5. Qipeng Liu, Wen Li, Kun Yang, Yuehua Gao, Lei Wang, Xihua Chu. Analytical investigation into the powder distribution and laser beam-powder flow interaction in laser direct energy deposition with a continuous coaxial nozzle. Advanced Powder Technology. (2023). Mode of access: https://doi.org/10.21275/sr21210142444 Title from screen.

УДК 669.295: 621.91

Пахненко Д.В., аспірантка
Говорун Т.П., канд. фіз.-мат. наук, доцент
Ханюков К.С., аспірант
Сумський державний університет, hovorun@pmtkm.sumdu.edu.ua

СИНТЕЗ ТА ВЛАСТИВОСТІ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ ПОКРИТТІВ

У технології термічного напилення розплавлені або напіврозплавлені порошки наносяться на підкладку для отримання двовимірного покриття або, в деяких випадках, тривимірного самостійного матеріалу. Мікроструктура та властивості матеріалу залежать від теплових та імпульсних характеристик частинок, що напилюються, які визначаються як методологією нанесення, так і типом використовуваних вихідних матеріалів [1-2]. Як вихідні матеріали можуть використовуватися порошки, стрижні та дроти. Різні покриття наносяться на поверхню підкладки для забезпечення або покращення характеристик матеріалів у промисловому застосуванні. Наноструктуровані чи/або нанокристалічні матеріали характеризуються шкалою мікроструктурної довжини в режимі 1–200 нм [1]. Більше 50 об.% атомів пов'язані з межами зерен або міжфазними межами, коли зерно достатньо мале. Таким чином, значна кількість міжфазного компонента між сусідніми атомами, пов'язаними з межами зерен, сприяє кращим фізичним властивостям наноструктурованих матеріалів [3]. Використання наноструктурованих порошків, як сировини під час термічного напилення дозволило дослідникам створювати покриття, що мають вищу твердість, міцність та корозійну стійкість, ніж традиційні аналоги [3-4].

Термохімічні методи використовувалися для виробництва великої кількості наноструктурованих матеріалів для можливого комерційного використання [3]. Для синтезу наноструктурованих порошків різного складу використовується механічне подрібнення [3]. Процес механічного подрібнення викликає значний інтерес, головним чином завдяки його потенціалу для створення нанокристалічних та інших нерівноважних структур у великих кількостях [3]. Для механічного подрібнення використовуються вібраційний, планетарний, кульовий та атриторний млини [3]. З чотирьох типів млинів лише атриторний млин має найбільшу ємність завантаження порошку. Відповідно, атриторне подрібнення використовується для синтезу порошку сировини, що використовується для виготовлення наноструктурованих покриттів, головним чином тому, що для синтезу покриття потрібна велика кількість порошку.

На рисунку 1 показано схематичне зображення атриторного млина, в якому порошок і кульки завантажуються у вертикальний циліндричний резервуар (бункер). Кілька горизонтальних робочих коліс (крильчаток), з'єднаних з обертовим вертикальним валом, що приводиться в рух двигуном, створюють рух кульок і порошків. Рухомі кульки, що приводяться в дію обертовими робочими колесами, призводять до подрібнення частинок порошку за розміром шляхом удару. Одночасно в резервуар вводиться контрольоване середовище для подрібнення з таких причин: 1) для зменшення забруднення порошку повітрям; 2) для контролю температури порошку, оскільки подрібнення призводить до підвищення температури порошків; 3) для введення реакційноздатного розчинника з метою утворення очікуваної фази; та 4) для контролю розміру та морфології частинок порошку. Для цих цілей використовувалося таке середовище для подрібнення: газоподібне середовище (тобто аргон, азот і водень); рідке середовище (наприклад, рідкий азот,

метанол, ацетон і гексан); та тверде середовище (тобто стеаринова кислота). Аргон, сухий азот, метанол, ацетон і гексан були обрані та використані для зменшення забруднення порошку з атмосфери та контролю температури.

Рис. 1 – Схематичне зображення атриторного млина

Водень використовується для утворення гідридів. Рідкий азот зменшує забруднення порошків і забезпечує контроль температури, але також діє як реакційно-здатний розчинник для утворення нітридів, що сприяють уповільненню росту зерен синтезованого порошку під час термічного впливу [3]. Стеаринова кислота, багата на кисень, використовується для зменшення розміру частинок порошку шляхом зменшення ступеня зварювання між частинками порошку.

Незалежно від того чи йдеться про композитний чи однофазний вихідний порошок, механічне подрібнення призводить до утворення нанокристалічної структури за певних умов подрібнення, хоча механізми, що регулюють формування нанокристалічної структури, сильно залежать від характеристик вихідних компонентів. Між звичайними та наноструктурованими покриттями існує велика середня різниця у хімічному складі (табл. 1).

Таблиця 1 – Хімічний склад покриттів Cr_3C_2-25 (Ni20Cr), мас. %

	Звичайне покриття		Наноструктуроване покриття	
	Cr	Ni	Cr	Ni
Матриця	16,21	83,79	31,12	68,88
Карбід	99,15	0,85	94,34	5,66
Середнє	46,3	53,7	23,75	76,25

Використовуючи наноструктуровані порошки як сировину, було успішно синтезовано різні наноструктуровані покриття з покращеними характеристиками, тоді як параметри процесу та обробка після напилення можуть суттєво впливати на механічні та фізичні властивості наноструктурованих покриттів. Отримані результати свідчать про те, що наноструктуровані покриття мають сильний технологічний потенціал, і очікується швидке промислове зростання їх застосування протягом наступного часу.

Список посилань

1. Азарєнков М.О. Функціональні матеріали та покриття : навчальний посібник / М.О. Азарєнков, В.М. Береснєв, С.В. Литовченко та ін. – Харків : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – 202 с.

2. Фесенко А.Г. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин: навч. посіб. / А.Г. Фесенко та ін. – Дніпро: РВВ ДНУ, 2015. – 104 с.

3. Рожков О.Д. Технологія нанесення покриттів / О.Д. Рожков. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 38 с.

4. Bhatt P. Nanostructured Coating Improves Properties of MetalA Revie / P. Bhatt, H. N. Shah // Journal of Modern Chemistry & Chemical Technology. 2015. Vol. 6, 3. P. 1-10. DOI: 10.13140/RG.2.2.25719.11686.