

Инструмент, порошки, пасты

УДК 621.921.34–492.544.023.5:539.215

В. Г. Полторацкий, Г. А. Петасюк* (г. Киев)

М. Н. Сафонова** (г. Якутск, Республика Саха, Россия)

А. А. Бочечка*, В. Н. Ткач, В. С. Шамраева** (г. Киев)

*petasyuk@ukr.net

**marisafon_2006@mail.ru

***abochechka@mail.ru

Новый композиционный абразивный материал из невостребованных порошков природного алмаза

Приведены результаты исследования физических свойств и размерных характеристик невостребованных порошков природного алмаза. Описана процедура компактирования таких порошков методом физико-химического синтеза при давлениях меньших атмосферного. Методом диспергирования компактов изготовлены шлифпорошки широкой гаммы зернистости и изучены их морфометрические и эксплуатационные характеристики. Показано, что такие порошки пригодны для использования в алмазно-абразивном инструменте и при изготовлении паст.

Ключевые слова: невостребованные порошки природного алмаза, физико-химический синтез, компакты, шлифпорошки, морфометрические и эксплуатационные характеристики.

ВВЕДЕНИЕ

Технология переработки природных алмазов включает предварительное разделение (сортировку) их на ювелирные и технические [1]. Последующая переработка технических алмазов сводится к извлечению из них кондиционных порошков различных классов зернистости [2]. На финишной стадии этой операции образуется остаток алмазного порошка, дальнейшая переработка которого в силу тех или иных причин (главным образом экономического характера) нецелесообразна. В настоящее время глубина такой переработки ограничивается мелкозернистыми микронными и субмикронными порошками, которые в результате попадают в разряд отходов. Отметим, что такое их название и статус являются относительными и в значительной мере условными. В действительности же это полноценные и пригодные для использования алмазные порошки. Однако в силу отмечавшихся

© В. Г. ПОЛТОРАЦКИЙ, Г. А. ПЕТАСЮК, М. Н. САФОНОВА, А. А., БОЧЕЧКА, В. Н. ТКАЧ,

В. С. ШАМРАЕВА, 2014

выше причин они сейчас и возможно на неопределенное время оказались невостребованными, к тому же еще и с тенденцией к накоплению. К ним добавляются и мелкодисперсные порошки, появляющиеся при сортировке алмазного сырья на ювелирные и технические алмазы, а также при раскалывании, обдирке и распиловке ювелирных алмазов на операции их огранки (так называемый скрап) [1]. Поэтому актуальной является задача вовлечения этих невостребованных (неходовых) порошков природного алмаза (НППА) в сферу экономически выгодного практического использования, в частности в шлифовальном инструменте и пастах. Именно в этом и состояла цель настоящей работы.

Одним из направлений в решении данной проблемы является проведение научно-исследовательских и экспериментальных работ по компактированию НППА методом их спекания в газотермическом реакторе установки физико-химического синтеза при температуре 1100–1200 °С и давлении ниже атмосферного с последующим изготовлением из полученных компактов шлифпорошков всей гаммы зернистостей – от 630/500 до 50/40 и –40 мкм. У авторов имеется практический опыт решения подобной задачи для неходовых зернистостей микронных и субмикронных порошков синтетического алмаза и кубического нитрида бора [3]. С учетом этого в Институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины (ИСМ) были проведены работы по получению достаточно прочных компактов, пригодных для изготовления шлифпорошков, разработке технологических схем изготовления компактов на опытной установке, избирательного их дробления, классификации и сортировки изготовленных шлифпорошков. Результаты выполненных работ будут содействовать комплексному решению проблемы вовлечения в сферу практического использования накопившихся НППА.

С целью изучения перспектив и путей решения проблемы использования в инструментальном производстве шлифпорошков из компактированных НППА были определены их физические свойства, элементный состав примесей, морфометрические и эксплуатационные характеристики. Исследовали также морфометрические и эксплуатационные характеристики изготовленных из компактированных НППА шлифпорошков. Физико-химические исследования проводили на имеющемся в ИСМ современном оборудовании с использованием разработанных оригинальных методик, а также методик действующих стандартов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСХОДНЫХ НППА

Исследовали три образца НППА. Два из них (НППА-1, НППА-2) представляли собой продукты переработки природного алмаза. Третий образец (НППА-3) был получен из образца НППА-1 путем дополнительной его химической очистки. Общее содержание примесей и включений в исследуемых образцах НППА и их элементный состав измеряли методом микроанализа на базе растрового электронного микроскопа EVO 550 XVP фирмы “Carl Zeiss” (Германия), укомплектованного энергодисперсионным анализатором рентгеновских спектров INCA 450 с детектором INCA Penta FETx3 450 рабочей площадью 30 мм² и системой HCL CHANNEL-5 для дифракции отраженных электронов фирмы “Oxford” (Великобритания). На этом же микроскопе получали РЭМ-фотографии исследуемых образцов НППА. Результаты этих исследований приведены в табл. 1 и на рис. 1. Также были определены удельная магнитную восприимчивость χ и удельное электросопротивление ρ по

методам [4, 5]. По методике стандартов [6, 7] проводили испытания на абразивную способность.

Таблица 1. Химический состав исходных образцов и очищенных

Образец	Содержание химических элементов, % (по массе)			
	C	O	Si	Fe
НППА-1	96,30	2,64	0,70	0,36
НППА-2	97,49	2,12	0,39	–
НППА-3 (очищенный)	95,45	4,55	–	–

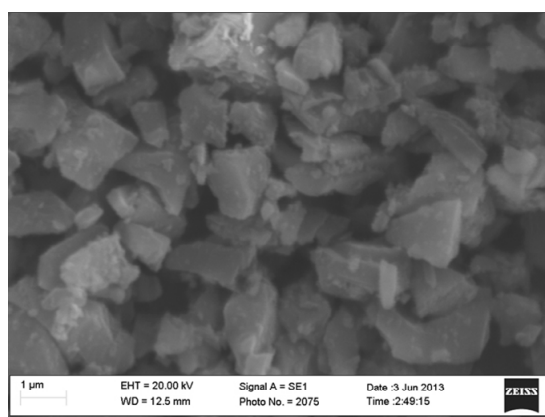


Рис. 1. РЕМ-снимок образца НППА-3; $\times 25000$

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИСХОДНЫХ НППА

Полученные результаты для образцов НППА-1 и НППА-2 согласуются с данными для микро- и ультрадисперсных порошков природного алмаза [4]. Анализ данных табл. 1 показывает, что общее содержание примесей и включений в образцах исходных НППА находится на уровне 1 % или незначительно превышает его. Это говорит о приемлемом уровне чистоты НППА. На примере образца НППА-1 это небольшое количество примесей путем химической очистки убирается (образец НППА-3). Наличие кислорода можно объяснить присутствием на поверхности алмазных зерен карбонильных и гидроксильных групп, а также адсорбированной из воздуха влаги. Сопутствующим этому фактором является большая развитость поверхности, которая характерна для мелкодисперсных алмазных порошков, включая и порошки субмикронного диапазона. На РЕМ-снимках образцов НППА (см. рис. 1) четко видны как зерна до 2–3 мкм, так и более мелкие (0,1 мкм и мельче) зерна, причем в процентном отношении количество мелких зерен превалирует.

По технологии ИСМ из порошка НППА-1 были выделены фракции 7/5, 3/2 и субмикропорошок с преобладанием фракций 1/0 и 0,5/0 (до 5 %). Затем были проведены исследования физических и эксплуатационных свойств как микро- и субмикропорошков, так и исходного продукта НППА-1. Результаты этих исследований представлены в табл. 2. Для сравнения в табл. 2 приведены заимствованные из [8] значения абразивной способности наиболее близ-

ких по зернистости аналогов среди стандартных микропорошков синтетического алмаза марки АСМ. Уменьшение удельной магнитной восприимчивости и увеличение удельного электросопротивления фракций 3/0 и 1/0, видимо, является следствием присутствия в этих фракциях частиц железа, наличие которого (0,36 % (по массе)) подтверждается экспериментальными данными (см. табл. 1). Полученные результаты свидетельствуют о том, что исследованные микропорошки 7/5, 3/2 и субмикропорошки по зерновому составу и содержанию примесей соответствуют требованиям стандартов [6, 7] на алмазные порошки. Исследование размерных, геометрических и морфологических характеристик на приборе DialInspect.OSM фирмы “Vollstädt Diamant GmbH” (Германия) [9], показали, что в составе порошка преобладают зерна осколочной формы. Такая форма зерен характерна для порошков природного алмаза. По абразивной способности исследованные микропорошки соответствуют марке АСМ.

Таблица 2. Физико-геометрические и эксплуатационные характеристики образца НППА-1, выделенных из него микро- и субмикропорошков и наиболее близких по зернистости аналогов среди стандартных микропорошков синтетического алмаза марки АСМ

Образец	Характеристика				Абразивная способность	
	размер частиц, мкм	$\chi \cdot 10^{-8}$, м ³ /кг	ρ , Ом·м	несгораемый остаток, %	НППА-1	аналог
НППА-1	40–0	62,1	$83,1 \cdot 10^9$	5,7	2,86	3,6 (АСМ 60/40)–1,5 (АСМ 5/3)
Фракция 7/5	7–0	64,0	$50,2 \cdot 10^9$	3,1	1,9	2,0 (АСМ 7/5)
Фракция 3/2	3–0	73,7	$5,0 \cdot 10^9$	2,9	0,57	0 (АСМ 3/2)
Субмикропорошок (УДПА)	3–0, с преобладанием фракций 1/0 и 0,5/0 (до 5 %)	80	$3 \cdot 10^9$	2,1	не дали съема	–

Для опосредованной оценки размера зерен фракции субмикропорошков была измерена их полная удельная поверхность. Измерение проводили на приборе “Avtosorb” методом низкотемпературной адсорбции. По полученной величине этой поверхности ($S_{\text{БЕТ}} = 5,5 \text{ м}^2/\text{г}$) и исходя из модели зерна в форме сферы определяли эквивалентный диаметр зерен. Он оказался равным $d \approx 2,86 \text{ мкм}$. Как показано в [10], 3D-модель зерна порошков природного алмаза в форме сферы дает более чем в два раза меньшее значение удельной поверхности, поэтому полученное оценочное значение d должно быть уменьшено, по крайней мере, в два раза. С учетом этого получаем окончательное оценочное значение среднего размера зерен $d \approx 1,43 \text{ мкм}$.

На основании проведенных исследований можно констатировать, что представленный субмикронный образец НППА пригоден для изготовления из него компактов методами физико-химического синтеза при атмосферном давлении или поликристаллов при высоких давлениях и температуре.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НППА МЕТОДОМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ПРИ ДАВЛЕНИИ НИЖЕ АТМОСФЕРНОГО

Композиционные материалы на основе невостробованных порошков природного алмаза (НППА-3) получали методом их спекания в газотермическом реакторе установки физико-химического синтеза при температуре 1100–1200 °С и давлении ниже атмосферного в среде углеродсодержащего газа – метана (СН₄) [3, 11, 12]. Изготовление компактов из НППА-3 осуществляли в двух вариантах:

- только из субмикропорошка НППА-3 (3–0 мкм) – компакты-А;
- из смеси субмикропорошка НППА-3 (3–0 мкм) и стандартного шлифпорошка синтетического алмаза АС6 160/125 в равных пропорциях – компакты-Б.

Приготовление порошковых композиций осуществляли с использованием растворов поливинилового спирта (–СНОН–СН₂–СНОН)_{*n*} в воде, фенолформальдегидной смолы в ацетоне, клея БФ-2 в этиловом спирте, желатина в дистиллированной воде. Холодное прессование брикетов осуществляли в пресс-формах при давлении 10–15 МПа в винтовом прессе. Основными параметрами, характеризующими процесс получения композитов, были температура, давление и расход газа в реакторе, время процесса. Выясняли закономерность влияния этих параметров на прочностные характеристики и термостабильность шлифпорошков, полученных из композиционных компактов, что важно для технологии их получения в промышленных объемах. Прочностные характеристики определяли по методике стандарта [6] (аналог стандарта РФ [7]), приложение Г, а термостойкость – по разработанной в ИСМ НАН Украины методике [13]. Принципиальная схема установки для получения композиционных компактов, цепи аппаратов и систем для изготовления шлифпорошков и приборов по определению свойств порошков приведены на рис. 2. На приборах и аппаратах, указанных на схеме, посредством обратной связи по критерию прочности и термостабильности порошков определяли оптимальные способы и режимы изготовления компактов.



Рис. 2. Схема цепи аппаратов и систем для получения компактов из НППА, аппаратов для изготовления шлифпорошков и приборов для определения свойств изготовленных шлифпорошков.

Баллоны с углеродсодержащими и инертными газами находились в стальном пожарозащищенном ящике. Система подачи газов включает металлические, резиновые и стеклянные трубопроводы с кранами и натекателями. Она содержит также вакуумные насосы с вакуумными кранами, предназначенные

для откачки реактора. Пульт управления регулирует температуру, вакуум, подачу газов на исходные материалы, находящиеся в реакторе. Полученные композиционные компакты дробятся, классифицируются и сортируются. Свойства компактов и шлифпорошков из них определяются по соответствующим методикам.

Следует отметить, что при получении компактов и шлифпорошков с максимальной плотностью и прочностью зерен при снижении (уменьшении) зернистости исходных микропорошков имело место повышение расхода CH_4 с $3,1 \cdot 10^{-5}$ до $3,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$, снижение давление с $2,5 \cdot 10^4$ до $2,2 \cdot 10^4 \text{ Па}$ и температуры с 1250 до 1100 °С. Это является особенностью процесса спекания композиционных компактов из сбрикетированных НППА различной зернистости с образованием углеродного связующего, армированного нитями и коконами.

На основании полученных результатов экспериментальных исследований рекомендованы оптимальные технологические режимы изготовления в двух вариантах компактов из НППА методом физико-химического синтеза. Компакты изготавливали прессованием. Исследовали несколько поверхностно-активных веществ, оптимальным из которых были раствор клея БФ-2 в этиловом спирте и раствор желатина в дистиллированной воде. Были получены компакты в форме цилиндра диаметром 12–15 мм и высотой 15 мм. Фотографии полученных компактов показаны на рис. 3, а структура поверхности субмикророшка, зерна которого покрыты глобулярным углеродом, – на рис. 4.

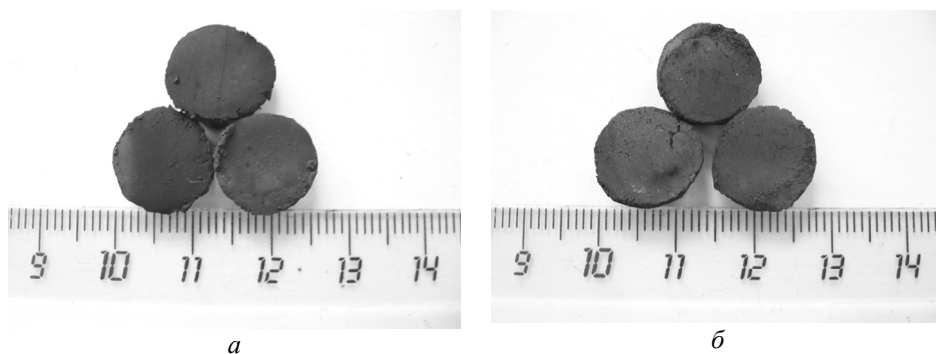


Рис. 3. Компакты из НППА-3: А-компакты (а), Б-компакты (б).

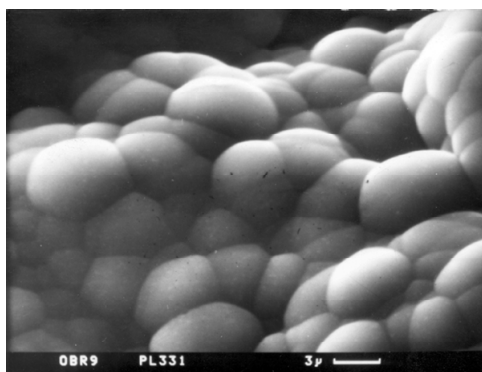


Рис. 4. Структура поверхности компакта из НППА-3, покрытого глобулярным углеродом.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОРОШКОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ КОМПАКТОВ

Порошки из компактов изготавливали на соответствующем дробильно-классификационном оборудовании и вибростолах на оптимальных режимах. Дробление полученных компактов проводили на дисковой дробилке ОЦ-1А [8] в три стадии с отсевом по граничному зерну 1000 мкм. После дробления на дисковой дробилке проводили двухстадийное дробление на роторной дробилке по граничному зерну 800 мкм.

Ситовую классификацию осуществляли на вибросите с набором сит в количестве от 10 до 15 шт. диаметром 120 мм, в зависимости от классифицируемого дробленного скомпактированного материала. Шлифпорошки размерами –125, –100 и –40 мкм отправляли на повторное спекание. Данные по ситовому зерновому составу для шлифпорошков наиболее ходовых зернистостей 160/125 и 125/100, которые в последующем планируется использовать для изготовления инструмента, приведены в табл. 3.

Таблица 3. Показатели ситового зернового состава шлифпорошков зернистостей 160/125 и 125/100, изготовленных из компактированных НППА-3

Зернистость	№ п/п	Размерный интервал		F_e	Содержание зерен		F_{min} , мкм	R_g	C_r
					количество	% (по массе)			
125/100	1	50	63	1,4237	11,62	2,66	75,10	1,1128	1,5980
	2	63	80	1,4695	18,66	9,04	93,40	1,0886	1,4633
	3	80	100	1,4312	37,95	36,03	117,85	1,0849	1,4142
	4	100	125	1,3707	29,05	45,24	142,00	1,1000	1,4606
	5	125	160	1,3097	2,61	6,56	171,39	1,1457	1,6244
	6	160	200	1,4056	0,11	0,48	209,48	1,1915	1,8596
160/125	1	50	63	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000
	2	63	80	1,3850	9,62	1,54	90,70	1,0800	1,4064
	3	80	100	1,3442	6,89	2,36	116,49	1,0700	1,3327
	4	100	125	1,3750	30,77	22,96	149,55	1,0701	1,3123
	5	125	160	1,3324	47,92	60,56	180,91	1,0722	1,3148
	5	160	200	1,2606	4,17	9,68	225,32	1,0804	1,3212
	7	200	250	1,2709	00,64	2,91	276,25	1,0775	1,2786
	8	250	315	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000

Примечание. Жирным шрифтом выделены крупная, основная и дополнительная к основной фракции; приведены средние значения F_{min} , R_g и C_r .

Выход порошков для разных зернистостей был следующим, % (по массе): 800/630 – 2, 630/500 – 3, 500/400 – 4, 250/200 – 16, 200/160 – 15, 160/125 – 15, 125/100 – 9, 100/80 – 9, 80/63 – 7, 63/50 – 5, 50/40 – 5, –40 – 10.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЛИФПОРОШКОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ КОМПАКТИРОВАННЫХ НППА

Морфометрические характеристики композиционных шлифпорошков, изготовленных из компактированных НППА, структурированных нанолуглеродом, диагностировали на приборе DiaInspect.OSM. DiaInspect-фотографии шлифпорошков, изготовленных из компактов-А на основе НППА, показаны на рис. 5. При выполнении настоящей работы определяли площадь проекции

зерна (A_i , мкм²), периметры фактического его контура (p , мкм), максимальный (F_{\max} , мкм) и минимальный (F_{\min} , мкм) диаметры Feret, эквивалентный диаметр зерна (d_s , мкм), форм-фактор фактического изображения проекции зерна (f_r), Feret-удлинение (F_e), шероховатость зерен (Rg). Интерпретацию геометрической сущности перечисленных выше морфометрических характеристик и более полное их описание можно найти в [14].

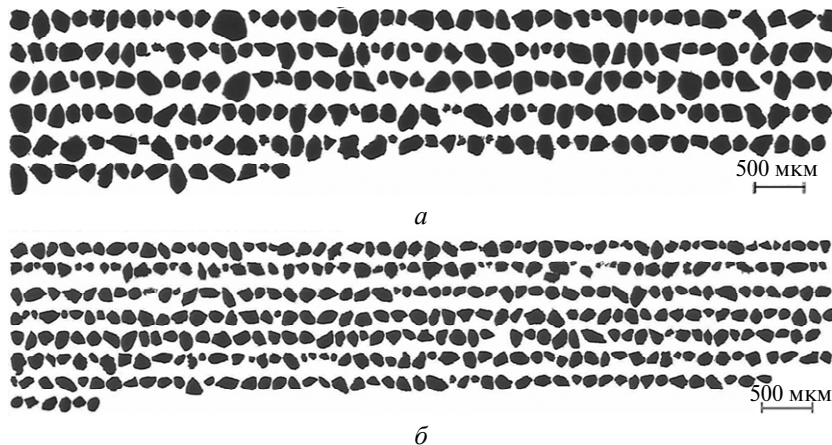


Рис. 5. DiaInspect-снимки порошков из А-компактов на основе НППА-3: шлифпорошки зернистостью 160/125 (а) и 125/100 (б).

Кроме того, в мультифокусном режиме работы прибора DiaInspect.OSM проводили автономное измерение высоты h зерен. На основании данных по высоте зерен, максимального и минимального диаметров Feret, определяли еще одну характеристику порошка, называемую коэффициентом уплощения зерен $f_{\text{упл}}$, который определяется как

$$f_{\text{упл}} = 1 - \frac{h^2}{F_{\min} F_{\max}}. \quad (1)$$

Коэффициент уплощения зерен, в отличие от всех перечисленных выше характеристик порошка, является объемной характеристикой зерен. Если зерно имеет форму пространственно-объемного тела, все три измерения которого равны между собой (как это имеет место, например, для зерна в форме шара или куба), то значение этого коэффициента равняется нулю. Во всех остальных случаях оно будет близким к единице. Отмеченные выше характеристики описывают величину зерен (F_{\max} , F_{\min} , d_s), их форму (f_r , F_e , $f_{\text{упл}}$) и топографию поверхности (Rg).

Определение эксплуатационных характеристик (внешней удельной проекции, числа зерен в одном карате порошка, количества и среднего значения углов заострения режущих кромок) проводили на основании данных DiaInspect-диагностики морфометрических характеристик по разработанным в ИСМ оригинальным компьютерно-аналитическим методикам [14, 15].

Данные диагностики представлены в табл. 4. На рис. 6, 7 приведены гистограммы распределения эквивалентного диаметра зерен порошков зернистостей 160/125, 125/100, изготовленных из А-компактов и Б-компактов.

Абразивная способность порошков фракции –40 соответствует абразивной способности микропорошков синтетического алмаза зернистостью 10/7–3/2. При этом важно отметить, что исходный субмикропорошок, используемый

для изготовления компактов, вообще не давал абразивного съема (см. табл. 2).

Таблица 4. Средние значения и однородность морфометрических характеристик, внешняя удельная поверхность ($F_{уд}$), число зерен в одном карате (n_z), количество режущих кромок зерен ($n_{рк}$) и среднее значение угла их заострения (ϕ , град) шлифпорошков, изготовленных из компактированных НППА-3

Характеристика	А-компакт				Б-компакт			
	160/125		125/100		125/100		160/125	
	среднее значение	однородность	среднее значение	однородность	среднее значение	однородность	среднее значение	однородность
F_{\max} , мкм	215,4942	0,6345	164,7	0,5938	179,23	0,6921	213,69	0,6775
F_{\min} , мкм	160,6	0,6463	116,8	0,5968	134,75	0,7232	163,79	0,7323
f_r	1,3241	0,7187	1,4642	0,5603	1,3940	0,6627	1,3963	0,6418
F_e	1,3480	0,5563	1,4167	0,5173	1,3418	0,5745	1,3099	0,5887
$f_{упл}$	0,5794	0,8103	0,5892	0,7804	0,6271	0,8206	0,5788	0,8265
Rg	1,0725	0,6799	1,0949	0,5629	1,0854	0,6028	1,0936	0,5224
d_3 , мкм	177,6	0,6480	129,7479	0,6513	146,25	0,7140	176,76	0,7495
A_t , мкм ²	25959	0,4984	13844	0,5019	17263	0,6310	25025	0,5659
p , мкм	641,0	0,6362	491,15	0,5871	541,96	0,7157	655,84	0,6689
$F_{уд}$, м ² /кг	28,60		41,32		36,01		28,55	
n_z , шт.	25467		65063		50166		27505	
$n_{рк}$, шт.	9,6		11,5		10,6		11,7	
ϕ , град	94,5		106,24		100,21		101,39	

Прочность порошков по методике стандарта [6], полученных при дроблении композиционных А-компактов, составила: 630/500 – 19,2, 500/400 – 11,9, 400/315 – 9,4, 315/250 – 7,6, 250/200 – 4,9, 200/160 – 4,3, 160/125 – 3,3, 125/100 – 2,9, 100/80 – 2,3, 80/63 – 1,9, 63/50 – 1,7, 50/40 – 1,5.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЛИФПОРОШКОВ ИЗ КОМПАКТИРОВАННЫХ НППА

Сравнительный анализ представленных в табл. 4 данных для шлифпорошков зернистостью 160/125 из А-компактов и Б-компактов показывает, что по значению морфометрических характеристик, их однородности и стабильности они более близки между собой, чем шлифпорошки зернистостью 125/100. По уровню значений однородности по Фере-удлинению, которое является аналогом коэффициента формы зерен по стандартам [6, 7], шлифпорошки зернистостью 160/125 из Б-компактов близки к стандартным шлифпорошкам АС6 160/125 [15]. И если для шлифпорошков зернистостью 160/125 из Б-компактов, в состав которых входят указанные стандартные шлифпорошки АС6 160/125, этот результат является ожидаемым, то для шлифпорошков из А-компактов он не такой очевидный.

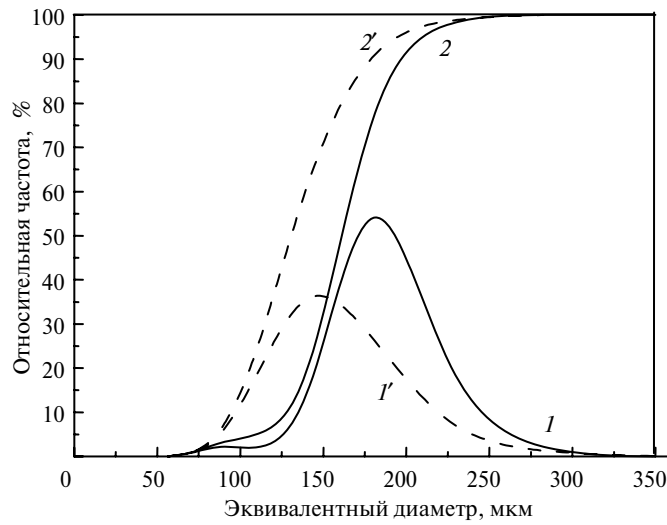


Рис. 6. Интегральные (I , I') и дифференциальные (2 , $2'$) кривые распределения эквивалентного диаметра зерен шлифпорошков зернистостей 160/125 (I , 2) и 125/100 (I' , $2'$), изготовленных из компактов-А.

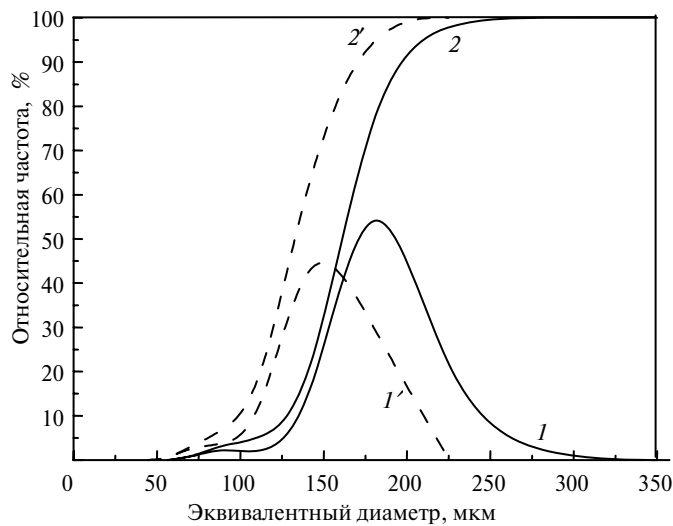


Рис. 7. Интегральные (I , I') и дифференциальные (2 , $2'$) кривые распределения эквивалентного диаметра зерен шлифпорошка зернистостей 160/125 (I , 2) и 125/100 (I' , $2'$), изготовленных из компактов-Б.

Для шлифпорошков зернистостью 125/100 как по значению морфометрических характеристик, так и по их однородности отличия более существенны и это в какой-то мере можно объяснить недостаточно высоким качеством ситового разделения шлифпорошков из А-компактов (см. табл. 3). Обращает на себя внимание еще и тот факт, что шлифпорошки из А-компактов имеют более развитую поверхность, что подтверждается более высокими показателями, отвечающих за это морфометрических характеристик – шероховатости зерен и форм-фактора, а также увеличенным значением среднего угла заострения режущих кромок. Что касается интерпретации проанализированных характеристик с точки зрения требуемого качества изготовленных порошков, то для этого следует увязать их значения с показателями работы изготовлен-

ного из них инструмента. От этого и будет зависеть трактовка их качества, которое, как известно, является понятием относительным.

Анализ интегральных и дифференциальных кривых распределения эквивалентного диаметра зерен (см. рис. 6, 7) показывает, что дифференциальное распределение имеет одномодальный характер, тогда как кривые интегрального распределения имеют большой угол наклона касательной. Такие свойства кривых распределения размерных параметров зерен (в данном случае эквивалентного диаметра) характерны для классифицированных порошков.

ВЫВОДЫ

Проведенными исследованиями показано, что образующиеся при переработке природного алмаза невогребованные порошки пригодны для изготовления из них компактов методами физико-химического синтеза при давлении ниже атмосферного или поликристаллов при высоких давлении и температуре.

Впервые изучены физико-химические и морфометрические характеристики невогребованных порошков природного алмаза с целью получения исходных данных для разработки технологических режимов изготовления из них компактов.

Из компактированных невогребованных порошков природного алмаза как абразивного инструментального материала методом избирательного дробления и последующей виброситовой классификации изготовлены шлифпорошки широкой гаммы зернистостей.

Установлено, что прочность композиционных порошков из компактов-Б на основе НППА-3 (50 %) и АС6 125/100 (50 %) повышается на 25–30 %. Это дает возможность использовать их в шлифовальном инструменте на полимерной связке В2-08 и на металло-полимерной связке ВР [16]. Абразивная способность паст из композиционных порошков на основе НППА возрастает в 1,2–1,3 раза по сравнению с исходными порошками [17].

Подано результати дослідження фізичних властивостей і розмірних характеристик незатребуваних до використання порошків природного алмазу. Описано процедуру компактування таких порошків методом фізико-хімічного синтезу при тисках, менших за атмосферний. Методом диспергування компактів виготовлено шлифпорошки широкою гаммою зернистості і вивчено їх морфометричні та експлуатаційні характеристики. Показано, що такі порошки придатні для використання в алмазно-абразивному інструменті та при виготовленні паст.

Ключові слова: незатребувані порошки природного алмазу, фізико-хімічний синтез, компакти, шлифпорошки, морфометричні та експлуатаційні характеристики.

The results of study of physical properties and size characteristics of natural diamond scrap are presented. The procedure of the scrap compaction by physicochemical synthesis under lower than atmospheric pressure is described. Morphometric and operating characteristics of powders produced from scrap compacts by crushing have been studied. It's summarized that these powders are suitable for use in diamond-abrasive tools and pastes.

Keywords: natural diamond scrap, physicochemical synthesis, compacts, grinding powders, morphometric and operating characteristics.

1. Маршинцев В. К., Дудко Е. А. Технические алмазы и производство алмазного инструмента в РС (С) // Науч.-информ. сб. НИИЦ алмазов. – Якутск: Кундэл, 2003. – С. 21–24.
2. Ковальчук Ю. М., Букин В. А., Глаговский Б. А. и др. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента. – М.: Машиностроение, 1984. – 288 с.

3. Новиков Н. В., Никитин Ю. И., Полторацкий В. Г. и др. Целенаправленное получение композиционных алмазных материалов с углеродной связкой и дифференциальными свойствами // Сверхтв. материалы. – 1995. – № 3. – С. 13–19.
4. Новиков Н. В., Федосеев Д. В., Шульженко А. А., Богатырева Г. П. Синтез алмазов. – Киев: Наук. думка, 1987. – 160 с.
5. Физические свойства алмаза / Под ред. Н. В. Новикова. – Киев: Наук. думка, 1987. – 187 с.
6. ДСТУ 3292–95. Порошки алмазні синтетичні. Загальні технічні умови. – Введ. 01.01.1996. – Київ: Держстандарт України, 1995. – 71 с.
7. ГОСТ 9206–80. Порошки алмазные. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1981.
8. Никитин Ю. И., Уман С. М., Коберниченко Л. В. и др. Порошки и пасты из синтетических алмазов. – Киев: Наук. думка, 1992. – 284 с.
9. List E., Frenzel J, Vollstadt H. A new system for single particle strength testing of grinding powders // Ind. Diamond Rev. – 2006. – N 1. – P. 42–47.
10. Сафонова М. Н., Петасюк Г. А. Количественный анализ адекватности 3D моделей зерна порошков природного алмаза // Материаловедение. – 2013. – № 5. – С. 13–19.
11. Никитин Ю. И., Богатырева Г. П., Полторацкий В. Г., Шамраева В. С. Возможности создания и применения высокопористых композиционных компактов из ультрадисперсных материалов // Инструментальный світ. – 2008. – № 2–3 (38–39). – С. 14–17.
12. Пат. 13717 Україна, МПК C01B31/06. Спосіб виготовлення композиційного надтвердого матеріалу // М. В. Новіков, Г. П. Богатирьова, Ю. І. Нікітін та ін. – Опубл. 17.04.06, Бюл. № 4.
13. СТП 090.038.–99. Методика определения коэффициента термостойкости синтетических алмазов по показателю статической прочности. Стандарт предприятия. – Впервые; Введ. 01.01.2000. – ИСМ НАН Украины, 1999. – 8 с.
14. Сафонова М. Н., Петасюк Г. А., Сыромятникова А. С. Компьютерно-аналитические методы диагностики эксплуатационных характеристик алмазных порошков и композиционных материалов на их основе. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 223 с.
15. Петасюк Г. А. Інтерпретаційні і прикладні аспекти деяких морфологічних характеристик порошків надтвердих матеріалів // Сверхтв. материалы. – 2010. – № 2. – С. 80–95.
16. Лавріненко В. І., Нікітін Ю. І., Ситнік Б. В. та ін. Введення опорних елементів в робочий шар кругів із НТМ для підвищення їх експлуатаційних характеристик в процесах шліфування // Современные проблемы подготовки производства, заготовительного производства, обработки, сборки и ремонта в промышленности и на транспорте: Материалы 10-го юбилейного Междунар. науч.-техн. семинара, Свалява, 22–26 февр. 2010 г. – Киев: АТМ України, 2010. – С. 115–118.
17. Полторацкий В. Г., Бочечка А. А., Панова А. Н. и др. Изучение термостойкости и абразивных свойств шлифпорошков из композиционных материалов, полученных при низких давлениях, на основе сВN и синтетических алмазов с углеродной связкой // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – Киев, 2013. – Вып. 16. – С. 295–304.

Ин-т сверхтвердых материалов
им. В. Н. Бакуля НАН Украины
ИТФ Северо-Восточного федерального
ун-та им. М. К. Аммосова

Поступила 24.12.13