

Г. Д. Ільницька, канд. техн. наук; **В. І. Лавріненко**, д-р техн. наук;
О. Б. Логінова, д-р хім. наук; **В. В. Лисаковський**, д-р техн. наук; **О. М. Соколов**,
В. В. Смоквина, **І. М. Зайцева**, **А. П. Закора**, **В. В. Тимошенко**, кандидати технічних наук,
Л. Й. Котинська, **Т. О. Косенчук**

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України,
вул. Автозаводська 2, 04074, м. Київ, e-mail: izaitseva@ukr.net*

ВПЛИВ ХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХНІ ЗЕРЕН АЛМАЗУ НА ОТРИМАННЯ ШЛІФПОРОШКІВ АЛМАЗУ З ПІДВИЩЕНОЮ ОДНОРІДНІСТЮ ЗА МІЦНІСТЮ

Розглянуто вплив хімічної обробки поверхні алмазів, синтезованих в системі Ni-Mn-C, на їх характеристики міцності. Дослідження проводили на алмазах марки АС6 зернистості 125/100. Порошки до розподілу за дефектністю поверхні попередньо піддавали хімічній обробці у 15 ± 1 % лужному розчині з додаванням не менше 3 % перекису водню протягом не більше 20 хв. при температурі кипіння розчину. Нанесення на дефектні ділянки поверхонь зерен тонкодисперсних феромагнітних частинок з розміром частинок менше 1000 нм з концентрацією цих часток $2,5 \pm 0,1$ % проводили в рідкому середовищі при постійному перемішуванні протягом 25 ± 2 хв. Після нанесення воду із частинками порошку заліза, що не закріпилися, зливали, а порошок алмазу із частинками заліза, що закріпилися на поверхні зерен, висушували, а потім поділяли в магнітному полі на електромагнітному сепараторі 138 Т при напруженості від 5 до 20 А/м з отриманням чотирьох фракцій розподілу порошків алмазу з різною дефектністю поверхні та міцністю.

Проведені дослідження показали, що хімічна обробка при температурі кипіння розчину забезпечує очищення поверхні алмазів від домішок, а також від залишків реагентів після вилучення алмазів з їх продукту синтезу у вигляді кисневмісних функціональних груп, що знаходяться на поверхні і заважають закріпленню металевих частинок. Це забезпечує створення більш розвинутої поверхні зерен алмазу і сприяє підвищенню селективності закріплення феромагнітних частинок на дефектних ділянках поверхні алмазів.

Встановлено, що додаткова хімічна обробка алмазів створює більш розвинуту поверхню зерен алмазу, що забезпечує отримання 4 фракцій порошків з коефіцієнтом поверхневої активності K_a від 0,65 до 1,20 % і з міцністю від 11,0 до 4,8 Н, які відрізняються між собою \sim у 2,3 рази. При розподілі зерен алмазу без хімічної обробки отримані порошки з K_a від 0,58 до 1,10 % і з міцністю від 8,7 до 5,9 Н, які відрізняються між собою \sim у 1,5 разів. Однорідність за міцністю шліфпорошків алмазу, отриманих після розподілу у магнітному полі, з попередньою хімічною обробкою складала \sim 43 %, тоді як однорідність за міцністю шліфпорошків алмазу без попередньої хімічної обробки складала \sim 37 %.

Ключові слова: *характеристики міцності синтетичних алмазів, однорідність шліфпорошків алмазу за міцністю, розподіл за величиною дефектності поверхні, хімічна обробка поверхні алмазів.*

Вступ

В інструментальному виробництві широко застосовуються порошки синтетичного алмазу низькоміцних марок АС6–АС20 при обробці твердого сплаву, кераміки, скла та інших крихких матеріалів. Одним з найважливіших шляхів досягнення більш високого класу оброблюваної поверхні і збільшення зносостійкості алмазного інструменту є підвищення однорідності алмазних порошків за зерновим складом, міцністю, вмістом дефектів, які застосовують в інструменті [1, 2].

При алмазно-абразивній обробці поверхні деталей на зносостійкість та ефективність роботи шліфувального інструменту впливають характеристики алмазних порошків, які формуються в процесі синтезу алмазу, сортування та класифікації. Розміри кристалів алмазу,

кількість в них включень і характеристики міцності багато в чому залежать від швидкості росту кристалів. У робочому об'ємі апарату високого тиску неможливо забезпечити однакові умови для росту всіх кристалів внаслідок неоднорідності температури і тиску, що призводить до утворення кристалів алмазу з різними фізико-механічними характеристиками. В Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України розроблено технологію отримання шліфпорошків алмазу марок АС4-АС50, яка включає подрібнення алмазної сировини, її розділення за крупністю та формою зерен алмазу. В наш час серійні алмазні порошки вітчизняного і зарубіжного виробництва являють собою сукупність зерен певної зернистості, які в значній мірі розрізняються за основними технологічними характеристиками якості (міцності, зернового складу) [3, 4].

Аналіз вмісту алмазів зернистості 125/100, синтезованих в системах Ni-Mn-C, за марками відповідно до їх міцності, наведено на рис. 1.

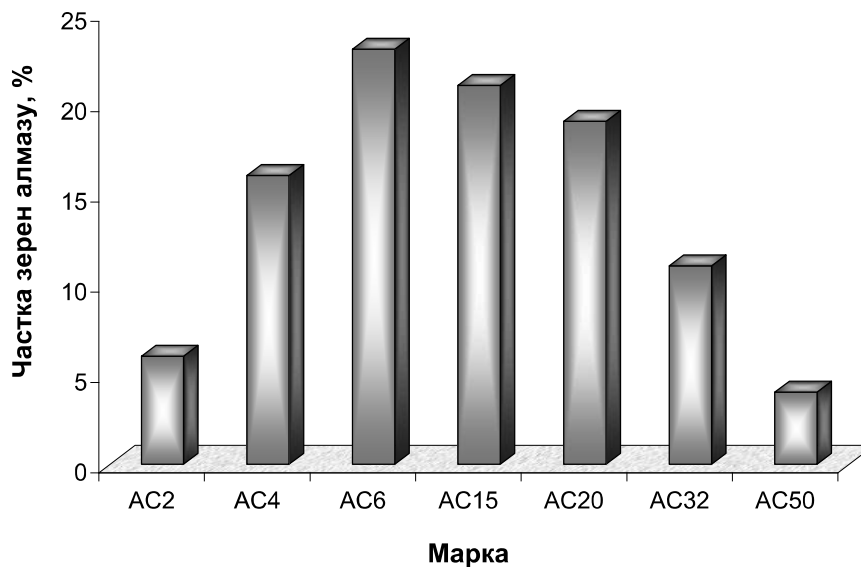


Рис. 1. Вміст зерен алмазу різних марок в шліфпорошках зернистості 125/100, синтезованих в системі Ni-Mn-C

З рис. 1 випливає, що однорідність алмазних шліфпорошків марки АС6 зернистості 125/100, синтезованих в системі Ni-Mn-C, становить 23 %.

В зв'язку з цим для підвищення працездатності абразивного інструменту актуальним є удосконалення способів отримання порошків синтетичного алмазу з високою однорідністю за міцністю.

Для підвищення якості порошків алмазу в Інституті надтвердих матеріалів розроблено способи розподілу зернистого матеріалу за дефектністю поверхні зерен у повітряному середовищі, які передбачають попередню обробку шляхом вибіркового нанесення на дефектні ділянки поверхонь тонкодисперсних металевих частинок з розміром не більше 1000 нм, що забезпечують наступний розподіл у силовому полі різної напруженості на фракції з різним рівнем дефектності поверхні, що сприяє поділу за міцністю. При використанні феромагнітних частинок з наступним розподілом у магнітному полі з напруженістю від 5 до 20 А/м [5] та електропровідних – у електричному полі при напруженості від 5 кВ до 25 кВ [6, 7].

Недоліком описаних способів є недостатньо висока селективність закріплення тонкодисперсних металевих частинок на дефектні ділянки поверхонь зерен алмазу розвиненою дефектною поверхнею – це стосується розподілу порошків низькоміцних зерен алмазу. Це призводить до зниження ефективності розподілу зерен алмазу, на яких закріплені феромагнітні або електропровідні частинки у магнітному або електричному полях, на що

вказує досить низька однорідність за міцністю отриманих після розподілу на фракції порошоків зернистого матеріалу.

При синтезі через варіювання концентрації розчину і його складу кінетика процесу міняється протягом циклу синтезу. У результаті синтезу алмаза утворюються кристали з різною розвинутою поверхнею. Це призводить до істотних змін морфології кристалів з переходом від атомно-гладких до шорсткуватих поверхонь. В процесі отримання порошоків алмазу при дробленні для зміни об'ємної дефектності кристалів і для усунення утворених пірамід і двійників росту на поверхні кристалів залишаються домішки, які знижують ефективність нанесення феромагнітних або електропровідних частинок тонкодисперсного матеріалу на дефектні ділянки поверхонь зерен.

Для досягнення високої ефективності процесу розподілу порошоків зерен алмазу за дефектністю поверхні і забезпечення розподілу зернистого матеріалу за міцністю необхідне зростання селективності закріплення частинок феромагнітного або електропровідного порошку на поверхні цих порошоків з метою створення набутих властивостей, які забезпечують наступний поділ у відповідних силових полях.

Для підвищення ефективності розподілу зернистого матеріалу за дефектністю поверхні і міцністю зерен нанесення металевих частинок здійснювали в рідкому середовищі, що забезпечує більш високу вибірковість закріплення частинок поверхні, оскільки адгезійна сила прилипання частинок у рідкому середовищі значно менша, ніж у повітряному. Такий спосіб дозволяє вибірково закріпитися і утримуватися на розвиненій дефектній поверхні зерен НТМ меншій кількості частинок, які створюють набуті властивості, що дозволяє проводити більш ефективне сортування порошоків НТМ у відповідних магнітних або електричних полях різної напруженості. Це відбувається тому, що на розвиненій дефектній поверхні зерен порошку НТМ закріплюється менша кількість частинок, що створює набуті властивості у зерен, і такі зерна розподіляються з більшою селективністю, що сприяє одержанню порошоків, які розрізняються за дефектністю поверхні і за міцністю.

Для підвищення ефективності закріплення частинок феромагнітного або електропровідного порошку необхідно за допомогою хімічної обробки створити більш сприятливі умови і спеціально підготувати розвинуту поверхню для більш селективного закріплення феромагнітних або електропровідних частинок на поверхні зерен порошоків алмазу, що забезпечує подальший поділ за дефектністю їх поверхні і за міцністю у відповідних силових полях з виділенням фракцій порошоків, які відрізняються між собою за міцністю та за високою однорідністю за міцністю.

Вихідні матеріали та експериментальні методи

Дослідження проводили на шліфпорошках алмазу марки АС6 зернистості 125/100. Порошки попередньо піддавали хімічній обробці у 15 ± 1 % лужному розчині з додаванням не менше 3 % перекису водню протягом не більше 20 хв. при температурі кипіння розчину.

Нанесення на дефектні ділянки поверхонь зерен тонкодисперсних феромагнітних частинок з розміром часток менше 1000 нм з концентрацією цих частинок $2,5 \pm 0,1$ % проводили в рідкому середовищі при постійному перемішуванні протягом 25 ± 2 хв. Після проведення операції нанесення воду із частинками порошку заліза, що не закріпилися, зливали, а порошок алмазу із частинками заліза, що закріпилися на поверхні зерен, висушували, а потім розподіляли в магнітному полі на електромагнітному сепараторі 138 Т при напруженості від 5 до 20 А/м з отриманням чотирьох фракцій розділення порошоків алмазу з різною дефектністю поверхні та міцністю.

Для кожної окремої фракції визначали вихід в %, дефектність поверхні, міцність, однорідність за міцністю. Дефектність поверхні оцінювали у вигляді коефіцієнта поверхневої активності (K_a , %) і визначали за методикою М 88 України 90.258-2004 «Методика визначення коефіцієнта поверхневої активності» [8]. Міцність у вигляді показника міцності при

статичному стисненні – за методикою ДСТУ 3292 [3]. Однорідність алмазів за міцністю ($K_{\text{одн.міц.}}$) оцінювали за методикою М 28.5-271:2008. Методика аналитической оценки прочности зерен порошков сверхтвердых материалов (СТМ) [9].

Результати експериментів та їх обговорення

Результати розподілу шліфпорошків алмазу марки АС6 зернистості 125/100 наведені у таблиці.

Результати адгезійно-магнітного сортування алмазів марки АС6 зернистості 125100, синтезованих в системі Ni-Mn-C

Фракція розподілу	Вихід, %	K_a , %	P, Н	$K_{\text{одн.міц.}}$, %	Марка по ДСТУ 3292
1	10,0	0,65	11,0	44	АС15
2	35,3	0,78	7,9	43	АС6
3	43,0	0,95	5,8	44	АС6
4	11,7	1,20	4,8	40	АС6
Вихідний	100	0,83	6,9	23	АС6

За результатами випробувань встановлено, що в результаті розподілу вихідних алмазів марки АС6 зернистості 125/100, синтезованих в системі Ni-Mn-C, за дефектністю їх поверхні з попередньою хімічною обробкою цих алмазів було отримано порошки, які за коефіцієнтом поверхневої активності K_a відрізняються між собою від 0,65 до 1,20 %, що забезпечує виділення із вихідних алмазів марки АС6 шліфпорошків алмазу з більш високою міцністю, що відповідає марці АС15. Однорідність порошків алмазу змінюється ~ у 2 рази у порівнянні з вихідними порошками (табл. 1).

Ілюстративно на рис. 2 представлено зображення шліфпорошків алмазу, виділених до 1-ої та 4-ої фракцій розподілу.

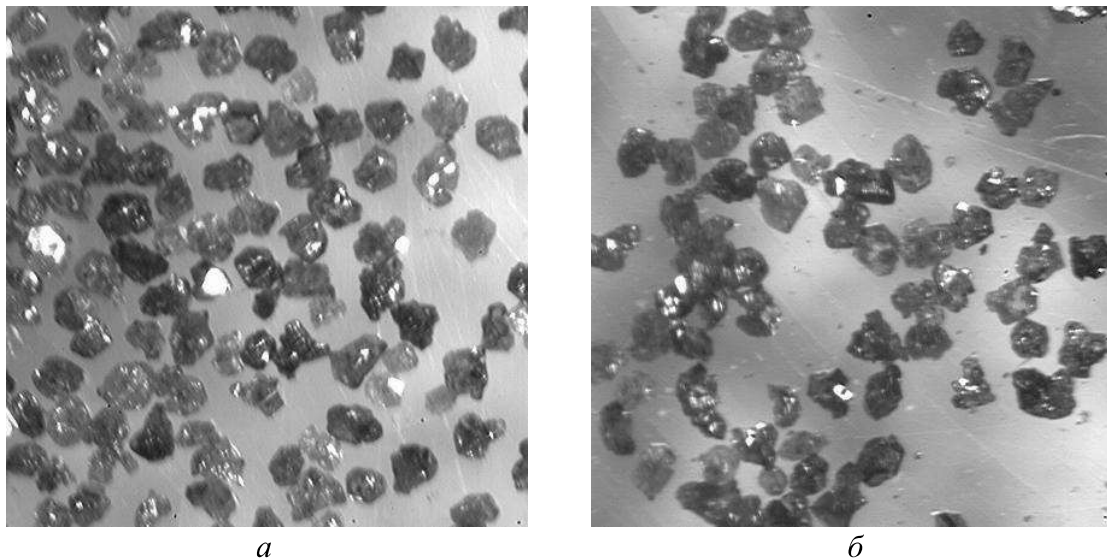


Рис. 2. Зображення шліфпорошків алмазу марки АС6 зернистості 125/100, синтезованих в системі Ni-Mn-C, після розподілу за дефектністю їх поверхні: а) зерна алмазу, виділені у 1-у фракцію; б) зерна алмазу, виділені у 4-у фракцію

Як видно з рис. 2, зерна алмазу 1-ої і 4-ої фракцій зовні відрізняються між собою, що позначається на зміні характеристик міцності (таблиця).

Для визначення впливу хімічної обробки на ефективність розподілу порошків алмазу, отриманих з використанням додаткової попередньої хімічної обробки та без неї, проведено порівняння зміни характеристик міцності в залежності від зміни їх дефектності поверхні. На

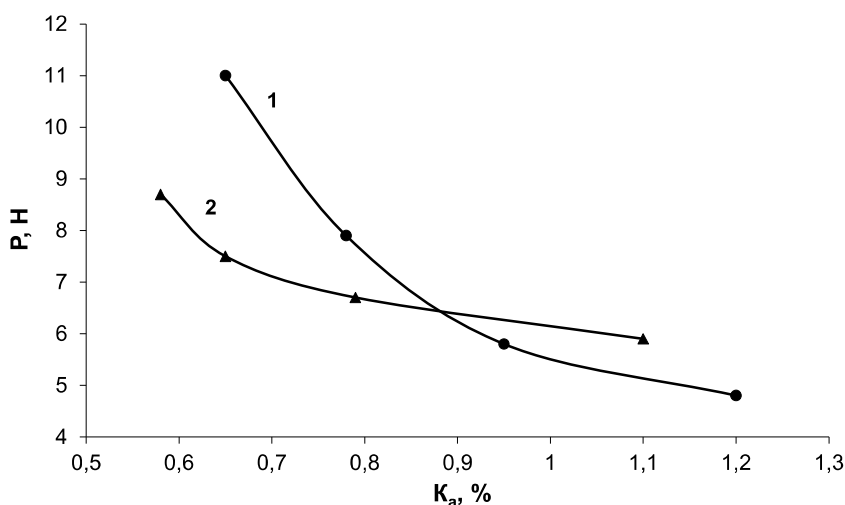


Рис. 3. Залежність міцності порошків алмазу від їх дефектності поверхні для алмазів отриманих: 1 – з використанням хімічної обробки, 2 – без застосування хімічної обробки

рис. 3 показано криві залежності міцності зерен алмазу від їх дефектності поверхні для порошків алмазу, отриманих з використанням попередньої хімічної обробки (крива 1) та без неї (крива 2).

Як випливає з рис. 3, застосування хімічного очищення поверхні алмазів від домішок, а також від залишків реагентів після вилучення алмазів з їх продукту синтезу у вигляді кисневмісних функціональних груп, що знаходяться на поверхні і заважають закріпленню металевих частинок, сприяє

підвищенню ефективності розподілу зерен алмазу за їх дефектністю поверхні. Хімічна обробка у лужному розчині з додаванням гідроксиду натрію або гідроксиду калію при температурі кипіння розчину забезпечує створення більш розвинутої поверхні зерен алмазу. У лужному розчині пероксид водню дисонує на іони водню й кисню. Іони кисню вступають у реакцію взаємодії з поверхнею алмазу з утворенням оксиду вуглецю. Взаємодія іонів кисню з поверхнею алмазу в першу чергу відбувається на активованих центрах, які на зернах алмазу з'являються на виступах, де накопичується максимум дислокацій. При температурі кипіння лужного розчину поверхня зерен алмазу активується за рахунок як очищення поверхні, так і створення додаткової розвинутої поверхні зерен алмазу, що сприяє підвищенню селективності закріплення феромагнітних частинок на дефектних ділянках поверхні алмазів [10]. Зміна дефектності поверхні алмазів, яка виражена зміною коефіцієнта поверхневої активності K_a , для зерен алмазу без хімічної обробки становить від 0,58 до 1,10 % і забезпечує розподіл порошків алмазу за міцністю від 8,7 до 5,9 Н, які відрізняються між собою ~ у 1,5 разів, а з попередньою хімічною обробкою K_a змінюється від 0,65 до 1,20 %, що сприяє отриманню порошків алмазу з міцністю від 11,0 до 4,8 Н, які відрізняються між собою ~ у 2,3 рази.

Зміна однорідності за міцністю алмазів, отриманих після їх розподілу за дефектністю поверхні з використанням попередньої хімічної обробки та без неї, показана на рис. 4.

Дані, наведені у вигляді гістограм на рис. 4, наочно демонструють, що очищення поверхні зерен алмазу за допомогою хімічної обробки дозволяє проведення більш вибіркового закріплення феромагнітних частинок на поверхні зерен алмазу, що посилює їх магнітні властивості та сприяє підвищенню селективності розподілу алмазів з нанесеними на їх поверхні тонкодисперсними металевими частинками у магнітному полі. Однорідність за міцністю шліфпорошків алмазу, отриманих після розподілу у магнітному полі, з попередньою хімічною обробкою склала ~ 43 %, тоді як однорідність за міцністю шліфпорошків алмазу без попередньої хімічної обробки склала ~ 37 %.

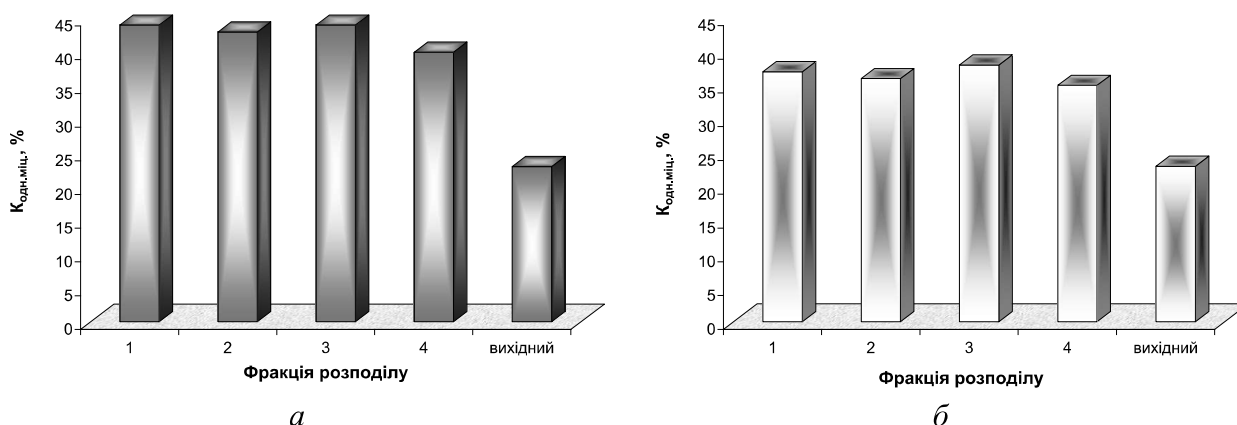


Рис. 4. Зміна однорідності за міцністю порошків алмазу, отриманих після їх розподілу за дефектністю поверхні: а) з використанням хімічної обробки, б) без застосування хімічної обробки

Таким чином, за результатами випробувань встановлено, що в результаті розподілу вихідних алмазів марки АС6 зернистості 125/100, синтезованих в системі Ni-Mn-C, за дефектністю їх поверхні з попередньою хімічною обробкою цих алмазів було отримано порошки, які за коефіцієнтом поверхневої активності K_a відрізняються між собою від 0,65 до 1,20 %, що забезпечує виділення із вихідних алмазів марки АС6 шліфпорошків алмазу з більш високою міцністю, що відповідає марці АС15. Однорідність порошків алмазу за міцністю змінюється \sim у 2 рази у порівнянні з вихідними порошками.

Висновки

1. Встановлено, що додаткова хімічна обробка алмазів марки АС6 зернистості 125/100 у лужному розчині з додаванням гідроксиду натрію або гідроксиду калію при температурі кипіння розчину створює більш розвинуту поверхню зерен алмазу, що забезпечує отримання 4-х фракцій порошків, які відрізняються між собою за коефіцієнтом поверхневої активності K_a .
2. Встановлено, що зміна дефектності поверхні алмазів дозволяє отримати шліфпорошки алмазу з K_a від 0,65 до 1,20 % і з міцністю від 11,0 до 4,8 Н, які відрізняються між собою \sim у 2,3 рази.
3. Показано, що при розподілі зерен алмазу без хімічної обробки отримані порошки з K_a від 0,58 до 1,10 % і з міцністю від 8,7 до 5,9 Н, які відрізняються між собою \sim у 1,5 разів.
4. Однорідність за міцністю шліфпорошків алмазу, отриманих після розподілу у магнітному полі, з попередньою хімічною обробкою складала \sim 43 %, тоді як однорідність за міцністю шліфпорошків алмазу без попередньої хімічної обробки складала \sim 37 %.

Н. Ілнська, В. Лаврінєнко, О. Логінова, В. Лисаківський, О. Соколов, І. Зайцева, А. Загора, В. Тимосенко, Л. Котинська, Т. Косенчук

V. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine

INFLUENCE OF CHEMICAL TREATMENT OF DIAMOND GRAINS SURFACE ON OBTAINING DIAMOND GRINDING POWDERS WITH INCREASED UNIFORMITY IN STRENGTH

The influence of chemical surface treatment of diamonds synthesized in the Ni-Mn-C system on their strength characteristics is considered. The study was carried out on diamonds of grade AC6, grain size 125/100. Before separation according to surface defects powders were subjected to chemical treatment in a 15 ± 1 % alkali solution with the addition of no more than 3 % hydrogen peroxide for no more than 20 minutes at a boiling temperature. The application of finely dispersed ferromagnetic particles with a particle size of less

than 1000 nm and a concentration of $2.5 \pm 0.1\%$ were carried out in a liquid medium with constant stirring for 25 ± 2 min. After application, the water with particles of iron powder that were not fixed was drained, and the diamond powder with iron particles that were fixed on the surface of the grains was dried, and then separated in a magnetic field on an electromagnetic separator of 138 T at a voltage of 5 to 20 A/m, leading to obtaining four separation fractions of diamond powders with different surface defects and strength.

The conducted studies showed that chemical treatment at the boiling temperature of the solution ensures cleaning the impurities off the diamond surface, as well as the remains of reagents after the extraction of diamonds from their synthesis product in the form of oxygen-containing functional groups on the surface that interfere with the fixation of metal particles. This ensures the creation of a more developed surface of the diamond grains and contributes to the increase in the selectivity of fixing ferromagnetic particles on the defective areas of the diamond surface.

It has been established that the additional chemical processing of diamonds creates a more developed surface of the diamond grains, which ensures obtaining 4 fractions of powders with the coefficient of surface activity K_a ranging from 0.65 to 1.20 % and strength ranging from 11.0 to 4.8 N, which differ among themselves by approximately 2.3 times. When diamond grains are separated without chemical processing, powders have K_a ranging from 0.58 to 1.10 % and strength ranging from 8.7 to 5.9 N, differing by approximately 1.5 times. The uniformity in strength of diamond grinding powders obtained after distribution in a magnetic field with preliminary chemical treatment was about 43 %, while the uniformity in strength of diamond grinding powders without preliminary chemical treatment was about 37 %.

Key words: properties of synthetic diamonds, uniformity of diamond grinding powders according to their properties, distribution according to the amount of defectiveness of the surface, chemical treatment of the diamond surface.

Література

1. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: монография: в 6 т. Т. 2 / под общ. ред. Н. В. Новикова – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, ИПЦ „АЛКОН” НАН Украины, 2004. – 288 с.
2. Лавріненко В. І., Новіков М. В. Надтверді абразивні матеріали в механообробці: енциклопедичний довідник. – К.: ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України, 2013. – 456 с.
3. ДСТУ 3292–95. Порошки алмазные синтетические. Общие технические условия. Введ. 01.01.96. – К.: Госстандарт Украины. – 1995. – 71 с.
4. Ильницкая Г. Д. Влияние структуры кристаллов алмаза на физико-механические свойства алмазных порошков // Надтверді матеріали: створення та застосування. К.: ІНМ НАН України. – 2007. - С. 189–196.
5. Патент на винахід 4408 Україна, МПК4 В03С 1/00. Спосіб магнітної сепарації зернистого матеріалу з різною шершавістю поверхні / Г. Ф. Невструєв, Б. А. Олейніков, Г. Д. Ільницька, М. О. Давидов, В. І. Мельник.– Опубл. 27.12.94 р., Бюл. № 6-1.
6. Патент на винахід 65128 А Україна, МПК В03С 7/00, В03С 1/00 № 200703805. Спосіб розподілу зернистого матеріалу за дефектністю поверхні зерен / М. В. Новіков, Г. Д. Ільницька, Г. П. Богатирьова, Г. Ф. Невструєв. –Опубл.12.01.2009, Бюл. № 1.
7. Патент на винахід 85284 Україна, МПК В03С 7/00, В03С 1/00 № 2003065195. Спосіб розподілу зернистого матеріалу за дефектністю поверхні зерен. / М. В. Новіков, Г. П. Богатирьова, Г. Ф. Невструєв, Г. Д. Ільницька. –Опубл.15.03.2004, Бюл. № 3.
8. М 88 Украины 90.258–2004. Методика определения коэффициента поверхностной активности порошков сверхтвердых материалов (СТМ). – К.: ИСМ НАН Украины, 2004. – 11 с.
9. М 28.5–272:2008 «Методика аналитической оценки прочностных характеристик шлифпорошков сверхтвердых материалов (СТМ). – К: ИСМ НАН Украины, 2008. – 14 с.

10. Алешин В. Г., Смехнов А. А., Богатырева Г. П., Крук В. Б. Химия поверхности алмаза. - Киев: Наук. думка, 1990 – 200 с.

Надійшла 09.07.22

References

1. *Sverkhtverdyie materialy. Polucheniie i primeneniie* [Superhard materials. Obtaining and applying]. (2004). N. V. Novikova (Ed.) (Vols. 1–6). K.: ISM im. V.N. Bakulia NAN Ukrainy. IPTs „ALKON” NAN Ukrainy [in Russian].
2. Lavrinenko, V. I., & Novikov, M. V. (2013). *Nadtverdi abrazyvni materialy v mekhanooobrobtsi* [Superhard abrasive materials in machining]. Kyiv: INM im. V. M. Bakulia NAN Ukrainy [in Ukrainian].
3. Poroshki almaznye sinteticheskie. Obshchie tekhnicheskie usloviia [Synthetic diamond powders. General specifications]. (1995). DSTU 3292-95. K.: Hosstandart Ukrainy [in Russian].
4. Ilnitskaia, G. D. (2007). Vliyaniiie struktury kristallov almaza na fiziko-mekhanicheskiie svoystva almaznykh poroshkov [Influence of the structure of diamond crystals on the physical and mechanical properties of diamond powders]. *Nadtverdi materialy: stvorennia ta zastosuvannia – Superhard Materials: creation and application*. K.: INM NAN Ukrainy, 189–196 [in Russian].
5. Nevstruev, G. F., Oleynikov B. A., Ilnytska, H. D., et al. (1994). Patent of Ukraine 4408.
6. Novikov, M. V., Ilnytska, H. D., Bogatyreva, G. P., & Nevstruev, G. F. (2009). Patent of Ukraine 65128 A.
7. Novikov, M. V., Bogatyreva, G. P., Nevstruev, G. F., & Ilnytska, H. D. (2004). Patent of Ukraine 85284.
8. Metodika opredeleniia koeffitsienta poverkhnostnoi aktivnosti poroshkov sverkhtverdykh materialov (STM) [Method for determining the surface activity coefficient of superhard material powders (STM)]. (2004). M88 Ukrainy 90.258-2004. K.: ISM NAN Ukrainy [in Russian].
9. Metodika analiticheskoi otsenki prochnostnykh harakteristik shlifporoshkov sinteticheskogo almaza [Method for the analytical evaluation of the strength characteristics of synthetic diamond grinding powders]. (2008). M 28.5-272:2008. – K.: ISM NAN Ukrainy [in Russian].
10. Aleshin V. G., Smekhnov A. A., Bogatyreva, G. P., Kruk V. B. (1990). *Himiia poverhnosti almaza* [Diamond Surface Chemistry]. Kyiv: Nauk. dumka [in Russian].