

***Biley P.V., Huber Yu.M., Kopynets Z.P. Study duration of drying lumber thickness multistage humble modes of production conditions***

Experimental investigation of convective drying of oak lumber humble thickness in production environments. The results and set the duration of the drying process under different regimes. A formula that allows with sufficient accuracy to determine the duration of the process in industrial drying chambers.

---

**УДК 620.169:621.793**      **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**

**ЗАЛЕЖНІСТЬ ТОВЩИНИ ЙОННО-ПЛАЗМОВИХ  
КОНДЕНСАТІВ ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ПРОЦЕСУ НАПИЛЕННЯ**

Наведено результати досліджень впливу технологічних параметрів процесу вакуумного йонно-плазмового напилення на товщину покрить. Встановлено, що такі параметри технологічних режимів напилення йонно-плазмових покриттів як струм дуги та кут падіння плазмового потоку істотно впливають на процес їх формування і, як наслідок, на їх товщину.

**Ключові слова:** електрофізичні методи, вакуумне йонно-плазмове напилення, товщина покриття, матеріал катоду, струм дуги, кут падіння плазмового потоку.

Електрофізичні методи нанесення зносостійких покриттів на різальний інструмент є ефективним засобом підвищення ресурсу його роботи. Широко відомі, зокрема, такі способи йонно-плазмового напилення у вакуумі як реактивне електронно-променеве напилення (РЕП), активоване реактивне напилення (ARE), які відзначаються забезпеченням низької пористості і рівноважної структури покриттів без попереднього очищення і підігріву з одержанням рівномірних покриттів на інструменті будь-якої конфігурації. У наш час найбільш інтенсивно розвивається метод конденсації речовини з плазмової фази в умовах йонного бомбардування (КІБ), який вигідно відрізняється від своїх попередників простотою і компактністю електронно-променевих випаровувачів, порівняно низькими енергозатратами, високим (до 90 %) рівнем іонізації парів металу та широкими можливостями одержання багатокомпонентних і багатошарових покриттів [1].

**Метою нашого дослідження** є вивчення впливу режимів напилення на формування йонно-плазмових покриттів оптимальної товщини.

Для одержання нітридних покриттів напилення здійснювали в середовищі азоту. Для порівняння товщини нікелевих йонно-плазмових покриттів залежно від умов їх одержання напилення здійснювали в середовищі аргону та у вакуумі з одночасним обертанням зразків. Результати експерименту наведено в табл. 1 та на рис. 1.

Табл. 1. Товщина йонно-плазмових покриттів

| Товщина покриття, мкм | Матеріал катода                | Струм дуги, А |
|-----------------------|--------------------------------|---------------|
| 6,8                   | Ti                             | 75            |
| 7,9                   | Ti                             | 100           |
| 9,2                   | Ti                             | 150           |
| 10,3                  | Ti                             | 200           |
| 5,8                   | TiN                            | 75            |
| 7,9                   | TiN                            | 100           |
| 10,6                  | TiN                            | 150           |
| 12,1                  | TiN                            | 200           |
| 4,1                   | Ni (в середовищі Ar)           | 75            |
| 5,8                   | Ni (в середовищі Ar)           | 100           |
| 8,2                   | Ni (в середовищі Ar)           | 150           |
| 10,9                  | Ni (в середовищі Ar)           | 200           |
| 2,0                   | Ni (на зразку, що обертається) | 75            |
| 2,2                   | Ni (на зразку, що обертається) | 100           |
| 4,0                   | Ni (на зразку, що обертається) | 150           |
| 4,7                   | Ni (на зразку, що обертається) | 200           |

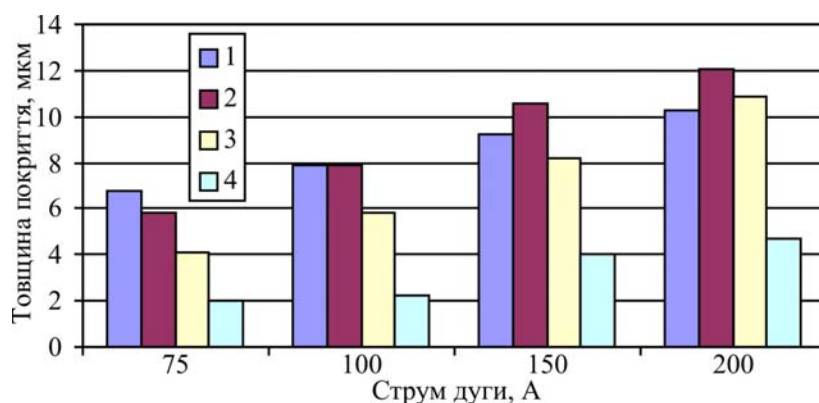


Рис. 1. Залежність товщини йонно-плазмових покриттів від величини струму дуги (1 – покриття з Ti; 2 – покриття з TiN; 3 – покриття з Ni (в середовищі Ar); 4 – покриття з Ni на зразку, що обертається)

З наведених результатів можна зробити такі висновки:

- зі зростанням сили струму дуги спостерігається стабільне збільшення товщини покриття;
- найбільший приріст товщини спостерігається у покриттів, одержаних із TiN та Ni (в середовищі Ar) – на 6,3 мкм та 6,8 мкм відповідно або у 2,1 і 2,7 разів;
- різниця між товщинами покриттів, отриманих із титану, нітриду титану і нікелю (в середовищі аргону) для різних значень струму дуги, є порівняно невелика і перебуває в діапазоні від 15 % за  $I = 200$  А до 29 % за  $I = 75$  А (табл. 2)
- нікелеве покриття, отримане у вакуумі, поступається за товщиною аналогічному покриттю, отриманому в середовищі аргону, у 2,1-2,6 разів, але є більш рівномірним і суцільним завдяки постійному обертанню зразка під час напилювання.

З огляду на те, що під час йонно-плазмового напилення осадження іонів відбувається не тільки на поверхні, що розташовані фронтально до випаровувачів, досліджено закономірність зміни товщини покриття залежно від кута падіння плазмового потоку (табл. 3, рис. 2).

**Табл. 2. Співвідношення між товщинами покриттів, отриманих із Ti, TiN, Ni (в середовищі Ar)**

| Струм дуги, А | Максимальна товщина, мкм (матеріал катода) | Мінімальна товщина, мкм (матеріал катода) | Частка, % |
|---------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|
| 75            | 5,8 (TiN)                                  | 4,1 (Ni в середовищі Ar)                  | 71        |
| 100           | 7,9 (Ti, TiN)                              | 5,8 (Ni в середовищі Ar)                  | 73        |
| 150           | 10,6 (TiN)                                 | 8,2 (Ni в середовищі Ar)                  | 77        |
| 200           | 12,1 (TiN)                                 | 10,3 (Ti)                                 | 85        |

**Табл. 3. Товщина йонно-плазмових покриттів за різних значень кута падіння плазмового потоку**

| Товщина покриття, мкм | Матеріал катода | Кут падіння плазмового потоку, град |
|-----------------------|-----------------|-------------------------------------|
| 10,9                  | Ti              | 90                                  |
| 8,8                   | Ni              | 90                                  |
| 4,5                   | Ti              | 180                                 |
| 3,9                   | Ni              | 180                                 |
| 2,7                   | Ti              | 270                                 |
| 2,5                   | Ni              | 270                                 |

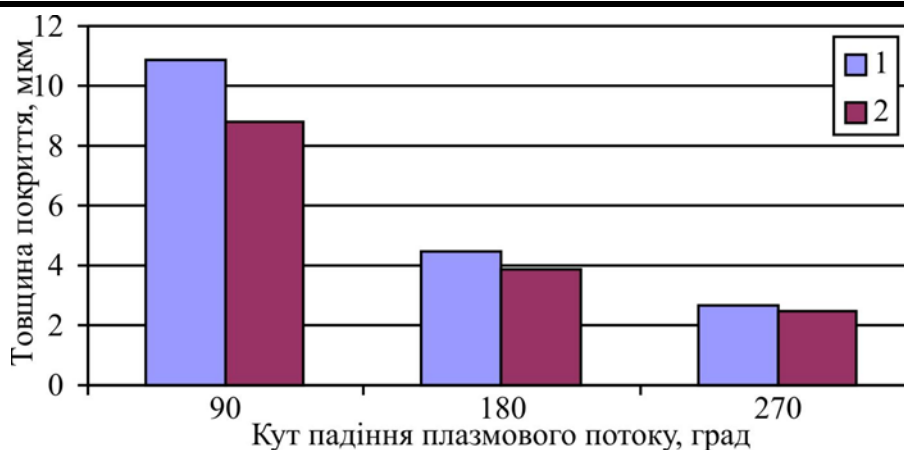


**Рис. 2. Залежність товщини покриттів від кута падіння плазмового потоку (1 – покриття з Ti; 2 – з Ni)**

Одержані результати підтвердили припущення про те, що із зростанням кута падіння плазмового потоку товщина йонно-плазмових покриттів істотно (у 3,5- 4 рази) зменшується. Причому, незважаючи на те, що товщина покриттів, одержаних із Ni, стабільно менша від титанових за всіх досліджуваних значень кута, її відносне зменшення відбувається приблизно в 1,1 раза повільніше, що пояснюється більшим вмістом парової фази в плазмовому потоці під час випаровування Ni.

На підставі проведених досліджень можна зробити висновок про те, що такі параметри технологічних режимів напилення йонно-плазмових покриттів як струм дуги та кут падіння плазмового потоку істотно впливають на процес їх формування і, як наслідок, на їх товщину.

## Література

1. Голубець В.М. Технологічні методи поверхневого зміцнення металічних конструкційних матеріалів / В.М. Голубець. – Львів : Вид-во "Друксервіс", 2000. – 178 с.

**Голубець В.М., Гасий А.Б., Гончар И.Н., Степанишин В.И. Зависимость толщины ионно-плазменных конденсатов от технологических параметров процесса напыления**

Приведены результаты исследований по влиянию технологических параметров процесса вакуумного ионно-плазменного напыления на толщину покрытий. Установлено, что такие параметры технологических режимов напыления ионно-плазменных покрытий как ток дуги и угол падения плазменного потока существенно влияют на процесс их формирования и, как следствие, на их толщину.

**Ключевые слова:** электрофизические методы, вакуумное ионно-плазменное напыление, толщина покрытия, материал катода, ток дуги, угол падения плазменного потока.

**Holubets V.M., Hasiy O.B., Honchar I.M., Stepanyshyn V.I. A dependence ion-plasma condensates thickness upon process technological parameters sputtering**

The results of researchers on influence of technological conditions of vacuum ion-plasma coatings sputtering for their thickness were shown in the article. It is set that such parameters of the technological modes of sputtering ion-plasma coverages as a current of arc and angle of incidence of plasma stream substantially influence on the process of their forming and, as a result, on their thickness.

**Keywords:** electrophysical methods, vacuum ion-plasma sputtering, coating thickness, cathode material, arc current, angle of plasma flux incidence.

УДК 674.05.055

Аспір. Р.Р. Климаш<sup>1</sup> – НЛТУ України, м. Львів

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАЛЕЛЬНОЇ РОБОТИ ВЕНТИЛЯТОРІВ НА СПІЛЬНУ МЕРЕЖУ ВІД ГРУПИ ДЕРЕВООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ

Наведено результати експериментальних досліджень паралельної роботи вентиляторів на спільну мережу. Проаналізовано зміну параметрів вентилятора залежно від зміни кількості робочих вентиляторів та від зміни гідравлічного опору фільтрувальної станції.

**Актуальність.** Конструкція децентралізованої аспіраційної системи (ДАС) для деревообробних верстатів [1] передбачає паралельну роботу вентиляторів на спільну мережу – фільтрувальну станцію. Відомо [1], що для роботи вентилятора в умовах ДАС характерним є постійна зміна його основних параметрів: продуктивності та тиску. На етапі проектування необхідно визначити параметри роботи окремого вентилятора за одночасної роботи довільної кількості вентиляторів. Попередньо було встановлено [1] теоретичні залежності для визначення параметрів вентилятора. Для підтвердження теоретичних залежностей виникла необхідність здійснити експериментальні дослідження спільної роботи вентиляторів на мережу.

<sup>1</sup> Наук. керівник: проф. В.В. Шостак, д-р техн. наук