

ПОРОШКИ СИНТЕТИЧНОГО АЛМАЗУ ДЛЯ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ОТРИМАННЯ

**член-кор. НАН України, д.т.н., професор Т.О. Пріхна¹, к.т.н., ст.н.с.Г.Д. Ільницька¹,
к.т.н., ст.н.с. Н.О. Олійник¹, д.т.н., професор О.М. Сизоненко², Г.А. Базалій¹, к.т.н. І.М.
Зайцева¹, В.В. Тимошенко¹**

¹Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, E-mail: oleynik_nonna@ukr.net

²Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, E-mail: sizonenko43@rambler.ru

Представлено результати отримання порошків синтетичного алмазу при застосуванні фізичних методів обробки матеріалу та дослідження їх фізико-механічних, фізико-хімічних характеристик. Встановлено, що послідовне застосування ультразвукової та імпульсної високовольтної електророзрядної обробки в рідині алмазної сировини та фізичних методів розподілу приводить до отримання шліф- і мікропорошків з поліпшеними функціональними характеристиками та до зниження екологічного навантаження.

Ефективність роботи в екстремальних умовах сучасних інструментальних матеріалів, які містять порошки синтетичного алмазу, в основному, обумовлюють характеристики порошків. Найбільш відомі закордонні фірми «Де Бірс» (Ірландія), «Дженерал Електрик» (США), «Рамі Дача» (Румунія), а також численні фірми Китаю виготовляють порошки синтетичного алмазу для різноманітного призначення, працюючи над покращенням їх якості та удосконаленням технологій їх виготовлення.

Останнім часом підвищився інтерес до порошків алмазу, синтез кристалів яких відбувається за більших швидкостей росту. Кристал алмазу у процесі росту захоплює включення та домішки, які присутні у реакційній камері. Вони стають об'ємними дефектами кристалів та впливають на експлуатаційні характеристики порошків алмазу [1, 2].

З розвитком процесів синтезу, зростанням вимог до алмазних інструментів, зростають вимоги до зернового складу, міцності, абразивної здатності, стану поверхні зерен, що відображається у фізико-хімічних та фізико-механічних характеристиках порошку [3-5].

В ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України протягом десятиліть було розроблено та впроваджено у виробництво спектр ресурсозберігаючих технологій переробки продуктів синтезу та виготовлення порошків алмазу з різними фізико-механічними характеристиками [8]. Традиційно для отримання порошків алмазу марок спеціального призначення з розвинутою поверхнею зерен послідовно проводять дроблення алмазної сировини, хімічне оброблення з подальшою промивкою та сушінням, класифікацію за розміром зерен (на окремі зернистості). Кожну зернистість розподіляють за формою зерен. Для більшого розвинення поверхні порошків використовують термохімічне оброблення зерен алмазу з витратою реактивів 2-го класу небезпеки (на оброблення 1000 каратів порошку витрачають 1 кг лугу, 0,025 кг пероксиду водню, 0,2 кг азотної кислоти) [6]. Для отримання порошків з різним вмістом внутрішньокристалічних домішок і включень найчастіше застосовують розподіл порошку конкретної зернистості в магнітному полі. Встановлено, що на характеристики порошків впливає історія їх виготовлення.

Тому розробка екологічно безпечних методів та дослідження їх впливу на характеристики шліф- та мікропорошків є актуальною науковою задачею.

Метою роботи є дослідження фізико-хімічних, фізико-механічних характеристик порошків алмазу після різних способів обробки, їх впливу на процес розподілення у магнітному полі та характеристики кондиційних порошків.

Досліджували характеристики порошків алмазу зернистостей 125/100, 20/14, 28/14, 14/10 отриманих із застосуванням ультразвукової (УЗ) обробки на стадії виготовлення алмазної сировини [8], її подрібнення при імпульсній обробці високовольтними електричними розрядами (ВЕР обробці) та розподілу у магнітному поліградієнтному полі.

Досліджували вплив властивостей поверхні порошку, які вона набуває в результаті ВЕР обробки на можливість створення контрастності магнітних характеристик зерен при нанесенні катіонів заліза.

Для дослідження якості сировини та порошоків алмазу в роботі застосовували хімічний, гравіметричний методи, ситовий аналіз, метод визначення питомої магнітної сприйнятливості та питомого електроопору, також застосовували нові розроблені методики.

З алмазної сировини, яку отримали із застосуванням ультразвукової обробки, виготовили вузькі зернистості порошку (від 250/200 до -40 мкм), провели розділення кожної фракції у магнітному полі на чотири фракції з різною магнітною сприйнятливістю та визначили їх характеристики (табл.1).

Таблиця

Характеристики магнітних властивостей шліфпорошку алмазу зернистістю 125/100

Фракція розділення	Загальний вміст включень та домішок, мас. %	Питома магнітна сприйнятливість, $\chi, \times 10^{-8}, \text{м}^3/\text{кг}$	
		фракції	включень
1	3,2715	77,7	2393,1
2	2,9136	50,8	1764,2
3	2,5950	20,3	805,5
4	2,5714	7,8	326,8
Вихідний порошок	2,4985	18,7	—

При виготовленні з сировини порошоків вузьких зернистостей було встановлено, що порошки відповідають марці алмазів АС6.

Як випливає з таблиці, під дією магнітного поля шліфпорошки алмазу розділяються за вмістом в них домішок і включень сплаву розчиннику [1, 7].

На рис.1 наведено дефектність поверхні та абразивну здатність алмазного порошку зернистості 125/100 в залежності від питомої магнітної сприйнятливості порошку.

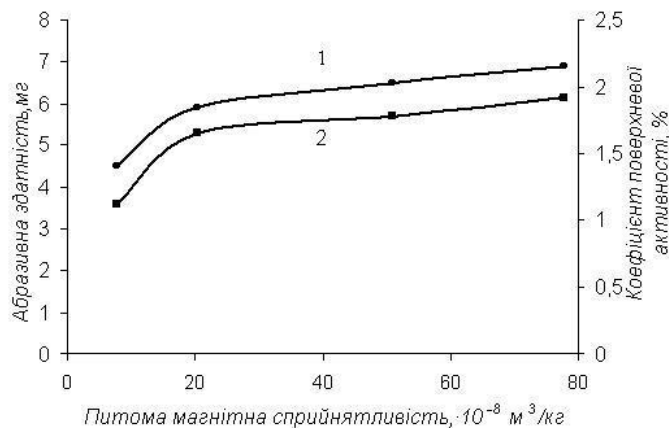


Рис. 1. Залежність абразивної здатності (1) та дефектності поверхні (2) алмазів зернистості 125/100 від питомої магнітної сприйнятливості порошку.

Як випливає з рис.1, з ростом питомої магнітної сприйнятливості порошку з 7,8 до $11,7 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ зростає коефіцієнт поверхневої активності (дефектність поверхні) в 1,7 рази та абразивна здатність – в 1,5 рази. Зростання поверхневої активності порошку узгоджується зі збільшенням на 26% питомої площі поверхні порошку порівняно до серійних порошоків. Це дозволяє отримувати серію порошоків спеціального призначення марок АС6-М1 – АС6-М4 для шліфувального інструменту.

Таким чином, застосування УЗ обробки на стадії виготовлення алмазної сировини та її сортування у магнітному полі при виготовленні шліфпорошків дозволило отримати порошки з більш розвиненою поверхнею та знизити екологічну небезпеку процесу за рахунок усунення застосування хімічних реактивів 2-го класу небезпеки.

Відомо, що алмазно-абразивна обробка матеріалів найбільш ефективна при застосуванні алмазних мікропорошків з підвищеною абразивною здатністю та розвинутою поверхнею. Тому при виготовленні мікропорошків, традиційно, для руйнування слабо міцних зерен алмазної сировини застосовують механічне подрібнення у дробарках ударної дії. Після подрібнення використовують розподілення порошку за його фізико-механічними, магнітними або фізико-хімічними властивостями [9]. Традиційні механічні способи подрібнення за своєю організацією являються процесами неселективного руйнування [9]. ВЕР обробка є імпульсним процесом з фронтом ударної хвилі $\sim 10^{-10}$ м і часом дії на частинку протягом циклічної дії ~ 10 мкс, що встановлює можливість тонкого диспергування мікропорошку алмазу та сприяє зміні їх фізико-механічних характеристик [10].

Дослідженнями було встановлено, що в процесі ВЕР обробки відбувається розвинення мікро-мезопористої структури, збільшення площі поверхні порошку на 5–15 %, активація енергетичного стану поверхні (підвищення адсорбційного потенціалу на 15 %, поверхневої активності до катіонів заліза на 0,1 %) [11,12]. Ці зміни характеристик мікропорошку сприяють адгезії катіонів заліза на дефектах поверхні кристалів, що у свою чергу, підвищує контрастність магнітних характеристик кристалів та поліпшує умови їх розподілу. Все це забезпечує ефективний розподіл кристалів у поліградієнтному магнітному полі, що відображається на зміні параметрів сепараційної характеристики порошку (рис. 2) [11].

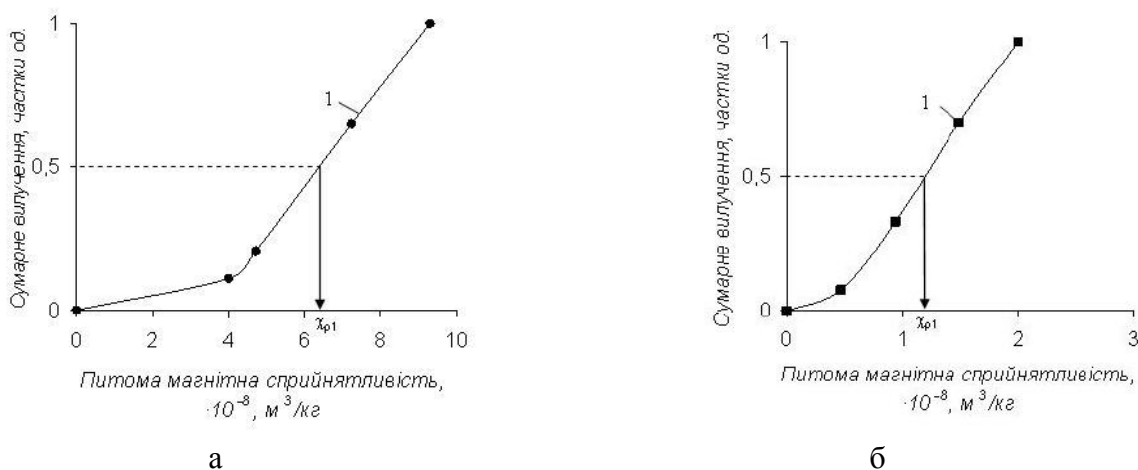


Рис. 2. Сепараційні характеристики мікропорошку АСМ 20/14, виготовленого за традиційною технологією (а), із застосуванням ВЕР обробки (б), побудовані за результатами поділу в магнітному полі із закріпленими катіонами.

Як впливає з рис. 2, сепараційні характеристики порошку, виготовленого за традиційною технологією (а) та із застосуванням ВЕР обробки (б) із закріпленими катіонами, які побудовано за результатами розподілу в магнітному полі, зростають від нуля до одиниці та суттєво розрізняються за тангенсом кута нахилу та границею розподілу. Величини границі розподілу (χ_p) вихідного порошку, виготовленого за допомогою адгезійно-магнітного (АМ) розподілу ($6,43 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$) та із застосуванням ВЕР обробки ($1,19 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$), різняться у 5,4 рази. Величина тангенсу кута нахилу кривих складає: у вихідного порошку 0,1775; у порошку виготовленому із застосуванням ВЕР обробки 0,6325; та у 3,6 рази більше, ніж у вихідного порошку [12].

За результатами дослідження характеристик продуктів АМ розподілу встановлено, що послідовне застосування ВЕР обробки, АМ розподілу та хімічного очищення дозволяє поліпшити якість мікропорошків алмазу: збільшити вміст основної фракції до 75 %, збільшити абразивну здатність на 10–20 %, знизити вміст металевих включень та домішок в 2 рази. На підставі проведених досліджень розроблено алмазні мікропорошки серії АСН-ПА.

Слід зазначити, що на відміну від традиційної схеми виготовлення мікропорошку (яка містить хімічне оброблення у розчині гідроксиду натрію з додаванням пероксиду водню

та УЗ обробку з витратами хімічних реагентів на виготовлення 1000 каратів порошку алмазу: 0,15 кг – гідроксиду натрію; 0,025 кг – пероксиду водню; 0,1кг – соляної кислоти) виготовлення порошку за новою схемою потребує 0,1 кг азотної кислоти.

Таким чином по результатах роботи встановлено:

1. Порошки алмазу, виготовлені із застосуванням У обробки та магнітного розподілу, відрізняються за магнітними властивостями через різну кількість захопленого металу-розчинника та розвиненість поверхні, яка корелює з абразивною здатністю порошку. На прикладі шліфпорошку (синтезованому в системі Ni–Mn–C) зернистістю 125/100, встановлено, що фракції порошку, отримані після магнітного розподілу відрізняються між собою за магнітною сприйнятливістю у 10 разів, за дефектністю поверхні – у 1,3 рази, за абразивною здатністю – у 1,5 рази. Це дозволяє з підвищеною екологічною безпекою отримувати серію порошків спеціального призначення марок АС6-М1 – АС6-М4 для шліфувального інструменту.

2. Послідовне застосування У та ВЕР обробок, хімічного очищення, адгезійно-магнітного розподілу мікропорошку дає змогу забезпечити руйнування слабоміцних частинок алмазів, збільшення площі поверхні порошку та розвинення мікро–мезопористої структури кристалів, активацію енергетичного стану поверхні, підвищення контрастності магнітних властивостей та абразивної здатності кристалів. Цей факт обумовив створення мікропорошків нових марок серії АСН-ПА, однорідних за розмірами, з підвищеною абразивною здатністю та розвинутою поверхнею.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богатырева Г.П., Маевский В.М., Ильницкая Г.Д. и др. Примеси и включения в порошках синтетических алмазов марки АС4 и АС6 // Сверхтвердые материалы. – 2006. – №4. – С. 62–69.
2. Богатырева Г.П., Невструев Г.Ф., Ильницкая Г.Д., Гонтарь А.Г. Объемные макродефекты в кристаллах алмаза низкопрочных марок АС4 и АС6 // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. научных. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2005. – Вып. 8. – С. 184–188.
3. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: В 6 т. / Под общей ред. Н.В.Новикова. Т.6: Алмазно-абразивный инструмент в технологиях механообработки / Под ред. А.А. Шепелева. – К.: ИСМ им. В.М. Бакуля, ИПЦ «АЛКОН» НАНУ, 2007. – 340 с.
4. Алешин В.Г., Смехнов А.А., Богатырева Г.П., Крук В.Б. Химия поверхности алмаза. – К.: Наук. думка, 1990. – 200 с.
5. ДСТУ 3292-95. Порошки алмазные синтетические. Общие технические условия. Введ. 01.01.96. – К.: Госстандарт Украины, 1995. – 72 с.
6. Пат. на корисну модель № 42049, В24В 3/06; С01В 31/06. Спосіб овалізації зерен порошків алмазу / Г.П. Богатирьова, Г.Д. Ільницька, М.А. Марініч, Г.Ф. Невструев. – Заявка № 2008 14573, Опубл. 25.06.2009, Бюл. № 12.
7. Физические свойства алмаза. Справочник. – К.: Наук. думка, 1987. – С. 85–89.
8. Никитин Ю.И. Технология изготовления и контроль качества алмазных порошков / Ю.И. Никитин – К.: Наук. думка, 1984. – 264 с.
9. Биленко Л.Ф. Приоритетные направления повышения раскрытия минералов в процессах подготовки руды к обогащению // Вісник НТУ «ХПІ», 2012. № 59. – 196 с.
10. Сизоненко О.Н., Олейник Н.А., Петасюк Г.А. и др. Влияние электроразрядной обработки алмазных порошков на изменение их физико-механических характеристик // Порошковая металлургия. – 2013 – № 7/8. – С. 3–8.
11. Ильницкая Г.Д., Олейник Н.А. Разделение алмазных микропорошков в магнитном поле // Прогресивні системи машинобудування: Сб. науч. тр. – Донецьк:ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», 2013. – Вып. 1,2 (46) – С. 126–133.
12. Олейник Н.А., Ильницкая Г.Д., Сизоненко О.Н. и др. Влияние физико-химических характеристик микропорошков алмаза на эффективность их разделения в магнитном поле // Порошковая металлургия. – 2016. – № 7/8. – С.25–36.