

УДК 614. 842

ЄМЧЕНКО І.В., МИКИТИН О.З., ГИВЛЮД М.М.

Львівська комерційна академія,

*Національний університет «Львівська політехніка»

ПРОЦЕСИ МАСОПЕРЕНОСУ КОМПОНЕНТІВ ВОГНЕБІОЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ ДЕРЕВИНИ

У статті наведені результати досліджень процесів масопереносу антипірену у вогнебіо захищених деревних матеріалах. Встановлено вплив рецептури композиції для покриття на дифузійні властивості водорозчинних компонентів.

Ключові слова: *деревні матеріали, вогнебіо захищена композиція, покриття, процес масопереносу.*

Емченко І.В., Мыкытын О.З., Гивлюд Н.Н. Процессы массопереноса компонентов огнебиозащитного покрытия древесины. В статье приведены результаты исследований процессов массопереноса антипиренов в огнебиозащитных древесных материалах. Установлено влияние рецептуры композиции для покрытия на диффузионные свойства водорастворимых компонентов.

Ключевые слова: *древесные материалы, огнебиозащитная композиция, покрытие, процесс массопереноса.*

Yemchenko I.V., Mykytyn O.Z., Gyvlud M.M. There results of studies of mass transfer processes in fire and bio-protected flame retardant type are introduced in this article. Also there is influence of formulation composition for coating on the diffusion properties of water-soluble components established.

Keywords: *wood materials, fire-retardant bioprotective composition coating process of mass transfer.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Деревина, як будівельний матеріал, знайшла широке застосування у будівництві завдяки своїм високим механічним та експлуатаційним властивостям і легкості оброблення. У зв'язку із підвищеною горючістю деревина є пожежонебезпечним матеріалом. Підвищити вогнестійкість будівельних конструкцій з деревини можливо за допомогою вогнезахисного оброблення, суть якого полягає у наданні деревині здатності протистояти дії полум'я, запобіганню вільного доступу Оксигену, який сприяє деструкції деревини та прискоренню процесу горіння.

Окрім цього, якість деревини знижують дерево руйнівні гриби, які спричиняють гниття за рахунок ферменту, що перетворює нерозчинну у воді целюлозу $(C_6H_{10}O_5)_n$ на розчинну глюкозу $(C_6H_{12}O_6)_n$, яка є поживним середовищем для подальшого розвитку грибів. У тілі грибів глюкоза окислюється киснем повітря, утворюючи вуглекислий газ та воду. Деревина при цьому забарвлюється, зменшується її маса, вкривається сіткою поперечних та повздожних тріщин, втрачає міцність і розпадається.

Гриби розвиваються за наявності кисню повітря, температури середовища $20...70^{\circ} C$ та вологості деревини не менш за 20%. Тому для забезпечення довговічності деревини використовують атмосферне або камерне сушіння, яке призупиняє гниття, але гриби зберігають здатність до подальшого розвитку.

Деревина до того ж може пошкоджуватися комахами (червоточина), яку можна побачити у вигляді невеликих отворів, борозенок, канавок. Основних руйнувань завдають личинки, які живляться деревиною.

Тому ефективним способом підвищення вогне- та біостійкості деревини є просочення її водними вогнебіостійкими засобами або захист спеціальними покриттями.

Отже, важливим завданням є створення вогнебіостійких захисних покриттів із прогнозованим комплексом властивостей для забезпечення довговічності деревних матеріалів та конструкцій.

Для вогнебіозахисту деревини використовують суміш МС, де антипіреном є водний розчин діамонійфосфату, амонію сульфату та ПАР, а антисептиком – водний розчин натрію фториду. Ефективність даного складу не є високою, тому він забезпечує II групу вогнезахисту деревини [1]. На даний час ефективною є просочувальна композиція для поверхневого вогнебіозахисту деревини ДСА-1 та ДСА-2 [2] на основі водного розчину суміші МС, але як антисептик використано водний розчин плівкоутворюючого полімеру полігексаметиленгуанідин хлорид або фосфат. Однак, ефективність захисту також є недостатньо високою за рахунок вимивання антипірену.

Початковою стадією вимивання антипірену є адсорбція парів води капілярно-пористою структурою деревини з наступним його розчиненням. За допомогою капілярних сил розчин виноситься на поверхню деревини, де після висихання обсипається [3]. Тому, чим вища вологість навколишнього середовища, тим швидше вимивається антипірен. Для зменшення швидкості масопереносу антипіренів у вогнебіо захищеній деревині можливо використовувати полімерну водорозчинну плівку антисептика «Гембар» (суміш

ДСА-1, ДСА-2) та полімерної водорозчинної гідрофобної силіційорганічної плівки «Силол» [4].

Для вогнебіозахисту деревини можна використовувати покриття на основі наповнених оксидами металів та борною кислотою силіційорганічних сполук, наявність якої за рахунок полімеризації значно зменшує показник вимивання антипіренів та антисептика, що зумовлено стабільністю силоксанового зв'язку.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. У попередніх дослідженнях [5, 6] авторами були розроблені і випробувані композиції для одержання вогнебіостійких покриттів для деревних матеріалів. Для дослідження використовували композицію на основі карборансилоксанового лаку (К-2104) з оксидними і силікатними наповнювачами, яку наносили на зразки деревини сосни і дуба. Дослідження проводили з використанням стандартних методів фізико-хімічного аналізу, а експлуатаційні властивості визначались згідно із вимогами стандартів.

Цілі статті полягають у встановленні та вивченні процесів масопереносу антипіренів у вогнебіо захищеній деревині.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Вогнебіо захисні покриття виготовляли методом механохімічного оброблення вихідних компонентів у кульових млинах. Склад вихідної композиції для покриття є таким, мас. %: карборансилоксановий лак – 25-30; алюмінію оксид – 20-35; цинку оксид – 12-18; базальтове волокно – 3-5.

Для визначення коефіцієнта дифузії антипірену провели експериментальні дослідження на зразках деревини розміром 150×60×30 мм згідно із вимогами ГОСТ 2140 [7]. На висушені зразки деревини наносили захисне покриття товщиною 600 мкм, яке затвердівало протягом 24 годин за температури 20⁰С. Досліджуваний зразок закріплювали у спеціальній кюветі з органічного скла з умовою дослідження вимиваємості по одній площині на відстані 25 мм від торцевої поверхні та на глибині 5 мм, заливали 100 мл розчину амонію сульфату 10% концентрації або дистильованої води (рис. 1).

Через відповідний проміжок часу, перемішавши розчин скляною паличкою, відбирали піпеткою 10 мл розчину та визначали концентрацію антипірену (табл. 1) згідно із ДСТУ 4479 [8]. Для порівняння паралельно випробовували зразки деревини, просочені антисептиком «Гембар» та гідрофобізатором «Силол» з усіх боків.

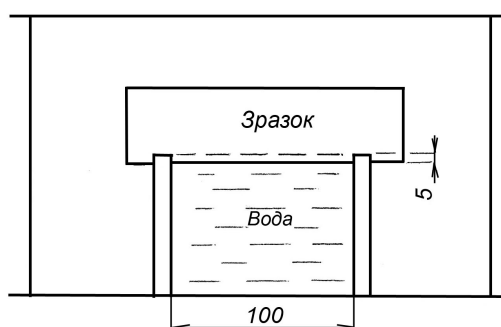


Рис. 1. Схема методу випробувань щодо вимиває мості вогнебіозахисних покриттів

Одержані експериментальні результати (табл. 1) вказують, що розроблене нами вогнебіостійкого захисного покриття є найбільш ефективним, оскільки вимивання компонентів матеріалу починається тільки при дії води понад 20 годин. Для складів ДСА-1 процес вимивання починається уже при експозиції зразка у воді впродовж 30 хв.

Таблиця 1
Результати експериментального визначення вимиває мості антипірену з вогнебіо захищеної деревини

Зразок деревини	Вогнебіо захисний засіб	Тривалість вимивання антипірену, хв							
		10	30	60	240	360	600	1200	1440
		Вміст антипірену у воді, г							
Сосна	ДСА-1	0,18	0,24	0,31	0,80	1,16	1,44	1,60	1,65
Дуб		0,14	0,17	0,21	0,56	0,82	1,12	1,32	1,33
Сосна	Суміш ДСА-1 та гідрофобізатор «Силол»	0	0,006	0,03	0,06	0,16	0,20	0,35	0,41
Дуб		0	0,003	0,01	0,03	0,09	0,12	0,27	0,31
Сосна	К-2104, Al ₂ O ₃ , ZnO, базальтове волокно	0	0	0	0	0	0	0,012	0,02
Дуб		0	0	0	0	0	0	0,08	0,012

Сутність пошарового вимивання антипірену із вогне захищеної деревини полягає у тому, що весь внутрішній об'єм пор заповнений твердою розчинною речовиною, а вода поступово проникаючи у матеріал розчиняє цільовий компонент та відводить його від фронту розчинення за рахунок дифузії та градієнта концентрації [9, 10].

Одержані результати досліджень свідчать, що наявність у складі покриття карборансилоксану, який при затвердінні полімеризується із утворенням щільної водопроникної плівки значно покращує суцільність поверхневого

шару, через який вода практично не проникає. Він також має високу гідрофобність ($\Theta = 134^\circ\text{C}$), що активно позначається на зменшенні вимиваємості антипірену.

Процес дифузії антипірену з деревини можна описати рівнянням:

$$\frac{d^2 C}{dx^2} = 0$$

з граничними умовами: при $x = 0$. $C = C_{\max}$; при $x = Z_0$ $C = C_f$ маємо наступний розподіл концентрації на поверхні деревини:

$$C = C_{\max} - \frac{C_{\max} - C_f}{Z} x$$

Частка антипірену, яка виходить з деревини описується залежністю:

$$C = C_{\max} \frac{Z}{h}$$

де Z – координата фронту фазового перетворення, м;
 h – ширина зразка з покриттям, м.

Частка антипірену, яка залишається у деревині дорівнює:

$$m_0 = 1 - \frac{Z}{h}$$

За одержаними експериментальними даними розраховано зміну частки антипірену для деревини, яка була оброблена (рис. 2).

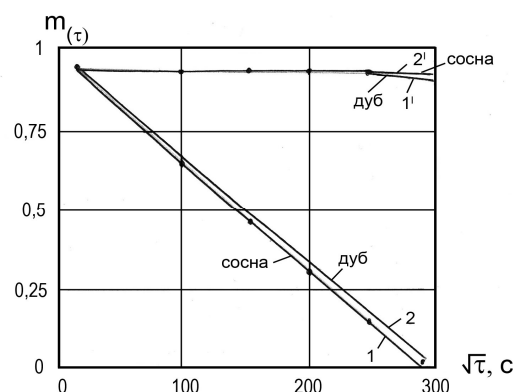


Рис. 2. Зміна частки антипірену у деревині, обробленої сумішшю амонію фосфату та сульфату (1, 2) і покритого наповненим карборансилоксаном ($1'$, $2'$) у процесі вимивання

Після визначення тангенса кута нахилу одержаної прямої, знайдемо коефіцієнти дифузії (D) за відомих значень C_1 , C_{max} і за залежністю:

$$D = \frac{h^2 \cdot c_{max}}{2 \cdot C_1} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha$$

який становить для обидвох порід деревини вогнезахищеної сумішшю амонію фосфату та сульфату $2,9 \cdot 10^{-5}$ м/с.

Дифузійні характеристики деревини, покритої захисним наповненим полімерним покриттям розраховують на основі рівняння стаціонарної дифузії антипірена через плівку на поверхні плоского зразка [11]:

$$\frac{d^2 Cx}{dx^2} = 0$$

де Cx – концентрація антипірена на віддалі x від середини зразка.

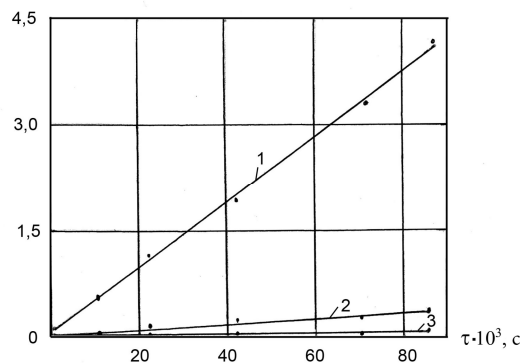


Рис. 3. Динаміка зміни частки антипірену у деревині, яку захищено сумішами ДСА-1 (1), ДСА-1 та гідрофобізатором «Силол» (2) та захисним покриттям на основі наповненого карборансилоксану (3)

Висновки та перспективи подальших досліджень. На підставі раніше одержаних результатів досліджень визначення ефективності вогнебіозахисту деревних матеріалів та виробів з них можна зробити висновок про доцільність подальших досліджень в цій галузі. Доведено ефективність вмісту у складі композицій і покриттів на їх основі силіційелементорганічної складової.

Література

1. ТУ У 24.6-32528450-001-2003 Сумішіпросочувальні для поверхневої вогнебіозахисної деревини
2. Сертифікат відповідності серія ВБ № 298765 від 25.11.2005 Просочувальна суміш ДСА-2 для вогнебіозахисної обробки деревини.
3. Жартовский В.М., Цапко Ю.В., Гудович О.Д., Соколенко К.І. Дослідження

токсичності продуктів горіння вогнезахищеної деревини // Коммунальное хозяйство городов: Сб. науч. трудов. Вып. 63 (Технические науки и архитектура). - К.: Техніка, 2005. - С. 320-326

4. Тичино Н.А. Особенности практического применения огне- и биозащитных средств для пропитки древесины // Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Вып. 6.-М.: ВНИИПО, 2002.-С. 38-43.

5. Пат. на корисну модель № 52989 України МПК (2009) С09D 5/18. Композиція для вогнебіостійкого покриття / М. М. Гивлюд, Ю. В. Гуцуляк, Д. Л. Дубина, О. З. Микитин (Україна) ; Львівський державний ун-т безпеки життєдіяльності МНС України. – и 2010 00422; заяв. 18.01.2010 ; опубл. 27.09.2010, Бюл. № 18. – 4 с.

6. Микитин О. З. Шляхи покращення експлуатаційних властивостей оброблених деревних матеріалів / О. З. Микитин // Товарознавчий вісник : збірник наук. праць Луцького національного технічного університету. – 2011. – Вип. 3. – С. 142-147.

7. ГОСТ 2140-81. Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения. М.: Издательство стандартов, 1981.

8. ДСТУ 4479 : 2005. Речовини вогнезахисні для деревини. Загальні технічні вимоги та методи випробувань.-К. Держспоживстандарт України. 2006.-17 с.

9. Борисов П.Ф. Теоретические исследования процесса вымывания антипирена из огнебиозащищенной древесины/ П.Ф. Борисов // Коммунальное хозяйство городов : Сб. науч. Тр.-К.: Техника. 2000.-Вып. 29.-С. 263-266.

10. Цапко Ю.В. Розрахунок швидкості висолювання антипірену у вогнезахищеному шарі деревини / Ю.В. Цапко// Наук. Вісник УкрНДІПБ.-К., 2006.-№ 1(13).-С. 83-89.

11. Цапко Ю.В. Дослідження процесів масопереносу антипірену в вогнезахищеній деревині /Ю.В. Цапко, В.М. Жартовский// Наук. Вісник УкрНДІПБ.-К.:2009, №1 (19).- С. 118-126

Стаття поступила в редакцію 25.01.2014 р.