



2. Barshilia, H. C. Growth and characterization of TiAlN/CrAlN superlattices prepared by reactive DC magnetron sputtering [Text] / H. C. Barshilia, K. S. Rajam // Journal of Vacuum Science & Technology A. – 2009. – Vol. 27, No 1. – P. 29–34.
3. Witit-Anun, N. High-temperature oxidation resistance of CrAlN thin films prepared by DC reactive magnetron sputtering [Text] / N. Witit-Anun, A. Buranawong // Journal of Metals, Materials and Minerals. – 2023. – Vol. 33, No 3. – P. 1–8.
4. Tribomechanical Behaviour of TiAlN and CrAlN Coatings Deposited onto AISI H11 with Different Pre-Treatments [Text] / W. Tillmann, D. Grisales, D. Stangier, T. Butzke // Coatings. – 2019. – Vol. 9, No 8. – P. 21.
5. Comparative Characterization of the TiN and TiAlN Coatings Deposited on a New WC-Co Tool Using a CAE-PVD Technique [Text] / A.A. Matei, R. N. Turcu, I. Pencea, E. Herghelegiu, M. I. Petrescu, F. Niculescu // Crystals. – 2023. – Vol. 13, No 1. – P. 13.
6. Воробйов, Ю. А. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів [Текст] : навч. посіб. / Ю. А. Воробйов, Ю. О. Сисоєв. – 4-те вид., випр. і доп. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВ ОТРИМАННЯ СУБМІКРО- ТА НАНОСТРУКТУР ПРИ ДІЇ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА АЛЮМІНІЄВОМУ СПЛАВІ АК4

Є. І. Фесенко, Ю. В. Широкий

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Застосування лазерного випромінювання для формування наноструктурованих і субмікроструктурованих шарів на алюмінієвих сплавах потребує ретельного визначення відповідних технологічних параметрів. З цією метою проведено теоретичне дослідження впливу лазерного випромінювання на алюмінієвий сплав АК4 із використанням моделі, запропонованої раніше в [1]. Запропонована модель дає змогу вирішити як задачу теплопровідності, так і задачу термопружності в зоні впливу лазерного випромінювання. Це дозволяє сформулювати температурні поля та температурно-напружений стан у зоні дії лазерної плями. На основі розрахованих параметрів можна ідентифікувати ділянки за глибиною матеріалу, в яких можливе створення умов для реалізації наноструктурованого або субмікроструктурованого стану. Згідно з критеріями, наведеними в [2], умови для утворення наноструктур визначаються такими параметрами: температурний діапазон від 500 до 1500 К, швидкість наростання температури понад 10^6 К/с, а температурні напруження – у межах 10^6 – 10^8 Па, що сприяє інтенсивному процесу структуроутворення.

Аналіз температурних полів, отриманих при дії теплового потоку q_1 , показав, що зі збільшенням глибини матеріалу температура знижується від 2500 К до 650 К. При цьому максимальні температури на поверхні перевищують порогові значення, необхідні для формування наноструктур. У глибших шарах матеріалу температури знижуються до рівнів, при яких утворення наноструктур є можливим. Під впливом теплового потоку q_2 максимальна температура на поверхні становила вже 1850 К, а на певній глибині – 600 К. Оцінка швидкості температурного наростання показала значення понад 10^7 К/с для q_1 та близько 10^6 К/с для q_2 .



Отримані результати підтверджують можливість створення умов для формування наноструктур. На основі температурних полів, розрахованих у межах заданого температурного діапазону, вдалося визначити глибини в алюмінієвому сплаві, на яких потенційно можливе формування наноструктурованих зон.

Додатково було проведено дослідження впливу розмірів плями лазерного випромінювання на поверхні матеріалу з метою оптимізації умов формування наноструктур. Результати показали, що при діаметрі плями до 10^{-3} м ймовірність утворення наноструктур значно знижується, тоді як зменшення розміру плями до 10^{-4} м суттєво підвищує ефективність процесу наноструктурування. Для оцінки об'єму потенційно сформованих наноструктур було проаналізовано залежність розміру нанокластерів від щільності теплового потоку в межах 10^7 – 10^{10} Вт/м² та тривалості його дії в інтервалі від 10^{-9} с до 10^{-3} с (рис. 1а). Також побудовано залежності максимальної температури від щільності теплового потоку та часу його впливу (рис. 1б).

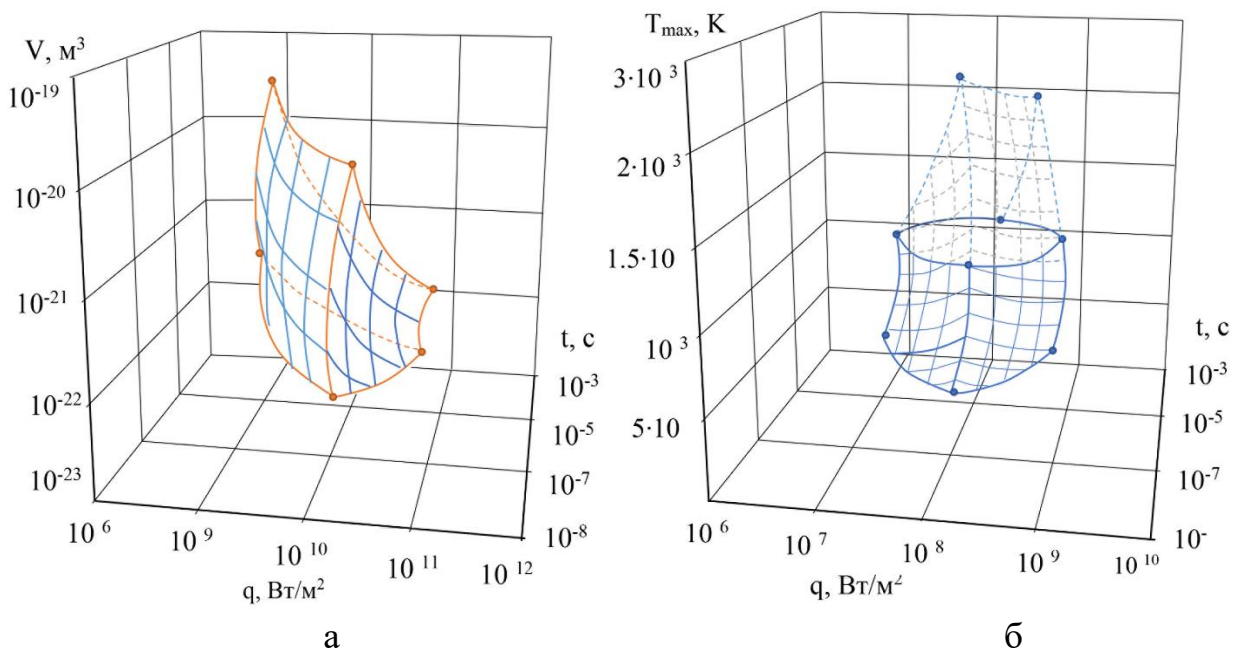


Рис. 1 – Залежності об'єму нанокластеру (а) та максимальної температури у зоні дії теплового потоку (б) від щільності теплового потоку q та часу його дії t

Отримані результати дозволяють здійснювати обґрунтований вибір технологічних параметрів лазерного випромінювання для формування наноструктурованих шарів на алюмінієвих сплавах. Крім того, можливість визначення розмірів наноструктур відкриває перспективи для прогнозування фізико-механічних характеристик поверхневих шарів оброблюваних матеріалів. Ці дослідження становлять інтерес для фахівців, що займаються зміцненням поверхні алюмінієвих сплавів та вивченням наноструктурованих станів.

Перелік посилань

1. Prospects for producing nanostructures in the volume of parts under the action of plasma flows [Text] / G. Kostyuk, O. Melkozirova, E. Kostyuk, Yu. Shirokiy. // Development and

tools in technological systems, KhNTU "KhPI". – 2020. – No. 92. – P. 107-121.
doi: <https://doi.org/10.20998/2078-7405.2020.92.12>

2. Вибір технологічних параметрів лазера для отримання зміцнюючих покриттів з наноструктурами на інструментальній сталі У12А [Текст] / Ю. В. Широкий, Ю. О. Сисоєв, О. В. Торосян, Г. Д. Торосян-Жидєєва // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – 2023. – Вип. 97. – С. 111-125.
doi: <https://doi.org/10.32620/oikit.2023.97.07>

БЕЗШАБЛОННИЙ РІСТ ТРИВИМІРНИХ НАНОСТРУКТУР ОКСИДУ МІДІ У ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ: ШЛЯХ ДО ЕФЕКТИВНИХ ЕЛЕКТРОДНИХ МАТЕРІАЛІВ

М. А. Луценко, А. О. Бреус, О. О. Баранов

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Отримані тривимірні (3D) наноструктури оксиду міді (CuO), що характеризуються розгалуженою пористою морфологією і мають значний потенціал для використання в широкому спектрі електрохімічних та сенсорних застосувань. Завдяки високій питомій площі поверхні, структурованості на мікро- та нано-рівнях, а також напівпровідниковій природі CuO (р-тип провідності), ці наноструктури є перспективними електродними матеріалами для суперконденсаторів та акумуляторів, зокрема літій-іонних, де важливою є як висока ємність, так і стабільність при багаторазовому циклуванні [1]. Така архітектура сприяє ефективній дифузії електроліту та покращеній передачі заряду. Крім того, CuO наноструктури широко досліджуються як активні елементи для газових сенсорів. Їх поверхнева чутливість до молекул таких як H_2S , NH_3 , NO_2 та CO дозволяє використовувати ці матеріали в системах моніторингу якості повітря [2]. Розвинена наноморфологія забезпечує швидкий відгук, низьку межу виявлення та хорошу стабільність. У контексті фотокаталізу CuO демонструє активність у процесах окиснення органічних сполук та деградації забруднювачів у воді. Висока активна площа та наявність реакційно здатних поверхневих центрів сприяють ефективному поглинанню світла та міжфазовому переносу заряду, що є критичним для фотохімічних і електрохімічних застосувань [3].

Для синтезу наноструктур CuO був застосований тліючий розряд. Мікρο-структурний аналіз отриманих зразків показує (рис. 1), що наноструктури CuO формуються у вигляді вертикально орієнтованих, пористих, стрижнеподібних утворень, які локально переплітаються в каркасоподібні 3D структури. Ця морфологія є наслідком самоорганізованого росту, що відбувається без використання жорстких аналітичних шаблонів чи поверхневого патернування. Тліючий розряд створює просторово неоднорідне електричне поле та градієнт активних плазмових частинок, які ініціюють анізотропне осадження та локальне окиснення міді з подальшим зростанням наноструктур вгору, від поверхні субстрату. Відсутність сторонніх органічних матриць або жорстких фізичних обмежень дозволяє наноструктурам CuO рости вільно, формуючи нерівномірну, природну зернистість поверхні, що суттєво підвищує питому активну площу. Саме така