

УДК 621.9:621.928.4

В.І. Лавріненко, д-р техн. наук; В.В. Смоквина, канд. техн. наук,
Г.А. Петасюк, канд. техн. наук, Г.Д. Ільницька, канд. техн. наук,
Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРЕН НТМ НА РІЗАЛЬНУ ЗДАТНІСТЬ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Розглянуто питання різальної здатності шліфпорошків НТМ. Показано можливості використання результатів дослідження морфометричних характеристик зерен НТМ, які необхідно враховувати при оцінюванні ефективного використання шліфпорошків у шліфувальному інструменті. Встановлено зв'язок цих характеристик з площею зрізу в залежності від кута нахилу зерен НТМ та відповідно, різальною здатністю шліфувального інструменту при алмазно-абразивному шліфуванні.

Рассмотрены вопросы режущей способности шлифпорошков СТМ. Показаны возможности использования результатов исследования морфометрических характеристик зерен СТМ, которые необходимо учитывать при оценке эффективного использования шлифпорошков в шлифовальном инструменте. Установлена связь этих характеристик с площадью среза в зависимости от угла наклона зерен СТМ и соответственно, режущей способностью шлифовального инструмента при алмазно-абразивном шлифовании.

The question of cutting ability NTM grinding powders. The possibilities of using the research results of morphometric characteristics of SHM grains that must be considered when assessing the effective use of grinding tools grinding powders. The relationship of these characteristics with the area of the cut depending on the angle grain SHM and accordingly, the cutting ability of the grinding tools with diamond abrasive grinding.

У машинобудуванні на алмазно-абразивне оброблення припадає чверть усіх операцій, а в підшипниковому, інструментальному та оптико-механічному виробництві – понад 50%. Для цього застосовують важкооброблювані матеріали, які піддаються обробленню лише ефективними інструментами на основі алмазів та кубічного нітриду бору. Разом з тим високопродуктивне оброблення таких матеріалів у промисловості стримується підвищеним зносом високовартісного інструменту з НТМ або втратою ним різальної здатності.

Відомо, що важливим показником, який визначає можливості використання зерен НТМ у тій чи іншій області, є їх міцність. Чим більша продуктивність обробки, а від так і циклічні навантаження на зерна при великих частотах обертання круга і дія стирання матеріалу та шламу, тим більшою повинна бути міцність НТМ. Це підтверджується і теоретично, з отриманої аналітичної залежності для необхідної міцності, виходячи із формули критичної продуктивності [1], для конкретних умов обробки:

$$H_p^{\min} = \frac{0,5625k_\phi D \sin \varphi}{k_f k_n k_{cp} S_n \left(D - \frac{2S_{\text{нон}}}{\text{tg } \varphi}\right) \arcsin\left(\frac{h}{D - 2S_{\text{нон}}/\text{tg } \varphi}\right)} \cdot \frac{QZ \cdot HV}{v_x}, \quad (1)$$

де Q – продуктивність шліфування, м³/с, яка визначає конкретні умови обробки.

Відомо, що крихке руйнування зерен відбувається в тому випадку, якщо напруження в них є більшими за межу міцності алмазу, а такі напруження залежать від товщини зрізу зерном – a_z . Знання граничної товщини зрізу для даної марки алмаза й умов обробки дозволяє вести роботу в режимі крихкого руйнування (самозагострювання) [2].

Перед тим, як ми розглянемо такі можливості, необхідно звернутися до формули (1). Для більш коректного її використання необхідним було б уточнити деякі коефіцієнти в ній, що відносяться безпосередньо до зерен НТМ, а саме до k_ϕ – коефіцієнту форми зерен шліфпорошку НТМ та k_{cp} – коефіцієнту, що враховує зміну площі зрізу зерном при шліфуванні при наявності реального нахилу зерна в робочому шарі круга. Це викликано тим, що із появою автоматизованої діагностики морфометричних характеристик порошків за допомогою приладу DiaInspect.OSM [3] з'являється можливість отримання більш обґрунтованих значень вказаних коефіцієнтів, які значно покращують розрахунки за формулою (1), що і було застосовано нами у даній роботі.

Таблиця 1 – Розрахункові значення кількості різальних кромки (n) та кутів їх загострення (φ), глибини впадин (C_n), висоти (h_n) і ширини основи (Δ_n) різальних кромки порошків синтетичного алмазу та кубічного нітриду бору

Марка порошку	n	φ , град.	C_n	h_n	Δ_n
AC4 80/63	8,05	93,491	7,291	28,032	29,794
AC4 100/80	8,27	93,448	8,601	32,171	34,167
AC4 125/100	8,82	95,022	12,337	44,322	48,388
AC6 125/100	9,54	99,316	11,111	39,295	46,266
AC6 160/125	10,7	102,822	11,847	39,800	49,876
AC20 80/63	8	93,40	–	–	–
AC20 100/80	11	108,0	–	–	–
KB 125/100	9,13	95,731	11,806	41,548	45,927
KP 100/80	8,32	91,042	–	–	–
cBN_SL	9,58	101,449	12,441	45,012	55,042

Аналіз даних табл. 1 свідчить те, що для зерен меншої міцності характерними є майже однакова кількість різальних кромки, але кути загострення із зростанням міцності також збільшуються, наприклад, у

алмазних шліфпорошків AC4 100/80 кути загострення різальних кромки складають приблизно 93 градуси, а у шліфпорошку AC20 100/80 такі кути складають вже 108 градусів.

Для найбільш застосованих нами у даній роботі марки шліфпорошків AC6 зернистості 160/125 за допомогою DialInspect.OSM вперше були розраховані за показником F_{el} [4] обґрунтовані коефіцієнти форми зерен, які наведені в табл. 2, що дає можливість застосовувати їх при розрахунках за формулою (1).

Таблица 2 – Коефіцієнти форми зерен шліфпорошків НТМ

Характеристика зерна	Коефіцієнт форми (k_{ϕ})	Марка та зернистість шліфпорошку	Коефіцієнт форми (k_{ϕ})
AC4 100/80	1,4182	KP 100/80	1,4471
AC4 125/100	1,4510	KP 125/100	1,4793
AC6 125/100	1,2911	KB 80/63	1,4482
AC6 160/125	1,3601	KB 125/100	1,4238
AC20 80/63	1,4493	KB 160/125	1,4028
AC20 100/80	1,3185	cBN_SL	1,4028

В формулу (1) входить також $k_{зр}$ – коефіцієнт, що враховує зміну площі зрізу зерном при шліфуванні, з урахуванням реального нахилу зерен в робочому шарі круга, оскільки зерна не розташовані в ньому чітко вертикально. Зазначимо, що хоча зерна з НТМ за геометричною формою перерізу ближче всього до еліпсу, тим не менш, кожне зерно має свою індивідуальну форму, яка у вершині зерна, і визначає геометричну форму перерізу. З наявністю автоматизованої діагностики морфометричних характеристик порошків алмазу приладом DialInspect.OSM з'являється можливість отримання не розрахункових, а реальних значень вказаного коефіцієнту з урахуванням реальних характеристик зерен.

Для кількісного аналізу такої задачі, проводилась обробка даних вимірювання морфометричних характеристик зерен НТМ на приладі DialInspect.OSM з оцифровуванням контуру проекції. Початковими даними були: площа проекції, периметр проекції і оцифровані координати точок контуру. Проводився математичний аналіз із обчисленням площі під хордою, її площини в залежності від кута нахилу зерна (розташування зерна у зв'язуючому під певним кутом) (рис. 1).

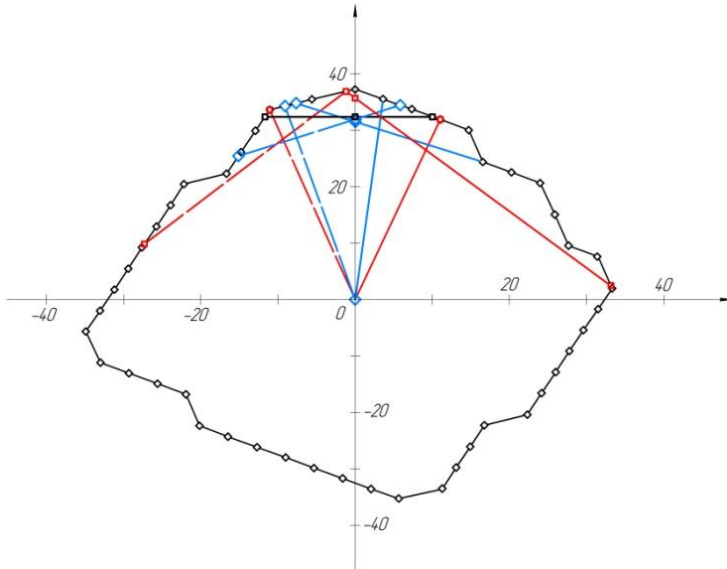


Рисунок 1 – Оцифрований контур проекції зерна шліфпорошку марки АС6 125/100 із схемою розрахунку площі зрізу зерном

Всі розрахунки проводились чисельно. Було знайдено площу під хордою, при цьому попередньо визначили загальну площу. Відняли одержану площу, для кожного кута нахилу, від загальної площі і отримали площу цієї хорди. А потім знайшли їх відношення. Далі, за допомогою спеціальної програми обрахунку площі перерізу зерна для певної глибини різання (вибрана глибина різання зерном у 5 мкм) та конкретного кута нахилу, визначали відносну площу ($S_B = S_z / S_{зад}$) зрізу зерном при шліфуванні для реального нахилу зерен (β) в робочому шарі круга S_B (рис. 2, де крива 1 це зміна площі від кута нахилу для одного зерна, а крива 2 – це отримані дані зміни площі від кута нахилу для 1000 зерен). Встановлено, що для однакової глибини різання в залежності від кута нахилу зерен графік залежності площини перерізу зрізу має перегин з максимумом у околі значень кута β , рівного 90° . Таким чином, нами вперше по аналізу 1000 шт. отримана залежність

$$S_B = 8,217 \cdot 10^{-2} + 7,709 \cdot 10^{-4} \beta^{3/2} - 15,469 \cdot 10^{-3} (\beta/10)^{3/4}, \quad (2)$$

що визначає зміну відносної площі зрізу зерном при шліфуванні для реального нахилу зерен (β) в робочому шарі круга [5].

Аналіз свідчить, що реальний нахил зерен у 45° (135°) [6] призводить не до зменшення, як це відзначено в роботі [6], а навіть до досить суттєвого

(майже в 2 рази), (див. рис. 2) збільшення площі зрізу зерном, у порівнянні із вертикальним розташуванням, і, тим самим, підвищенню навантажень на зерна, що і треба враховувати у розрахунках необхідної міцності зерен за формулою (1).

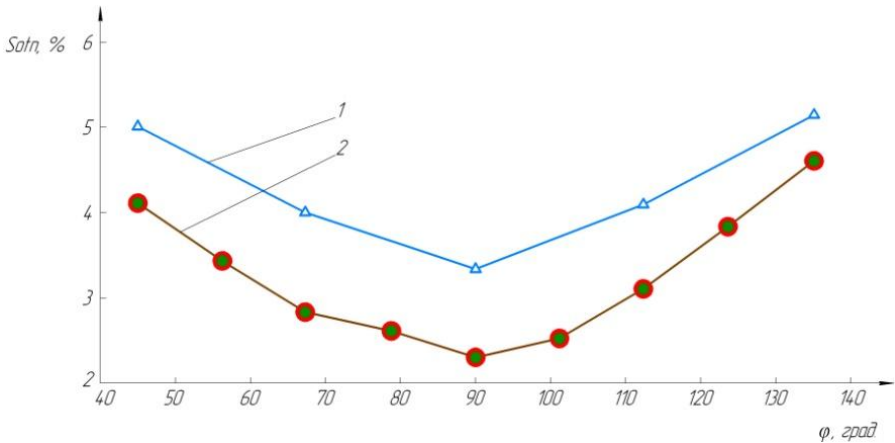


Рисунок 2 – Відносна площа зрізу зерном при шліфуванні для реального нахилу зерен (β) в робочому шарі круга S_v , де 1 – графік зміни площі від кута нахилу для одного зерна, 2 – графік зміни площі від кута нахилу для 1000 зерен

Таким чином, нами досліджено питання можливості застосування морфометричних характеристик зерен НТМ, та їх роль при оцінюванні ефективного використання шліфпорошків у інструменті з НТМ. Встановлено зв'язок зміни площі зрізу в залежності від кута нахилу зерен НТМ, з різальною здатності шліфувального інструменту при алмазно-абразивному шліфуванні.

Отже, як видно з вищенаведеного, оскільки морфометричні характеристики зерен НТМ визначають різальну здатність алмазно-абразивного інструменту, їх важливо враховувати з метою оцінювання ефективності застосування шліфпорошків, у яких вони містяться.

Список використаних джерел: 1. *Лауріненко В.І.* Наукові основи шліфування інструментальних матеріалів із спрямованою зміною характеристик контактних поверхонь. – Автореф. ... докт. техн. наук – К.: ІНМ НАН України, 2000. – 35 с. 2. *Лоладзе Т.Н.* Износ алмазов и алмазных кругов // *Т.Н. Лоладзе, Г.В. Бокучава* / – М., Машиностроение. – 1967. – 113 с. 3. *Петасюк Г. А.* Діагностика морфометричних характеристик порошків надтвердих матеріалів засобами цифрової обробки зображень // Відбір і обробка інформації. – 2009. – Вип. 30 (106). – С. 138–145. 4. *List E., Frenzel J, Vollstadt H.* A new system for single particle strength testing of grinding powders // *Industrial diamond review.* - 2006. - №1. - P. 42-47. 5. *Смоквина В.В.* Підвищення зносостійкості шліфувального інструменту з НТМ спрямованим тепловим впливом на різальні зерна. Автореф.

канд. техн. наук – К.: ИНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2013. – 20 с. **6.** Сверхтвердые материалы. Получение и применение: В 6 т. / Под общ. ред. *Н.В. Новикова*; НАН Украины. Ин-т сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля. – Т. 6: Алмазно-абразивный инструмент в технология механообработки / Под. ред. *А.А. Шепелева*. – К., 2007. – 340 с.)

Bibliography (transliterated): **1.** Lavrinenko V.I. Naukovi osnovi shlifuvannja instrumental'nih materialiv iz sprjamovanoju zminoju karakteristik kontaktnih poverhon'. – Avtoref. ... dokt. tehn. nauk – К.: INM NAN Ukraïni, 2000. – 35 s. **2.** Loladze T.N. Iznos almazov i almaznyh krugov // T.N. Loladze, G.V. Bokuchava / – М., Mashinostroenie. – 1967. – 113 s. **3.** Petasjuk G. A. Diagnostika morfometricnih karakteristik poroshkiv nadverdih materialiv zasobami cifrovoi obrobki zobrazhen' // Vidbir i obrobka informacii. – 2009. – Vip. 30 (106). – S. 138–145. **4.** List E., Frenzel J, Vollstadt H. A new system for single particle strength testing of grinding powders // Industrial diamond review. 2006. №1. P. 42–47. **5.** Smokvina V.V. Pidvishhennja znosostijkosti shlifoval'nogo instrumentu z NTM sprjamovanim teplovim vplivom na rizaľni zerna. Avtoref. kand. tehn. nauk – К.: INM ім. В.М. Бакулja НАН Украïни, 2013. – 20 с. **6.** Sverhtverdye materialy. Poluchenie i primenenie: V 6 t. / Pod obshh. red. N.V. Novikova; NAN Ukrainy. In-t sverhtverdych materialov im. V.N. Bakulja. – Т. 6: Алмазно-абразивный инструмент в технология механообработки / Под. ред. А.А. Shepeleva. – К., 2007. – 340 с.)

Надійшла до редколегії 23.05.2014