

УДК 621.9:621.928.4

В.І. Лавріненко, д.т.н.

Г.А. Петасюк, к.т.н., с.н.с.

Г.Д. Ільницька, к.т.н., с.н.с.

В.В. Смоквина, м.н.с.

О.У. Петасюк, пров. інж.

І.В. Лещук, к.т.н., с.н.с.

*Інститут надтвердих матеріалів
ім. В.М. Бакуля НАН України*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МОРФОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРОШКІВ СИНТЕТИЧНОГО АЛМАЗУ І ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті розглядаються питання різальної здатності синтетичного алмазу й можливості дослідження його морфологічних, розмірних і геометричних характеристик для ефективного застосування та зв'язку цих характеристик з питомими витратами при алмазному шліфуванні.

Вступ. Постановка проблеми. Відомо, що на показники процесу обробки і якість оброблюваної поверхні суттєво впливають розмірні й геометричні характеристики абразивних порошоків, що використовуються при виготовленні інструменту. Серед цих характеристик винятково велике значення у сфері алмазно-абразивної обробки надають виступам на контурі проекції зерен, що інтерпретуються як різальні кромки. Різальні кромки характеризуються кількістю, кутами загострення та радіусами заокруглення. Експериментальними дослідженнями доведено, що вплив величини кутів загострення різальних кромок впливає на товщину і глибину зрізу при обробці алмазним інструментом твердих та крихких матеріалів [1], на різальні властивості зерен алмазних і абразивних порошоків [2, 3], на міцність зерен [4].

Метою даної роботи було дослідження морфологічних характеристик алмазів невисокої міцності та їх вплив на різальну здатність шліфувальних кругів у процесі алмазного шліфування важкооброблюваних матеріалів.

Викладення основного матеріалу. Для дослідження був обраний шліфпорошок синтетичного алмазу марки АС6 зернистості 160/125, який за методикою ІНМ [5] був розділений на чотири продукти. Далі з

кожного продукту були відібрані зразки для дослідження розмірних, морфологічних і геометричних (сукупно–морфометричних) характеристик.

Автоматизовану діагностику морфометричних характеристик досліджуваних порошків виконували на приладі DialInspect.OSM [6]. Дослідження проводилися за такою схемою: виготовлення за спеціальною технологією порошків; діагностика їх характеристик; виготовлення шліфувальних кругів з використанням отриманих алмазних порошків із відомими значеннями кутів загострення різальних кромки та інших морфометричних характеристик; проведення експериментальних досліджень процесу обробки; опрацювання результатів проведених досліджень. Шляхом автономної математичної обробки отриманого за підсумками діагностики xls-файла визначали середні значення досліджуваних характеристик та їх адекватність за індексом стабільності [7].

Таблиця 1

Можливі значення кількості різальних кромки (n) і кутів їх загострення (φ), глибини западин (C_n), висоти (h_n) і ширини основи (Δ_n) різальних кромки порошків синтетичного алмазу AC6 160/125

Зразок порошку	n	t	φ , град.	C_n	h_n	Δ_n	d_e
1	11	3,12	102,8	11,847	39,800	49,876	186,271
2	10	3,04	101,4	12,228	41,609	50,860	182,610
3	10	2,98	99,8	12,851	43,972	52,234	182,269
4	9	2,83	96,9	13,516	47,039	53,056	177,616

Методом математичного моделювання [8, 9] проводили також опосередковане визначення показників зернового складу порошків, виготовлених за різними технологіями. Розрахунок кількості різальних кромки та кутів їх загострення здійснювали за методикою [10]. Результати визначення зазначених характеристик представлені в таблицях 1–4.

У таблиці 2 наведено характеристики зернового складу за ДСТУ та шорсткість зерен досліджуваних порошків. Як показали дані, шорсткість зерен R не мають вагової різниці, однак за показником z зразки 1 та 4 мали відхилення від стандарту, що, можливо, і було

причиною менших витрат алмазів, за рахунок поновлення як різальної поверхні круга, так і контактної поверхні зерна.

Таблиця 2

Середні значення характеристик контрольних шліфпорошків синтетичного алмазу АС6 160/125

Характеристика	Зразок			
	1	2	3	4
F_{\max}	0,7083	0,6961	0,6911	0,7334
F_{\min}	0,6922	0,7462	0,6865	0,7664
C_r	0,5121	0,5076	0,4878	0,4711
El	0,4899	0,4835	0,4400	0,4327
F_e	0,4656	0,4543	0,4292	0,4050
R_g	0,6534	0,6544	0,6458	0,6190
d_c , мкм	0,6408	0,6710	0,6279	0,7484
d_e , мкм	0,7423	0,7422	0,7201	0,8014
A_b , мк	0,5527	0,5944	0,5636	0,6357
P_r , мкм	0,6630	0,6793	0,6609	0,7159
p_c , мкм	0,6631	0,6719	0,6450	0,7493
$P_{y\delta}$, 1/мкм	0,6790	0,4586	0,3919	0,7617

Інформаційний зміст згадуваних у таблицях 2–3 DiaInspect-характеристик наведено в таблиці 5, а їх геометрична інтерпретація представлена в роботі [11].

З розсортованих алмазних порошків, що поділені на зразки, були виготовлені шліфувальні круги на металевому зв'язуючому М1-10 форми 12А2-45 100х5х3х32. Продуктивність обробки складала 200 мм³/хв. Випробування проводилися на базі модернізованого універсально-заточувального верстата моделі 3В642. Шліфували зразки з твердого сплаву ВК8 розміром 63х15х7.

Таблиця 3

*Показники стабільності значень характеристик
контрольних шліфпорошків синтетичного алмазу*

Характеристика	Зразок			
	1	2	3	4
F_{\max}	0,35427	0,33355	0,32932	0,41792
F_{\min}	0,31896	0,39597	0,30716	0,47407
C_r	0,51118	0,55850	0,53584	0,50574
El	0,47652	0,43255	0,41517	0,43702
F_e	0,54873	0,52039	0,51780	0,52182
R_g	0,80744	0,77813	0,82776	0,79016
d_c , мкм	0,34258	0,36434	0,32398	0,46326
d_e , мкм	0,38672	0,37499	0,34647	0,47336
A_b , мк	0,19474	0,22478	0,18781	0,29324
P_r , мкм	0,30870	0,32849	0,29212	0,42627
p_c , мкм	0,34976	0,34904	0,32257	0,44720
Руд, 1/мкм	0,39585	0,13637	0,09770	0,43735

Таблиця 4

*Показники зернового складу за кількістю (%)
та масою зерен (ДСТУ 3292-95, %) досліджуваних шліфпорошків*

№ з/п	Границя розмірних інтервалів за ДСТУ 3292-95,	Зразок			
		1	2	3	4
		вміст зерен, %			

	МКМ		КІЛЬКІСТЮ	МАСОЮ	КІЛЬКІСТЮ	МАСОЮ	КІЛЬКІСТЮ	МАСОЮ	КІЛЬКІСТЮ	МАСОЮ
1.	14	20	–	–	0,00	0,00	0,00	0,00	–	–
2.	20	28	–	–	0,23	0,00	0,20	0,00	–	–
3.	28	40	–	–	0,17	0,00	0,33	0,00	–	–
4.	40	50	–	–	0,00	0,00	0,00	0,00	–	–
5.	50	63	0,00	0,00	0,06	0,001	0,07	0,00	0,00	0,00
6.	63	80	0,17	0,03	0,11	0,02	0,47	0,08	0,40	0,08
7.	80	100	0,78	0,24	0,79	0,23	0,93	0,29	1,09	0,40
8.	100	125	7,89	5,00	7,70	4,14	7,48	4,73	14,95	10,26
9.	125	160	78,86	74,62	80,63	77,42	78,10	75,55	76,44	77,36
10.	160	200	11,70	17,50	10,92	16,73	12,02	17,84	7,03	11,57
11.	200	250	0,43	1,38	0,34	1,16	0,33	1,06	0,10	0,33
12.	250	315	0,09	0,43	0,06	0,29	0,07	0,44	0,00	0,00
13.	315	400	0,09	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	–	–

Таблиця 5

*Назви морфометричних характеристик,
що діагностуються приладом DiaInspect. OSM безпосередньо,
похідних (розрахункових) від них,
і прийняті для позначення*

Назва	Позначення
Мінімальний Feret-діаметр, мкм	F_{\min}

Максимальний Feret-діаметр, мкм	F_{\max}
Компактність (форм-фактор дійсного зображення)	C_r
Еліптичність	El
Feret-подовження (аналог коефіцієнта форми)	F_e
Шорсткість (Roughness)	Rg
Загальна площа проекції частки, мкм ²	A_t
Периметр фактичного зображення, мкм	p_r
Периметр опуклого зображення, мкм	p_c
Питомий периметр*, 1/мкм	P_{yo}
Середній розмір зерна*, мкм	d_c
Еквівалентний діаметр зерна*, мкм	d_s

* Розраховується за результатами пост-DialInspect обробки даних діагностики порошку на приладі DialInspect. OSM

Аналіз роботи кругів, виготовлених з алмазного шліфпорошку, що відрізняються різним значенням морфометричних характеристик, показав, що ці показники мають деякий ступінь впливу як на питому витрату алмазів (рис. 1), так і на абразивні властивості, наприклад, кількість і величину кута загострення різальних кромки. Даний напрямок досліджень є перспективним, оскільки можливо визначити наперед задані різальні характеристики синтетичного алмазу, а також його ефективне застосування для конкретного процесу обробки.

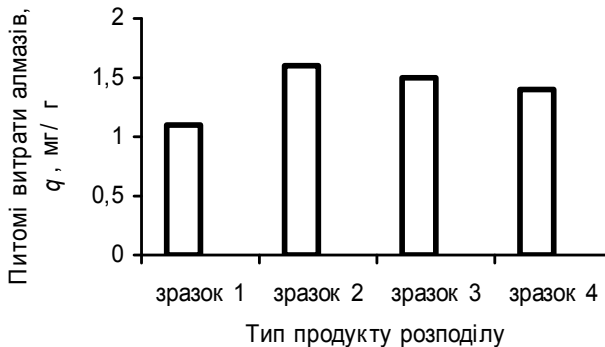


Рис. 1. Питомі витрати алмазів від типу продукту розподілу при алмазному шліфуванні

Висновки:

1. Деякі дані, наприклад, середній кут загострення, можуть не повною мірою відображувати реальний стан різального профілю поверхні кристала. Тому даний напрямок досліджень є перспективним і потребує більш ретельного вивчення.

2. Взаємозв'язок між морфологією зерна та його різальною здатністю є прямо пропорційним. Будь-яка з характеристик морфології кристала впливає на процес різання при алмазному шліфуванні, наприклад, термостійкість, міцність, абразивність та ін.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Хрульков В.А. Обработка твердых и хрупких материалов алмазным инструментом // Обработка машиностроительных материалов алмазным инструментом. – М. : Наука, 1966. – С. 93–99.
2. Кузнецов А.М. Влияние геометрических параметров синтетических алмазных зерен на их режущие свойства / А.М. Кузнецов, И.П. Голосов // Станки и инструмент. – 1964. – № 12. – С. 28–29.
3. Низкопрочные синтетические алмазы на основе феррокремния в шлифовальном инструменте / В.И. Лавриненко, Г.Д. Ильницкая, А.И. Боримский и др. // Прогресивні технології і системи машинобудування : міжнар. зб. наук. праць. – Донецьк : ДонНТУ, 2010. – Вип. 40. – С. 99–104.
4. Пивоваров М.С. Особенности геометрических параметров синтетических алмазов / М.С. Пивоваров // Алмазы. – 1971. – Вып. 7. – С. 8–9.
5. М88 Украины 90.256-2004. Методика определения удельной магнитной восприимчивости порошков сверхтвердых материалов (СТМ). – ИСМ НАН Украины, 2004. – 9 с.
6. List E. A new system for single particle strength testing of grinding powders / E.List, J.Frenzel, H.Vollstadt // Industrial diamond review. – 2006. – № 1. – P. 42–47.
7. Новиков Н.В. К вопросу повышения информативности морфологических характеристик порошков из сверхтвердых материалов, определяемых на видео-компьютерных диагностических комплексах / Н.В. Новиков, Г.П. Богатырева, Г.А. Петасюк // Сверхтвердые материалы. – 2005. – № 3. – С. 73–85

8. *Петасюк Г.А.* Обобщенная математическая модель процедуры ситовой классификации порошков сверхтвердых материалов / *Г.А. Петасюк* // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения : сб. науч. тр. – К. : Изд-во ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2007. – Вып. 10. – С. 212–216.
9. *Новиков Н.В.* Компьютерное диагностическое сито для идентификации зернистости и зернового состава микроскопических проб алмазных шлифпорошков / *Н.В. Новиков, Ю.И. Никитин, Г.А. Петасюк* // Сверхтвердые материалы. – 2003. – № 3. – С. 71–83.
10. *Петасюк Г.А.* Інтерпретаційні і прикладні аспекти деяких морфологічних характеристик порошків надтвердих матеріалів / *Г.А. Петасюк* // Сверхтвердые материалы. – 2009. – № 2. – С. 79–94.
11. К вопросу однородности алмазных микропорошков по морфометрическим характеристикам / *Г.П. Богатырева, Г.А. Петасюк, Г.А. Базалий, В.С. Шамраева* // Сверхтвердые материалы. – 2009. – № 2. – С. 71–81.

ЛАВРІНЕНКО Валерій Іванович – доктор технічних наук, завідувач відділу № 3 Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

- шліфування кругами з НТМ;
- інструменти з НТМ;
- властивості робочого шару кругів.

Тел. : 432–95–15.

E-mail: ceramic@ism.kiev.ua.

ПЕТАСЮК Григорій Андрійович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник лабораторії № 7/10 Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

– комп'ютерно-аналітичні методи діагностики морфометричних характеристик порошків НТМ.

Тел.: 468–89–87.

E-mail: bogatyreva@ism.kiev.ua.

ІЛЬНИЦЬКА Галина Дмитрівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник лабораторії № 7/10 Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

– дослідження в області отримання, виготовлення і використання порошків НТМ з різними фізико-хімічними і фізико-механічними властивостями.

Тел.: 468–89–87.

E-mail: bogatyreva@ism.kiev.ua.

СМОКВИНА Володимир Віталійович – молодший науковий співробітник відділу № 3 Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

- шліфування кругами з НТМ;
- інструменти з НТМ;
- шліфування важкооброблюваних матеріалів.

Тел.: 467–58–54.

E-mail: smokvyna@ism.kiev.ua.

ПЕТАСЮК Ольга Ульянівна – провідний інженер лабораторії № 13/2 Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

– комп’ютерно-аналітичні методи діагностики морфометричних характеристик порошків НТМ.

Тел.: 468–89–87.

E-mail: bogatyreva@ism.kiev.ua.

ЛЄЩУК Ірина Венедиктівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу № 3 Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

- шліфування кругами з НТМ;
- інструменти з НТМ;
- властивості робочого шару кругів.

Тел.: 467–58–54.

E-mail: ceramic@ism.kiev.ua.

Подано 20.09.2010