

ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ДЕРЕВИНИ

*Інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського, Україна
Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

В роботі наведено результати експериментальних досліджень механізму вогнезахисту целюлозовмісних матеріалів після просочення їх модифікаторами, визначено ефективність модифікування деревини на зменшення робочого перерізу та збільшення вогнестійкості дерев'яних конструкцій стійкості.

Деревина, яка разом з іншими неорганічними матеріалами, широко застосовується в будівництві та машинобудуванні, завдяки своїм механічним та експлуатаційним властивостям, але чутлива до впливу високої температури, вологості та біологічного пошкодження, що призводить до виходу із ладу дерев'яних конструкцій у результаті обвуглювання при горінні.

На сьогодні запропоновано невелику кількість вогнезахисних препаратів, зокрема суміш сульфату амонію, діамонійфосфату і фториду натрію (вогнезахисна композиція МС), або ортоборату натрію і борної кислоти (вогнезахисна композиція ББ), та суміш карбонату натрію і борної кислоти (вогнезахисна композиція БС), які забезпечують лише II групу вогнезахисної ефективності, до того ж композиція МС вміщує високо небезпечну речовину (фторид натрію) у рецептурі вогнебіозахисного препарату. На теперішній час з'явилися ефективні просочувальні композиції (суміші), зокрема композиція з антипірену (фосфати та сульфати амонію) та антисептика "Гембар", які забезпечують I групу вогнезахисної ефективності згідно ГОСТ 16363 [1].

З метою визначення області температур, за яких термічна деструкція матеріалів відбувається найбільш інтенсивно, проводилось попереднє термогравіметричне дослідження процесів термічної деструкції в динамічному режимі із застосуванням дериватографа Q-1500 D.

Досліджували зразки тирси соснової деревини, а також обробленої вогнезахисними засобами на основі фосфатів та сульфатів амонію та за наявності полімерного антисептика "Гембар" в атмосфері повітря нормального складу (вміст кисню - 21 % об.). У всіх дослідях маса зразка становила 190 мг, швидкість нагрівання - 5 градусів на хвилину, зразок порівняння - порошок α -корунду, матеріал тиглів - алунд, чутливість гальванометрів: ДТА - 250 мкВ, DTG - 500 мкВ. Результати досліджень ілюструються рис. 1 - 2.

У всіх досліджених зразках за температур до 100 °С, відбуваються ендотермічні процеси, які супроводжуються втратою їх маси. Такі процеси зумовлюються випаровуванням хімічно незв'язаної води без деструкції матеріалу зразків. Крім того, органічні речовини втрачають конституційну воду (ендоефект з максимумом при 190 °С на рис. 1 з додатковою втратою маси). Температури, за яких починається інтенсивна деструкція, тобто спостерігається

швидка втрата маси зразків, суттєво не відрізняються і становлять 200 - 215 °С. Однак характер і послідовність термічних ефектів (криві DTA) для кожного матеріалу особливі, що пов'язане з відмінностями їх хімічного складу.

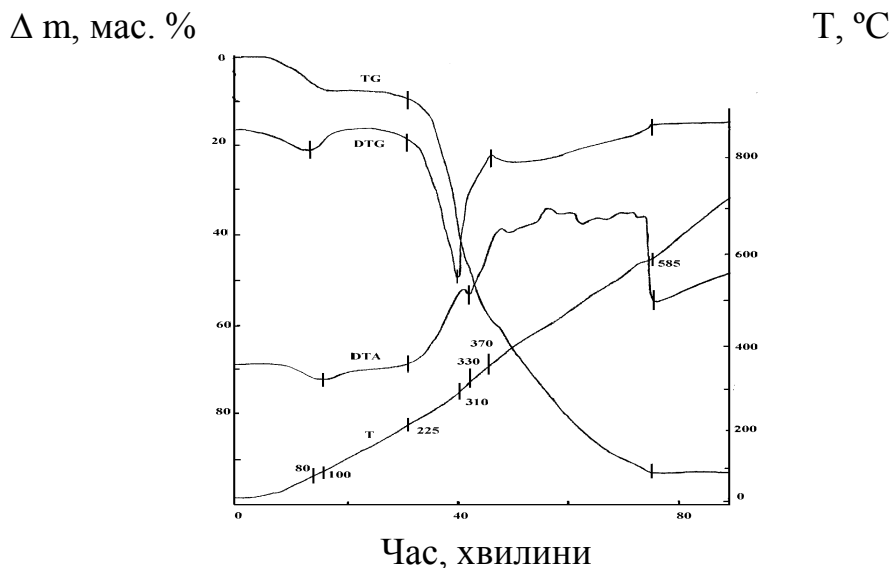


Рис. 1. Криві термогравіметричного аналізу зразків не обробленої соснової деревини в нормальній повітряній атмосфері

У зразку незахищеної деревини поряд з ендотермічними процесами піролізу (відщеплення летких продуктів) навіть за порівняно невисоких температур відбуваються екзотермічні окиснювальні процеси, про що свідчить хід кривої DTA в області першого піка кривої DTG (рис. 1), а саме наявність помітного екзо ефекту починаючи з температури 225 °С, на який накладається менший за величиною ендоефект з максимумом в області 330 °С.

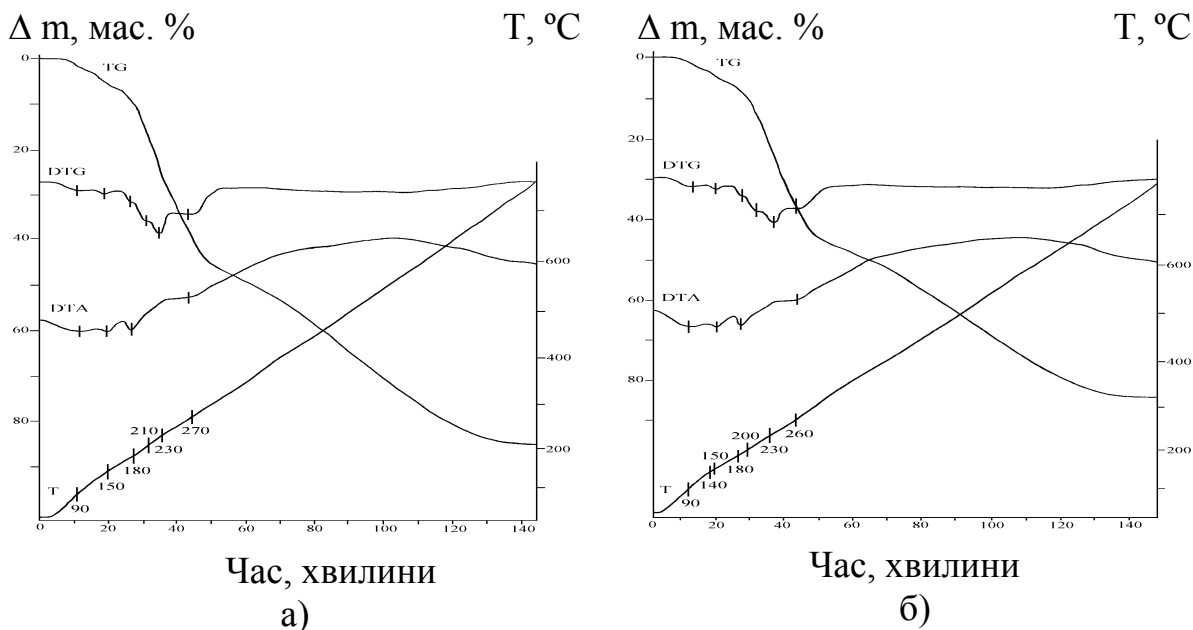


Рис. 2. Криві термогравіметричного аналізу зразків соснової деревини обробленої засобом на основі фосфатів та сульфатів амонію (а) та додатково полімерним антисептиком "Гембар" (б) в нормальній повітряній атмосфері

Відмічається також наявність двох суттєво відмінних стадій деструкції у процесі нагрівання досліджуваного зразку незахищеної деревини, а саме, характерною є стадія інтенсивної втрати маси до температур 370-390 °С, яка може бути зумовлена утворенням і полуменим горінням газоподібних продуктів, та повільніша стадія (за більш високих температур - після того, як величина відносної втрати маси вже досягла 60 - 70 %), яка зумовлена здебільшого вигорянням карбонізованого залишку і характеризується більшим екзотермічним ефектом. Таке співвідношення величин термічних ефектів спостерігається, очевидно, внаслідок того, що полуменим горінням (перша стадія) відбувається переважно за межами тигля і значно менше впливає на показання термопари, ніж гетерогенний процес окислення карбонізованого залишку на межі розділу “тверда речовина - газ” (друга стадія).

Окремого аналізу потребують зміни характеру кривих термогравіметричного аналізу зразків деревини (особливо кривих TG і DTA), що проявляються для деревини обробленої засобами на основі фосфатів та сульфатів амонію та за наявності полімерного антисептика “Гембар” (рис. 2 а, б). Для них практично не змінюється температура початку термоокиснювальної деструкції деревини (200-205 °С) і температура, за якої спостерігається максимальна швидкість деструкції (210-325 °С); величина цієї швидкості також суттєво не змінюється (максимальні відхилення відповідних кривих DTG близькі за величиною). Натомість процеси деструкції на другій стадії у значній мірі залежать від природи вогнезахисної композиції: в міру її вогнезахисної дії сповільнюється втрата маси. Відповідно змінюється і вигляд кривих DTA, а саме зменшується висота і збільшується ширина піків, які характеризують протікання екзотермічних перетворень, внаслідок чого закінчення процесу термоокиснювальної деструкції фіксується за вищих температур. Така відмінність впливу вогнезахисних засобів на протікання деструкції на різних стадіях обумовлюється різними механізмами, за якими відбувається втрата маси зразків. Якщо на першій стадії йде переважно піроліз із відщепленням летких продуктів, швидкість якого не залежить від подальших хімічних перетворень цих продуктів, то на другій стадії швидкість втрати маси визначається кінетикою взаємодії карбонізованого залишку з окисником.

Одним з методів, який дає можливість дослідити утворення летких продуктів вогнезахисної деревини є газохроматографічний аналіз. З урахуванням результатів термогравіметричних досліджень процес термодеструкції зразків рослинної сировини проводили в умовах, за яких утворення газоподібних продуктів відбувається з найбільшою швидкістю. Інтенсивне газовиділення починалось за температури 200-215 °С, за участі екзотермічних процесів температура зразка швидко зростала до 310-350 °С. Основна кількість (понад 90%) продуктів піролізу надходила в газозбірник в діапазоні 210-320 °С, у якому, за даними термогравіметричного аналізу, деструкція відбувається за механізмом відщеплення летких продуктів.

Для одержання газоподібних продуктів термічної деструкції використане спеціальне обладнання, яке розроблене та виготовлене раніше [2]. За наведеною

методикою були проведені дослідження та зібрані леткі продукти піролізу. Результати газохроматографічного аналізу одержаних горючих газових сумішей наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Якісний і кількісний склад газоподібних продуктів термічної деструкції
деревини

| Компонент | Вміст компонентів у летких продуктах деструкції деревини, % об. | | |
|---|--|---|--|
| | соснової деревини | соснової деревини, обробленої сумішшю фосфатів та сульфатів амонію | соснової деревини, обробленої сумішшю фосфатів та сульфатів амонію і полімерним антисептиком |
| CO | 39,08 | 15,8 | 12,84 |
| CO ₂ | 51,93 | не виявлено | не виявлено |
| CH ₄ | 6,05 | 0,54 | сліди |
| C ₂ H ₆ + C ₂ H ₄ | 0,45 | не виявлено | не виявлено |
| C ₃ H ₈ | 0,19 | не виявлено | не виявлено |
| C ₃ H ₆ | 0,32 | не виявлено | не виявлено |
| H ₂ | 0,73 | 0,44 | 0,11 |
| O ₂ | 0,26 | не виявлено | не виявлено |
| N ₂ | 0,99 | 83,22 | 87,04 |

Як видно з таблиці, після піролізу необробленої та обробленої деревини вогнезахисними засобами на основі фосфатів та сульфатів амонію, суміші продуктів деструкції суттєво відрізняються за вмістом азоту та кількістю горючих газів.

За експериментальними даними, середня швидкість обуглювання деревини в конструкціях така: масивні елементи перетином не менше 150x150 мм – 0,6 мм/хв., дощата обшивка, перегородки з дошок товщиною 15-20 мм – 0,8÷1,0 мм/хв. Що стосується захищеної деревини то значення швидкості обуглювання невідомі і залежать від природи модифікаторів і їх властивостей. Прогнозування середньої швидкості обуглювання для деревини запропоновано проводити за залежністю [2]:

$$V_o = \frac{m}{\rho_w}, \quad (2)$$

де m – масова швидкість вигорання деревини (швидкість втрати маси), кг/(м²·с);
 ρ_w – щільність деревини (вологість 10÷12 %), кг/м³.

Дослідженнями проведеними в [1] встановлено, що для захищеної деревини швидкість вигорання становить 2,8 г/(м²·с), а для необробленої становить – 8,1 г/(м²·с) відповідно. Визначена швидкість обуглювання деревини становить для захищеної 0,000336 м/хв. і відповідно для необробленої – 0,00096 м/хв.

Розглянемо дерев'яну стійку з цільної деревини. Матеріал стійки - сосна першого сорту. Перетин $b \times h = 0,22 \times 0,20$ м. Вологість деревини - $10 \div 12$ %, Навантаження на стійку $N_H = 740$ кН.

Розрахунковий опір деревини стійки стиску згідно СНиП II-25-80 для деревини I сорту становить $R_c = 25$ МПа [4].

Задаємо послідовні моменти часу горіння дерев'яної стійки при пожежі, визначаємо робочий переріз стійки ($F_c(\tau)$) і напруження стиску ($\sigma_c(\tau)$) (рис. 1).

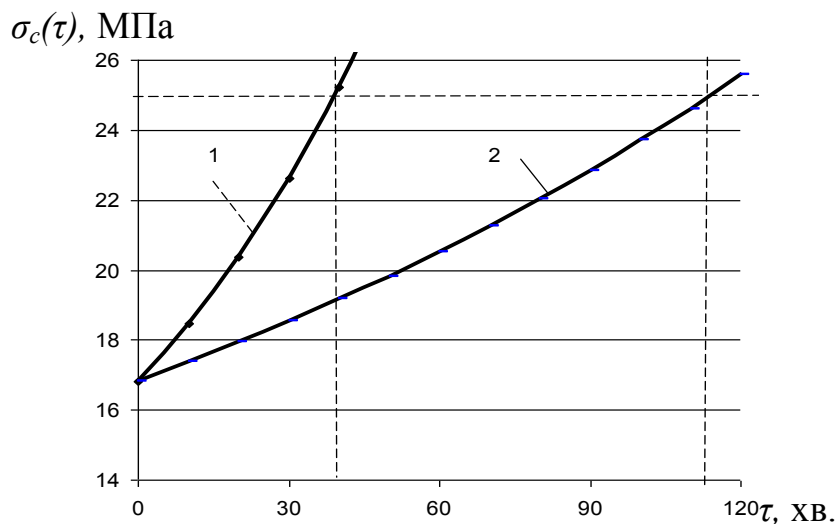


Рис. 3. Залежність напруження стиску ($\sigma_c(\tau)$) від часу горіння τ дерев'яної стійки: 1 – необроблена деревина, 2 – оброблена

Визначаємо час τ від початку займання дерев'яної стійки при пожежі до втрати нею несучої здатності за (5.55), згідно якої $\sigma_p(\tau) \geq R_c = 25$ МПа. Ця умова виконується для необробленої деревини на 40 хв., для обробленої – на 120 хв.

Література

1. *Жартовский В.М., Цанко Ю.В.* Профілактика горіння целюлозовмісних матеріалів. Теорія та практика. Київ: УкрНДПБ МНС України, 2006.- 248 с.
2. *Откідач Д.М., Цанко Ю.В., Соколенко К.І.* Флегматизування горючих газових середовищ. – К.: Пожінформтехніка, 2005. - 196 с.
3. *Шналь Тарас.* Вогнестійкість та вогнезахист дерев'яних конструкцій: Навчальний посібник. – Львів. Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2006.-220 с.
4. СНиП II-25-80 Деревянные конструкции. – М. 1996.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ Ю. В. Цанко

В работе приведены результаты экспериментальных исследований механизма огнезащиты древесины после пропитки их модификаторами,

определена эффективность модифицирования древесины на уменьшение рабочего сечения и увеличения огнестойкости деревянных конструкций устойчивости.

MODIFICATION EFFECT ON WOOD FIRE RESISTANCE

Ju. Tsapko

This paper presents the results of experimental studies of the mechanism flameproof after treatment of modifiers, the efficacy of modifying wood to reduce the working section and increase the fire resistance of wood structures sustainability.