

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ ШЛИФПОРОШКОВ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА

Новиков Н.В., Богатырева Г.П., Ильницкая Г.Д., Невструев Г.Ф.,
Маринич М.А., Олейник Н.А., Лещенко О.В.
(ИСМ – ИСМ НАНУ, Киев, Украина)

The subject of inquiry of this work is diamond grinding powders produced from diamonds synthesized in two growing systems: Ni–Mn–C and Fe–Co–C. It has been ascertained that content of coarse-grained factions (630/500 – 250/200 grit size) in diamond raw material produced in Fe–Co–C growing system is higher than the one produced in Ni–Mn–C system. The strength of Fe–Co–C diamond powders of aforesaid grit sizes exceeds greatly the strength of Ni–Mn–C diamond powders. Diamond of Fe–Co–C system possesses pronounced magnetic properties. AC100 diamond powder of 250/200 grit size (Fe–Co–C) was separated in according to surface imperfectness in electrostatic field with use of fine electroconductive and ferromagnetic particles. As a result of this separation the following diamond powder has been extracted: grade of AC160 (strength), uniformity of the powder by strength is equal to 42.9% and its thermal stability coefficient is equal 0.78.

Введение. Изготовление высокопроизводительного алмазного инструмента основывается на использовании высококачественных алмазных шлифпорошков. По мере развития и совершенствования процесса синтеза, а также по мере возрастания требований к алмазным инструментам, обеспечивающих долговечность, прецизионность обрабатываемых поверхностей, возрастают требования к характеристикам качества алмазных порошков. Исходя из требований, предъявляемых к алмазному инструменту, основными характеристиками качества алмазного порошка являются крупность в виде зернистости и зернового состава, прочностные характеристики: прочность, однородность порошка по прочности, термостойкость.

Отечественными и зарубежными исследователями показано существенное влияние на прочностные характеристики алмазных шлифпорошков включений металла-растворителя, других объемных и поверхностных дефектов формы зерен [1, 2]. Поэтому для получения алмазных порошков разных марок необходимо применение процессов классификации по размеру зерен и различных способов сортировки по определенным свойствам. Наибольшее применение в отечественных и зарубежных технологиях нашел способ сортировки алмазных порошков по форме на вибростоле, кроме того, широко используется разделение алмазных порошков в магнитном поле по содержанию в них внутрикристаллических включений.

Анализ известной информации о методах получения новых материалов и их свойствах позволяет сделать вывод, что дальнейшее развитие способов сортировки сверхтвердых материалов для получения шлифпорошков с высокой однородностью по прочности основывается на создании и выявлении новых свойств поверхности зерен порошков при изменении их поверхности жидкими модификаторами или мелкодисперсными твердыми частицами. Разработаны и применяются разные методы сортировки алмазных зерен по дефектности их поверхности. Так, в методе флотации зернистых материалов используются физико-химические свойства поверхности зерен, какие определяют избирательность прилипания зерен алмаза к пузырькам воздуха.

В Институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины разработан и промышленно освоен адгезионно-магнитный способ сортировки,

основанный на различии кристаллов алмаза по уровню дефектности поверхности [3]. Дефектность поверхности тесно связана с прочностью кристаллов. В то же время поверхность кристалла алмаза содержит много активных связей, которые при определенных условиях, прочно удерживают твердые микрочастицы. В разработанном способе наносимые микрочастицы обладают сильными магнитными свойствами. У зерен алмаза возникает приобретенная магнитная восприимчивость χ_{np} , величина которой пропорциональна дефектности поверхности алмаза и обратно пропорциональна его прочности. В магнитном поле с регулируемой напряженностью шлифпорошок алмаза можно разделить на 5–10 продуктов с различной прочностью. При адгезионно-магнитном способе сортировки зерна алмаза разделяются по ряду свойств. При этом возрастает в 2–3 раза однородность порошков по основным свойствам, в частности, по прочности. Разработанный способ сортировки обладает высокой селективностью разделения.

Способ позволяет эффективно сортировать шлифпорошки алмазов, синтезированных в присутствии различных сплавов-растворителей. При сортировке получены высококачественные элитные алмазные порошки, а именно, термостойкие, особопрочные в диапазоне марок от АС15 до АС400 и другие [4].

При разделении алмазных порошков, синтезированных в присутствии сплавов-растворителей в виде ферросплавов и обладающих сильно выраженными магнитными свойствами, селективность разделения снижается.

Синтетические алмазные порошки за счет содержания в них металлических включений имеют естественную магнитную восприимчивость $\chi_{ест}$. После закрепления на поверхности зерен алмаза ферромагнитных микрочастиц создается общая магнитная восприимчивость $\chi_{общ}$. Поскольку эта характеристика относится ко всей массе измеряемых алмазов, то величина приобретенной магнитной восприимчивости χ_{np} определяется как разность $\chi_{np} = \chi_{общ} - \chi_{ест}$. Для зерен алмаза с относительно гладкой поверхностью и высокой прочностью количество закрепившихся ферромагнитных частиц не превышает 0.1 %, от массы алмазного порошка. При этом χ_{np} может быть равной или на порядок ниже $\chi_{ест}$, что резко снижает эффективность разделения алмазных шлифпорошков как по дефектности их поверхности, так и по прочности.

Поэтому целью данной работы было разработка методов разделения алмазных порошков, синтезированных в присутствии сплавов-растворителей в виде ферросплавов.

Методика эксперимента. Исследования проводили на алмазах, синтезированных в двух разных ростовых системах: Ni-Mn-C со сплавом-растворителем Ni-Mn и Fe-Co-C (сплав-растворитель в виде феррокобальта (Fe-Co)). Алмазные порошки обеих систем с помощью ситового метода разделяли по крупности с выделением отдельных зернистостей от 630/500 до 50/40. В полученных порошках определяли выход этих порошков и прочность [5]. Затем алмазные порошки зернистости 250/200, полученные в ростовой системе Fe-Co-C, разделяли по дефектности поверхности. В полученных продуктах разделения определяли дефектность поверхности зерен алмазных шлифпорошков, которую оценивали по коэффициенту поверхностной активности (K_a , %) [6]. Прочностные характеристики алмазных шлифпорошков определяли по изменению показателей статической прочности (Р, Н) [5]. Коэффициент однородности шлифпорошков синтетического алмаза по прочности $K_{одн}$ рассчитывали по показателю статической прочности и

оценивали по суммарному содержанию зерен, разрушающая нагрузка которых находится в интервалах прочности для номинальной марки в соответствии с ДСТУ 3292 [7]. Термостойкость оценивали по коэффициенту термостабильности $K_{ст}$ [8].

Результаты и обсуждение. Алмазные порошки, полученные в ростовых системах Ni-Mn-C и Fe-Co-C были классифицированы по зернистостям. В порошках алмаза каждой зернистости была определена прочность, выход и удельная магнитная восприимчивость (χ) [9]. Кривые рис. 1 дают представление о распределении алмазов по зернистостям. Как следует из рис.1 в алмазах, синтезированных на ферросплавах, преобладают алмазы более крупных зернистостей. Прочность и марки по ДСТУ 3292 алмазных порошков разных зернистостей, синтезированных в системах Ni-Mn-C и Fe-Co-C представлена в табл.1. Из табл. 1 следует, что алмазы крупных зернистостей, синтезированных на ферросплаве, значительно превосходят по прочности алмазы, синтезированные на сплаве Ni-Mn. Очевидно, из таких алмазов можно изготавливать порошки высокопрочных марок. При этом алмазы, синтезированные с применением сплава-растворителя в виде феррокобальта (Fe-Co), обладают более высокими магнитными свойствами по сравнению с алмазами, полученными с использованием сплава Ni-Mn.

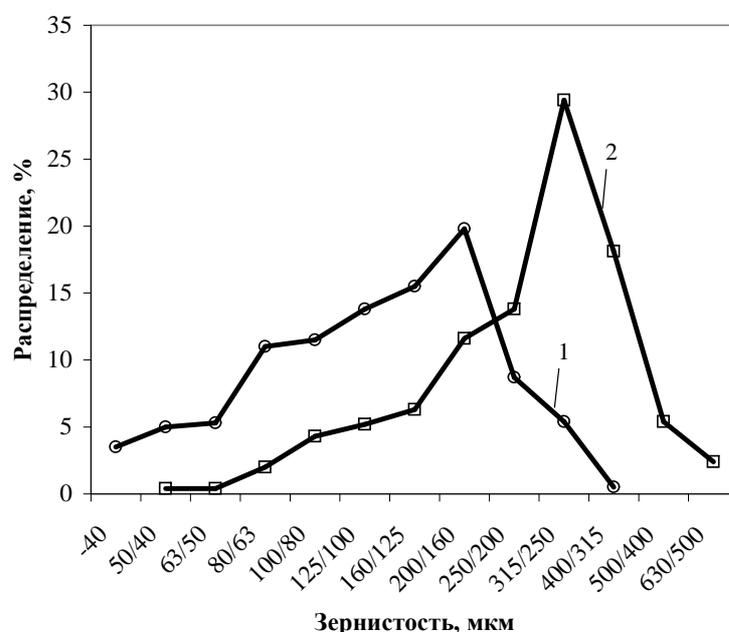


Рис. 1. Распределение алмазов по зернистостям (1 – Ni-Mn; 2 – Fe-сплав)

Таблица 1. Результаты отсева алмазных порошков, синтезированных в разных ростовых системах

Зернистость	Ni-Mn-C			Fe-Co-C		
	P, H	$\chi \cdot 10^{-8}$, м ³ /кг	марка	P, H	$\chi \cdot 10^{-8}$, м ³ /кг	марка
1	2	3	4	5	6	7
630/500	–	–	–	87.5	559	AC32
500/400	–	–	–	100.7	315	AC50
400/315	41.6	37.5	AC20	133.1	256	AC80
315/250	55.2	21.4	AC32	147.3	188	AC100

Продолжение табл. 1.

1	2	3	4	5	6	7
250/200	61.6	17.5	AC50	125.6	172	AC100
200/160	59.4	12.6	AC50	71.0	111	AC65
160/125	35.7	10.8	AC32	33.9	89	AC32
125/100	18.5	8.2	AC20	19.1	71	AC20
100/80	17.2	7.5	AC20	11.4	55	AC15
80/63	10.5	6.1	AC15	9.3	47	AC15
63/50	5.5	4.4	AC6	–	–	–
50/40	4.2	3.1	AC6	–	–	–

В Институте сверхтвердых материалов был разработан способ сортировки алмазных шлифпорошков, обладающих высокими магнитными свойствами. В новом способе предусмотрена обработка шлифпорошков алмаза путем нанесения на поверхность зерен тонкодисперсных электропроводных частиц для создания приобретенных электрических свойств и условий проведения процесса разделения зерен алмаза в электрическом поле [10].

Были проведены сравнительные испытания двух способов сортировки. Алмазный порошок зернистости 250/200 марки AC100, полученный в системе Fe-Co-C, разделяли по дефектности их поверхности. В начале разделяли по новому способу, а затем по известному [3].

На поверхность зерен алмаза марки AC100 250/200 наносили тонкодисперсный порошок меди. Незакрепившиеся частицы медного порошка отделяли. Разделение производили на электросепараторе ЕС-2 при напряженности электрического поля 15 кВ с получением двух продуктов: проводящего и непроводящего. Для каждого продукта определяли выход в %, удельное электросопротивление (ρ) [12], прочность (P), однородность по прочности ($K_{\text{ОДН.пр}}$) и термостойкость ($K_{\text{ТС}}$). Результаты разделения представлены в таблице 2. В результате проведенных испытаний установлено, что прочность и однородность по прочности непроводящего продукта с выходом 24.5 %. Прочность порошка 190.4 Н, что соответствует марке AC160. Однородность порошка по прочности составляет 42.9 %, коэффициент термостойкости 0.78.

Таблица 2. Результаты разделения в электрическом поле алмазного шлифпорошка, синтезированного в системе Fe-Co-C, марки AC65 зернистости 250/200

Характеристика	Продукты разделения		
	Исходный	Непроводящий	Проводящий
1	2	3	4
Выход, %	100.0	24.5	75.5
Удельное электросопротивление, $\rho \cdot 10^{10}$, Ом·м	2.2	3.0	2.0
Прочность при статическом разрушении, P, Н	125.6	190.4	104.6
Однородность по прочности, $K_{\text{ОДН.пр}}$, %	17.6	42.9	35.2

Продолжение табл. 2.

1	2	3	4
Коэффициент термостабильности, K_{TC} , %	0.45	0.78	0.34
Марка порошка	AC100	AC160	AC80

Параллельно было проведено разделение алмазов марки AC100 250/200 с использованием ферромагнитного порошка для нанесения на поверхность зерен алмаза для создания приобретенных магнитных свойств. Разделение проводили на магнитном сепараторе 138Т. Результаты сепарации представлены в таблице 3. Как следует из таблицы 3, выход немагнитного продукта составил те же 24.5 % при прочности 156.7 Н. При этом, однородность по прочности алмазов немагнитного продукта составила 26.8 %, что в 1.6 раза ниже, чем при разделении новым способом, разработанным нами.

Таблица 3. Результаты разделения в магнитном поле алмазного шлифпорошка, синтезированного в системе Fe-Co-C, марки AC65 зернистости 250/200

Характеристика	Продукты разделения		
	Исходный	Немагнитный	Магнитный
Выход, %	100.0	24.5	75.5
Удельная магнитная восприимчивость, $\chi \cdot 10^{-8}$, м ³ /кг	172	25	220
Прочность при статическом разрушении, Р, Н	125.6	156.7	115.5
Однородность по прочности, $K_{ОДН.пр.}$, %	17.6	26.8	22.6
Коэффициент термостабильности, K_{TC} , %	0.45	0.70	0.37
Марка порошка	AC100	AC125	AC100

Анализ изменения свойств алмазных шлифпорошков, полученных в процессе их сортировки по дефектности с применением как электропроводных, так и ферромагнитных мелкодисперсных частиц (табл. 1, табл. 2) показал, что разделение зерен алмаза сопровождается изменением их основных технологических характеристик, прежде всего, прочности и термостабильности.

Выводы. Установлено, что доля крупных зернистостей (630/500 – 250/200) в алмазном сырье, полученном в ростовой системе Fe-Co-C выше, чем в системе Ni-Mn-C. Алмазы, полученные с применением ферросплава, обладают ярко выраженными магнитными свойствами. Прочность алмазных порошков этих зернистостей значительно превосходит прочность алмазов, синтезированных на сплаве Ni-Mn.

Адгезионное закрепление тонких частиц, обладающих ярко выраженными физическими свойствами, на поверхности зерен алмаза усиливает магнитные или электрические свойства алмазных шлифпорошков, что способствуют их разделению в соответствующих силовых полях. Сортировка зерен алмаза, синтезированных в

присутствии феррокобальта, марки АС100 зернистости 250/200 с ярко выраженными магнитными свойствами по степени дефектности в электростатическом поле позволяет выделить алмазы марки АС160 с однородностью порошка по прочности 42.9 % и с коэффициентом термостойкости 0.78.

Список литературы: 1. Природные и синтетические алмазы / Г.Б. Бокий, Г.Н. Безруков, Ю.А. Клюев, А.М. Налетов, В.И. Непша. М.: Наука, 1986. – 222 с. 2. Ильницкая Г.Д., Богатырева Г.П., Невструев Г.Ф. Получение высококачественных алмазных шлифпорошков // Синтез, спекание и свойства сверхтвердых материалов: Сб. научн. тр. – К.: ИСМ НАН Украины, 2005. – С. 63-71. 3. Ильницкая Г.Д., Богатырева Г.П., Невструев Г.Ф. Получение высококачественных алмазных шлифпорошков // Синтез, спекание и свойства сверхтвердых материалов: Сб. научн. тр. – К.: ИСМ НАН Украины, 2005. – С. 63-71. 4. Новиков Н.В., Богатырева Г.П., Ильницкая Г.Д., Богданов Р.К., Исонкин А.М., Загора А.П., Невструев Г.Ф., Зайцева И.Н. Влияние физико-химических свойств высокопрочных порошков синтетического алмаза на эксплуатационные характеристики бурового инструмента / Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. Сб. научн. тр. – К., 2008. – Вып. 11. – С. 243-250. 5. ДСТУ 3292–95. Порошки алмазные синтетические. Общие технические условия. Введ. 01.01.96. – К.: Госстандарт Украины, 1995. – 71 с. 6. Пат. 65129 А України, МКИ G01N27/12. Спосіб оцінки дефектності зерен порошкового матеріалу / Г.Ф. Невструев, Г.Д. Ильницка. – № 2003065196; Заявл. 05.06.2003, Опубл. 15.03.2004, Бюл. № 3. 7. СТП 090.042-00. Метод определения коэффициента однородности шлифпорошков из синтетических алмазов по показателю статической прочности. Стандарт предприятия. – Впервые; Введ. 01.05.2000. – К.: ИСМ НАН Украины, 2000. – 9 с. 8. СТП 28.5-05417377. Метод определения коэффициента термостойкости шлифпорошков сверхтвердых материалов. Стандарт предприятия. – Впервые; Введ. 01.05.2005. – К.: ИСМ НАН Украины, 2004. – 11 с. 9. М88 Украины 90.256-2004. Методика определения удельной магнитной восприимчивости порошков сверхтвердых материалов (СТМ). – К.: ИСМ НАН Украины, 2004. – 9 с. 10. Новиков М.В., Богатырева Г.П., Ильницка Г.Д., Невструев Г.Ф. Спосіб розподілу зернистого матеріалу за дефектністю поверхні зерен. Пат. 25515 України, МПК В03С 7/00, В03С 1/00 № 200703803; Заявлено 05.04.2007; Опубл. 10.08.2007. Бюл. № 12. 11. Измерение удельного электросопротивления шлифпорошков синтетических алмазов // Методические рекомендации по изучению физико-химических свойств сверхтвердых материалов; Под ред. Г.П. Богатыревой, К.: ИСМ НАН Украины, 1992. – С. 21-22.

Надійшла до редколегії 18.03.2009 р.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ ШЛИФПОРОШКОВ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА

**Новиков Н.В., Богатырева Г.П., Ильницкая Г.Д., Невструев Г.Ф.,
Маринич М.А., Олейник Н.А., Лещенко О.В.**

У даній роботі були розроблені методи розділення діамантових порошків, синтезованих у присутності сплавів-розчинників у вигляді феросплавів.

синтетический алмаз, шлифпорошки, зернистость, ферросплав