

PACSnumbers: 61.43.Gt, 61.46.Nk, 61.72.Mm, 81.05.uj, 81.07.Wx, 81.20.Ka, 82.33.Vx

Разделение по размерам алмазных нанопорошков детонационного синтеза

Г. П. Богатырёва, М. А. Маринич, Г. Д. Ильницкая, Г. А. Базалий,
Н. А. Олейник, И. Н. Зайцева

*Институт сверхтвёрдых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины,
ул. Автозаводская, 2,
04074 Киев, Украина*

Выполнено фракционирование дисперсных наноалмазных порошков детонационного синтеза методами динамического осаждения в центрифугах с добавками поверхностно-активных веществ. Исходные дисперсные наноалмазные порошки со средним размером 12,525 мкм в зависимости от скорости вращения центрифуги разделили на 8 групп, которые отличаются средним размером конгломератов от 28,785 мкм до 3,891 мкм. Были определены адсорбционно-структурные характеристики полученных порошков. Показано, что с уменьшением среднего размера конгломератов при одинаковом размере пор уменьшается удельная площадь поверхности и пористость порошка.

Виконано фракціонування дисперсних нанодіамантових порошків детонаційної синтези методами динамічного осадження в центрифугах з домішками поверхнево-активних речовин. Вихідні дисперсні нанодіамантові порошки з середнім розміром 12,525 мкм залежно від швидкості обертання центрифуги розділили на 8 груп, які відрізняються середнім розміром конгломератів від 28,785 мкм до 3,891 мкм. Було визначено адсорбційно-структурні характеристики одержаних порошків. Показано, що зі зменшенням середнього розміру конгломератів при однаковому розмірі пор зменшуються питома площа поверхні та пористість порошку.

Fractionation of the dispersed nanodiamond powders of detonation synthesis is carried out by methods of dynamic sedimentation in centrifuges with surfactant additives. Initial dispersed nanodiamond powders (with grains' average size of 12.525 μm) are subdivided into eight groups by varying of centrifuge rotation speed. These groups vary in average size of conglomerates from 28.785 μm to 3.891 μm . Adsorption-structural characteristics of each powder of these groups are determined. As ascertained, under condition that average size of conglomerates decreases and pore size is constant, both the specific surface and the porosity of a powder decrease too.

Ключевые слова: детонационный синтез, фракционирование, наноалмазный порошок, адсорбционно-структурные характеристики, удельная поверхность, пористость.

(Получено 21 октября 2010 г.; после доработки — 27 марта 2012 г.)

1. ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в мире повысился интерес к нанопорошковым материалам, среди которых особое место занимают нанопорошки алмаза, получаемые методом детонационного синтеза [1–3]. Такие порошки применяются в различных нанотехнологиях для изготовления наноалмазных порошковых изделий, суспензий, паст, наполнителей. Однако при изготовлении этих материалов и изделий из них большое значение имеет создание порошков, которые имели бы одинаковый размер частиц. Исследования выполняли на дисперсных наноалмазных порошках (ДНА), синтезированных украинской фирмой «АЛИТ» путем детонации взрывчатых веществ с отрицательным кислородным балансом. Частица ДНА, как кластерное образование, состоит из упорядоченного кристаллического ядра и химически нестабильной поверхности [4, 5]. Первичные частицы ДНА с размером 4 нм образуют фрактальные кластерные структуры с размером конгломератов 30–40 нм, которые, в свою очередь, формируют агрегаты порядка сотен нанометров. Структура поверхности конгломерата ответственна за знак и величину заряда, адсорбцию и хемосорбцию, химический состав поверхности, седиментационную устойчивость. На рисунке 1 представлена схема

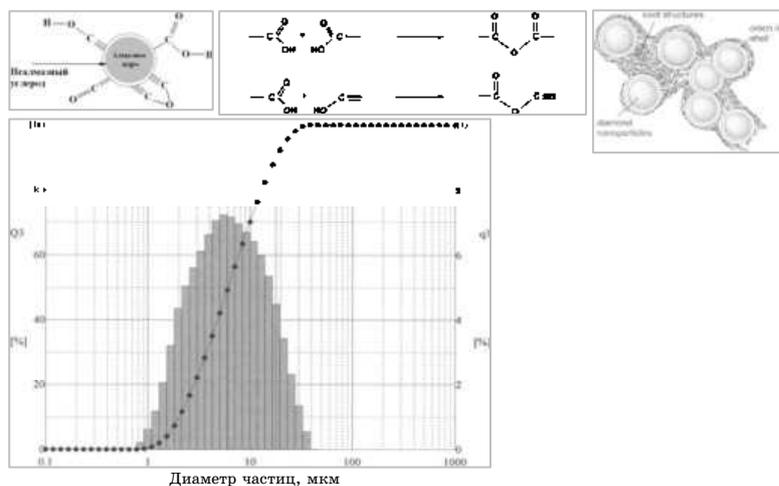


Рис. 1. Схема дисперсных наноалмазных порошков.

дисперсных наноалмазных порошков.

2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования разделения порошков ДНА по размерам их конгломератов выполняли на алмазах марки АСУД99. Процесс разделения выполняли методами динамического осаждения в центрифугах с добавками поверхностно-активных веществ. Центрифугирование выполняли при скорости вращения от 900 до 3000 оборотов в минуту. В полученных продуктах разделения определяли гранулометрические характеристики конгломератов ДНА с помощью лазерного микроанализатора «LMS-30» фирмы Seishin (Япония). Адсорбционно-структурные исследования образцов дисперсных наноалмазов выполняли с помощью газоадсорбционного анализатора NOVA 2200 («Quantachrome»).

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Дисперсные наноалмазные порошки со средним размером 12,525 мкм в зависимости от скорости вращения центрифуги разделили на 8 групп, которые отличаются средним размером конгломератов от 28,785 мкм до 3,891 мкм. На рисунке 2 представлена гистограмма

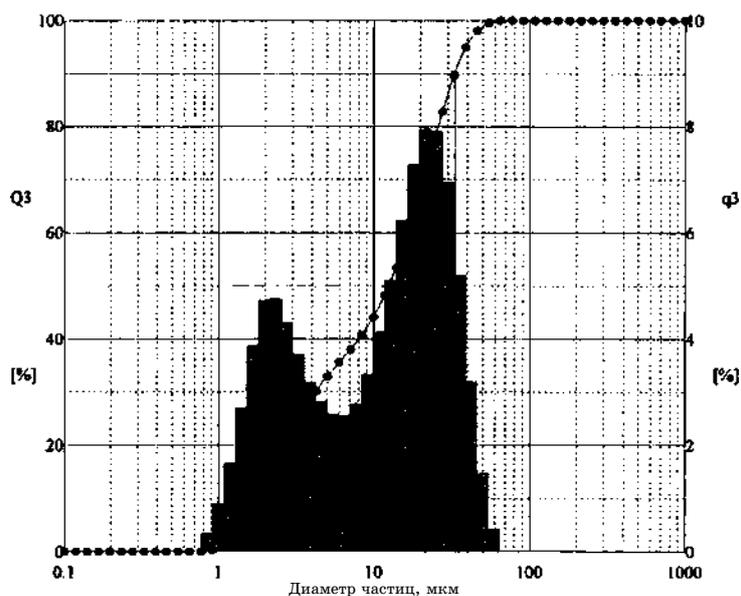


Рис. 2. Гистограмма исходных дисперсных наноалмазных порошков со средним размером конгломератов 12,525 мкм.

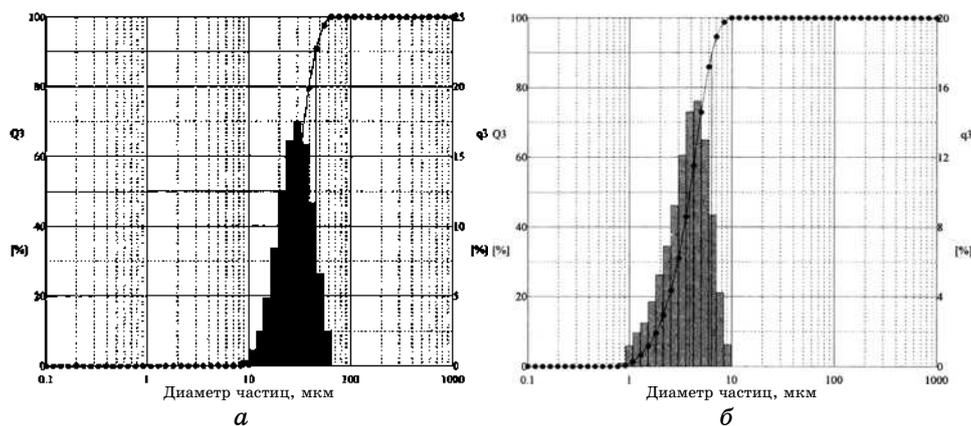


Рис. 3. Гистограммы дисперсных наноалмазных порошков со средним размером конгломератов 28,785 мкм (*а*) и 3,891 мкм (*б*).

исходных дисперсных наноалмазных порошков со средним размером конгломератов 12,525 мкм (рис. 2) и после разделения со средним размером конгломератов 28,785 мкм (рис. 3, *а*) и 3,891 мкм (рис. 3, *б*).

Как следует из рис. 2, на гистограмме исходных наноалмазных порошков наблюдается два максимума, что свидетельствует о неоднородности порошков по размерам. Первый максимум соответствует размеру конгломератов 4 мкм, а второй максимум — 30–40 мкм.

На рисунке 3 представлены гистограммы двух фракций дисперсных наноалмазных порошков со средним размером конгломератов и после разделения со средним размером конгломератов 28,785 мкм (рис. 3, *а*) и 3,891 мкм (рис. 3, *б*).

Как следует из рис. 3, на гистограмме наноалмазных порошков со средним размером конгломератов 28,785 мкм наблюдается максимум в интервале от 10 до 100 мкм, а для порошков со средним размером конгломератов 3,891 мкм наблюдается максимум в интервале от 1 до 10 мкм. Таким образом, при переходе от фракций порошков с размером 28,785 мкм к фракции порошков с размером 3,891 мкм получают более однородные порошки по размерам частиц.

Весьма информативным материалом является оценка адсорбционно-структурных характеристик фракций порошков.

На рисунке 4 показаны изотермы фракций наноалмазных порошков со средним размером конгломератов 28,785 мкм (рис. 4, *а*) и 11,280 мкм (рис. 4, *б*).

На основе данных изотерм были рассчитаны: удельная поверхность частиц, объем пор и их размеры, а также энергия адсорбции.

Если удельная поверхность для исходных порошков составляла

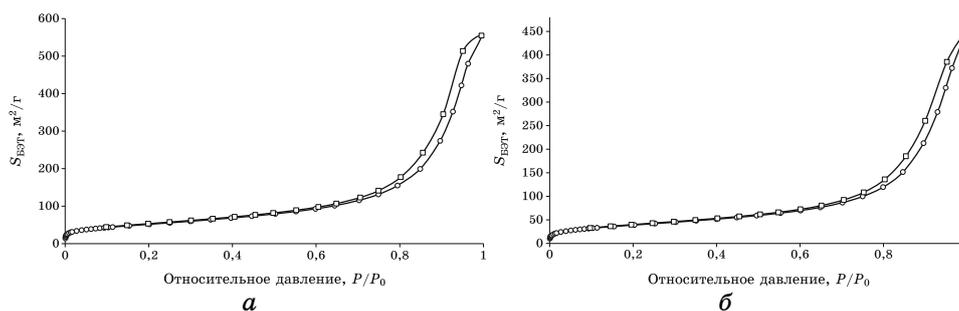


Рис. 4. Изотермы дисперсных наноалмазных порошков со средним размером конгломератов 28,785 мкм (а) и 11,280 мкм (б).

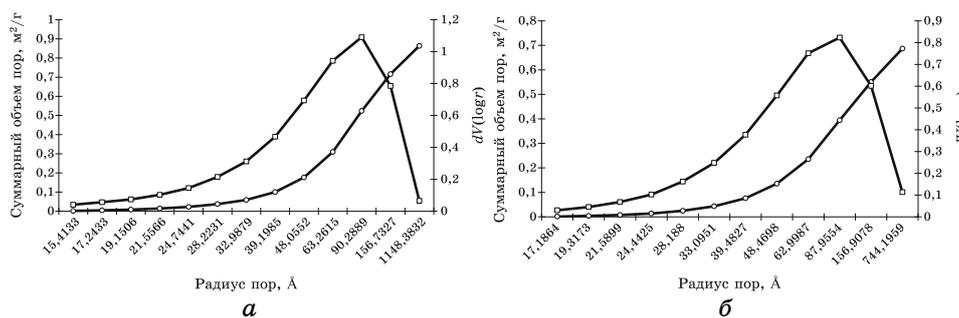


Рис. 5. Распределение пор по размерам конгломератов алмазных частиц 28,785 мкм (а) и 11,280 мкм (б).

177,5 м²/г, то для самой крупной фракции $S_{уд.}$ составляла 187,3 м²/г, а для минимальной фракции $S_{уд.}$ составляла 120 м²/г. Снижение величины удельной поверхности порошков с уменьшением размеров конгломератов, по-видимому, связано с получением менее пористых частиц. На рисунке 5 сопоставлены величины зависимости пористости от радиуса пор.

Таким образом, дальнейшее изучение физико-химических свойств порошков дисперсных наноалмазных порошков с разными средними размерами конгломератов позволит получить дополнительные сведения о качестве этих порошков, что даст возможность производить и выпускать новые марки алмазных нанопорошков, однородных по размерам частиц.

4. ВЫВОДЫ

Выполнено фракционирование наноалмазных порошков на 8 фракций со средним размером конгломератов от 28,785 до 3,891 мкм.

Установлено, что на гистограммах исходных наноалмазных порошках наблюдаются два максимума, с размером конгломератов 4 мкм, а второй максимум — 30–40 мкм, что свидетельствует о неоднородности порошков по размерам.

Снижение величины удельной поверхности порошков с уменьшением размеров конгломератов фракций, по-видимому, связано с получением менее пористых частиц.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. П. Богатырева, М. Н. Волошин, М. А. Маринич, В. Г. Малоголовец, В. Л. Гвяздовская, В. С. Гаврилова, *Сверхтвердые материалы*, № 6: 42 (1999).
2. Г. П. Богатырева, Г. В. Жутаева, М. Р. Тарасевич, Г. А. Базалий, В. Л. Гвяздовская, Е. А. Ищенко, А. В. Яцимирский, *Сверхтвердые материалы*, № 5: 23 (2001).
3. Г. П. Богатырева, М. А. Маринич, Г. А. Базалий, Н. А. Олейник, М. Н. Волошин, *Сверхтвердые материалы. Получение и применение. Синтез алмаза и подобных материалов* (Ред. Н. В. Новиков) (Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля–ИПЦ «АЛКОН» НАНУ: 2003), т. 1, с. 298.
4. Г. П. Богатырева, М. А. Маринич, Г. А. Базалий, В. Л. Гвяздовская, *Синтез, спекание и свойства сверхтвердых материалов: сб. науч. трудов* (Ред. Н. В. Новиков) (Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАНУ: 2005), с. 63.
5. Г. П. Богатырева, М. А. Маринич, Г. А. Базалий, О. В. Лещенко, *Сб. науч. трудов XVI Междунар. науч.-техн. конф. «Экологическая и техногенная безопасность. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов»* (Ред. В. Ф. Костенко, Д. Н. Почепецкий, С. В. Разметаев) (Харьков: Укр. ВОДГЕО: 2008), с. 107.