поковки, проте деформування шляхом витяжки досягається отримання розмірів поковки по кутам в перетині, що є важливим фактором при куванні поковки.

Список посилань

1. Миронова Т.М. О механизмах влияния фазовых переходов на поведение эвтектических карбидов при деформировании / Т. М. Миронова, Т. Р. Донская, А. Ю. Сидорова // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Сер. : Фізика, Радіоелектроніка. – Д., 2012. – Т. 20, № 2. – с. 97–104.

2. Дослідження особливостей Поведінки двошарових чавунних заготівок в процесі кування / Миронова Т.М., Ашкелянець А.В., Петруша А.А., Бояркін В.В., Моргун І.В. // Обработка металлов давлением: Тематич. Сб. научн. тр. №2(49) – Краматорск: ДГМА. - 2020. – С. 76-81.

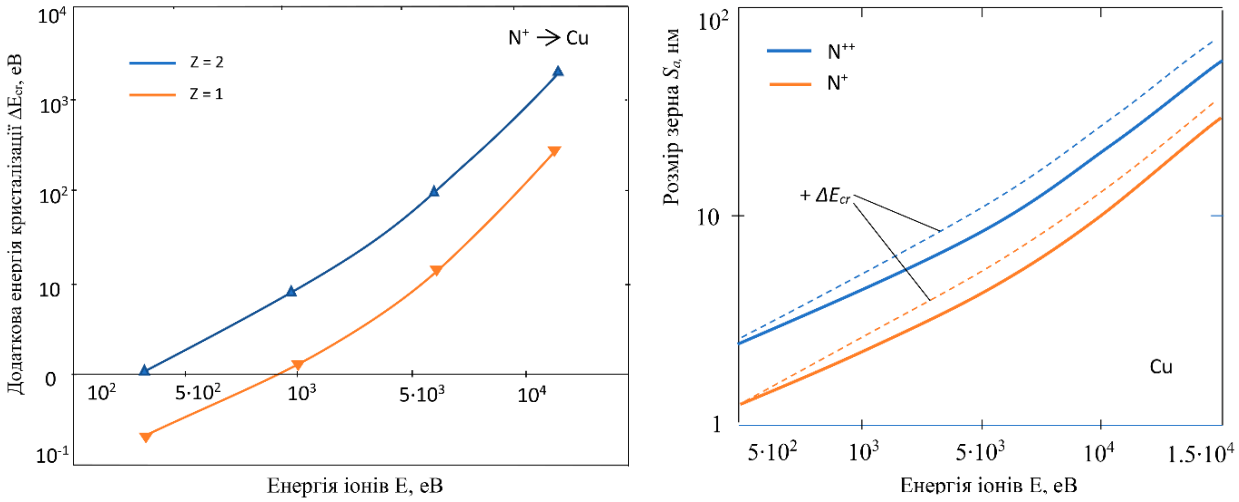
3. Nikolay Biba, Alexander Maximov, Sergei Stebunov, Alexey Vlasov. The model for simulation of thermally, mechanically and physically coupled problems of metal forming. URL: http://www.qform3d.co.uk/publications // Article. - Metal Forming, 2012.

УДК 621.793

Мигловець І. М.,
Широкий Ю.В. канд. техн. наук, доцент,
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»,
i.shyrokyi@khai.edu

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕНЕРГІЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ НА ФОРМУВАННЯ НАНОСТРУКТУР ПРИ ІОНО-ПЛАЗМОВІЙ ОБРОБЦІ МІДІ

При дослідженні енергії необхідної для створення наноструктур у деяких конструкційних матеріалах не проводилась оцінка енергії, що витрачаться на кристалізацію при отримані наноструктур іонно-плазмовим методом [1]. Це призводить до зниження точності розрахунків енергії необхідної для отримання наноструктур вище зазначеним методом. Для вирішення цієї проблеми було взято моделі [1], де проводиться вирішення спільної задачі теплопровідності й термопружності в зоні дії індивідуального іона відповідної енергії, заряду і сорту. В цю модель було додано елемент який враховує енергію кристалізації [2]. Це дозволило більш точніше обчислити сумарну енергію атомізації зерна та прийнявши енергію створення зерна як E_c = 1,1E_{ac} знайти уточнене значення енергії необхідної для утворення наноструктур (рис.1).



а) б)

Рис. 1 – Залежність енергії кристалізації від енергії іонів N^+ діючих на мідь а) та залежність розміру зерна від енергії іонів різних зарядів б)

Проведені теоретичні дослідження показали, що енергія кристалізації збільшує енергію іонів необхідну для отримання наноструктур. Енергією кристалізації, при значеннях в

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. Melkoziorova, 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 імовірнісно-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 двомірній площині. Перетин лунки є: коловий сегмент, радіус дуги якого дорівнює радіусу шарового сегмента.

Зважаючи на стохастичний характер процесу утворення лунок, для визначення шорсткості поверхні використовувався метод імовірнісно-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 (*dл* і *hл*) та величини параметрів перетину лунок та виходили їх крайові значення.

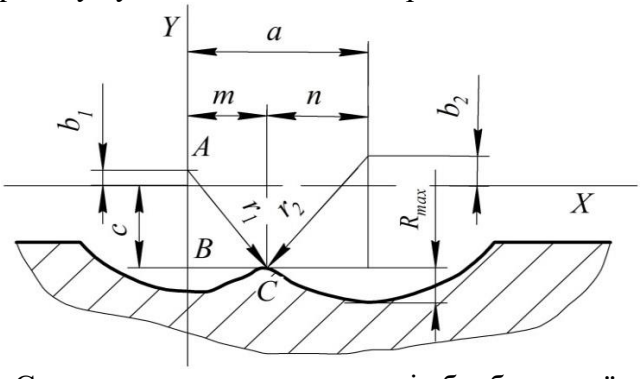


Рис. 1 – Схема розрахунку шорсткості оброблюваної поверхні

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.