

Середнє значення коефіцієнта вологовіддачі для сушильної камери "Абсолют-3" становить $\bar{\beta}=11,61 \cdot 10^{-6}$ см/с, а середнє значення коефіцієнта вологопровідності $\bar{\alpha}'=2,94 \cdot 10^{-6}$ см²/с.

Середнє значення коефіцієнта вологовіддачі для сушильної камери "Vanicek" становить $\bar{\beta}=11,67 \cdot 10^{-6}$ см/с, а середнє значення коефіцієнта вологопровідності $\bar{\alpha}'=2,82 \cdot 10^{-6}$ см²/с.

З результатів розрахунків знайдемо для досліджуваних сушильних камер значення коефіцієнта вологопровідності $\bar{\alpha}'_2=2,92 \cdot 10^{-6}$ см²/с та середнє значення коефіцієнта вологовіддачі $\bar{\beta}_\Sigma=11,75 \cdot 10^{-6}$ см/с.

Проведемо розрахунки тривалості сушіння, щоб визначити поправковий коефіцієнт у формулі $C = A / \pi^2$

$$\tau = \frac{C \cdot S_1^2}{\alpha_\Sigma'} \cdot 10^6 \left(\ln 0.81 \frac{W_0 - W_P}{W_K - W_P} \right). \quad (7)$$

Висновки. За результатами розрахунків тривалості сушіння за формулою (7) та їх зіставлення з тривалістю експериментального сушіння букових пиломатеріалів товщиною $S_1=38$ мм в сушильних камерах періодичної дії отримано значення коефіцієнта $C=1,28$. В теоретичну формулу (7) необхідно внести такі поправкові коефіцієнти:

- для букових пиломатеріалів товщиною $S_1=26$ мм, $C=0,434$;
- для букових пиломатеріалів товщиною $S_1=38$ мм, $C=1,28$;
- для букових пиломатеріалів товщиною $S_1=49$ мм, $C=0,2$.

Користуючись відповідними поправковими коефіцієнтами (C_i), можна визначити тривалість сушіння букових пиломатеріалів на будь-якому етапі процесу.

Кунинець Е.П. Методика определения массообменных коэффициентов процесса сушки буковых пиломатериалов

Рассмотрена методика определения массообменных коэффициентов (сушка, влагопроводимость, влагообмен) на основе экспериментальных исследований процесса сушки буковых пиломатериалов.

Kunynets E.P. Method of determining the coefficients of mass exchanging beech lumber drying process

The method of determining coefficients mass exchanging (drying, conductivity of humidity, exchange of moisture) based on the experimental process of drying of beech timber has been considered.



УДК620.169:621.793

Проф. В.М. Голубець, д-р техн. наук;
доц. О.Б. Гасій, канд. техн. наук; доц. І.М. Гончар, канд. техн. наук;
доц. В.І. Степанишин, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

СУЦІЛЬНІСТЬ ЙОННО-ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТЬ

Наведено результати досліджень впливу технологічних режимів напилення вакуумних йонно-плазмових покриттів на їхню суцільність.

Ключові слова: вакуумне йонно-плазмове напилення, суцільність покриття, кут падіння плазмового потоку, товщина покриття, шорсткість поверхні.

У цій роботі досліджено вплив технологічних факторів на суцільність йонно-плазмових вакуумних конденсатів, отриманих в умовах йонного бомбардування методом КІБ.

Обладнання для осадження покриттів, конструкція катодів як джерел напилюваного матеріалу, а також основні технологічні засади напилення покриттів детально описано в роботі [1].

З огляду на малі товщини досліджуваних покриттів, визначення їх пористості класичними об'ємними методами (як відношення об'єму пор до загального об'єму конденсатів) є неможливим. Тому відносну суцільність вакуумних йонно-плазмових покриттів оцінювали шляхом порівняння корозійної стійкості зразків з покриттями, що були осаджені за різними режимами, зі зразками без покриття.

Результати досліджень залежності суцільності покриття від кута падіння плазмового потоку показують, що зі зменшенням кута напилення суцільність істотно змінюється (рис. 1). Властивості покриттів за кута напилення $\alpha = 90^\circ$ і $\alpha = 60^\circ$ практично однакові, а зі зменшенням кута до 45° і нижче суцільність покриття значно погіршується. Це пов'язано з появою затемнених зон як від мікронерівностей поверхні, так і від осадження та розтікання мікрокрапель, що переносяться плазмовим потоком і також створюють затемнювальний ефект.

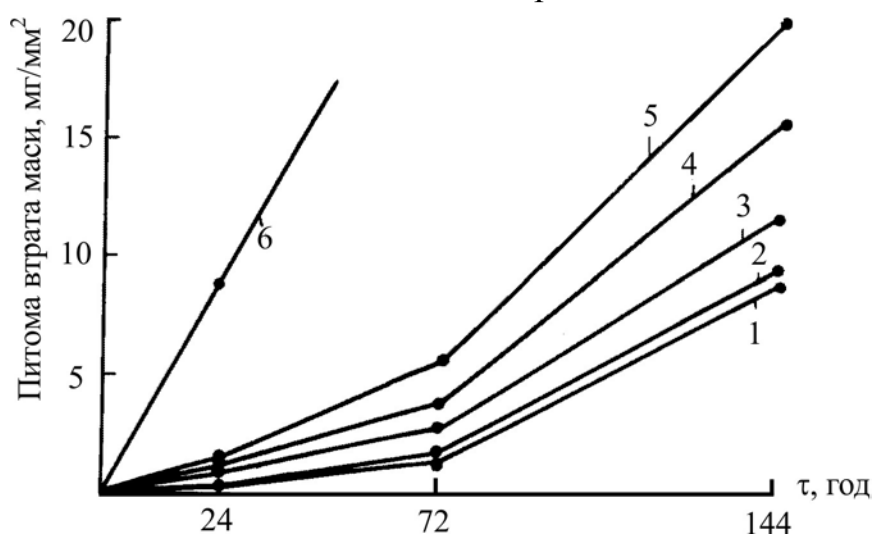


Рис. 1. Корозійна стійкість сталі 3 з покриттям з титану в 5 %-му розчині H_3PO_4 ($R_z = 10$ мкм): 1 – кут падіння плазмового потоку $\alpha = 90^\circ$; 2 – $\alpha = 60^\circ$; 3 – $\alpha = 45^\circ$; 4 – $\alpha = 30^\circ$; 5 – $\alpha = 0^\circ$; 6 – сталь без покриття

При цьому розтікання мікрокрапель може бути таким, що під їх замкненою поверхнею можуть утворюватись мікропори. Таке твердження витікає з результатів дослідження корозійної стійкості плоских ($20 \times 20 \times 1,0$ мм) та циліндричних ($\varnothing 30 \times 5$ мм) зразків з покриттям із титану однакової товщини (товщина покриття на плоскій пластині, напиленого під кутом 90° , становила 5 мкм, на циліндричній – 5...6 мкм). Незважаючи на те, що кут напилення для циліндричного зразка постійно змінюється в діапазоні від 0° до 90° і затемнених ділянок від мікрорельєфу і краплин не повинно утворюватись, стійкість осадженого покриття значно нижча (рис. 2).

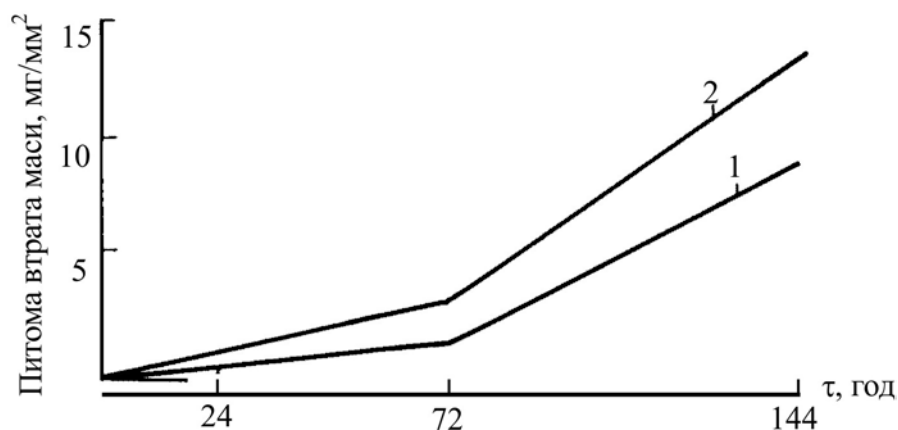


Рис. 2. Корозійна стійкість сталі 3 з покриттям з титану ($R_z = 10$ мкм; $h = 5$ мкм): 1 – плоский нерухомий зразок; 2 – плоский зразок, що обертається

Шорсткість поверхні підкладки істотно впливає на суцільність покриття (рис. 3).

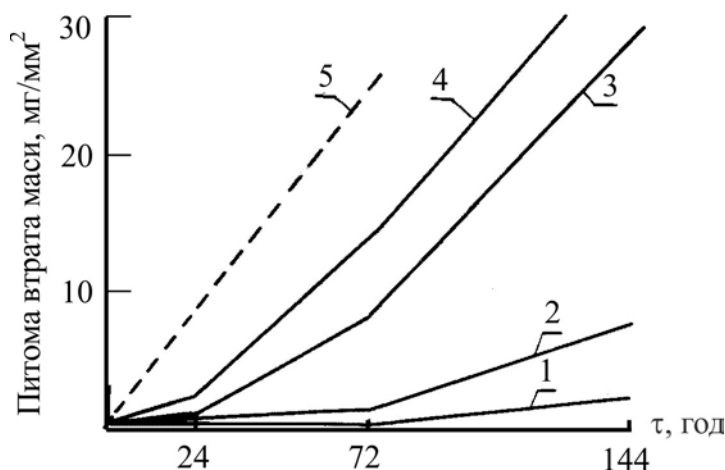


Рис. 3. Корозійна стійкість сталі 3 з покриттями з титану в 5 %-му розчині H_3PO_4 : 1 – $R_a = 0,16$ мкм; 2 – $R_z = 10$ мкм; 3 – $R_z = 40$ мкм, $\alpha = 90^\circ$; 4 – $R_z = 40$ мкм, $\alpha = 45^\circ$; 5 – сталь без покриття

У цьому випадку, очевидно, основну роль в утворенні пор у підкладці відіграють не так самі мікронерівності, як мікрокраплини, що потрапляють на нерівні ділянки поверхні. При цьому утворюються особливо сприятливі умови для затінення поверхні. Доказом ролі мікрокрапель є підвищення корозійної стійкості титанового покриття, що осаджене в середовищі аргону, порівняно з таким, що отримане у вакуумі без напуску робочих газів (рис. 4). Стабільність горіння дуги за наявності аргону є вищою, і на поверхню підкладки потрапляє значно менша кількість краплин, ніж під час випаровування титану у вакуумі, коли частий підпал дуги супроводжується викиданням значної кількості мікрокрапель.

Зі збільшенням струму дуги зростає швидкість напilenня. При цьому різко збільшується вміст рідкої фази у плазмовому потоці, що теж, за інших однакових умов, погіршує суцільність покриття (рис. 4).

Збільшення товщини покриття призводить до зростання кількості закритих пор, що зменшує наскрізну пористість. Однак реальна об'ємна пористість покриття не змінюється.

Вплив температури підкладки напilenня фактично може обмежуватись її впливом на напружений стан конденсатів. Значення температури по-

винно бути таким, щоб не викликати великих залишкових напружень, що може призвести до виникнення внутрішніх надливів з утворенням мікротріщин.

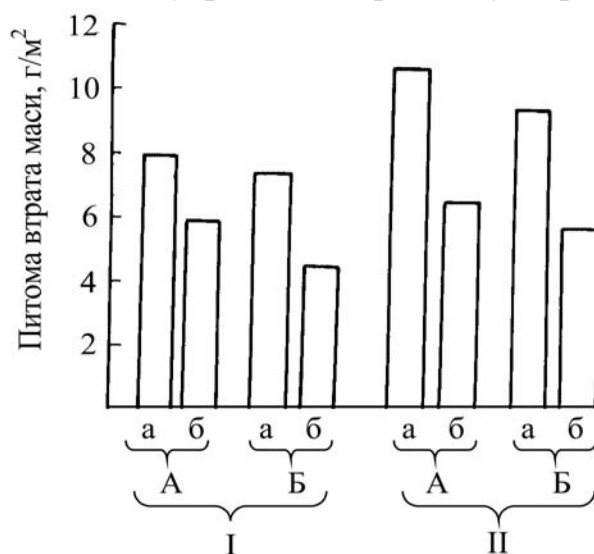


Рис. 4. Корозійна стійкість сталі 3 з покриттями з титану в 5 %-му розчині H_3PO_4 ($\tau = 24$ год): I – $I_0 = 100$ А, $\tau_{\text{нан}} = 1$ год, $R_z = 10$ мкм; II – $I_0 = 150$ А, $\tau_{\text{нан}} = 45$ хв, $R_z = 10$ мкм; А – напилення без легуючого газу; Б – напилення в середовищі аргону при $P_{Ar} = 0,07 \dots 0,08$ Па; а – кут напилення $\alpha = 45^\circ$; б – $\alpha = 90^\circ$

Таким чином, для отримання суцільних покриттів необхідно:

- підвищувати кут падіння плазмового потоку до $60^\circ\text{--}90^\circ$;
- максимально зменшувати шорсткість поверхні підкладки до величини, співмірної з товщиною покриття;
- проводити напилення покриттів за якомога нижчих струмових режимів, що забезпечують стабільне горіння дуги;
- осаджувати покриття на вироби, що обертаються, бажано із сепарованого потоку [1];
- температурні режими осадження конденсатів потрібно підбирати, виходячи із умов отримання покриттів з мінімальними залишковими напруженнями, що виключало б появу тріщин у захисній плівці.

Література

1. Голубець В.М. Вплив технологічних параметрів на деякі характеристики йонно-плазмових покриттів / В.М.Голубець, О.Б. Гасій // Проблеми трибології. – 2004, № 1. – С. 67-71.

Голубець В.М., Гасій А.Б., Гончар І.Н., Степанишин В.І. Сплошность ионно-плазмовых покрытий

Представлены результаты исследований по влиянию технологических режимов напыления вакуумных ионно-плазмовых покрытий на их сплошность

Ключевые слова: вакуумное ионно-плазмовое напыление, сплошность покрытия, угол падения плазмового потока, толщина покрытия, шероховатость поверхности.

Holubets V.M., Hasiy O.B., Honchar I.M., Stepanyshyn V.I. A continuity of vacuum ion-plasma coatings

The results of researchers on influence of technological conditions of vacuum ion-plasma coatings sputtering for their continuity were shown in the article.

Keywords: vacuum ion-plasma sputtering, coating continuity, angle of plasma flux incidence, coating thickness, surface roughness.