технологии»,
г. Минск, Беларусь,

³ГНУ «Институт порошковой металлургии НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь

В последние годы значительно повысился научный и практический интерес к исследованию свойств и процессов получения наносuspензий, относящихся к числу перспективных наноматериалов, спектр применений которых неуклонно расширяется.

К таким видам suspензий относятся, в частности, смазочные и лакокрасочные материалы. Модифицированные углеродными наночастицами. Смазочные материалы, содержащие добавки углеродных наночастиц, обладают повышенными триботехническими характеристиками и тем самым обеспечивают снижение износа поверхностей трения. Так при введении в смазочные материалы на нефтяной основе смесей сажеподобной, графитоподобной, алмазоподобной и фуллереноподобной модификаций углерода (наночастицы размером 3–8 нм) наблюдается существенное (в 1,3–2 раза) повышение износостойкости [1]. Причины повышения триботехнических характеристик связывают с формированием устойчивых разделительных слоев на пятнах физического контакта вследствие адсорбционного взаимодействия углеродных наночастиц и молекул смазки с образованием ионных кластеров, а также с формированием более гладкого рельефа поверхностей трения. Аналогично, введение фуллеренов и углеродных нанотрубок в качестве наполнителя в лакополимерные покрытия существенно снижает интенсивность износа, а также пылеобразование в узлах трения [2]. Модифицирование лакополимерных оксикерамических покрытий фуллеренами обеспечивает повышение нанотвердости приблизительно в 1,5 раза, снижение коэффициента сухого трения в 1,6 раза, увеличение числа циклов без заметных изменений в 3,3 раза [2].

Важнейшей характеристикой suspензий является их седиментационная устойчивость, которая зависит от размеров частиц твердой фазы и разности плотностей частиц и среды. Однако углеродные наночастицы образуют конгломераты, которые при приготовлении эмульсий необходимо раздробить. Эффективным методом получения наносuspензий является метод ультразвукового диспергирования [3], при котором дробление конгломератов происходит или в процессе приготовления suspензии непосредственно в жидкой составляющей, или предварительно в какой-либо другой жидкости. Эффективность диспергирования в значительной степени зависит от параметров ультразвуковой обработки. В данной работе изучалось влияние изменения статического давления и удельной мощности ультразвука на структуру углеродного материала. В качестве дисперсной фазы использовали углеродные наноматериалы, которые получали на плазмохимическом реакторе с высоковольтным разрядом атмосферного давления при обработке метановоздушной смеси [4]. На рис. 1 приведена схема данного реактора. Параметры разряда: напряжение на разрядном промежутке $U_p = 3.7$ кВ, ток $I_p = 0.16$ А, мощность разряда $N = 0.59$ кВт.

В исходном образце присутствуют три структурных составляющих: стержневая, волокнистая и округлая глобулярная (рис.2).

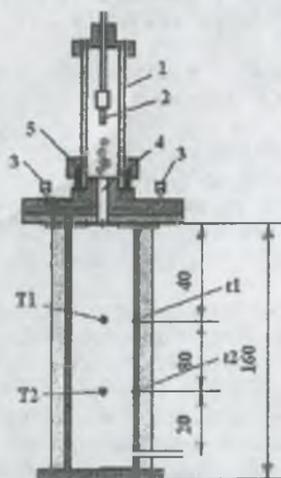


Рис. 1. Схема реактора:
 1 – кварцевая труба;
 2 – катод;
 3 – ввод газовой смеси;
 4 – выходной анодный канал;
 5 – анод;



Рис. 2. Структура исходного образца углеродного материала.

Влияние удельной энергии исследовалось при обработке материала на ультразвуковом диспергаторе «Ultrasonic processor UIP2000hd» в воде. При этом мощность излучения оставалась постоянной (600 Вт), а менялось время воздействия. Концентрация углеродного наноматериала 2% масс.

Об эффективности диспергирования судили по характеру разрушения частиц, т.е. по особенностям геометрических и структурных характеристик, приобретенных после ультразвуковой обработки. Так, на рис. 3 приведены результаты дисперсионного анализа исходного материала и материала после обработки ультразвуком с удельной энергией 2000 Вт·сек/мл.

Исследование влияния изменения статического давления проводили на установке разработанной в ИТА НАН Беларуси [5]. На рис. 4 показана структура углеродного материала обработанного ультразвуком при статическом давлении 4 атмосферы. Дисперсионный анализ исходного и обработанного ультразвуком материала показал, что максимум интегральной кривой распределения частиц по размерам обработанного ультразвуком порошка смещается влево и соответствует среднему размеру частиц меньших одного микрона.

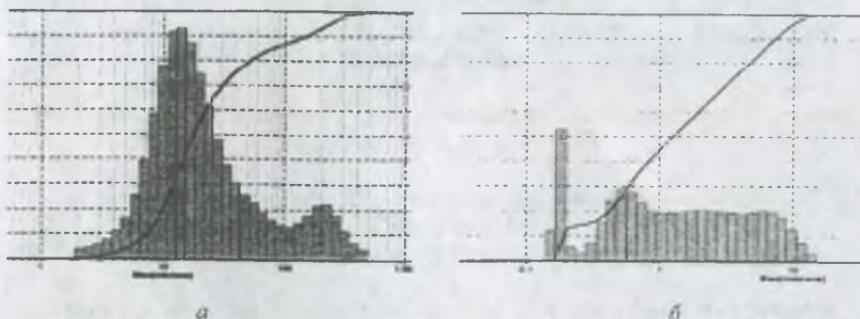


Рис. 3. Результаты дисперсионного анализа исходного углеродного наноматериала (а) и материала после обработки ультразвуком с удельной энергией 2000 Вт-сек/мл (б)

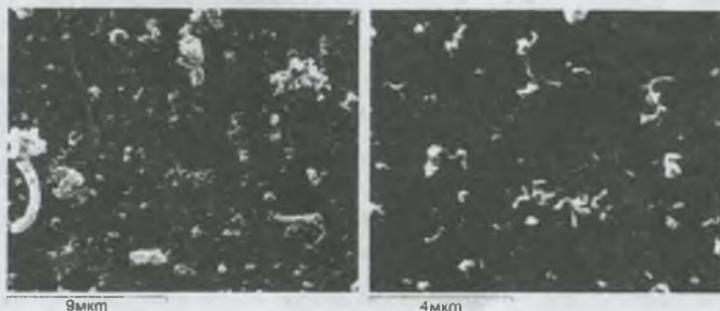


Рис. 4. Структура углеродного материала после ультразвуковой обработки, при статическом давлении 4 атм.

Таким образом, полученные результаты показывают, что ультразвуковая обработка существенно влияет на структуру углеродного материала. Причем, увеличение внешнего статического давления при постоянной мощности приводит к увеличению амплитуды, образующейся при ультразвуковом воздействии ударной волны, что интенсифицирует процесс дробления конгломератов. Аналогичный эффект наблюдается и при увеличении удельной энергии обработки.

Список литературы

1. Люты М. и др. Триботехнические характеристики смазочных материалов, модифицированных нанодисперсными наполнителями // Наноструктурные материалы – 2002. М: ИМЕТ РАН, 2002. С. 44.
2. Витязь П.А., Жданок С.А., Шпилевский Э.М., Фуллеренсодержащие структуры для практических приложений// Углеродные наноструктуры. Мн.: ИТМО, 2006. С. 3-15.
3. Толочко Н.К и др. Получение наносuspensions методом ультразвукового диспергирования // Наноструктурные материалы-2004: Минск: ИТМО им. В.А.Лыкова НАН Беларуси. 2004. С. 240-241
4. Песецкий С.С., Жданок С.А., Буяков И.Ф., Богданович С.П., Солнцев А.П., Крауклис А.В. О структуре и свойствах полиамида б, модифицированного в расплаве углеродными наноматериалами // НАН Беларуси. 2004. Т 44, № 6. С.102-107.
5. Клубович В.В., Маркова Л.В., Мозжаров С.Е., Рубаник В.В. мл. Влияние ультразвуковых колебаний на структуру углеродного наноматериала//Сборник материалов III Международная школа «Физическое материаловедение» г. Тольятти, 2007. С 175-177