

Висновок

Обґрунтовано формулювання та на основі чисельної реалізації методу скінченних елементів розв'язано важливу для процесу сушіння задачу визначення двовимірного напружено-деформівного стану деревини з врахуванням реологічних властивостей матеріалу, анізотропії фізико-механічних характеристик в умовах неізотермічного тепломасоперенесення. На основі розроблених алгоритмів проведено чисельний експеримент впливу розподілу гігроскопічної вологи, геометричних розмірів, структурної анізотропії на величини нормальних і тангенціальних напружень.

Література

1. Метод конечных элементов: теория, алгоритмы, реализация/ В.А. Толок, В.В. Киричевский и др. – К.: Наук. думка. – 2003. – 316 с.
2. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
3. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 336 с.
4. Дендюк В.М., Поберейко В.П., Соколовський Я.І. Застосування методу кінцевих елементів для розрахунку нестационарних полів вологоперенесення у висушуваній деревині// Лісове госп-во, лісова, паперова і д/о пром-сть. – Львів: УкрДЛТУ. – 2003, вип. 28. – С. 100-106.
5. Соколовський Я.І., Бакалець А.В. Розрахунок анізотропних нестационарних температурно-вологісних полів у висушуваній деревині методом скінчених елементів// Лісове госп-во, лісова, паперова і д/о пром-сть. – 2004, вип. 29. – С. 109-117.
6. Бакалець А.В., Соколовський Я.І. Моделювання нелінійних тепломасообмінних процесів у висушуваній деревині методом скінченних елементів// Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НУ "Львівська політехніка". – 2005, вип. 12. – С. 16-21.
7. Уголев Б.Н. и др. Контроль напряжений при сушке древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 208 с.
8. Соколовський Я.І., Андрашек Й.В. Методика та результати експериментальних досліджень реологічної поведінки деревини// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць – Львів: УкрДЛТУ. – 1999, вип. 9.13. – С. 15-26.

УДК 620.193

Доц. О.Б. Гасій, канд. техн. наук;
проф. В.М. Голубець, д-р техн. наук – НЛТУ України

КОРОЗИЙНА СТІЙКІСТЬ ЙОННО-ПЛАЗМОВИХ ВАКУУМНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ХІМІЧНИХ СПОЛУК ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ КОРОЗИЙНОГО СЕРЕДОВИЩА І ТОВЩИНИ КОНДЕНСАТУ

Наведено результати досліджень корозійної стійкості йонно-плазмових покриттів у 5 %-их розчинах H_2SO_4 і H_3PO_4 за швидкістю корозії та кінетикою електродних потенціалів, а також впливу товщини покриттів на їх корозійні властивості.

Doc. O.B. Hasiy; prof. V.M. Holubets – NUFWT of Ukraine

Corrosion durability of ion-plasma vacuum coatings based on chemical compounds according to corrosion fluids and condensate thickness

The results of researches of corrosion durability of ion-plasma vacuum coatings in 5 % H_2SO_4 and 5 % H_3PO_4 solutions by corrosion rate, electrode potentials kinetics and influence of coatings thickness are shown.

Метою цього дослідження є вивчення електрохімічної поведінки і корозійної стійкості тонких вакуумних йонно-плазмових конденсатів на основі карбідів титану, карбідів і нітридів заліза і хрому у 5 %-их розчинах сірчаної і фосфорної кислоти та 3 %-му водному розчині хлористого натрію, а також впливу товщини деяких покриттів на їх корозійну стійкість.

Методологічні аспекти досліджень детально описано в роботі [1].

Досліджували покриття на основі хімічних сполук системи Ti-C, отримані у середовищі ацетилену (№4) і метану (№5), а також ФХ-N (№31) і ФХ-C (№32). Режими нанесення таких покриттів наведено в табл. 1.

Табл. 1. Компоненти покриттів і режими їх нанесення

№ покриття	Компоненти покриття	Матеріал випаровувача і струм дуги, А	Робочий газ	Тиск газу, МПа	Опорна напруга, В	Температура підкладки, °С	Товщина покриття, мкм
4	Ti-C	Ti/100	C ₂ H ₂	0,06.0,07	150	400	6...7
5	Ti-C	Ti/100	CH ₄	0,3.0,4	150	400	6...7
31	ФХ-N	ФХ00/100	N ₂	0,2.0,3	150	400	5...6
32	ФХ-C	ФХ00/100	C ₂ H ₂	0,07.0,08	150	400	5...6

Результати вимірів електродних потенціалів досліджуваних покриттів представлено на рис. 1.

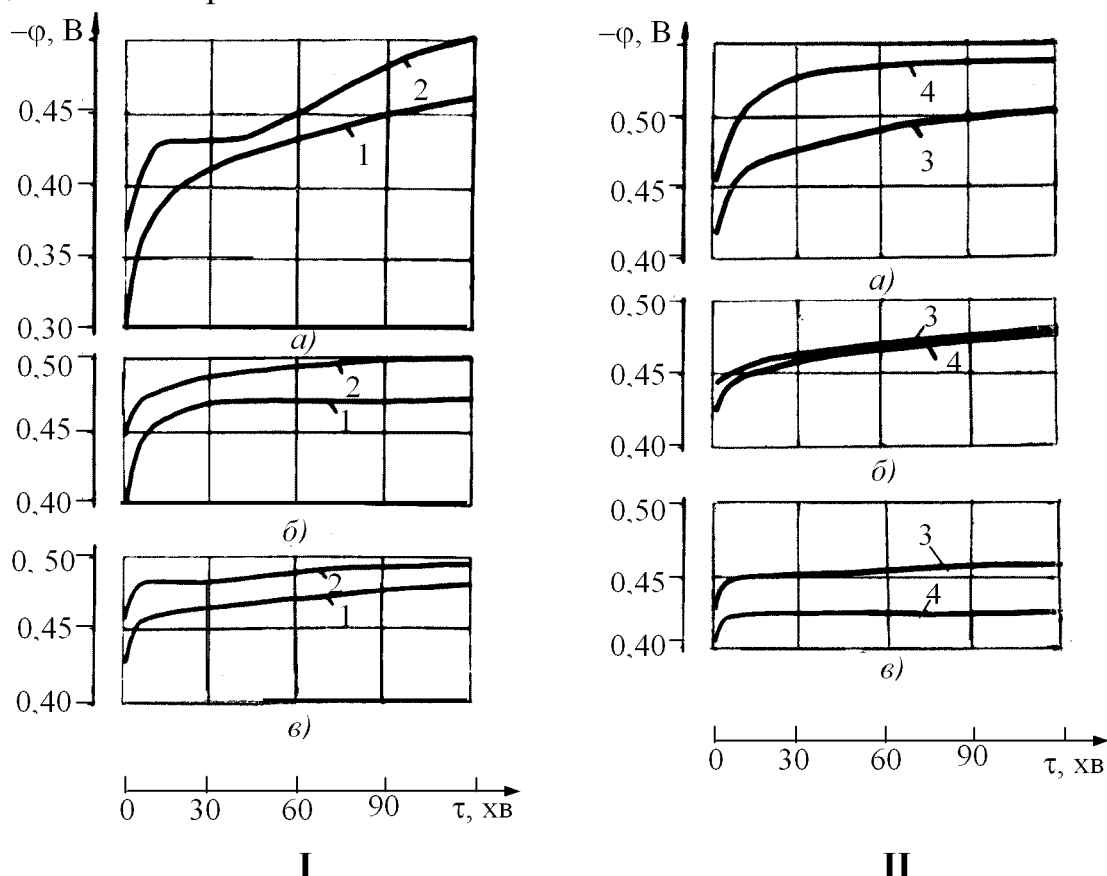


Рис. 1. Кінетика електродних потенціалів сталі Ст. 3 з покриттями на основі хімсполук у 5 %-их розчинах NaCl (а), H₃PO₄ (б) і H₂SO₄ (в): I – покриття №4 – TiC (1) і №5 – TiC (2); II – покриття №31 – Fe-Cr-N (3) і №32 – Fe-Cr-C (4)

Встановлено, що потенціали всіх покриттів у досліджуваних середовищах з часом зміщуються у від'ємну область, що можна пояснити зростанням числа і площі осередків корозії у пористому покритті. Найбільш інтен-

сивне зміщення наявне в розчині хлористого натрію внаслідок активованої дії йонів хлору [2].

У покриттях №4 (TiC) і №5 (TiC) потенціали найшвидше стабілізуються в розчині фосфорної кислоти, в якій є можливим утворення важкорозчинного фосфату заліза [2]. У розчині сірчаної кислоти потенціали цих покриттів постійно зміщуються у від'ємну область, хоча з меншою швидкістю, ніж у розчині хлористого натрію. У всіх середовищах потенціал покриття №4 (TiC) більш додатний, ніж у покритті №5 (TiC), що можна пояснити різницею у фазовому стані (при напиленні покриттів у середовищі CH_4 , очевидно, не відбувається повне утворення карбідів за рахунок недостатнього вмісту вуглецю), а також різними внутрішніми напруженнями, що призводять до неоднакової схильності до утворення і розповсюдження осередків корозії.

Складніше пояснюється електрохімічна поведінка покриттів №31 (Fe-Cr-N) і №32 (Fe-Cr-C). Найбільш швидка стабілізація корозійних процесів на цих покриттях відбувається в розчині сірчаної кислоти. При цьому більш додатне значення потенціалу покриття №32 (Fe-Cr-C) не можна пояснити нижчою пористістю, оскільки в розчині хлористого натрію його потенціал зсувається порівняно з покриттям №31 (Fe-Cr-N) у від'ємну область. Враховуючи, що корозія металів у розчинах сірчаної кислоти супроводжується водневою деполяризацією [2], можна передбачити, що у складі покриття №32 (Fe-Cr-C) є фаза, яка каталітично прискорює катодну реакцію виділення водню, а це призводить до додатного зміщення потенціалу. Зменшення гальмування катодного процесу може прискорити корозію захищеного матеріалу.

Від'ємний зсув потенціалу покриття №32 (Fe-Cr-C) порівняно з потенціалом покриття №31 (Fe-Cr-N) в розчині хлористого натрію пояснюється, очевидно, депасивуючою дією специфічних йонів хлору, що адсорбуються на покритті Fe-Cr-C і його порах, а це не може позитивно вплинути на корозійну стійкість сталі. Фосфорна кислота володіє меншою корозійною активністю, ніж сірчана – в ній відсутні йони хлору, що адсорбуються, можливе утворення важкорозчинних продуктів корозії. Тому різниця у фазових складах покриттів Fe-Cr-N і Fe-Cr-C практично не впливає на їх електрохімічну поведінку.

У роботі досліджено також вплив товщини покриттів №4 (TiC), №27 (Nb) і №8 (Ti-Ni-N) (режими нанесення покриттів №№ 1, 2, 7, 8, 27 див. табл. 1 [1]) на швидкість їх корозії у середовищі 5 %-го розчину H_2SO_4 . Встановлено (рис. 2), що збільшення товщини покриття від 3 мкм до 6 мкм і 9 мкм підвищує стійкість покриття системи Ti-Ni-N (№8) відповідно у 1,8 і 8,2 раза. Це викликано зменшенням кількості наскрізних пор при збільшенні товщини захисної плівки. Така залежність у дещо іншому вигляді характерна і для покриття з Nb (№27). Тут ефект підвищення стійкості досягається при зміні товщини від 6 до 9 мкм. Очевидно, пори в такому покритті утворюються виключно за рахунок крапельної фази, а для повного закриття таких дефектів необхідним є осадження достатньо товстих покриттів.

Зменшення товщини покриттів з TiC (№4) від 6 до 3 мкм не призводить до істотної зміни корозійної стійкості, що викликано як достатньо високою суцільністю покриття, так і збільшенням схильності цього покриття до

відшарування і зростання площі осередків корозії за рахунок високих залишкових напружень. Підтвердженням цього є різке зниження стійкості з товщиною шару 9 мкм.

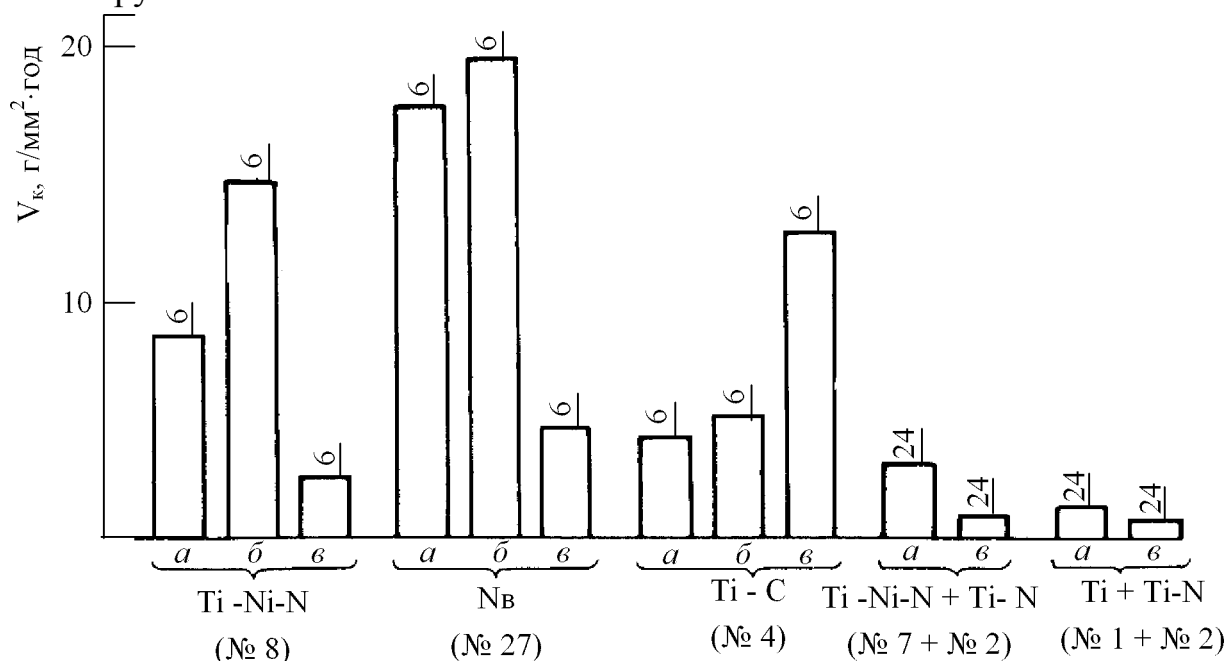


Рис. 2. Корозійна стійкість сталі Ст. 3 з покриттями у 5 %-му розчині H_2SO_4 :
a – товщина покриття 6 мкм, б – 3 мкм, в – 9 мкм. Цифри на гістограмах вказана кількість годин випробувань

Двошарові покриття Ti+(Ti-N) (№1+№2) та (Ti-Ni-N) + (Ti-N) (№7+№2) є достатньо еластичними, тому збільшення товщини шару не призводить до істотного збільшення напруженого стану у покритті, а внаслідок збільшення товщини покриття закономірно зростає корозійна стійкість за рахунок зменшення пористості.

На підставі представлених в [1, 3] і даній роботі результатів досліджень, можна зробити висновок, що у досліджених середовищах добрими захисними властивостями володіють такі вакуумні йонно-плазмові покриття:

- у 5 %-му розчині H_2SO_4 – Ti-N (№2), Ti (№1), Mo (№19), Nb (№27), Mo-Ni-N (№23), Ti-Ni-N (№7), Ti-Ni-N (№8);
- у 5 %-му розчині HCl – Ti-N (№2), Ti (№1), Nb (№27), Mo-Ni-N (№24);
- у 5 %-му розчині H_3PO_4 – Ti-N (№2), Ti (№1), Nb (№27), Ti-Ni-N (№6), Ti-Ni-N (№7), Ti-Ni-N (№8), Mo-Ni-N (№24);
- у 5 %-му розчині HNO_3 – Ti-N (№2), Ti (№1), Nb (№27), FeCr (№30);
- у 3 %-му розчині NaCl – Ti-N (№2), Ti (№1), Ni (№16), Mo (№19), Nb (№27), сталь 12X18H10T (№28), FeCr (№30), Mo-Ni-N (№23), Mo-Ni-N (№24), Ti-Ni-N (№7), Ti-Ni-N (№8).

Захисні властивості покриттів значною мірою залежать від параметрів процесу напилення. При зменшенні кута падіння плазмового потоку на підстилку знижується корозійна стійкість, причому ця залежність посилюється при збільшенні шорсткості поверхонь. Для отримання суцільних корозійно-стійких захисних покриттів необхідно збільшувати кут падіння плазмового потоку до 60...90°. Осадження покриття на підстилку в умовах, коли кут падіння потоку постійно змінюється (тіла обертання), необхідно проводити з сепарацією плазми, або іншими методами, що зменшують вміст крапельної фази у покритті.

Корозійна стійкість покриттів істотно зростає із збільшенням їх товщини за рахунок зменшення кількості наскрізних пор. Однак таке збільшення для деяких композицій (типу TiC і TiN) обмежують великі залишкові напруження, що викликають інтенсивне розширення осередків корозії або відшарування ділянок покриттів під дією активного середовища.

Добрими захисними властивостями володіють двошарові покриття Ti-TiN і Ti-N-Ni-TiN, що забезпечують високий захисний ефект практично у всіх досліджених середовищах. Ці покриття мають широку область пасивності, високу механічну міцність і поряд з цим не обмежуються товщиною, оскільки мають значно менші залишкові напруження на границі розділу покриття – основа.

Література

1. Гасій О.Б., Голубець В.М. Корозійна стійкість йонно-плазмових вакуумних покриттів в середовищі 5 %-го розчину сірчаної кислоти// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2005, вип. 15.1. – С. 292-298.
2. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1976. – 452 с.
3. Гасій О.Б., Голубець В.М. Стійкість до корозії йонно-плазмових вакуумних покриттів в умовах дії кислих і нейтрального середовищ// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУ України. – 2005, вип. 15.3. – С. 85-92.

УДК 674.047

*Проф. Я.І. Соколовський, д-р техн. наук;
аспір. І.Я. Сало – НЛТУ України*

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ВИСУШУВАНОЇ ДЕРЕВИНИ З ВРАХУВАННЯМ МЕХАНІКО- СОРБЦІЙНОЇ ПОВЗУЧОСТІ

Розглянуто фізико-математичну модель визначення напружено-деформівного стану деревини у процесі сушіння з врахуванням реологічної поведінки матеріалу. Деформаційні процеси зумовлюються наявністю вологісного поля у деревині, а також швидкістю зміни вологості. Проведено чисельний експеримент розрахунку в'язкопружних напружень із врахуванням механіко-сорбційної повзучості, пов'язаної зі швидкістю зміни вологісного поля.

Prof. Ya.I. Sokolowsky; doctorate I. Ya. Salo – NUFWT of Ukraine

Determining of stressed-strained state in during wood has been derived in view mechano-sovptve creeping

We have considered physical-mathematical model of determining of stressed-strained state in drying wood process has been derived reological properties of material.

Актуальність досліджень. Процес сушіння деревини супроводжується наявністю залишкового напружено-деформівного стану матеріалу, зміною більшості фізико-механічних властивостей, які визначають якість готової продукції. Виникаючі напруження є основним стримуючим фактором для інтенсифікації процесу сушіння. Тому дослідження напружено-деформівного стану деревини у процесі сушіння з врахуванням особливостей реологічної поведінки матеріалу має важливе значення для раціонального ведення технологічного процесу.