

межах від 0,1 до 7 еВ, що відповідає енергії іонів близько 300 еВ, можна знехтувати а при енергіях іонів  $2 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^4$  еВ її необхідно враховувати енергію кристалізації тільки

### Список посилань

1. Kostyuk G. Prospects for producing nanostructures in the volume of parts under the action of plasma flows / G. Kostyuk, O. Melkozirova, E. Kostyuk, Iur. Shirokiy.// Development and tools in technological systems, KhNTU "KhPI", 2020. – Вып 92. – С. 107–121.

2. Shyrokyi Y. Investigation of the Influence of Crystallization Energy on the Size of Nanostructures During Copper Ion-Plasma Treatment. / Y. Shyrokyi, G .Kostyuk // In: eds Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, 2022. – № 367.– С. 57–66.

УДК 621.923

Стрельчук Р. М., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
r.m.strelchuk@gmail.com

## МОДЕЛЮВАННЯ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ ПРИ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОМУ ШЛІФУВАННІ ЗІ ЗМІННОЮ ПОЛЯРНІСТЮ ЕЛЕКТРОДІВ

Для визначення шорсткості поверхні виконувалося імовірно-статистичне моделювання. При електроерозійному шліфуванні шорсткість оброблюваної поверхні формується в результаті утворення окремих лунок, котрі перекривають одна одну [1]. Кожна лунка може бути представлена у вигляді шарового сегмента. Оскільки шаровий сегмент має геометричну симетрію щодо вертикальної осі, завдання утворення лунок розглядалося у двовірній площині. Перетин лунки  $c$ : коловий сегмент, радіус дуги якого дорівнює радіусу шарового сегмента.

Зважаючи на стохастичний характер процесу утворення лунок, для визначення шорсткості поверхні використовувався метод імовірно-статистичного моделювання (метод Монте-Карло), який полягає в наступному [2]. Окрема вершина та впадина нерівностей оброблюваної поверхні формуються при накладенні двох лунок (рис. 1), яке моделювалося багаторазово. Для цього розігрувалися за допомогою датчика випадкових чисел згідно із законом нормального розподілу значення геометричних параметрів лунок ( $d_l$  і  $h_l$ ) та величини параметрів перетину лунок та виходили їх крайові значення.

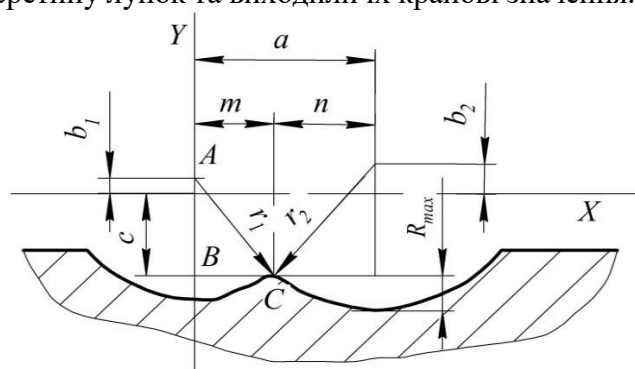


Рис. 1 – Схема розрахунку шорсткості оброблюваної поверхні

Шорсткість оброблюваної поверхні  $R_{max}$  розраховувалася за формулою:

$$R_{max} = r_{max} - b_{max} - c_{min}, \quad (1)$$

де  $r_{max}$  – найбільше значення радіусу дуги;

$b_{max}$  – найбільше значення відстані між віссю X та центром більшої дуги з усіх реалізацій;

$c_{min}$  – найменше значення відстані між точкою перетину дуг та віссю X з усіх реалізацій.

Розроблена модель, що враховує просторове становище ерозійних лунок, їх статистичні розміри, дозволяє розраховувати параметри шорсткості, які, зрештою, дають можливість прогнозувати довговічність деталі, що формується.

#### Список посилань

1. Montes, J., Cuevas, F., Reina, F. Modelling and Simulation of the Electrical Resistance Sintering Process of Iron Powders // *Met. Mater. Int.* 26, p. 1045–1059 (2020).
2. D'Urso, G., Maccarini, G., Ravasio, C. Influence of electrode material in micro-EDM drilling of stainless steel and tungsten carbide // *Int J. Adv. Manuf. Technol.* 85, p. 2013–2025 (2016).

УДК 621

Панченко Ю.С., аспірантка

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», u.panchenko@khai.edu

### ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ НАНОСТРУКТУР НА ІНСТРУМЕНТАЛЬНІЙ СТАЛІ У12 ЗА РАХУНОК ДІЇ ІОНІЗОВАНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Методом подвійної прогонки вирішувалася спільна задача теплопровідності та термопружності, причому на першому півкроці розраховувалися температури, далі за цими температурами визначалися температурні напруги й енергія деформування, з урахуванням якої визначалася температура наприкінці першого кроку. На кожному етапі процедура повторювалася [1-3]. В результаті розв'язання цього завдання отримано поля температур, температурні напруження та швидкості зростання температури; з урахуванням їх значень та критеріїв утворення наноструктур (НС) оцінювалася область деталі, де утворюються НС [4-6].

На основі дослідження температурних полів отримано залежності максимальної температури від щільності теплового потоку ( $10^8 \dots 10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup>) та при дії лазерного випромінювання (ЛВ) за час  $t$ :  $10^{-4}$  с;  $10^{-5}$  с;  $10^{-6}$  с;  $10^{-7}$  с;  $10^{-8}$  с;  $10^{-9}$  с;  $10^{-10}$  с. При великих часах дії  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  с існує досить широка область щільностей теплових потоків, для яких є можливість реалізації НС на різних глибинах, тоді як зниження часу дії до  $10^{-7}$  с ця область переміщається у бік великих теплових потоків  $10^{10}$ ,  $10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup> (рис. 1). Подальше зниження часу дії призводить до того, що практично тільки при дії з щільністю теплового потоку  $10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup> є невисока ймовірність отримання НС і тільки на невеликій глибині поблизу поверхні.

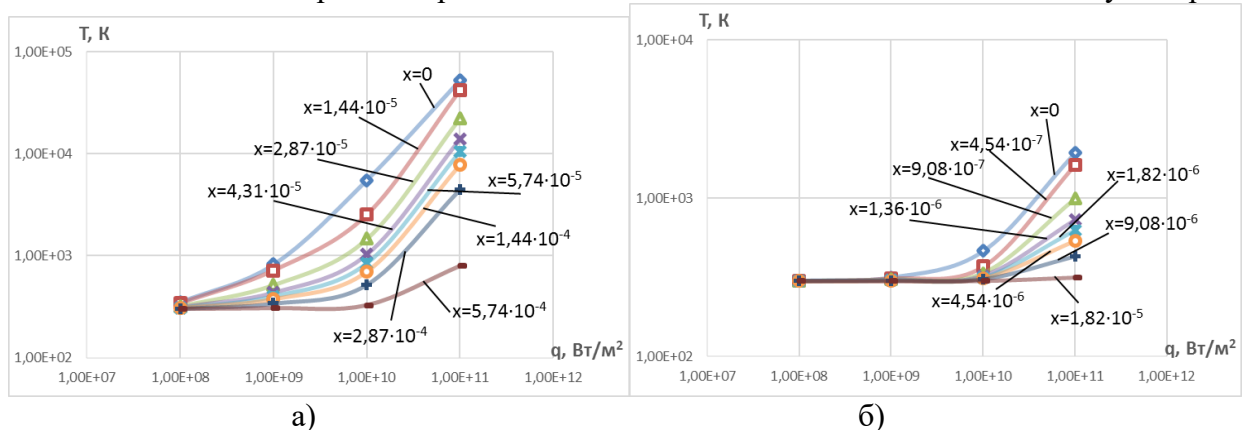


Рис. 1 – Залежність максимальної температури в зоні дії лазерного випромінювання на У12 від щільності теплового потоку на різних глибинах за час дії: а –  $t=10^{-4}$  с, б –  $t=10^{-7}$  с

Досліджено залежності температурних напружень у зоні дії ЛВ на сталь У12 від щільності теплового потоку на різних глибинах за часу дії  $t$ :  $10^{-4}$  с;  $10^{-5}$  с;  $10^{-6}$  с;  $10^{-7}$  с;  $10^{-8}$