

55. Cowan, K.G., & Bourne, B. (2001). Analytical code and hydrocode modelling and experimental characterisation of shaped charges containing conical molybdenum liners. *19th International Symposium on Ballistics* (p. 763–771). Interlaken, Switzerland.
56. Curtis, J.P., Smith, F.T., & White, A.H. (2012). The formation and stretching of bi-material shaped charge jets. *AIP Conference Proceedings*, 1426(1), 116–119.
57. Ingole, S.N., & Rathod, M.J. (2023). Slugless jet with bimetallic lined shaped charge. *3rd International Conference on Advances in Material Science*.
58. Dong, W.J., Liu, J.X., Cheng, X.W., et al. (2016). Penetration performance of W/Cu double-layer shaped charge liners. *Rare Metals*, 35, 184–191.
59. Sun, S., Jiang, J., Wang, S., et al. (2021). Comparison of shaped charge jet performance generated by machined and additively manufactured CuSn10 liners. *Materials*, 14(23), 7149.
60. Petit, J., Jeanclaude, V., & Fressengeas, C. (2006). Effects of liner grain size on shaped-charge jet performance: A combined experimental/numerical/analytical approach. *Journal de Physique IV*, 134, 379–384.
61. Jiang, Y., Gu, R.C., Wang, J.T., et al. (2022). Investigation on the grain size effect on the copper shaped charge jet stretching behavior. *Frontiers in Materials*, 9, 1017629.
62. Voitenko, Y., Goshovskii, S., Kostiuk, O., & Pasichnyk, A. (2023). Pro optymalni konstruktsii i materialy kumuliatyvnykh zariadiv dlia deiakykh praktychnykh zastosuvan [On optimum designs and materials of shaped charges for practical applications]. *Tekhnichna inzheneriia – Technical Engineering*, 1(91), 287–297. [in Ukrainian].
63. Tolkunov, I.A., & Smirnov, O.N. (2017). Obgruntuvannia parametriv ta vyznachennia pokaznykiv efektyvnosti kumuliatyvnykh zariadiv [Substantiation of parameters and determination of cumulative charges efficiency indicators]. *Problemy nadzvychnykh sytuatsii – Problems of Emergency Situations*, 26, 153–169. [in Ukrainian].
64. Li, W.B., Wang, X.M., Li, W.B., & Zheng, Y. (2012). Method of converting a multimode penetrator through point initiation. *Combust Explos Shock Waves*, 48, 718–723.
65. Walters, W.P., & Zukas, J.A. (1989). *Fundamentals of shaped charges*. John Wiley & Sons.
66. Malesa, P., Slawinski, G., & Pecherzewska, K. (2021). Numerical analysis and experimental test for the development of a small shaped charge. *Applied sciences*, 11(6), 2578.

УДК 621.921.34-492.2:004.89

DOI: 10.33839/2708-731X-28-1-164-171

**Г.А. Петасюк**, д-р техн. наук; **Ю.В. Сирота**, канд. техн. наук;  
**О.У. Петасюк**, **А.В. Смірнова**, провідні інженери

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

### **ПОФРАКЦІЙНО-ОСЕРЕДНЮВАЛЬНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ПИТОМОЇ ПОВЕРХНІ ВИСОКОМІЦНИХ ШЛІФПОРОШКІВ СИНТЕТИЧНОГО АЛМАЗУ**

*Створено новий опосередковано-аналітичний метод визначення зовнішньої питомої поверхні високоміцних шліфпорошків синтетичного алмазу. Метод базується на відомому з публікацій пофракційно-осереднювальному підході до опосередковано-аналітичного визначення технологічних властивостей високоміцних шліфпорошків синтетичного алмазу. Основна ідея запропонованого нового методу полягає в урахуванні особливостей реальної 3D-морфології зерен таких шліфувальних порошків. Обґрунтовано можливість та доцільність використання для подібних задач в одному і*

тому ж розрахунковому сенсі, як методологічної схеми з екстраполяційно-афінною 3D-моделлю зерен, так і методологічної схеми з реальною 3D-формою зерен. Запропонована методологічна схема дозволяє враховувати реальну морфологію зерен таких шліфувальних порошків, що забезпечує більшу достовірність отриманих показників їх технологічних властивостей. Проілюстровано практичне застосування запропонованого нового методу визначення зовнішньої питомої поверхні стандартного за ДСТУ 3292–95 високоміцного синтетичного алмазного шліфувального порошку АС400 500/400. Запропонований нами новий метод був використаний як основа для порівняння. Значення зовнішньої питомої поверхні зазначеного шліфувального порошку, розраховане цим методом, становило 4,3213 м<sup>2</sup>/кг. Застосування загальноовживаного методу для цієї мети дало результат 4,1324 м<sup>2</sup>/кг. Порівняльний аналіз показав, що загальноовживаний відомий метод дає в 1,046 рази (4,37%) нижчі значення зовнішньої питомої поверхні зазначеного шліфувального порошку, ніж запропонований новий метод. Це свідчить про перевагу запропонованого нового методу визначення зовнішньої питомої поверхні високоміцних шліфпорошків синтетичного алмазу.

**Ключові слова:** алмаз, високоміцний шліфувальний порошок, зовнішня питома поверхня, октаедр, кубооктаедр, усічений октаедр.

## Вступ

Питома поверхня порошків синтетичного алмазу (СА) є важливою характеристикою їхньої якості. Фактор питомої поверхні впливає на експлуатаційні можливості таких порошків, продуктивність обробки, питому витрату порошку та якість оброблюваної поверхні. Її знання необхідне для ефективного та раціонального використання абразивних порошків у вигляді паст, суспензій та в різних інструментах. Посилання на питому поверхню в цій статті має на меті полегшити практичну діагностику цієї характеристики щодо високоміцних шліфпорошків СА, що водночас сприятиме більш активному залученню цієї характеристики в прикладну сферу. Слід зазначити, що безпосереднє визначення показника загальної питомої поверхні порошків СА традиційними методами, як зазначено в огляді [1], передбачає ініціювання певних фізичних процесів та наявність складного і трудомісткого вимірювального обладнання. Це, ймовірно, одна з основних причин пасивного використання цієї характеристики на практиці. За визначенням, питома площа поверхні просторово-геометричного твердого тіла – це відношення маси такого тіла до його площі поверхні. Таким чином, визначення показника питомої площі поверхні такого тіла зводиться до знаходження його маси ( $m$ ) та площі поверхні ( $S$ ). Залежно від деталізації площі поверхні тривимірного тіла розрізняють внутрішню, зовнішню та повну поверхні, а разом з нею – відповідний тип (вид) питомої поверхні згідно з її класифікацією у відомій класичній роботі [2]. У контексті практичної реалізації співвідношення  $m/S$  відзначимо, що якщо визначення маси 3D-тіла зводиться до його зважування і не створює жодних проблем, то знаходження площі поверхні, зокрема її внутрішньої складової, є значно складнішим завданням, особливо коли стосується просторового тіла мікронного діапазону розмірів, яким є шліфпорошки СА. Однак, коли йдеться виключно про зовнішню питому поверхню, то ця обставина значно спрощує процедуру знаходження показника цієї складової загальної питомої поверхні. Зазначене стосується як окремих 3D-тіл, так і сукупності таких тіл, що має місце у випадку шліфпорошків СА. Можливо, це основна причина, чому цей тип питомої поверхні найчастіше використовується у сфері алмазних порошків. Тому саме зовнішня питома поверхня є предметом розгляду в цій роботі.

## Методичні схеми опосередковано-аналітичного визначення зовнішньої питомої поверхні шліфпорошків синтетичного алмазу

Досить великий огляд методів визначення питомої поверхні дисперсних матеріалів, до яких належать і шліфпорошки СА, та її складових наведено у вищезгаданому огляді [1]. Аналогічний осучаснений огляд методів визначення зовнішньої питомої поверхні

шліфпорошків СА був виконаний у [3]. Зазначений огляд також містив інформацію щодо сучасних засобів встановлення (діагностування) значень морфометричних характеристик таких порошків на основі цифрової обробки зображень. Відзначалося [3], що всі відомі методи визначення питомої поверхні є за своєю суттю опосередкованими. З огляду на це, проведено класифікацію опосередкованого визначення зовнішньої питомої поверхні за методами визначення площі поверхні зерен на фізичні, хімічні та аналітичні. Запропоновано новий екстраполяційно-аналітичний метод опосередковано-аналітичного визначення зовнішньої питомої поверхні абразивних порошків, насамперед шліфпорошків СА. Метод базується на екстраполяційно-афінній 3D-моделі зерна зазначених шліфпорошків [4]. На сьогодні цей метод є найдосконалішим серед опосередковано-аналітичних методів визначення зовнішньої питомої поверхні шліфпорошків СА. Ця перевага зумовлюється використанням екстраполяційно-афінної 3D-моделі зерна, яка забезпечує найбільш точне визначення об'єму та площі поверхні реального зерна порівняно з іншими можливими 3D-моделями (аналогами) [5]. Однак, незважаючи на таку значну позитивну перевагу запропонованого екстраполяційно-аналітичного методу, він допускає можливість і подальшого розвитку (вдосконалення).

Таке вдосконалення полягає у використанні потенційної можливості при застосуванні цього методу використовувати не лише екстраполяційно-афінну 3D-модель зерна, але і його фактичну 3D-форму в одному розрахунковому сеансі. Річ у тім, що зерна цього класу шліфпорошків СА є переважно 3D-твердими тілами у формі октаєдрів, кубооктаєдрів та усічених октаєдрів, що підтверджується нашим багаторічним досвідом діагностування морфометричних характеристик таких порошків на приладі DiaInspect.OSM [7]. Цей факт також підтверджується і електронними фотографіями зерен таких шліфпорошків, приведених у відомих публікаціях, посилання на які можна знайти, наприклад, у [6]. Одночасне врахування цієї особливості з використанням екстраполяційно-афінної 3D-моделі зерна дозволяє підвищити достовірність інформації щодо зовнішньої питомої поверхні таких шліфпорошків.

Враховуючи вищезазначену особливість високоміцних шліфпорошків СА, у [8] було запропоновано використовувати нову методичну схему для визначення показників певних технологічних властивостей таких шліфпорошків, зокрема і їхньої зовнішньої питомої поверхні. Основною перевагою цієї пофракційно-осереднювальної методичної схеми є можливість одночасного використання в одному розрахунковому сеансі як екстраполяційно-афінної 3D-моделі зерна, так і його фактичних просторових форм (октаєдр, кубооктаєдр та усічений октаєдр). Основною позитивною перевагою таких просторових тіл є те, що вони дозволяють використовувати точне аналітичне подання об'єму та площі поверхні зерен. У цьому випадку зерна, 3D-форма яких збігається з октаєдром, кубооктаєдром або усіченим октаєдром, виділяються у три окремі фракції відповідно. Решта зерен, що залишилися, утворюють окрему четверту фракцію. Для високоміцних шліфпорошків СА ця фракція зазвичай менш численна за кількістю зерен порівняно із загальним вмістом перших трьох фракцій. Об'єм та площа поверхні зерен цієї четвертої фракції визначаються за екстраполяційно-афінною 3D-моделлю зерен. Пропозиція використовувати описану вище комбіновану алгоритмічну схему та методичний підхід, що базується на ній, як зазначається в [8], є абсолютно новою для діагностування технологічних властивостей шліфпорошків СА. Ключем до успішного застосування цієї новації для високоміцних шліфпорошків СА є наявність методологічних інструментів для автоматизованої ідентифікації та кількісної оцінки формоподібності проекції та 3D-форми зерен шліфпорошків СА [9, 10]. Отримана інформація щодо формоподібності проекції зерен є важливим компонентом автоматизованої ідентифікації 3D-форми зерен високоміцних шліфпорошків СА. Врахування цих обставин сприятиме підвищенню достовірності інформації щодо зовнішньої питомої поверхні високоміцних шліфпорошків СА.

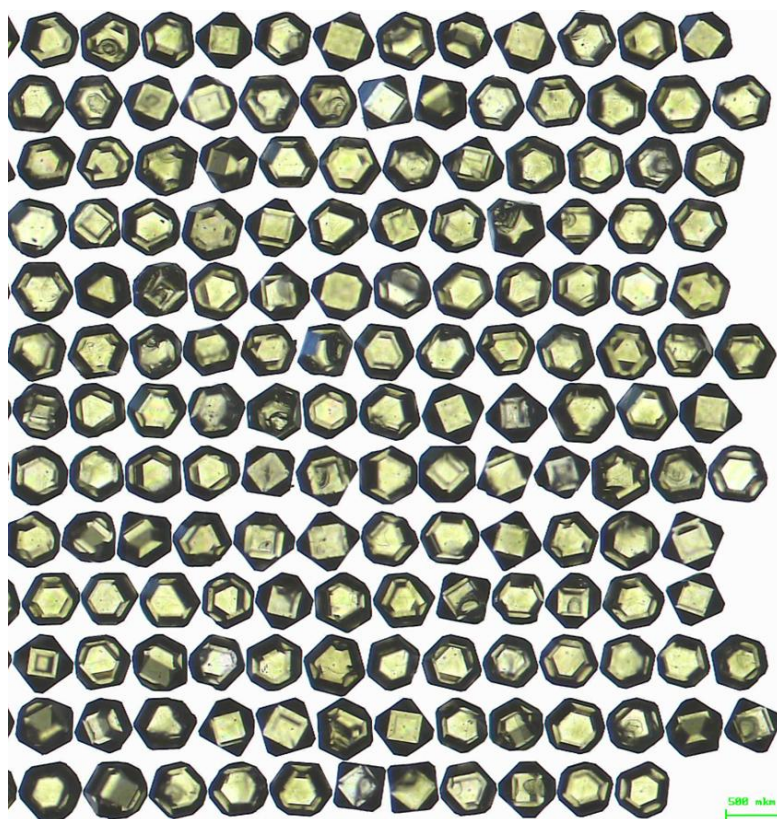
Згідно з пофракційно-осереднювальним підходом узагальнений показник зовнішньої питомої поверхні ( $F_{зпп}$ ) високоміцного шліфпорошку СА визначається за наступною залежністю

$$F_{\text{зпн}} = F_1w_1 + F_2w_2 + F_3w_3 + F_4w_4 \quad (1)$$

де  $F_1, F_2, F_3$  та  $F_4$  – показники зовнішньої питомої поверхні виділених фракцій шліфпорошку;  $w_1, w_2, w_3, w_4$  – вагові коефіцієнти. Вони приймаються такими:  $w_1 = N_1/N, w_2 = N_2/N, w_3 = N_3/N, w_4 = N_4/N$ , де  $N_1, N_2, N_3$  та  $N_4$  – кількість зерен, що знаходяться в кожній з чотирьох отриманих фракцій шліфпорошку відповідно;  $N$  – загальна кількість зерен у його контрольному зразку (пробі).

### Результати та їх обговорення

Було проведено порівняльне визначення зовнішньої питомої поверхні стандартного згідно з нормативними документами [11, 12] високоміцного шліфпорошку СА марки АС400 500/400 різними методами. Як такі методи використовувався відомий екстраполяційно-аналітичний метод [3] (обов'язкова заміна фактичної просторової форми зерен проби екстраполяційно-афінною 3D-моделлю незалежно від того, чи є його фактична просторова форма правильною чи неправильною) та запропонована тут пофракційно-осереднювальна версія цього відомого методу. Зразок порошку відбирали після ретельного перемішування відповідно до вимог стандарту на зазначений надтвердий дисперсний матеріал [11]. Реалізація запропонованого методу визначення зовнішньої питомої поверхні високоміцних шліфпорошків СА включала кілька етапів. На першому з них виконувалося діагностування морфометричних характеристик шліфпорошку за допомогою приладу DiaInspect.OSM [7] на пробі зерен у кількості 245 штук. Фрагмент DiaInspect-фотографії зерен цієї проби контрольного шліфпорошку показано на рисунку.



Фрагмент DiaInspect-фотографії зерен протестованої проби шліфпорошку АС400 500/400

З повного переліку морфометричних характеристик, які діагностуються вищезгаданим приладом, для порівнюваних тут методів використовуються наступні: максимальний та мінімальний діаметри Фере, висота зерна, Фере-видовження, периметр та площа проєкції

зерна, а також загальна та відносна частка прозорої частини площі проекції зерна в загальній його площі. Більш повну інформацію про геометричне та концептуальне значення цих морфометричних характеристик можна знайти на веб-сайті компанії VOLLSTÄDT DIAMANT GmbH [7]. Потім було проведено автоматизовану ідентифікацію та кількісну оцінку формоподібності проекції зерен вихідного шліфпорошку за допомогою пошуково-аналогового методу [9]. Отримані результати представлені в таблиці 1, а саме, показники диференціальної формоподібності, абсолютна кількість зерен та відносна похибка формозаміни проекції зерен шліфпорошку AC400 500/400.

Таблиця 1. Показники диференціальної формодібності ( $f_k^{(д)}$ , %), абсолютна кількість зерен ( $N$ ) та відносна похибка формозаміни ( $\Delta_k^{(д)}$ , %) проекції зерен шліфпорошку AC400 500/400

Базові фігури-аналоги	$f_k^{(д)}$	$N$	$\Delta_k^{(д)}$ , %
Овалоподібні фігури (коло+еліпс)	0,00	0	0,00
Прямокутник	0,00	0	0,00
Ромб	1,22	3	35,73
Трапеція	1,22	3	10,80
Квадрат	6,53	16	10,89
Правильний п'ятикутник	0,00	0	0,00
Правильний шестикутник	11,43	28	11,49
Правильний восьмикутник	0,00	0	0,00
Трикутник	0,41	1	27,07
Паралелограм	0,00	0.	0,00
Напівправильний дванадцятикутник	69,80	171	6,70
Напівправильний восьмикутник	9,39	23	6,09

Наступним кроком було віртуальне розділення вихідного шліфпорошку на чотири згадані вище фракції за критеріями ідентифікованої форми проекції зерен та за показником відносною частки прозорої частини проекції зерна в його загальній площі і показником Феревидовження [10]. Кількість зерен у кожній із чотирьох фракцій, відібраних за такими критеріями, наведена у відповідному стовпці табл. 2.

Таблиця 2. Кількість зерен в кожній із виділених чотирьох фракцій, вагові коефіцієнти, показник зовнішньої питомої поверхні та відносна похибка його визначення

Фракції шліфпорошку за 3D формою зерен	Кількість зерен	Вагові коеф.	Показник зовнішньої питомої поверхні, визначений різними методами		Відносна похибка, %
			пофракційно-осереднювальний метод (база порівняння)	екстраполяційно-афінний метод [3]	
1	2	3	4	5	6
октаедр	7	0,0286	4,0820	4,1657	2,05
кубооктаедр	37	0,1510	3,9283	4,2272	7,61

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4	5	6
усічений октаедр	194	0,7918	4,0100	3,7922	5,43
решта зерен	7	0,0286	—	15,2544	—
шліфпорошок АС400 500/400 в цілому			4,3213*	4,1324	4,37

*\*) Осереднений показник зовнішньої питомої поверхні (осереднення виконується методом знаходження середньозваженого)*

На основі цієї інформації та враховуючи загальну кількість зерен у відібраній пробі шліфпорошку, були визначені і наведені в таблиці 2 вагові коефіцієнти для всіх чотирьох фракцій шліфпорошку. Потім, показник зовнішньої питомої поверхні того ж шліфпорошку був визначений за допомогою нового (комбінованого) методу. Для цього спочатку були розраховані показники зовнішньої питомої поверхні перших трьох фракцій, зерна яких мали тривимірну форму октаедра, кубооктаедра та усіченого октаедра відповідно. Показник зовнішньої питомої поверхні зерен останньої четвертої фракції був визначений відомим опосередковано-аналітичним методом [3]. Результати, отримані для всіх чотирьох фракцій, були усереднені методом знаходження середньозваженого. Отримане значення наведено в таблиці 2 і є показником зовнішньої питомої поверхні, отриманим запропонованим новим методом. Він виявився рівним  $4,3213 \text{ м}^2/\text{кг}$  і був взятий за основу для порівняння. Потім, за допомогою відомого опосередковано-аналітичного методу [3], були визначені ті ж показники зовнішньої питомої поверхні вихідного шліфпорошку АС400 500/400 в цілому та його окремих фракцій. Результати наведено в таблиці 2. У випадку шліфпорошку в цілому показник зовнішньої питомої поверхні, визначений цим методом, дорівнював  $4,1324 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Отримане значення зовнішньої питомої поверхні близьке до значення, отриманого новим методом. Отже, є підстави зробити висновок, що відомий загальнозживаний метод [3] також здатний забезпечити досить достовірні значення зовнішньої питомої поверхні шліфпорошків СА.

### Висновок

Порівняльний аналіз показників зовнішньої питомої поверхні для всього шліфпорошку в цілому (табл. 2), отриманих різними методами, показує, що відомий метод дає занижене значення показника зовнішньої питомої поверхні – у 1,045 рази (4,37%). Якщо аналогічний порівняльний аналіз провести для окремих фракцій контрольного шліфпорошку, а саме для фракцій із зернами у тривимірній формі октаедра, кубооктаедра та усіченого октаедра, то зазначений вище характер зв'язку має місце лише для останньої з трьох зазначених фракцій. Але оскільки ця фракція є найчисленнішою за кількістю зерен у ній, вона має максимальний ваговий коефіцієнт. Це, у свою чергу, забезпечує переважаючий вплив показника зовнішньої питомої поверхні саме цієї фракції на аналогічну характеристику шліфпорошку в цілому. Така ситуація може слугувати підтвердженням доцільності використання середньозваженого значення як інструменту узагальнення в запропонованому нами пофракційно-осереднювальному методі визначення зовнішньої питомої поверхні високоміцних шліфпорошків СА.

G.A. Petasyuk, Yu.V. Syrota, O.U. Petasyuk, A.V. Smirnova

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

### FRACTIONAL-AVERAGING METHOD FOR DETERMINING THE EXTERNAL SPECIFIC SURFACE AREA OF HIGH-STRENGTH SYNTHETIC DIAMOND GRINDING POWDERS

*A new indirect-analytical method for determining the external specific surface area of high-strength synthetic diamond grinding powders has been created. The method is based on the well-known from publications fractional-averaging approach to indirect-analytical analytical determination of technological properties of high-strength synthetic diamond grinding powders. The main idea of the proposed new method is to take into account the features of the real 3D-morphology of grains of such grinding powders. The possibility and feasibility of using in similar problems in the same computational sense, both a methodological scheme with an extrapolation-affine 3D-model of grains and a methodological scheme with a real 3D-shape of grains. The proposed methodological scheme allows taking into account the real morphology of the grains of such grinding powders, which ensures greater reliability of the obtained indicators of their technological properties. The practical application of the proposed new method for determining the external specific surface of the standard DSTU 3292–95 high-strength synthetic diamond grinding powder AC400 500/400 is illustrated. The new method we proposed was used as a basis for comparison. The value of the external specific surface of the specified grinding powder, calculated by this method, was 4.3213 m<sup>2</sup>/kg. The use of the commonly used method for this purpose gave the result of 4.1324 m<sup>2</sup>/kg. Comparative analysis showed that the commonly used known method gives 1.046 times (4.37%) lower values of the external specific surface of the specified grinding powder than the proposed new method. This indicates the superiority of the proposed new method for determining the external specific surface area of high-strength grinding powders of synthetic diamond.*

**Key words:** diamond, high-strength grinding powder, external specific surface area, octahedron, cuboctahedron, truncated octahedron.

#### Література

1. Nikitin, Yu.I., & Petasyuk, G.A. Specific Surface Area Determination Methods, Devices, and Results for Diamond Powders. *J. Superhard Mater.* 2008. Vol. 30, N 2. P. 58–70.
2. Gregg S.J., Sing K.S.W. Adsorption, Surface Area and Porosity, 2nd ed., London, Academic Press; 1982. 303 p.
3. Petasyuk G.A., Bogatyreva G.P. Extrapolation Analytical Method for Determination of Outer Specific Surface of Powders of Superhard Materials. *J. Superhard Mater.* 2007. Vol. 30, N 6. P. 375–383.
4. Петасюк Г.А. Экстраполяционно–аффинная 3D модель зерна порошков сверхтвердых материалов и ее инженерия. *Современные проблемы естественных наук.* 2014. № 1(2). С. 57–62.
5. Petasyuk Grigorii. Determining the thickness coating of grinding powders of synthetic diamond based on a specific-surface approach and using an extrapolation-affine 3D model of grain. *Journal of Coating Science and Technology.* 2022. Vol. 9. P. 20–25.
6. Petasyuk G.A., Bochechka O.O., Lavrinenko V.I., Poltoratskyi V.G., Syrota Yu.V., Bilochenko V.P. Pycnometric-Additive Determining of the Degree of Coating of High-Strength Synthetic Diamond Grinding Powders using the Actual 3D Morphology of their Grains. *Journal of Coating Science and Technology.* 2023. Vol. 10. P. 8–18.
7. YUMPU. DiaInspect.OSM - Vollstaedt-Diamant GmbH. URL: <https://www.yumpu.com/DiaInspect.OSM>.
8. Petasyuk G.A. A New Fraction-Averaging Approach to the Diagnostics of the Technological Properties of High-Strength Synthetic Diamond Powders *J. Superhard Mater.* 2022. Vol. 44, N 6. P. 453–456.
9. Petasyuk G.A., Bochechka O.O., Syrota Yu.V. Extension of the Applied Capabilities of the Analogue Search Method for the Shape Identification of a Projection of Abrasive Powder Grains. *J. Superhard Mater.* 2021. Vol. 43, N 5. P. 366–374.

10. Petasyuk G.A., Bochechka O.O. Automated Identification of the 3D-Shape of Grains for High-Strength Grinding Powders of Synthetic Diamond. *J. Superhard Mater.* 2025. Vol. 47, N 3. P. 239–250.
11. ДСТУ 3292-95. Порошки алмазні синтетичні. Загальні технічні умови–К.: Вид-во Держстандарту України, 1995. - Увед. 01.01.96.
12. Шлифпорошки синтетических алмазов марок AC200, AC250, AC300, AC350, AC400. ТУ У 28.5–054717377–072–2003.

Надійшла 23.06.25

### References

1. Nikitin, Yu.I., & Petasyuk, G.A. (2008). Specific Surface Area Determination Methods, Devices, and Results for Diamond Powders. *J. Superhard Mater.*, 30(2), 58–70.
2. Gregg, S.J., & Sing, K.S.W. *Adsorption, Surface Area and Porosity*, 2nd ed. Academic Press.
3. Petasyuk, G.A., & Bogatyreva, G.P. (2007). Extrapolation\_Analytical Method for Determination of Outer Specific Surface of Powders of Superhard Materials *J. Superhard Mater.*, 30(6), 375–383.
4. Petasyuk, G.A. (2014). Ekstrapolyatsionno-affinnaia 3D model zerna poroshkov sverkhverdnykh materialov i eio inzheneriia [Extrapolation-affine 3D model of grain powders of superhard materials and its engineering]. *Sovremennye problemy yestestvennykh nauk – Modern problems of natural sciences*, 1(2), 57–62 [in Russian].
5. Petasyuk, G. (2022). Determining the thickness coating of grinding powders of synthetic diamond based on a specific-surface approach and using an extrapolation-affine 3D model of grain. *Journal of Coating Science and Technology*, 9, 20–25.
6. Petasyuk, G.A., Bochechka, O.O., Lavrinenko, V.I., et al. (2023). Pycnometric-Additive Determining of the Degree of Coating of High-Strength Synthetic Diamond Grinding Powders using the Actual 3D Morphology of their Grains. *Journal of Coating Science and Technology*, 10, 8–18.
7. YUMPU. DiaInspect.OSM - Vollstaedt-Diamant GmbH. (b.d.) <https://www.yumpu.com/DiaInspect.OSM>.
8. Petasyuk, G.A. (2022). A New Fraction-Averaging Approach to the Diagnostics of the Technological Properties of High-Strength Synthetic Diamond Powders *J. Superhard Mater.* 44(6). 453–456.
9. Petasyuk, G.A., Bochechka, O.O., & Syrota Yu.V. (2021). Extension of the Applied Capabilities of the Analogue Search Method for the Shape Identification of a Projection of Abrasive Powder Grains. *J. Superhard Mater.*, 43(5), 366–374.
10. Petasyuk G.A., Bochechka O.O. (2025). Automated Identification of the 3D-Shape of Grains for High-Strength Grinding Powders of Synthetic Diamond *J. Superhard Mater.* 47(3). 239–250.
11. DSTU (Ukrainian State Standard) 3292–95: Synthetic Diamond Powders. General Technical Specifications (1995). [in Ukrainian].
12. TU U 28.5-054717377-072-2003. *Shlifporoshki sinteticheskikhalmazov marok AC200, AC250, AC300, AC350, AC400* [Grinding Powders of Synthetic Diamonds of Marks AC200, AC250, AC300, AC350, AC400] (in Russian).