

Величина нижніх довірчих інтервалів ( $\Delta P_m^-$ ) показника міцності алмазних порошків не співпадає з величиною верхніх довірчих інтервалів ( $\Delta P_m^+$ ), при цьому  $\Delta P_m^- > \Delta P_m^+$ .

*Проведены статистические исследования статической прочности алмазных порошков различных марок, синтезированных в системах Ni–Mn–C и Mg–Zn–B–C. Показано, что распределение прочности зерен по нагрузке разрушения неоднородно и асимметрично для исследованных порошков*

*Ключевые слова: алмазные порошки, показатель прочности, распределение Вебулла*

*A statistical study of the static strength of diamond powders of different brands and synthesized in Ni–Mn–C and Mg–Zn–B–C systems have been carried out. It is shown that the grain strength distribution by the fracture load is uneven and asymmetric for the investigated powders*

*Key words: diamond powders, strength index, Weibull distribution function*

### Література

1. Шульженко А. А. Синтез алмаза из графита в ростовых системах, содержащих нетрадиционные растворители углерода (Гл. 5.) // Сверхтвердые матер. Получение и применение. В 6 томах. Т. 1: Синтез алмаза и подобных материалов. – К.: ИСМ, 2003. – С. 155–178.
2. Новиков Н. В., Мальнев В. И., Воронин Г. А. О методике определения прочности алмазных шлифпорошков // Сверхтвердые материалы. – 1983. – № 3. – С. 24–27.
3. Порошки алмазні синтетичні. Загальні технічні умови. ДСТУ 3292–95. – К.: Держстандарт України, 1995. – 71 с.
4. Вероятностные разделы математики // Под. ред. Ю. Д. Максимова. – Сиб.: «Иван Федоров», 2001. – 592 с.

Надійшла 29.07.13

УДК 541.128.13:541.183.26

**В. В. Тимошенко, И. Н. Зайцева**

*Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев*

### ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СУСПЕНЗИЙ НАНОАЛМАЗНЫХ ПОРОШКОВ

*Наноалмазные порошки применяют в виде суспензий в медицине и биологии. Устойчивость суспензий наноалмазных порошков оценивали по их оптической плотности. Оптическую плотность суспензии наноалмазных частиц и скорость ее изменения определяли фотометрически. Исследована устойчивость суспензий наноалмазных порошков во времени. Показано, что при нагревании суспензии ее оптическая плотность уменьшается и устойчивость снижается.*

*Ключевые слова: наноалмазные порошки, устойчивость суспензии наноалмазных порошков, оптическая плотность, скорость изменения оптической плотности.*

Наноматериалы и нанотехнологии – наиболее перспективные направления науки. Особое внимание в этом направлении уделяют созданию сверхтвердых материалов и, прежде всего, нанодисперсных синтетических алмазов. Высокая дисперсность частиц таких алмазов и значительная удельная площадь их поверхности наряду с высокой химической и адсорбционной активностью привлекают внимание исследователей и технологов [1–3].

Наноалмазные порошки применяют в виде суспензий в медицине и биологии. При этом известно, что наноалмазным порошкам присуща существенная агрегация зерен, не позволяющая создать устойчивые суспензии. В этой связи оценка устойчивости суспензий является актуальной задачей [4].

Цель настоящей работы – исследовать устойчивость суспензий наноалмазных порошков.

Устойчивость суспензии наноалмазных порошков исследовали в дистиллированной воде с pH = 6,5 в течение 0–80 с при комнатной температуре и температуре 75 °С. Опыты проводили с наноалмазными порошками марки АСУД 99 в химических стаканах емкостью 2 л и высотой столба суспензии 23 см.

Скорость агрегации наноалмазных частиц в процессе осаждения определяли фотометрически по изменению оптической плотности суспензии и концентрации наноалмазных частиц в суспензии.

Опыты проводили следующим образом: на расстоянии 10 см от верхней границы раствора суспензии отбирали пробы (10 мл) и определяли оптическую плотность частиц через различные промежутки времени фотометром КФК-3-01 «ЗОМЗ».

Фотометрический анализ основан на избирательном поглощении электромагнитных излучений различных участков спектра однородной системы. При использовании монохроматических излучений – это метод абсорбционной спектроскопии или спектрофотометрии. Монохроматизацию излучения осуществляли с помощью светофильтров электрического фотометра.

Потоки излучения  $\Phi_0$  и  $\Phi$  фотоприемником преобразуются в электрические сигналы  $U_0$ ,  $U$  и  $U_T$  ( $U_T$  – сигнал при неосвещенном фотоприемнике), которые обрабатываются встроенной микроЭВМ и представляются на индикаторе в виде коэффициента пропускания, оптической плотности и концентрации.

Оптическая плотность  $D$  (Б) рассчитывается по формуле

$$D = \lg\left(\frac{1}{\tau}\right) = \lg \frac{U_0 - U_T}{U - U_T}.$$

Скорость изменения оптической плотности  $A$  (Б/мин) рассчитывается по формуле

$$A = \frac{D_2 - D_1}{t},$$

где  $(D_2 - D_1)$  – разность значений оптической плотности за интервал  $t$  (мин).

В ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины разработали методику оценки устойчивости суспензий наноалмазов по изменению их оптической плотности [5]. Оптическую плотность и скорость изменения оптической плотности суспензии наноалмазных частиц определяли по этой методике.

Кроме того, концентрацию наноалмазных частиц в суспензии вычисляли по плотности наноалмазных частиц, которую определяли портативным денсиметром DMA 35 N через различные промежутки времени. Прибором производили по три измерения с одной пробы, рассчитывали среднее значение плотности суспензии и определяли концентрацию наноалмаза.

Изменение оптической плотности наноалмазных частиц в течение 0–80 с показано на рис. 1, концентрации наноалмазных частиц в суспензии в дистиллированной воде при комнатной температуре – на рис. 2.

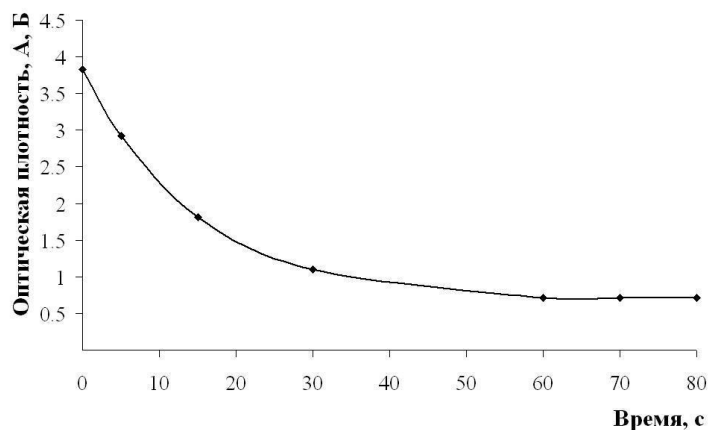


Рис. 1. Кривая изменения во времени оптической плотности наноалмазных частиц марки АСУД 99

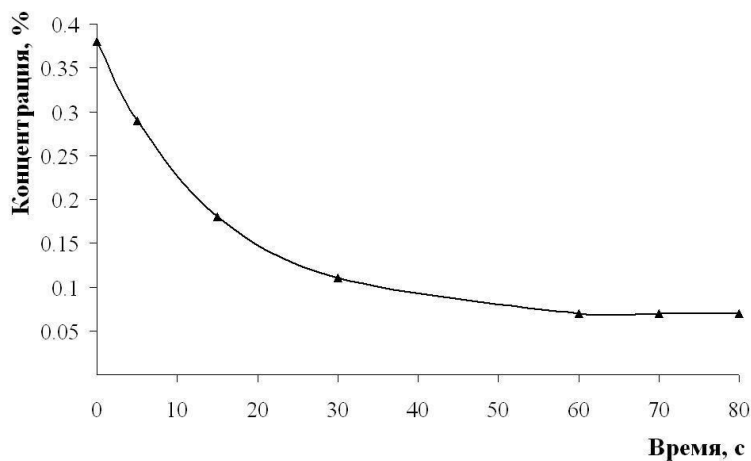


Рис. 2. Кривая изменения во времени концентрации наноалмазных частиц марки АСУД 99

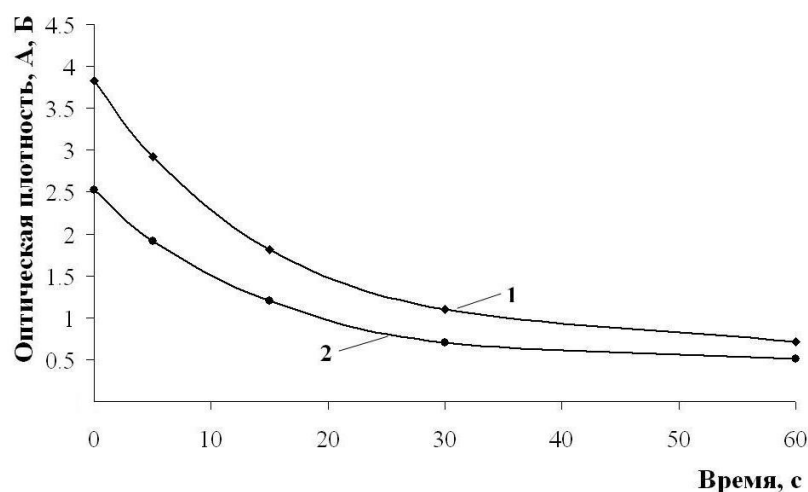


Рис. 3. Кривые изменения оптической плотности наноалмазных частиц в дистиллированной воде при различной температуре: 1 – комнатной; 2–75 °С

Как следует из данных рис. 1 и 2, с течением времени снижаются оптическая плотность (рис. 1) и концентрация (рис. 2) наноалмазных частиц марки АСУД 99. Формы кривых на рисунках одинаковые.

Кроме того, в течение первых десяти секунд наблюдается прямолинейный участок, характеризующий снижение оптической плотности и концентрации частиц наноалмазных порошков. После первых десяти секунд скорость изменения оптической плотности и концентрации

наноалмазных частиц снижается и после 60 с становится практически нулевой, т. е. агрегация завершается при этой температуре.

Исследовали также влияние нагревания суспензий до температуры 75 °С на устойчивость наноалмазных частиц. Кривые изменения оптической плотности наноалмазных частиц при нагревании суспензий в течение 0–60 с показаны на рис. 3.

Из данных рис. 3 следует, что с повышением температуры суспензии дисперсных наноалмазных частиц в дистиллированной воде их оптическая плотность в исследуемом интервале снижается, т. е. скорость агломерации частиц с повышением температуры повышается, что приводит к снижению устойчивости суспензии наноалмазных порошков.

Таким образом, установлено, что с течением времени оптическая плотность и концентрация наноалмазных частиц марки АСУД 99 снижаются.

Показано, также что скорость агрегации наноалмазных частиц суспензии в дистиллированной воде настолько высокая, что в течение 10 с агрегируется почти весь наноалмазный порошок. При нагревании суспензии снижаются оптическая плотность и скорость агрегации наноалмазных частиц, снижая устойчивость суспензии наноалмазных порошков.

*Наноалмазні порошки застосовують у вигляді суспензій у медицині та біології. Стійкість суспензій наноалмазних порошків оцінювали за їх оптичною щільністю. Оптичну щільність суспензії наноалмазних часток і швидкість її зміни визначали фотометрично. Досліджено стійкість суспензій наноалмазних порошків у часі. Показано, що при нагріванні суспензії її оптична щільність зменшується і стійкість знижується.*

**Ключові слова:** наноалмазні порошки, стійкість суспензії наноалмазних порошків, оптична щільність, швидкість зміни оптичної щільності.

*Nanodiamond powders have found application as suspensions in medicine, biology. Stability of suspensions nanodiamond powders was estimated on their optical density. Optical density and speed of change of optical density of suspension nanodiamond particles were determined by a photometric method. The estimation of stability of suspensions nanodiamond powders in time is carried out. It is shown, that at heating suspension the optical density decreases also its} stability reduces.*

**Key words:** nanodiamond powders, stability of suspension nanodiamond powders, optical density, speed of change of optical density.

### Литература

1. Даниленко В. В. Синтез и спекание алмаза взрывом. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 272 с.
2. Новиков Н. В., Богатырева Г. П. Наноалмазы статического и детонационного синтеза и перспективы их применения // Сверхтвердые матер. – 2008. – № 2. – С. 3–12.
3. Schrand Amanda M., Ciftan Hens Suzanne A., Shenderova Olga A. Nanodiamond Particles: Properties and Perspectives for Bioapplications // Critical Rev. in Solid State and Mater. Sci. – 2009. – 34. – P. 18–74.
4. A. Krueger A. The structure and reactivity of nanoscale diamond // J. Mater. Chem. – 2008. – 18. – P. 1485–1492.
5. М 29.2-308:2013. Методика определения оптической плотности прозрачных жидкостных растворов на электрическом фотометре КФК 3-01-«ЗОМЗ». – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2013. – 11 с.

Поступила 24.05.13