

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЕРНОВОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗО - АБРАЗИВНОГО ПОРОШКУ ДЛЯ МАГНІТНО - АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ

Матюха П.Г., Гонопольський М.Я.

### *Вступ*

Виготовлення продукції, яка спроможна конкурувати, в ряді випадків обумовлена формоутворенням деталей з високою точністю та низькою шорсткістю робочих поверхонь, які, як правило, формуються на фінішних операціях.

Одним з найбільш поширених способів фінішної обробки, що забезпечує низькі параметри шорсткості обробленої поверхні, є магнітно-абразивна обробка (МАО) – обробка феромагнітними порошками у магнітному полі.

Переваги МАО перед традиційними методами механічної абразивної обробки обумовлені особливими властивостями магнітно-абразивного інструменту (МАІ) зі спеціальними властивостями, а саме: відсутністю жорсткої зв'язки між феромагнітними частками, рухомо скоординованим станом порошкового середовища, спроможністю нівелювати відносно оброблюваної поверхні. Все це дозволяє здійснювати рівномірну, продуктивну і високоефективну механічну обробку деталей простої і складної просторових форм, в тому числі, виготовлених з важкооброблюваних матеріалів, які мають високу твердість, в'язкість і крихкість.

Аналізуючи існуючі моделі МАІ, які запропоновані в роботах [1 - 3], необхідно відмітити, що вони не мають інформації про методики, за якими необхідно розраховувати геометричні розміри кульової моделі порошку, що використовується в моделях МАІ. Щоб усунути цей недолік, необхідно спершу дослідити зерновий склад залізо-абразивного порошку різних фракцій.

Метою роботи є дослідження зернового складу залізо-абразивного порошку різних фракцій для МАО.

### *Основна частина*

Досліджували залізо-абразивні порошки для МАО, виготовлених в НТЦ «Реактивелектрон», м. Донецьк, з наступними характеристиками: зернистість порошку 180/100, абразив – синтетичний алмаз зернистістю 7/5, розташування абразиву по поверхні, вміст абразиву – 40%; зернистість порошку 180/100, абразив – карбід титану TiC зернистістю 7/5, розташування абразиву по об'єму, вміст абразиву – 50%; зернистість порошку 250/180, абразив – карбід титану TiC зернистістю 7/5, розташування абразиву по об'єму, вміст абразиву – 50%.

Статистичне дослідження геометричних розмірів зерен (висоти  $h$  ширини  $b$ , довжини  $l$ ) проводили вибіркоким методом, сутність якого полягає в наступному. З генеральної сукупності, якою є досліджуваний залізо-абразивний порошок, вибили  $n$  об'єктів (зерен). Надалі дослідженню піддавалися ці  $n$  об'єктів для характеристик всієї генеральної сукупності.

Обсяг вибірки визначали, скористувавшись теоремою Колмогорова [4], тому що вона справедлива не тільки для нормального, але й для будь-якого безперервного теоретичного розподілу:

$$\lambda = D\sqrt{n}, \quad (1)$$

де  $n$  – об'єм вибірки;

$\lambda$  – квантілі розподілу Колмогорова;

$D = |F_n(x) - F(x)|$  – максимальна абсолютна величина різниці між теоретичною та емпіричною функціями розподілу.

Тут  $F_n$  – емпірична функція розподілу;  $F$  – невідома функція розподілу.  
Вирішивши формулу (1) відносно  $n$ , будемо мати:

$$n = \left( \frac{\lambda}{D} \right)^2. \quad (2)$$

Обсяг вибірки розраховували на рівні значимості 0,05, прийнятому в технічних дослідженнях, при максимальній величині різниці між теоретичною та емпіричною функціями розподілу рівній 0,1; тоді

$$n = \left( \frac{1,36}{0,1} \right)^2 = 185.$$

Для подальших досліджень зернового складу залізо-абразивного порошку обсяг вибірки приймали  $n = 200$  штук.

Визначення геометричних розмірів зерен магнітно-абразивного порошку виконували на мікротвердомірі ПМТ-3 (рис. 1), додатково оснащеного мікрометром та сіткою (Рис. 2). Сітка була встановлена в окуляр мікротвердоміра, а об'єктив 3 забезпечував збільшення в 130 разів.

Зерна досліджуваного порошку розміщували на поверхні підкладки з глянцевого картону 1, встановленого на предметний столик 2 мікротвердоміра після чого виконували вимірювання висоти, ширини та довжини зерна.

Висоту зерна  $h$  вимірювали за допомогою мікрометра 4, закріпленого за допомогою магнітної стійки 5 на стійці 6 мікротвердоміра ПМТ-3. При цьому фокусування оптичної системи мікротвердоміра робили спочатку на глянцеву підкладку, а потім на найвищу точку зерна. Різницю показань мікрометра при фокусуванні на підкладку й найвищу точку зерна, приймали за висоту зерна.

Ширину  $b$  та довжину зерна  $l$  знаходили за кількістю кліток, які займала проекція зерна на сітці. Точність вимірювань ширини та довжини зерна дорівнювала 2,5 мкм.

Результати вимірювань трьох вибірок об'ємом 200 зерен для кожної характеристики залізо-абразивного порошку заносили в протокол, які піддавали статистичному аналізу з метою визначення однорідності досліджуваних параметрів.

Статистичні характеристики вибірок наведені в таблиці 1.



Рисунок 1 – Мікротвердомір ПМТ-3, оснащений для вимірювання розмірів зерен залізо-абразивного порошку

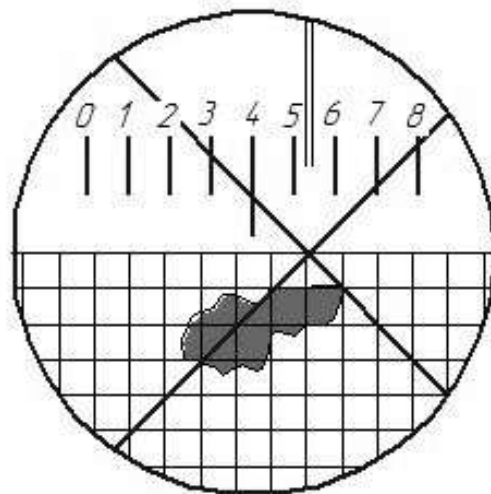


Рисунок 2 – Вид поля окуляра при вимірі довжини та ширини зерна за допомогою сітки

Таблиця 1 – Статистичні характеристики вибірок залізо-абразивного порошку\*

Характеристики порошку	Розміри порошку	Вибірки	Вибіркове середнє значення, мкм	Вибіркова дисперсія, мкм <sup>2</sup>	Розрахункове значення коефіцієнту Кохрана	Табличне значення коефіцієнту Кохрана
1	2	3	4	5	6	7
250/180 Fe + TiC	Висота, $h_i$	1	213,38	455,76	0,345	0,4031
		2	217,68	438,16		
		3	213,18	425,92		
	Ширина $b_i$	1	202,08	1194,04	0,358	
		2	196,63	1028,13		
		3	199,00	1117,09		
	Довжина, $l_i$	1	291,75	3028,33	0,358	
		2	278,00	3791,21		
		3	283,75	3798,68		
180/100 Fe + TiC	Висота $h_i$	1	130,02	410,42	0,341	
		2	124,32	403,93		
		3	124,70	401,91		
	Ширина, $b_i$	1	113,15	513,40	0,336	
		2	112,57	512,55		
		3	110,37	516,80		
	Довжина, $l_i$	1	161,97	811,50	0,336	
		2	156,52	815,00		
		3	159,32	808,00		
180/100 Fe + AC	Висота, $h_i$	1	130,02	425,60	0,339	
		2	124,32	427,70		
		3	124,70	432,30		
	Ширина, $b_i$	1	113,15	885,30	0,336	
		2	112,57	891,40		
		3	110,37	895,60		
	Довжина, $l_i$	1	161,97	1788,00	0,336	
		2	156,52	1780,00		
		3	159,32	1796,00		

• Дослідження розмірів зерен порошку Fe + TiC 250/180 виконані Бугайовим Р.А

Скориставшись даними стовпця 5 таблиці 1 виконаємо перевірку вибірок на однорідність з використанням критерію Кохрана [4] за формулою:

$$g_p = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^k S_i^2}, \quad (3)$$

де  $S_{\max}^2$  – максимальна вибіркова дисперсія серед порівнюваних;

$\sum_{i=1}^k S_i^2$  – сума всіх вибірових дисперсій.

Для 95% довірчої вірогідності для  $n=144$  та  $k = 3$  табличне значення критерію Кохрана  $g_{\text{табл}}$  дорівнює 0,4031 [4].

Враховуючи, що для висоти, ширини та довжини зерен розрахункове значення критерію Кохрана  $g_p$  менше  $g_{\text{табл}}$  (див. табл. 1), вибірки являються однорідними. Це дозволяє використовувати для оцінки генеральної сукупності середньозвішену дисперсію  $S^2_{cзв}$  та розраховувати середні значення геометричних розмірів зерен за формулами [4]:

$$S^2_{cзв} = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i^2}{3}; \quad (4)$$

$$h_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^3 \bar{h}_i}{3}; \quad (5)$$

$$b_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^3 \bar{b}_i}{3}; \quad (6)$$

$$l_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^3 \bar{l}_i}{3}. \quad (7)$$

95% довірчі інтервали на середні величини висоти, ширини та довжини зерен знаходимо, скориставшись середньозвішеною дисперсією  $S^2_{cзв}$  та критерієм Стьюдента [4], за формулою

$$\Delta h, \Delta b, \Delta l = \pm \frac{\sqrt{S^2_{cзв} \cdot t_{0,95}}}{\sqrt{n}}, \quad (8)$$

де  $t_{0,95}$  – критерій Стьюдента; значення якого при  $n$  – кількість вимірів за якими знаходиться середнє значення параметру;

При  $n = 200$  критерій Стьюдента дорівнює 1,98 [4].

Значення геометричних розмірів зерен порошку для МАО, об'єднаних вибірок наведені в таблиці 2, а вміст фракцій – в таблиці 3.

Як видно із табл. 3 великий відсоток складають крупна та основна фракції. Це обумовлено використанням ситового способу для розділення зерен по розміру, при якому розмір отвору верхнього сита обмежує тільки розміри поперечного перерізу зерен порошку, тобто висоту та ширину. В цьому випадку зерно, яке має довжину, що перевищує розмір отвору в верхнім ситі має можливість пройти через отвір, якщо зерно орієнтовано перпендикулярно площині сита. Дрібна фракція зерен може з'явитись в порошку лише випадково, що підтверджується її незначним відсотком.

## Висновки

1. Вибірки, залізо-абразивного порошку вміщують крупну та основну фракції, відсоток яких залежить від зернистості та марки порошку. Вміст дрібної фракції незначний.

Таблиця 2 – Розміри зерен порошку після об'єднання трьох вибірок в одну

Характеристики порошку	Параметр	Середньозвішена дисперсія, мкм <sup>2</sup>	Середнє значення параметру, мкм	95% довірчий інтервал
250/180 Fe + TiC	Висота, $h_{\text{сер}}$	439,95	214,75	±2,9
	Ширина, $b_{\text{сер}}$	1119,09	199,24	±4,7
	Довжина, $l_{\text{сер}}$	3539,41	284,50	±8,35
180/100 Fe + TiC	Висота, $h_{\text{сер}}$	405,45	126,35	±2,83
	Ширина, $b_{\text{сер}}$	514,25	111,96	±3,17
	Довжина, $l_{\text{сер}}$	811,50	159,27	±3,98
180/100 Fe + AC	Висота, $h_{\text{сер}}$	428,53	126,34	±2,89
	Ширина, $b_{\text{сер}}$	890,76	112,03	±4,17
	Довжина, $l_{\text{сер}}$	1788,00	159,27	±5,92

Таблиця 3 – Вміст крупної, основної і дрібної фракцій в об'єднаних вибірках об'ємом 600 зерен

Характеристика порошку	Параметри вибірки	Зерна крупної фракції, мкм	Зерна основної фракції, мкм	Зерна мілкої фракції, мкм
250/180 Fe + TiC *	Кількість зерен у вибірці	$550 \geq l \geq 275$	$250 \geq l \geq 180$	$175 \geq l \geq 150$
		357	229	14
	Вміст зерен у порошку, %	59,5	38,1	2,4
180/100 Fe + TiC	Кількість зерен у вибірці	$300 \geq l \geq 200$	$180 \geq l \geq 100$	$95 \geq l \geq 75$
		103	492	5
	Вміст зерен у порошку, %	17,2	82	0,8
180/100 Fe + AC	Кількість зерен у вибірці	$325 \geq l \geq 185$	$180 \geq l \geq 100$	$95 \geq l \geq 75$
		253	341	6
	Вміст зерен у порошку, %	42,17	56,83	1

2. Довжина зерен порошку перевищує розмір сітки верхнього сита, що може призвести до помилки в розрахунках моделі порошку з використанням розмірів верхнього та нижнього сит.

3. Виконані дослідження є вихідними даними для розрахунку розмірів моделі залізо-абразивного порошку.

## Список літератури

1. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. – 176с.
2. Сакулевич Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 328с.
3. Майборода В. С. Основы створення і використання порошкового магнітно-абразивного інструменту для фінішної обробки фасонних поверхонь. Автореф. дис. ... докт. техн. наук зі спец. 05.03.01 – Процесі механічної обробки, верстати та інструменті. Київ: НТУУ «КПІ», 2002. 37с.

4. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Пустыльник Е. И. – М.: Наука, 1968. – 288 с.