

# Інформаційне моделювання процесу формування гетерогенних покриттів

А.А. Березовський<sup>1</sup>, В.М. Тонконогий<sup>1</sup>, І.М. Щедров<sup>1</sup>

**Summary – The stochastic mathematical model of a covering on machine details formation process which engages the forecast block on a neural network is offered. The main distinctive feature of offered model is that in attention almost all parameters of the coverings drawing are accepted, appreciably influencing porosity.**

**Key words – stochastic model, covering process, influencing porosity, CAM.**

Одним із прогресивних способів фінішної обробки деталей машин є металеві покриття. Покриття відіграють велику роль у сучасних технологіях підвищення якості та експлуатаційної надійності деталей машин. Їх якість залежить від багатьох факторів, але головними з них є міцність і пористість.

Звичайно, характер руйнування, наприклад, напиляного газотермічного покриття при спільному деформуванні з матеріалом металеві основи залежить від співвідношення їх адгезійної та когезійної міцностей. Однак величини останніх визначаються, головним чином, пористістю і наявністю окиснених зон у покритті. При дослідженні дефектів тонкоплівкових покриттів, отриманих напилюванням у вакуумі, дуже важливо чітко визначати їхню якісну та кількісну залежність від складу або параметрів технологічного процесу.

Краплинна фаза в тілі покриття, з погляду впливу на механічні властивості, є тією ж пористістю.

Від такої пористості залежать майже всі фізико-механічні властивості покриттів, наприклад, схильність до відриву [1]. Ця залежність настільки сильна, що часто пористість розглядають як параметр стану у функціональній залежності «чисельна характеристика властивості – пористість» [2]. Величини, що визначають провідність (електро- і теплопровідність, магнітну й діелектричну проникність), пружність (нормальний і зсувний модуль пружності), опір пластичної деформації (границя текучості, твердість), монотонно убувають зі збільшенням пористості та, у загальному вигляді, можуть описуватися узагальненою статичною біноміальною функцією [3]:

$$\beta = \beta_0 (1 - \Pi)^m, \quad (1)$$

де  $\beta$  – чисельна характеристика деякої властивості пористого тіла;  $\beta_0$  – те ж для ідентичного матеріалу, але який не містить пор;  $\Pi$  – пористість;  $m$  – показник ступеню ( $m > 1$ ).

Основним завданням запропонованої моделі є визначення пористості покриття залежно від параметрів процесу напилювання. Це стало можливим, завдяки використанню тришарової нейронної мережі в якості

«апроксиматора» залежності пористості від окремих параметрів. НМ навчається за даними результатів експериментів та аналітичними залежностями пористості від окремих параметрів напилювання.

На вхід нейронної мережі надходять значення технологічних параметрів напилювання, що потребують попередньої обробки. Другий блок – блок стохастичної обробки – моделює пошарове заповнення покриття, яке напилюється, окремими частками порошку. На кожному кроці моделювання додається деяка кількість часток, які розташовуються випадковим чином на поверхні поточної фіксованої ділянки моделі.

Для здійснення комп'ютерного моделювання двомірний простір розрізу покриття повинен бути дискретним. Для цього його розбивають на квадратні гнізда.

Оскільки всі об'єкти моделі (частки порошку) мають округлі форми, запропонована дискретна сітка із трьома станами гнізд: порожня; наполовину заповнена; повністю заповнена. Це дозволяє, не зменшуючи крок дискретизації, різко збільшити точність моделі.

В практиці газотермічного напилювання необхідні значення пористості підбираються експериментально. Для цього витрачається велика кількість матеріалів, енергії й часу. Розроблена модель дозволяє уникнути цього. Вона дає можливість швидко й зручно прогнозувати пористість плазмових покриттів для кожного конкретного випадку. При цьому точність прогнозу досить висока, що підтвержене дослідями з молібденовими покриттями. Їхню пористість визначали методом гідростатичного зважування та за допомогою моделі. Порівняння отриманих значень дало відхилення лише 10 – 12 %.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Онищенко А.Г. Модель формирования покрытия при плазменном напылении порошковых материалов / А.Г. Онищенко, А.Л. Становский // Материалы X семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса: ОНПУ, 2003. – С. 26 – 29.
- [2] Петров С.В. Плазменное газозвушное напыление / С.В. Петров, И.Н. Карп. – К.: Наук. думка, 1993. – 494 с.
- [3] Харламов Ю.А. Влияние пористости на физические свойства твердых тел // Порошковая металлургия. – 1990. – № 12. – С. 36 – 41.

<sup>1</sup> Одеський національний політехнічний університет, просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, УКРАЇНА, E-mail: vmt@itdmi.opu.ua