

9. Бочечка А. А. Разрушение частиц алмазного порошка под воздействием высокого давления // Сверхтвердые матер. – 1993. – № 5. – С. 9–14.
10. Назарчук С. Н., Бочечка А. А., Петасюк Г. А. Уплотнение алмазных порошков под воздействием высокого давления // Физика и техника высоких давлений. – 2009. – 19. – № 3. – С 7–11.

Поступила 29.06.09

УДК 621.926.538.1

**Н. А. Олейник**, канд. техн. наук

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

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ КРУПНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛЛОВ**

*Results of the description of character of distribution of particles of a disperse product of synthesis of diamond after various kinds of processing, raw materials, powders in the form of total characteristics of the sizes approximated by eksponentsialno-sedate dependence Rozina-Rammlera are presented.*

#### **Введение**

Алмазные порошки получают в процессе переработки продукта синтеза (ПС), который образуется в виде спеков при синтезе. Спекы – это композиционные материалы технологического назначения, представляющие собой многофазные и прочные конгломераты, содержащие алмаз, металлическую и графитовую составляющие.

Переработка ПС включает дробление спеков, растворение металлической составляющей, окисление графита, финишную очистку, сортировку и классификацию порошка. В процессе переработки ПС крупность материала существенно изменяется, концентрация материала в узком диапазоне размеров (однородность материала) влияет на эффективность переработки.

Математическое описание крупности (гранулометрического состава) материала, представленное суммарными характеристиками крупности, необходимо в целях обоснования и разработки процессов для применения в структурной схеме переработки ПС.

Цель настоящей работы – проверить возможность описания суммарных характеристик крупности дисперсного ПС после различных видов воздействия, алмазного сырья и порошков с помощью экспоненциально-степенного уравнения Розина – Раммлера.

#### **Методика и результаты исследования**

Исследования проводили на полученном в ростовой системе Ni–Mn–C, ПС, предназначенном для изготовления шлифпорошков марки АС15 и выше.

Образцы для исследования получили путем последовательных операций: стадийного дробления исходных спеков и химической обработки ПС. Дробили спекы в щековой дробилке. Дезинтеграцию материала после растворения металлической составляющей выполняли параллельно тремя методами: первый – термохимическая обработка; второй – механическое дробление в роторной дробилке конструкции Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины и в конусной инерционной дробилке (КИД); третий – импульсная обработка высоковольтным электрическим разрядом (ВЭР) в жидкости (выполняли в ИИПТ НАН Украины, г. Николаев).

Образцы материала, подготовленные согласно рис. 1 подвергли ситовому анализу.

По результатам ситового анализа рассчитывали выход материала (%) различных классов крупности по формуле

$$\Gamma = \frac{100 G_{\text{кл. крупн.}}}{G_{\text{исх.}}}, \quad (1)$$

где  $G_{\text{кл. крупн.}}$  – масса материала, прошедшая сито с отверстиями размером  $-d$  (мм) и задержавшаяся на сите с отверстиями размером  $+d$  (мм), г;  $G_{\text{исх.}}$  – масса материала, поступившая на рассев, г.

По результатам ситового анализа (гранулометрическому составу) оценивали распределение по крупности дисперсных частиц.

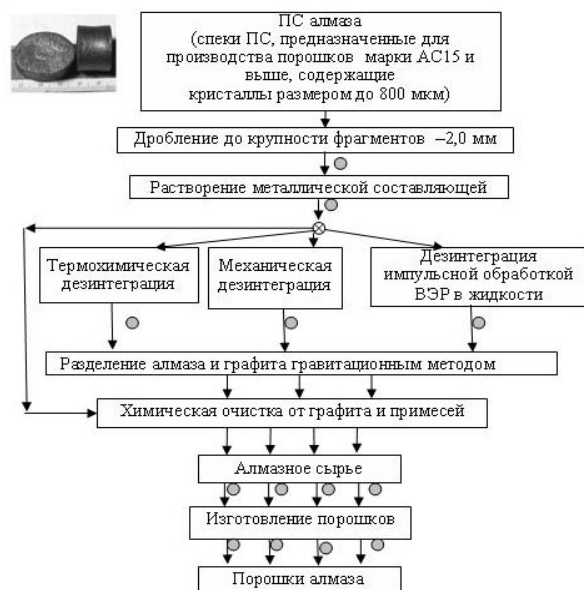


Рис. 1. Схема подготовки образцов для исследования гранулометрического состава:  
○ - места отбора проб образцов для исследования

Для описания распределения частиц всего диапазона крупности применяли суммарную характеристику по минусу [1; 2]. Результаты построения суммарных характеристик крупности дисперсного ПС после различных видов обработки, извлеченного из него алмазного сырья и изготовленных порошков показаны на рис. 2.

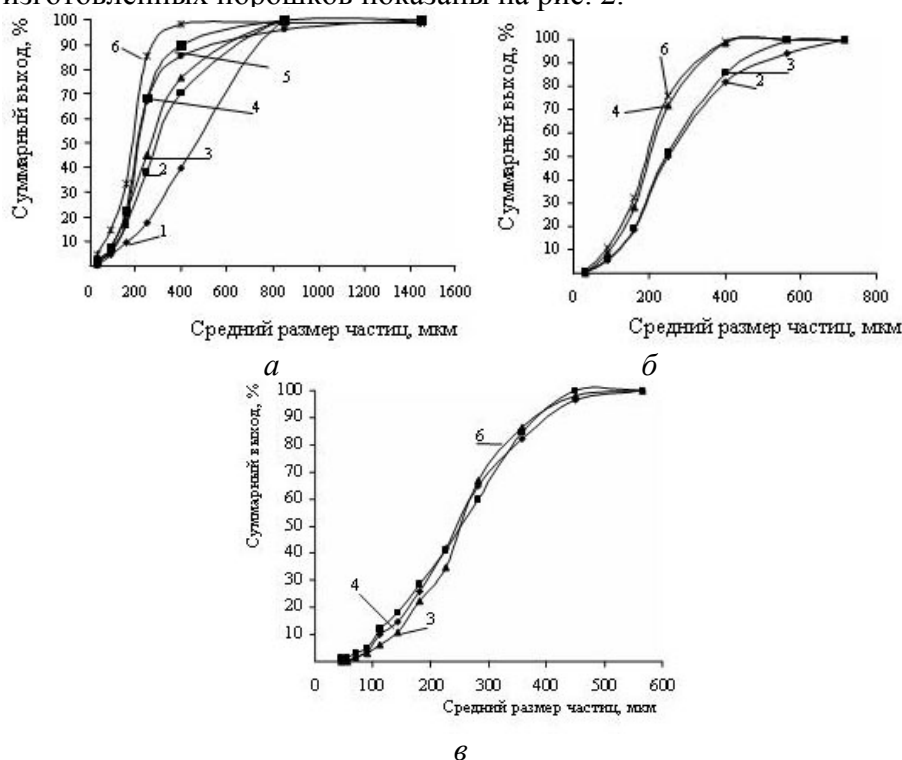


Рис. 2. Суммарные характеристики крупности дисперсного ПС (а) после дробления – 1, растворения металлической составляющей – 2, термохимической дезинтеграции – 3, механической дезинтеграции в роторной дробилке – 4, в конусной инерционной дробилке – 5, импульсной обработке ВЭР в жидкости – 6; алмазного сырья (б) и порошков (в) изготовленных с применением тех же видов обработки

Как видим на рис. 2, существует область размеров, где концентрируется основная масса материала. Эта область соответствует максимальному наклону кривой суммарной характеристики крупности.

Для описания суммарных характеристик крупности применяли линейную, степенную, экспоненциальную зависимости. Коэффициенты достоверности аппроксимации этими зависимостями существенно различаются, причем наибольшая достоверность (0,9037) достигается при описании характеристики степенной зависимостью.

Для описания распределения дисперсного ПС, алмазного сырья и порошков применяли экспоненциально-степенное уравнение Розина – Раммлера [1]

$$R = 100e^{-bx^n}, \quad (2)$$

где  $R$  – суммарный остаток на сите  $d$ , %;  $e$  – основание натуральных логарифмов;  $b$ ,  $n$  – постоянные, характерные для данного материала,  $x$  – средний размер частиц, мкм.

При последовательном двойном логарифмировании уравнение (2) принимает вид

$$\lg \lg \frac{100}{R} = n \lg x + \lg(b \lg e).$$

В координатах  $\lg \lg(100/R)$ ,  $\lg x$  уравнение изображается прямой, где  $n$  – тангенс угла наклона прямой;  $\lg(b \lg e)$  – отрезок, отсекаемый на оси ординат.

Параметры  $b$  и  $n$  уравнения (2) рассчитывали по формулам, соответственно

$$n = \frac{\lg \lg \frac{100}{R_1} - \lg \lg \frac{100}{R_2}}{\lg x_1 - \lg x_2}, \quad b = \frac{\lg \frac{100}{R_1}}{x_1^n \lg e}. \quad (3)$$

Уравнение (2) охватывает широкий диапазон размеров частиц, но выход материала, равный нулю может быть достигнут при бесконечно большой крупности материала. Поэтому конечную крупность принимали соответствующей определенному значению выхода класса.

Для продуктов переработки ПС после различных видов обработки, алмазного сырья и порошков построили суммарные характеристики крупности. По формулам (3) рассчитали коэффициенты уравнения Розина – Раммлера во всем диапазоне размеров и в области концентрации материала до 80 масс. %, т. е. без учета «хвостов распределения», соответствующих  $\pm 10$  масс. %. Достоверность описания суммарных характеристик крупности уравнением Розина – Раммлера во всем диапазоне размеров дисперсного ПС, сырья и порошков составила соответственно 0,9241; 0,9881; 0,9722.

Коэффициенты уравнения Розина – Раммлера, рассчитанные для характеристик крупности дисперсного ПС после различных видов обработки, алмазного сырья и порошков в области концентрации материала до 80 масс. % приведены в таблице.

Результаты сравнения экспериментальных и расчетных выходов, полученных по уравнению Розина – Раммлера, показали, что при вероятности 0,95 относительная погрешность не превышает 1 %.

Проанализировав графическое изображение характеристик крупности и сравнив коэффициенты уравнения Розина – Раммлера, приходим к выводу, что чем более однороден материал по размерам, т. е. его основная масса сконцентрирована на более узком диапазоне размеров, тем выше коэффициент  $n$ . Таким образом, по значению этого коэффициента можно сравнивать подобные дисперсные материалы по однородности размеров, делать выводы о влиянии применяемых воздействий на однородность порошков, сравнивать работу аппаратов. Так, в процессе переработки ПС от операции к операции однородность дисперсного ПС по размерам повышается. Механическая дезинтеграция в КИД приводит к более однородному материалу, чем дезинтеграция в роторной дробилке. Импульсная обработка ВЭР в жидкости, применяемая в качестве дезинтеграции позволяет получить наиболее однородный по размерам дисперсный ПС и алмазные порошки.

**Коэффициенты уравнения Розина-Раммлера, описывающего распределение по крупности частиц ПС после различных видов обработки, алмазного сырья и порошков**

| Вид обработки ПС                                   |                               | Коэффициенты уравнения Розина – Раммлера |                       | Размерная область применения уравнения, мкм | Достоверность, $R^2$ |
|--|-------------------------------|--|-----------------------|---|----------------------|
|  |                               | $n$                                      | $b$                   |   |                      |
| ПС алмаза  |                               |  |                       |   |                      |
| Дробление в щековой дробилке                       |                               | 1,31                                     | $6,96 \cdot 10^{-5}$  | 850–250                                     | 0,9995               |
| Дробление + растворение металлической составляющей |                               | 1,74                                     | $9,28 \cdot 10^{-6}$  | 850–160                                     |                      |
| Термохимическая дезинтеграция                      |                               | 1,86                                     | $7,46 \cdot 10^{-5}$  | 850–250                                     |                      |
| Механическая дезинтеграция                         | Роторная дробилка             | 2,00                                     | $3,12 \cdot 10^{-6}$  | 850–160                                     |                      |
|  | Конусная инерционная дробилка | 2,59                                     | $2,98 \cdot 10^{-7}$  | 400–90                                      |                      |
| Импульсная обработка ВЭР в жидкости                |                               | 2,69                                     | $1,92 \cdot 10^{-7}$  | 400–160                                     |                      |
| Алмазное сырье                                     |                               |  |                       |   |                      |
| Механическая дезинтеграция в роторной дробилке     |                               | 2,85                                     | $1,65 \cdot 10^{-7}$  | 400–160                                     | 0,9995               |
| Импульсная обработка ВЭР в жидкости                |                               | 2,72                                     | $3,66 \cdot 10^{-7}$  |   |                      |
| Термохимическая дезинтеграция                      |                               | 2,71                                     | $6,49 \cdot 10^{-8}$  | 565–160                                     |                      |
| Дробление + растворение металлической составляющей |                               | 2,68                                     | $6,87 \cdot 10^{-8}$  |   |                      |
| Алмазные порошки                                   |                               |  |                       |   |                      |
| Термохимическая дезинтеграция                      |                               | 2,59                                     | $8,72 \cdot 10^{-10}$ | 450–180                                     | 0,9934               |
| Импульсная обработка ВЭР в жидкости                |                               | 3,12                                     | $1,04 \cdot 10^{-8}$  |   |                      |
| Механическая дезинтеграция в роторной дробилке     |                               | 2,43                                     | $6,34 \cdot 10^{-7}$  |   |                      |

**Выводы**

Суммарные характеристики крупности дисперсного ПС, алмазного сырья и полученных из него порошков наиболее полно и во всем диапазоне размеров может быть описано экспоненциально-степенным уравнением Розина – Раммлера. С достоверностью 0,99 уравнение позволяет описывать область характеристики, соответствующей концентрации материала до 80 масс. %

Коэффициенты уравнения определены для различных вариантов стадийной обработки ПС, включающей механическое и химическое воздействие. Относительная погрешность определения выхода материала заданного класса размеров при вероятности 0,95 не превышает 1 %.

**Литература**

1. Андреев С. Е., Перов В. А., Зверевич В. В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М.: Недра, 1980. – 416 с.
2. Справочник по обогащению руд: в 4 т./ Под ред. О. С. Богдановна, В. А. Олевского. – М.: Недра, 1982. – Т. 1. – 366 с.

Поступила 08.07.10