

УДК 537.528 : 621.762.3

Г. П. Богатырева¹, О. Н. Сизоненко², доктора технических наук; Н. А. Олейник¹, Г. А. Петасюк¹,
Г. Д. Ильницкая¹, кандидаты технических наук; В. С. Шамраева¹, Г. А. Базалій¹, Э. И. Тафтай²,
А. Д. Зайченко², А. С. Торпаков², Е. В. Липян²

¹Институт сверхтвёрдых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

²Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, г. Николаев

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ РАЗРЯДОМ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛМАЗНЫХ ПОРОШКОВ

Представлены результаты исследования изменения морфометрических характеристик, характеристик качества порошков синтетического алмаза под воздействием высоковольтного электрического разряда в жидкости.

Ключевые слова: порошок синтетического алмаза; ударные волны, генерируемые высоковольтным электрическим разрядом в жидкости.

Применяемые при изготовлении алмазных порошков химические (экологически опасные) и механические (чрезвычайно продолжительные) способы воздействия, влияют на их эксплуатационные и морфометрические характеристики. Эксплуатационные характеристики абразивного инструмента зависят от гранулометрического состава и однородности геометрических характеристик используемых порошков. Классификация порошков по размерам зерен алмаза, если порошки однородны по крупности, не вызывает трудностей.

Стремление получить высококачественные и однородные порошки заставляет искать альтернативные методы их обработки. Исследования, связанные с воздействием высоковольтного электрического разряда (ВЭР) в жидкости на дисперсные системы, в том числе микропорошки синтетических алмазов [1–8], показали перспективность его использования.

Этот метод характеризуется высокой скоростью ввода энергии в канал разряда, что позволяет воздействовать на дисперсный материал электромагнитными и термическими полями, волнами давления, близкими к ударным, мощными гидротоками и кавитацией, возникающими при ВЭР в жидкости [1; 2; 9; 10].

Цель настоящей работы – исследовать влияние обработки ВЭР на морфометрические и физико-механические характеристики алмазных порошков.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили на алмазном порошке марки АС20 зернистостью 100/80. Синтез алмаза проведен в ростовой системе Ni–Mn–C. Порошок подвергали обработке ВЭР, затем химически очищали. Из продуктов дробления изготавливали шлиф- и микропорошки различной зернистости.

Обработку ВЭР выполняли в Институте импульсных процессов и технологий НАН Украины (г. Николаев) на специально разработанном стенде, структурная схема которого описана в [7, 8]. С учетом опыта предыдущих исследований [5–8] параметры воздействия выбирали так, чтобы в канале разряда обеспечивалось давление 800 МПа. Суммарная энергия обработки составляла 1000 кДж. Обработывали суспензию порошка в дистиллированной воде.

В процессе исследования осциллограммы разрядного тока и напряжения регистрировали осциллографом Tektronix. Рассчитывали удельные характеристики разряда и долю энергии, выделившейся в первом полупериоде волны. По этим данным оценивали максимальное давление в канале разряда [10].

Диагностику морфометрических характеристик порошков осуществляли, исследуя проекции зерен порошка на приборе DiaInspect. OSM после обработки ВЭР, очищения и изготовления из продуктов дробления порошков. Результаты исследования сравнивали с данными исследования порошков, полученных по традиционной технологии и соответствующих ДСТУ 3292-95. Сравнительный анализ проводили по следующим характеристикам: максимальному F_{\max} и минимальному F_{\min} диаметрам ферет, ферет-удлинению F_e , среднему диаметру зерен d_m , форм-фактору

выпуклого изображения C_r и эллиптичность E [11–15], которые описывают размеры зерен (F_{max} , F_{min} , d_m) и их форму (C_r , F_{el} , E).

В пробах исходного порошка, а также порошков, изготовленных с применением обработки ВЭР, определяли зерновой состав, количество примесей в виде несгораемого остатка и абразивную способность. Содержание внутрикристаллических включений металла-растворителя определяли по удельной магнитной восприимчивости χ [16].

Результаты и их обсуждение

Из продуктов дробления порошка алмаза АС 20 100/80 получили шлифпорошки марки АС 20 зернистостью 100/80, 80/63, 63/50 (составляют 86,70 % от общей массы) и микропорошки марки АСМ зернистостью 60/40, 40/20, 28/14 (13,30 % по массе).

В настоящей работе представляем сравнение характеристик порошков, полученных по традиционной технологии и с применением обработки ВЭР на примере шлифпорошка АС 20 100/80 и микропорошка АСМ 28/14.

Результаты диагностики морфометрических характеристик шлифпорошка АС 20 100/80 до (рис. 1 а) и после обработки ВЭР (рис. 1 б), а также микропорошка АСМ 28/14 (рис. 2), изготовленного из продуктов дробления АС 20 100/80, приведены в табл. 1 и 2.

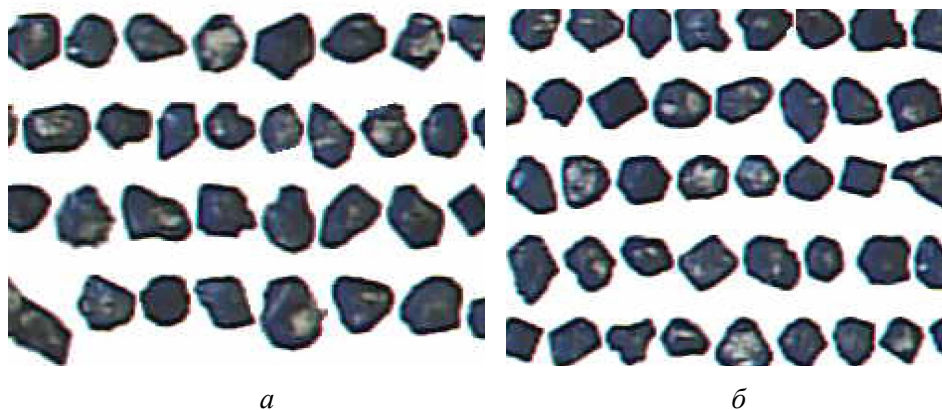


Рис. 1. Образцы шлифпорошка АС 20 100/80 до (а) и после обработки ВЭР, очищения и изготовления порошка (б)



Рис. 2. Образцы микропорошка АСМ 28/14, изготовленного по традиционной технологии (а) и после обработки ВЭР шлифпорошка АС20 100/80 (б)

Таблица 1. Средние значения, стабильность и однородность морфометрических характеристик алмазного шлифпорошка марки АС 20 100/80, изготовленного с применением обработки ВЭР, и порошка, изготовленного по традиционной технологии

Характеристика	Шлифпорошок АС 20 100/80			
	Способ изготовления			
	Применена обработки ВЭР		Традиционной технологии	
	Среднее значение	<u>Однородность</u> Стабильность	Среднее значение	<u>Однородность</u> Стабильность
Максимальный диаметр $Feret_{max}$, мкм	131,51	<u>0,6064</u> 0,2077	134,735 7	<u>0,6824</u> 0,3416
Минимальный диаметр $Feret_{min}$, мкм	102,55	<u>0,6177</u> 0,2130	102,740 6	<u>0,6624</u> 0,3340
Компактность (форм-фактор истинного изображения) C_r	1,2542	<u>0,7817</u> 0,5461	1,2923	<u>0,7474</u> 0,6238
Эллиптичность E	1,2464	<u>0,5746</u> 0,3915	1,2776	<u>0,5397</u> 0,4110
Feret-удлинение F_{el}	1,2926	<u>0,6117</u> 0,4424	1,3185	<u>0,5821</u> 0,5068
Средний размер зерна d_m , мкм	117,03	<u>0,6148</u> 0,2257	118,738 1	<u>0,6989</u> 0,3530

Таблица 2. Средние значения, однородность и стабильность морфометрических характеристик алмазного микропорошка, после обработки ВЭР шлифпорошка АС 20 100/80 и порошка, изготовленного по традиционной технологии

Характеристика	Микропорошок АСМ 28/14			
	Способ изготовления			
	Применение обработки ВЭР		Традиционная технология	
	Среднее значения	<u>Однородность</u> Стабильность	Среднее значения	<u>Однородность</u> Стабильность
Максимальный диаметр $Feret_{max}$, мкм	24,0000	<u>0,6066</u> 0,2172	26,6893	<u>0,5477</u> 0,1806
Минимальный диаметр $Feret_{min}$, мкм	16,3510	<u>0,5705</u> 0,1896	17,3700	<u>0,5135</u> 0,1569
Компактность (форм-фактор) C_r	1,3640	<u>0,6247</u> 0,3496	1,4597	<u>0,5702</u> 0,3604
Эллиптичность E	1,4541	<u>0,3585</u> 0,1511	1,5840	<u>0,3564</u> 0,2486
Feret-удлинение F_{el}	1,4739	<u>0,4567</u> 0,3935	1,5570	<u>0,4387</u> 0,3692
Средний размер зерна d_m , мкм	20,1700	<u>0,5880</u> 0,2100	22,0297	<u>0,5105</u> 0,1807

Согласно данным табл. 1 и 2 в результате обработки ВЭР получены порошки, у которых средний размер зерна меньше ($Feret_{max}$, $Feret_{min}$, d_m), форма зерен более округлая и изометричная (C_r , E ,

F_{el}), стабильность и однородность на уровне зерен порошков, изготовленных по традиционной технологии.

Кривые распределения по размерам зерен микропорошка АСМ 28/14, изготовленного с применением обработки ВЭР (1) и по традиционной технологии (2) показаны на рис. 3.

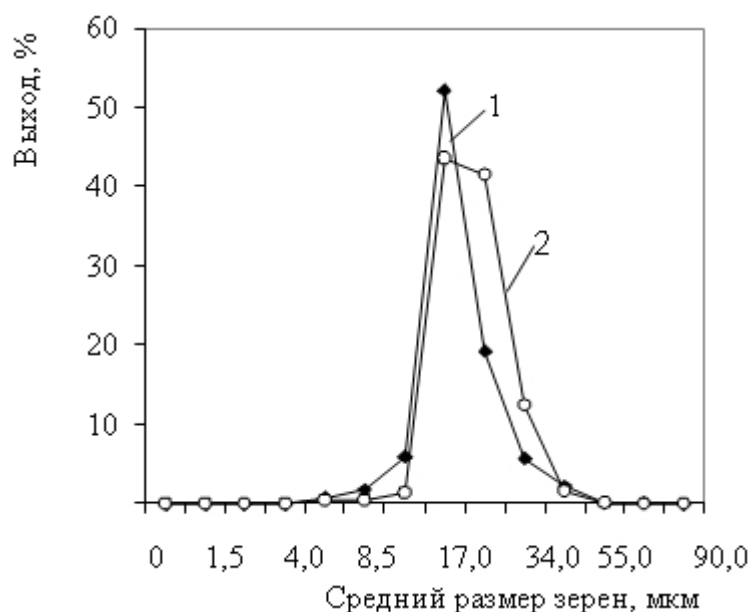


Рис. 3. Распределение по размерам зерен микропорошка АСМ 28/14, изготовленного с применением ВЭР обработки (1) и без нее (2)

Из рис. 3 следует, что в сравнении с исходным порошком микропорошок АСМ 28/14, полученный с применением обработки ВЭР (1) более однородный по размеру, содержание зерен алмаза среднего размера составляет 55 % в сравнении с содержанием зерен алмаза среднего размера порошка, полученного по традиционной технологии.

Физико-механические характеристики порошка АС 20 100/80 (исходного) и изготовленных из него с применением обработки ВЭР порошков АС20 100/80 и АСМ 28/14 приведены в табл. 3.

Таблица 3. Характеристики шлифпорошка АС 20 100/80 и изготовленных из него с применением обработки ВЭР порошков АС20 100/80 и АСМ 28/14

Марка порошка	Несгораемый остаток, %	Удельная магнитная восприимчивость $\chi \cdot 10^{-8}$, м ³ /кг	Абразивная способность	Статическая прочность Н	Коэффициент формы K_f
Исходный порошок					
АС 20 100/80	0,98	0,63	4,6	17,9	1,18
Порошки, изготовленные из АС 20 100/80 после обработки ВЭР					
АС 20 100/80	0,80	0,29	5,32	13,5	1,09
АСМ 28/14	1,55	39,3	4,16	Не определяли	

Как видим из данных табл. 3, в сравнении с исходным порошком, шлифпорошок АС 20 100/80, полученный с применением обработки ВЭР, содержит меньше примесей, что подтверждают несгораемый остаток и удельная магнитная восприимчивость. Форма зерен порошка более округлая. Статическая прочность ниже, а абразивная способность выше.

Таким образом, полученный микропорошок АСМ 28/14 обладает более высокой абразивной способностью по сравнению с данными, приведенными в ДСТУ 3292-95.

Выводы

В сравнении с традиционной технологией обработка ВЭР шлифпорошка АС 20 100/80 при давлении в канале разряда 800 МПа и суммарной энергии обработки 1000 кДж позволяет получать шлиф- и микропорошки более однородные по морфометрическим характеристикам, обладающие более высокой абразивной способностью.

Подано результати дослідження зміни морфометричних характеристик, характеристик якості порошків синтетичного алмазу під впливом високовольтного електричного розряду в рідині.

Ключові слова: порошок синтетичного алмазу, ударні хвилі, генеровані високовольтним електричним розрядом у рідині.

The research results of destruction of particles of synthetic diamond powders as well as hydrodynamic waves generated by electric pulse of high power, technical properties and quality characteristics are presented.

Key words: synthetic diamond powders, hydrodynamic waves generated by electric pulse of high power.

Литература

1. Курец В. В., Усов А. Ф., Цукерман В. А. Электроимпульсная дезинтеграция материалов // Апатиты. – 2002. – 324 с.
2. Бакуль В. Н., Никитин Ю. И. Способ дробления сверхтвердых материалов // Электронная обработка материалов. – 1976, – Вып. 2. – С. 18–22.
3. Сизоненко О. Н., Малюшевский П. П., Горобенко Г. Г. Разрядноимпульсная технология дробления и измельчения абразивных материалов // Основные проблемы разрядноимпульсной технологии. – К.: Наук. думка, 1980. – С. 12 – 20.
4. Сизоненко О. Н. Модифицирование поверхности порошковых материалов высоковольтным электрическим разрядом // Междунар. конф. High Mat Tech, Киев, 2009, 9 октября: Тез. докл. – К., 2009. – С. 150.
5. Пат. 47738 Україна, МПКС01 В 31/06. Спосіб видобування синтетичних алмазів / Г. П. Богатырева, А. Л. Майстренко, О. М. Сизоненко, Н. О. Олійник, Г. Д. Ільницька, Г. А. Петасюк. – Заявл. 23.07.2007; Опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4.
6. Дезинтеграция продукта синтеза алмаза ударными волнами, генерируемыми в жидкости электроразрядными импульсами большой мощности / Г. П. Богатырева, А. Л. Майстренко, О. Н. Сизоненко и др // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2009. – Вып. 12. – С. 191–198.
7. Высоковольтный электрический разряд в жидкости как метод воздействия на основные характеристики микропорошков синтетического алмаза / Г. П. Богатырева, А. Л. Майстренко, О. Н. Сизоненко и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. — К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2010. – Вып. 13. – С. 302–307.
8. Влияние высоковольтных импульсных разрядов на морфометрические характеристики алмазных микропорошков / О. Н. Сизоненко, Г. П. Богатырева, А. Л. Майстренко и др. // Вісн. укр. матеріалознав. т-ва. – 2010. – № 1(3), – С. 23–32.
9. Горобенко Г. Г., Малюшевский П. П., Рябинин А. Г. Разрядноимпульсная технология обработки минеральных сред. – К.: Наук. думка, 1979. – 163 с.
10. Наугольных К. А., Рой Н. А. Электрические разряды в воде. – М.: Наука, 1971. – 155 с.
11. Новиков Н. В., Богатырева Г. П., Петасюк Г. А. К вопросу повышения информативности морфологических характеристик порошков из сверхтвердых материалов, определяемых на видеокомпьютерных диагностических комплексах // Сверхтвердые матер. – 2005. – № 3. – С. 73–85.
12. Методика определения показателей однородности порошков синтетического алмаза на основе системно-критериального подхода / Н. В. Новиков, Г. П. Богатырева, Ю. И. Никитин, Г. А. Петасюк // Инструмент. світ. – 2006. – № (31). – С. 4–6.
13. Петасюк Г. А. Обобщенная математическая модель процедуры ситовой классификации порошков сверхтвердых материалов // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения : Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2007. – Вып. 10. – С. 212–216.

14. Петасюк Г. А., Богатырева Г. П. Экстраполяционно-аналитический метод определения удельной поверхности порошков сверхтвердых материалов // Сверхтвердые матер. – 2007. – № 6. – С. 65–76.
15. К вопросу однородности алмазных микропорошков по морфометрическим характеристикам / Г. П. Богатырева, Г. А. Петасюк, Г. А. Базалий, В. С. Шамраева // Сверхтвердые матер. – 2009. – № 2. – С. 71–81.
16. Богатырева Г. П., Крук В. Б., Невструев Г. Ф. О связи между содержанием включений в синтетических алмазах и их магнитными свойствами // Синтетические алмазы. – 1977. – Вып. 6. – С. 14–19.

Поступила 24.05.11

УДК 666.233

Г. К. Буркат¹, В. Ю. Долматов², кандидаты химических наук, V. Mullymaki³

¹Санкт-Петербургский государственный институт (Технический Университет),
Российская Федерация

²ФГУП «Специальное конструкторско-технологическое бюро «Технолог», г. Санкт-Петербург,
Российская Федерация

³Carbodeon Ltd. Оу, Хельсинки, Финляндия

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ СЕРЕБРА В ПРИСУТСТВИИ ДЕТОНАЦИОННЫХ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК

Исследовано влияние детонационных алмазосодержащих добавок (детонационных наноалмазов марки ДНА-ТАН, алмазосодержащей шихты АШ нефракционированной и окисленной) на качество серебряных покрытий, полученных из дицианаргентатнороданистого электролита. Показано, что в присутствии добавок электропроводность электролита повышается, микротвердость покрытия повышается на 30–40% по сравнению с микротвердостью чистого серебра, резко снижается пористость покрытий (с 65 до 2 пор на 1 см²), их износостойкость повышается в 5 раз.

Ключевые слова: электрохимическое осаждение, детонационные наноалмазы, серебряные покрытия.

Введение

Серебро – самый электропроводный из металлов. Это свойство обуславливает его применение при покрытии проводящих частей деталей, особенно при покрытии в высокочастотной технике. Как и микротвердость, удельное и переходное электрическое сопротивление – структурочувствительное свойство, существенно зависящее от режима процесса и включения различных добавок в покрытия.

Цель настоящей работы – изучить влияние алмазосодержащих добавок (модифицированных аммиачной обработкой при температуре 230 °С детонационных наноалмазов (ДНА-ТАН), исходной нефракционированной алмазосодержащей шихты (АШнефрак) и частично окисленной алмазосодержащей шихты (АШокисл)) на качество серебряных покрытий, полученных из малотоксичного дицианаргентатнороданистого электролита следующего состава: Ag (в расчете на металл) – 25 г/л, K₂CO₃ – 25–30 г/л, KCNS – 150 г/л при температуре 20 °С и плотности тока 0,5–0,9 А/дм², рН = 10–11.

Задача работы состояла в получении малопористого, коррозионностойкого и износостойкого серебряного покрытия с электрофизическими параметрами аналогичными чисто серебряному покрытию (без добавок).

Вопрос замены обычно используемых цианистых растворов при электролитическом серебрении является очень важным, так как, несмотря на все хорошие свойства цианистого электролита, он чрезвычайно ядовит [1,2]. Наиболее распространен дицианаргентатный и синеродистороданистый электролиты, в которых серебро присутствует в виде цианистого комплекса, но не содержит свободного цианида, для растворения анодов в электролит вводят роданистый калий. Недостатком второго раствора является сложность его приготовления и значительные потери серебра на гидрате окиси железа при фильтрации. Поэтому первый дицианаргентатный электролит более удобен и распространен на производстве.

Осаждаемые серебряные покрытия являются пористыми при толщине покрытия до 20 мкм. Снижения пористости можно добиться, используя электролиты с поверхностно-активными