

УДК 539.893.621.317.4

Г. П. Богатырева, докт. техн. наук; **Г. Ф. Невструев**, **Г. Д. Ильницкая**,
А. И. Боримский, **П. А. Нагорный**, кандидаты техн. наук; **А. Г. Гонтарь**, канд. физ.-мат.
наук; **Е. Ф. Кузьменко**, **И. Н. Зайцева**, инженеры

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

СВОЙСТВА АЛМАЗНЫХ ШЛИФПОРОШКОВ ПОРОШКОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ В СИСТЕМЕ Fe–Si–C

The properties of the diamond powders, synthesized in system Fe–Si–C, are considered in article. It is shown, that strength of diamond of all grits concern to mark AC6. Powders of the diamond have well expressed magnetic properties as contain up to 7,5 % (on mass) intracrystal inclusions consisting, basically, from elements of alloy–solvent.

Синтез алмаза осуществляют в области его термодинамической стабильности при высоких p, T -параметрах, используя специальные аппараты высокого давления [1]. Для снижения p, T -параметров, необходимых для синтеза алмаза, применяют растворители углерода в виде сплавов различного состава. Как правило, сплавы–растворители углерода содержат металлы переходной группы, например, Fe, Co и Ni. При этом наиболее изучены свойства алмазных порошков, получаемых с применением широко используемых в практике сплавов–растворителей углерода систем Ni–Mn, Fe–Ni и Fe–Co. Свойства алмазных порошков, получаемых в других ростовых системах, в литературе освещены недостаточно.

В настоящей работе приведены результаты исследования свойств алмазных порошков, полученных с применением сплава–растворителя углерода системы Fe–Si [2, 3], который содержал кремний в количестве 7 % (по массе). Степень превращения графита в алмаз при синтезе составляла 30–36 % (по массе).

Алмазные порошки, полученные в системе Fe–Si–C, были исследованы по комплексной методике, которая состояла в следующем.

Вначале полученный при синтезе алмазный продукт был разделен методом ситовой классификации на зернистости, после чего для каждой из них определена разрушающая нагрузка при статическом сжатии в соответствии со стандартной методикой [4]. Затем исходные алмазные порошки каждой зернистости были разделены в магнитном поле при различной напряженности на отдельные фракции (1 магнитная, 2 магнитная, 3 магнитная и т. д., немагнитная). Полученные фракции различались между собой магнитной восприимчивостью, которая уменьшалась при переходе от 1 магнитной к немагнитной. Магнитную восприимчивость алмазных порошков различных фракций измеряли как в исходном состоянии, так и после глубокой химической очистки, что позволило оценить содержание примесей на их поверхности. Магнитную восприимчивость алмазных порошков измеряли по специальной методике, разработанной в ИСМ им. В. Н. Бакуля.

Для полученных фракций алмазных порошков с различной магнитной восприимчивостью определяли разрушающую нагрузку при статическом сжатии по указанной выше методике, а также содержание включений с помощью растровой электронной микроскопии [5]. В результате проведенных исследований установлено, что полученные нами в системе Fe–Si–C алмазные порошки по значениям показателя прочности при статическом сжатии соответствуют марке AC6.

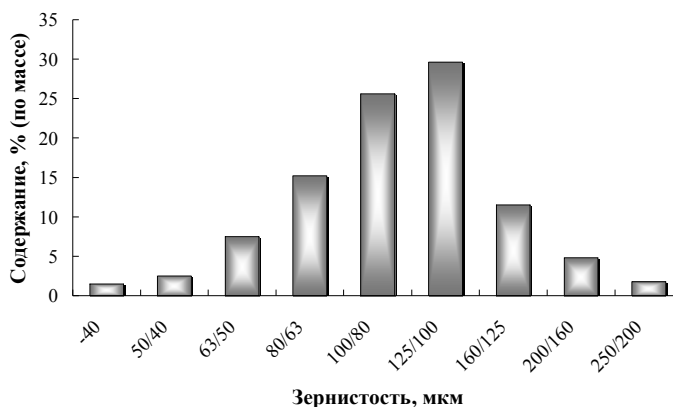


Рис. 1. Распределение порошков алмаза по зернистостям.

На рис. 1 приведена гистограмма распределения алмазных порошков по зернистостям. Из нее видно, что полученный при синтезе продукт состоит преимущественно из алмазных порошков зернистостей 80/63–160/125, содержание которых в продукте синтеза составляет 86 % (по массе).

Алмазы, синтезированные в системе Fe–Si–C, обладают хорошо выраженными магнитными свойствами. Поэтому в процессе проведения исследования была измерена удельная магнитная восприимчивость порошков алмаза каждой зернистости диапазона 50/40–250/200, полученных после отсева.

На рис. 2 показана зависимость удельной магнитной восприимчивости алмазных порошков от крупности зерен, которая является монотонно возрастающей. Указанный характер зависимости обусловлен тем, что с увеличением скорости роста кристаллов возрастает содержание внутрикристаллических включений, захватываемых растущими кристаллами из среды кристаллизации. Кривая на рис. 2 показывает устойчивую тенденцию повышения удельной магнитной восприимчивости порошков алмаза, полученных в системе Fe–Si–C, с увеличением зернистости.

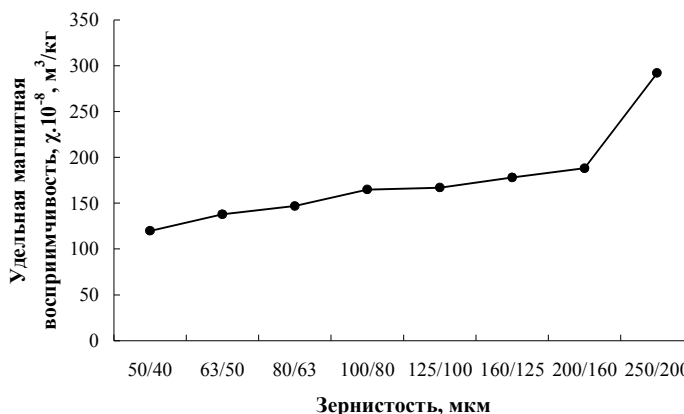


Рис. 2. Удельная магнитная восприимчивость алмазных порошков различных зернистостей.

Результаты проведенных исследований показали, что алмазные порошки, особенно крупных зернистостей, синтезированные в системе Fe–Si–C, требуют при извлечении из продукта синтеза тщательной химической обработки для удаления поверхностных примесей.

Порошки алмаза зернистостей 125/100, 100/80 и 80/63 были разделены в магнитном поле разной напряженности на 5 – 6 магнитных фракций для проверки однородности по маг-

нитным свойствам. В шлифпорошках алмаза каждой магнитной фракции определены выход и удельная магнитная восприимчивость. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты магнитной сепарации алмазных порошков различных зернистостей

Зернистость, мкм	Наименование фракции	Распределение, % (по массе)	Удельная магнитная восприимчивость χ , $10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$
125/100	Исходный продукт	100,0	186
	1 магнитная	6,4	630
	2 магнитная	3,7	384
	3 магнитная	13,1	315
	4 магнитная	39,3	159
	5 магнитная	24,4	87
	Немагнитная	13,1	47
100/80	Исходный продукт	100,0	163
	1 магнитная	8,6	446
	2 магнитный	3,2	316
	3 магнитный	6,5	213
	4 магнитный	25,8	183
	5 магнитный	39,8	108
	Немагнитная	16,1	62
80/63	Исходный продукт	100,0	152
	1 магнитный	5,6	467
	2 магнитный	7,1	363
	3 магнитный	20,8	162
	4 магнитный	35,0	115
	Немагнитная	31,5	81

Результаты исследований, представленные в табл. 1, показывают, что алмазные порошки, синтезированные в системе Fe–Si–C, обладают высокой магнитной восприимчивостью, благодаря чему представляется возможным разделять их на отдельные фракции, однородные по свойствам, методом магнитной сепарации.

В зернах алмаза зернистости 100/80, разделенных в магнитном поле на фракции с различной удельной магнитной восприимчивостью, методом растровой электронной микроскопии определено общее содержание включений в алмазах и элементный состав этих включений. На основании полученных данных рассчитана удельная магнитная восприимчивость включений $\chi_{\text{вкл}}$ [6].

В качестве примера в табл. 2 для различных фракций алмазного порошка зернистости 100/80 приведены общее количество содержащихся в них включений, а также содержание железа в кристаллах алмаза, во включениях и удельная магнитная восприимчивость включений.

Анализ данных табл. 2 показывает, что с уменьшением удельной магнитной восприимчивости порошков алмаза изменяется химический состав включений в них за счет снижения содержания железа почти в два раза. В результате этого магнитная восприимчивость включений во всех исследованных образцах порошков алмаза зернистости 100/80 снижается от сильномагнитных фракций к слабомагнитным.

Таблица 2. Содержание включений в алмазном порошке зернистости 100/80

Наименование фракции	Удельная магнитная восприимчивость χ , 10^{-8} м ³ /кг	Общее содержание включений, % (по массе)	Содержание железа во включениях, % (по массе)	Удельная магнитная восприимчивость включений $\chi_{\text{вкл}}$, 10^{-8} м ³ /кг
Исходный продукт	163	3,6	74,3	4961
1 - магнитная	446	6,1	94,2	7347
4 - магнитная	183	3,7	87,6	4964
Немагнитная	62	2,8	48,9	4482

На рис. 3 приведена зависимость магнитной восприимчивости продукта синтеза, полученного в системе Fe–Si–C, от общего содержания включений (1) в алмазных порошках и от содержания железа (2) во включениях. Наблюдается прямая зависимость магнитной восприимчивости как от общего содержания включений, так и от содержания железа во включениях.

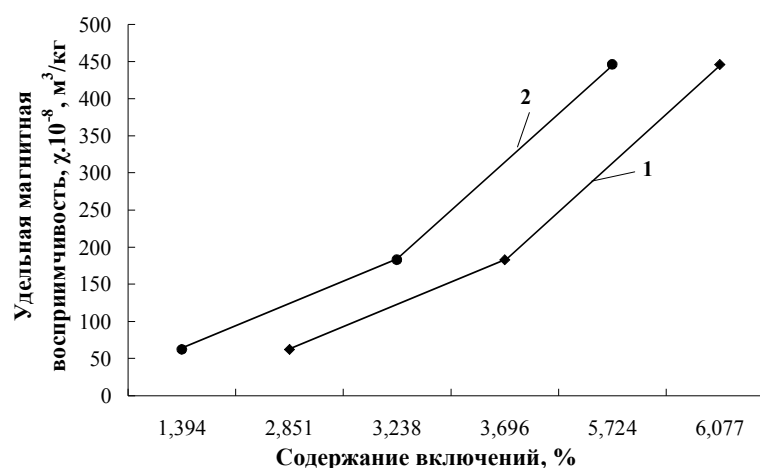


Рис. 3. Зависимость удельной магнитной восприимчивости порошков алмаза зернистости 100/80 от общего содержания внутрикристаллических включений (1) и от включений железа (2) в зернах алмаза.

На рис. 4 содержание кремния в различных фракциях алмазного порошка зернистости 100/80. Как следует из полученных результатов, содержание кремния во включениях, в отличие от содержания железа, связано обратной зависимостью с магнитной восприимчивостью алмазного порошка.

Таким образом, система Fe–Si–C обеспечивает синтез алмазных порошков марки АС6 зернистостей от 50/40 до 250/200. Высокая магнитная восприимчивость получаемых алмазных порошков позволяет эффективно использовать метод магнитной сортировки для их разделения на отдельные фракции, различающиеся по удельной магнитной восприимчивости.

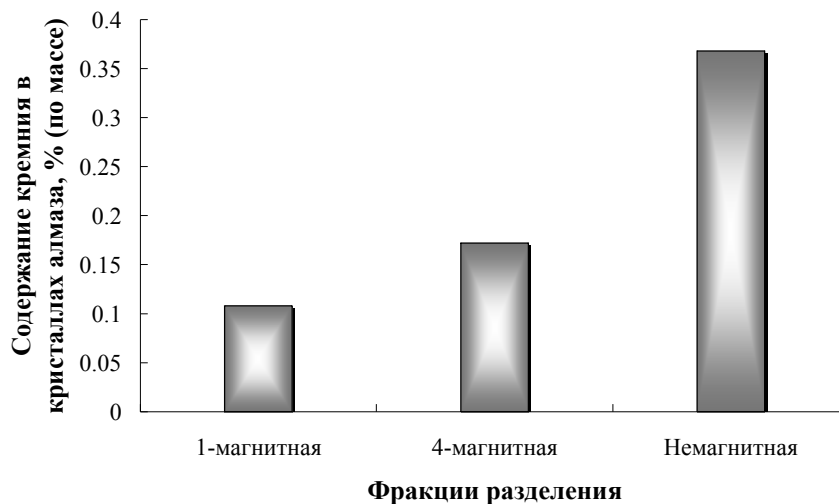


Рис. 4. Содержание кремния в различных фракциях алмазного порошка зернистостью 100/80.

Литература

1. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: Монография в 6 т. / Под общ. ред. Н. В. Новикова – Т. 1: Синтез алмаза и подобных материалов / Отв. ред. А. А. Шульженко. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, ИПЦ «АЛКОН» НАНУ, 2003. – 320 с.
2. Боримский А. И., Делеви В. Г., Нагорный П. А. Кинетика образования и роста алмазов в системе Fe–Si–C // Сверхтв. материалы. – 1999. - № 3. – С. 9–14.
3. Федоров В. Б., Шоршоров М. Х., Хакимова Д. И. Углерод и его взаимодействие с металлами. – М.: Металлургия, 1978. – 208 с.
4. ДСТУ 3292-95 «Порошки алмазные синтетические. Общие технические условия». – К.: Госстандарт Украины, 1996. – 69 с.
5. Woods G. S. Investigation of stacking fault and microtwin in synthetic diamond // Philos. Mag. – 1971. – **23**. – P. 473–484.
6. Физические свойства алмаза: Справ. / Под ред. Н. В. Новикова. – К.: Наук. думка, 1987. – С. 85–98.

Поступила 22.06.2006 г.