

СИНТЕЗ НА НАНОРАЗМЕРНИ ДИАМАНТИ С ИЗПОЛЗВАНЕ ЕНЕРГИЯТА НА ВЗРИВА

Людмил Марков

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: lmarkov@space.bas.bg*

Ключови думи: взривен синтез, нанодиамант (НД)

Резюме: В представената работа е описан синтез на нанодиамант (НД) от свободния въглерод на взривните вещества в процеса на взрива. Показани са някои по-важни характеристики на използваните заряди и получените НД. Показана е експерименталната установка, в която е получен НД.

SYNTHESIS NANOSIZED DIAMONDS USING THE ENERGY OF THE BLAST

Ludmil Markov

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: lmarkov@space.bas.bg*

Keywords: detonation synthesis, nanodiamond (ND)

Abstract: The detonation synthesis of nanodiamond (ND) from the free carbon of explosives is presented. The most important parameters of the used explosive charges are given, as well as the properties of the ND obtained. The experimental explosive camera for the synthesis of ND is shown.

Получаването на нанодиамантени частици (НД) чрез взривен способ, както и тяхното приложение, през последните години привлича все по-голямо внимание. Експерименталното решение на проблема се базира на предположението, че при взривяването на взривните вещества (ВВ) с отрицателен кислороден баланс освободения въглерод се превръща в диамант при съответните стойности на налягането p и температурата T .

Детонационната вълна представлява комплекс от ударна вълна на фронта, на която започва разлагането на ВВ, следвана от зоната на химичната реакция, завършваща в точката на Чемпен-Жуге. Изчислените стойности на p и T в детонационната вълна за някои ВВ, съпоставени с фазовата диаграма на въглерода (фиг.1) показват, че свободният въглерод кондензира в диамант. Например, за заряди от ТХ 50/50 (тротил/хексоген с плътност $1,67 \text{ g/cm}^3$) точката на Жуге лежи в областта на течния въглерод, следователно диамантът кристализира от микрокапките С и при разширението на продуктите от взрива се превръща в графит.

Количеството на отделящият се С зависи от състава на ВВ, плътността ρ_0 на заряда и условията на взрива. За синтез на диаманта е целесъобразно да се използват смесени ВВ, при които зоната на химичната реакция е по широка и се създава микротурбулентност, способстваща нарастването на диамантените кристали. Като най-перспективни се очертах следните ВВ: тринитротолуол, динитротолуол, динитронафталин, тетрил, хексоген, тен, а така също и техните смеси или комбинация с други вещества, при което се постига понижаване на кислородния баланс или насищане с въглерод.

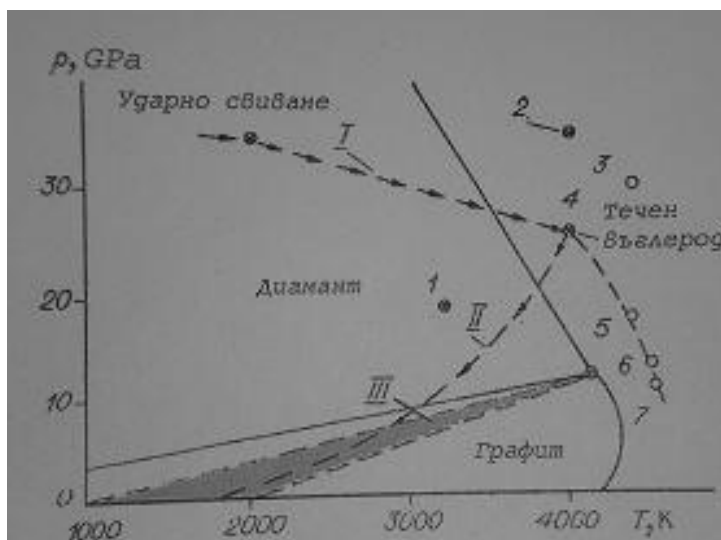
Опирайки се на гореизложените теоретични предпоставки в ИКИТ-БАН беше синтезиран по взривен път НД. Понятието "синтез на НД" включва следните компоненти:

- разработване на физико-химичен модел на явлението;
- оптимизация на състава и геометрията на зарядите;

- определяне на отношението на взривна маса, обем на камерата и характеристики на охлаждащата среда, с цел да се запазят диамантените частици;
- пречистване на твърдия остатък въглеродна маса (от недиамантени форми) и на другите примеси;
- проучване на структурата и характеристиките на НД;
- други фактори от техническо и технологично естество.

В процеса на експериментиране най-удачни се оказаха взривните смеси тротил/хексоген (TNT/RDx), при които се отделя значително количество свободен въглерод и при взривяването им се постигат необходимите за синтез на диаманта термодинамични параметри.

Зарядите с цилиндрична форма и съотношение TNT:RDx (50÷70) : (50÷30) бяха поставени в обвивка от лед, охладен под -25°C и взривени във взривна камера (фиг.2) при радиално-аксиално разпространение на фронта на детонационната вълна.



Фиг. 1. Фазова диаграма- I – химическа реакция; II – изоентропа на разширението; III – графитизация на диаманта , 1 – тротил; 2 – хексоген; 3 – тен; 4-7 – точка на Жуге при $\rho_0=1,67$ (4), $\rho_0=1,43$ (5), $\rho_0=1,25$ (6), $\rho_0=1,11$ (7) за TX 50/50

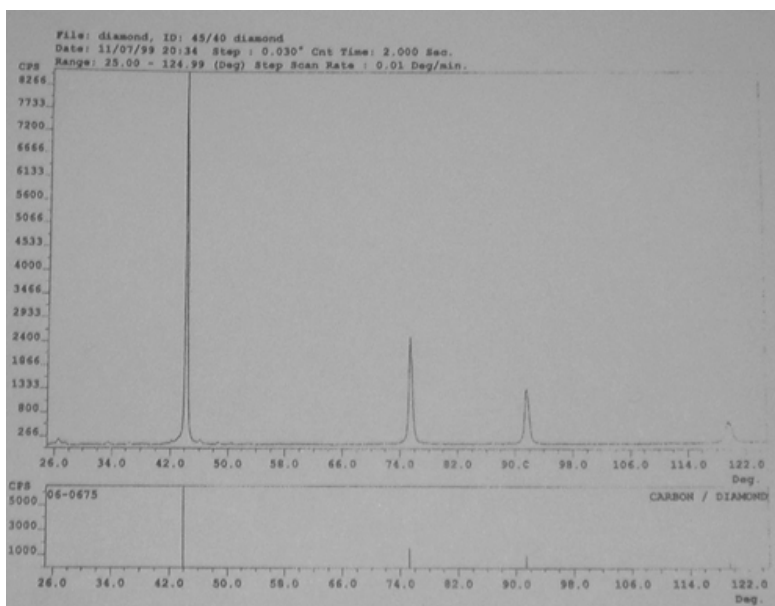


Фиг. 2. Общ вид на взривната камера

Получената водна суспензия от диамантена шихта беше филтрувана и подложена на химическо пречистване за изгаряне на органиката (основно наносажди), в смес от калиев

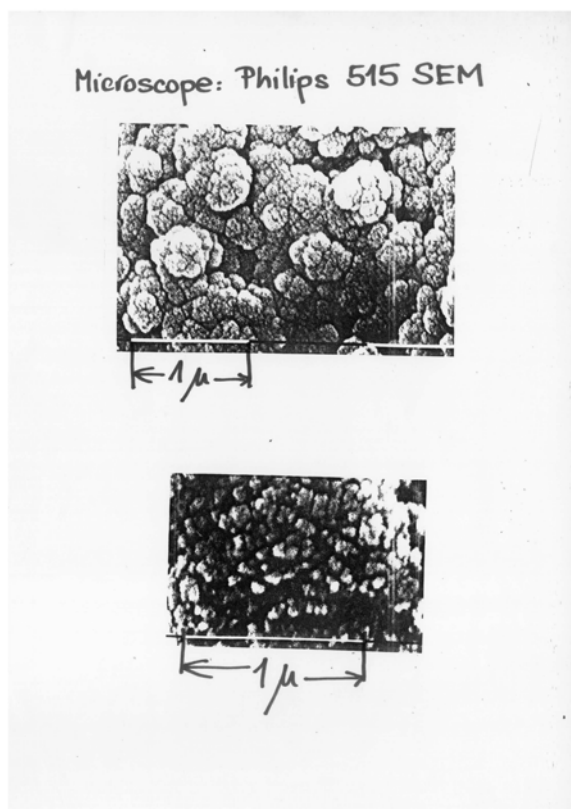
бихромат и сярна киселина в определено съотношение. По-нататъшното пречистване на суспензията беше извършено с разтвори на сярна и солна киселини.

Полученият НД представлява фин сив прах, с чистота 99,9%, пикнометрична плътност – 3,16 g/cm³ и специфична повърхност до 400 m²/g. Приложената рентенограма (Фиг.3) се характеризира с три добре оформени рефлекса, показващи незначителни остатъци от графит.

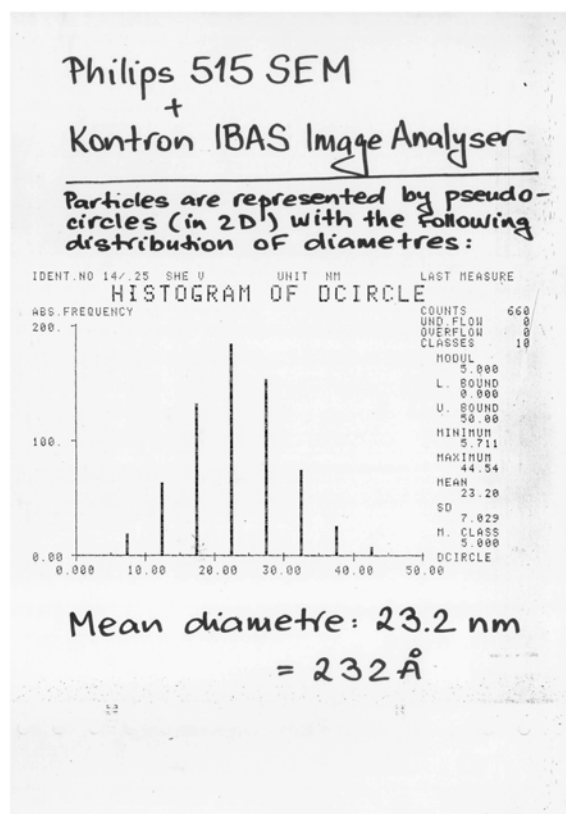


Фиг. 3

Изследванията, извършени със сканиращ електронен микроскоп и проведената компютърна обработка на образите показват, че частиците НД са почти изометрични със среден размер 4÷7nm. (фиг.4 и фиг.5).



Фиг. 4



фиг. 5

При нормални условия частиците са агрегирани в агломерати с гроздовидна форма, достигащи размери от порядъка на микрони. Разрушаването на тези агрегати беше извършено чрез неколккратно замразяване на суспензията от НД и вода при температура на течния азот и последваща обработка с мощен ултразвуков генератор, при използване на подходящи разтворители. При съчетаването на тези два метода се получава НД с описаните по-горе свойства, висока седиментна устойчивост и аномално високи адсорбционни свойства.

Изводи:

1. Разработен е метод за взривен синтез на НД.
2. Получени са и охарактеризирани наноразмерни диамантени частици.

Литература:

1. BG патент № 49267
2. US патент № 5,353,708