

ВСТАНОВЛЕННЯ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ ТА АДГЕЗІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ СИСТЕМИ «ВОГНЕЗАХИСНЕ ПОКРИТТЯ – ДЕРЕВИНА»

О. Ю. Цапко, інженер

проектно-монтажна компанія «Ай.Бі.Тек»,

***Ю. В. Цапко, доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Наведено результати досліджень вільної поверхневої енергії та її складових, полярної і дисперсної, для деревини сосни та берези. Встановлено послідовності зміни полярності і співвідношення їх з основною компонентою деревних порід за поверхневого оброблення вогнезахисним покриттям, які узгоджуються зі структурними і функціональними особливостями деревини.

Ключові слова: вільна поверхнева енергія деревини, дисперсна і полярна складові, вогнезахисне покриття.

Енергетичний стан поверхні відіграє визначальну роль у фундаментальних фізичних процесах адсорбції, міграції адсорбованих частинок уздовж поверхні, хімічній взаємодії частинок поблизу розділу двох фаз. Якість вогнезахисного оброблення поверхні деревини більшою мірою визначається рівнем адгезійного контакту на межі розділу фаз «покриття – матеріал», який своєю чергою залежить від характеру міжфазної взаємодії.

Вільну енергію поверхні деревини може бути знижено в результаті адсорбції пластифікуючих і стабілізуючих речовин, частини яких мають силове поле меншої інтенсивності, ніж у частин деревини [1]. Таким чином, на поверхні деревини можуть адсорбуватися пластифікуючі і стабілізуючі речовини, що знижують поверхневий натяг, а тому величина адсорбції зумовлюється розміром вільної поверхні, концентрацією, температурою та природою адсорбенту і адсорбтива, і чим більше концентрація речовини, тим більше адсорбція й навпаки.

Мета роботи – визначення умов спрямованої зміни поверхневих енергетичних характеристик деревини за поверхневого оброблення вогнезахисним покриттям.

Матеріали та методика досліджень. Ефективність нанесення вогнезахисних покриттів, їх розтікання і прилипання до деревини зумовлено вільною енергією поверхні, в аспекті полярної і дисперсної частин обох компонентів (покриття і поверхні деревини).

Для оцінки поверхневої енергії деревини та модифікаторів використовували метод Фоукса [2, 3], який дає змогу врахувати дисперсійні, водневі та диполь-дипольні взаємодії на міжфазній межі тверде тіло – покриття:

$$\cos \theta = -1 + 2 \left[\left(\sigma_{mz}^d \cdot \sigma_{жзг}^d \right)^{1/2} + \left(\sigma_{mz}^p \cdot \sigma_{жзг}^p \right)^{1/2} \right] \cdot \sigma_{жзг}^{-1}, \quad (1)$$

де індекс p означає складову повної поверхневої енергії, яка зумовлена водневими та диполь-дипольними взаємодіями, а індекс d – дисперсійними взаємодіями. Це рівняння має дві невідомі величини σ_{mz}^d та σ_{mz}^p , і для практичного використання необхідні дані контактних кутів для двох різних рідин з відомими поверхневими натягами $\sigma_{жзг}^d$ та $\sigma_{жзг}^p$.

Для досліджень використовували зразки деревини сосни відповідно до ГОСТ 2140 [4].

Визначення поверхневого натягу покриття проводили за методом Вільгельми [5]. Поверхневий натяг вогнезахисного покриття становить 53,3 мН/м.

Результати досліджень. Для встановлення зміни поверхневих характеристик спочатку визначили вільну енергію поверхні (ВЕП) дерев'яних зразків. Виміри проводили за методом лежачої краплі, як тестуючі рідини використовували воду і етиленгліколь. При виборі рідин враховували можливість адсорбції рідини після формування краплі: 98 % початкового об'єму краплі мали бути видними в ході дослідження. На кожному зразку було сформовано 10 крапель, середнє значення наведено в табл. 1.

Для проведення випробувань використовували зразки деревини сосни та берези, предметний столик, горизонтальний мікроскоп МІР-2, піпетку.

Проведення випробування: спочатку встановили предметний столик і горизонтальний мікроскоп строго за рівнем. Далі установили шкалу приладу в положення, зручне для відліку, налаштували різкість шкали і горизонтальний мікроскоп так, щоб було видно край зразка. Потім на зразок за допомогою піпетки наносили краплю вогнезахисного покриття. Після досягнення краплею рівноважного стану визначали її висоту і діаметр за допомогою мікрометра, що має певний ступінь збільшення.

Крайовий кут змочування θ визначали через тангенс кута θ , який розраховували за формулою:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{4d \cdot h}{d^2 - 4h^2}, \quad (2)$$

де d, h – діаметр і висота краплі, мм.

За даними крайових кутів було розраховано ВЕП за методом Фоукса. Результати визначення крайового кута змочування тестовими рідинами і визначення відповідних компонентів вільної енергії поверхні деревини сосни та берези наведено у табл. 1.

1. Крайовий кут змочування та компоненти вільної енергії поверхні деревини

Деревина	Крайовий кут		Вільна енергія поверхні			Полярність
	вода	етиленгліколь	загальна	полярна	дисперсна	
сосна	73,2	42,4	49,6	8,2	41,4	16,5
береза	68,6	41,8	55,4	33,3	22,1	60,1

Процес поверхневого оброблення деревини вогнезахисним покриттям залежить від поверхневих властивостей, таких як поверхневий і міжфазний натяги, вільна енергія поверхні, адгезія, ефективність нанесення складів, їх розтікання і прилипання до деревини, однак для визначення ефективного оброблення покриттям щодо їх нанесення на тверду поверхню необхідно знати

ВЕР (на основі двохкомпонентних моделі Фоукса) і адгезійні властивості вогнезахисного засобу.

Для вогнезахисного покриття на основі полівінілацетатної дисперсії за допомогою контактного кута і метода Фоукса розраховано полярні і дисперсні компоненти при обробленні деревини (табл. 2).

2. Крайовий кут змочування та компоненти вільної енергії покриття

Характеристики ВЕР	Покриття
Поверхневий натяг, мН/м	53,3
Кут змочування, °	69,0
Полярна складова, мДж/м ²	7,8
Дисперсна складова, мДж/м ²	29,6
Загальна ВЕР, мДж/м ²	37,4
Полярність покриття, %	20,8

Для того щоб оцінити, наскільки міцні зв'язки між покриттям і поверхнею деревини, необхідно визначити як поверхневу, так і міжфазну енергію системи. Результати визначення крайового кута змочування покриттям деревини і визначення відповідних компонентів вільної енергії поверхні деревини сосни та берези наведено у табл. 3.

3. Компоненти вільної енергії поверхні деревини, обробленої вогнезахисним покриттям

Деревина	Крайовий кут змочування, θ , °	Вільна енергія поверхні, мДж/м ²			Полярність, %
		загальна	полярна	дисперсна	
сосна	62,4	35,08	3,66	32,14	11,4
береза	77,8	40,36	6,22	34,14	15,4

Як показало дослідження, вільна енергія і полярність деревини зменшуються при обробленні її поверхні вогнезахисним покриттям.

Розглядаючи захист деревини від вологості на тривалий період, слід врахувати два параметри: крайовий кут змочування по поверхні водою і міжфазний натяг між покриттям і деревиною. Чим більше крайовий кут, тим краще проявляються водовідштовхувальні властивості. Останні дослідження міжфазної взаємодії вода–дерево і дерево–покриття показали тенденцію до

заміщення фаз, тобто до розриву зв'язків дерево–покриття під дією вологи, що вигідно з погляду термодинаміки.

Потім розглянули вплив функціональних груп покриття на термічну стійкість, для цього за рівнянням Фоукса – Дюпре [6] розрахували термодинамічну роботу адгезії (табл. 4):

$$W = 2 \cdot (\sigma_s^d \cdot \sigma_a^d)^{1/2} + 2 \cdot (\sigma_s^p \cdot \sigma_a^p)^{1/2}, \quad (3)$$

де σ_s^p , σ_s^d – полярна і дисперсна складові поверхневої енергії деревини;

σ_a^p , σ_a^d – полярна і дисперсна складові поверхневої енергії покриття.

4. Термодинамічна робота адгезії покриття до деревини

Деревина	Термодинамічна робота адгезії покриття, мДж/м ²
сосна	85,11
береза	61,69

Як видно з табл. 4, найбільшою є робота адгезії покриття до деревини сосни, однак і для деревини берези це покриття показало значні адгезійні властивості.

Висновок

Отже, поверхнєве оброблення деревини вогнезахисним покриттям зумовлює зниження ВЕП і полярності поверхні деревини. У результаті комплексного підходу до поверхневих властивостей (вивчення змочуваності, полярності, міжфазного натягу) можна підібрати стабільні покриття для деревини різної якості.

Список літератури

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон. – М. : Мир, 1979. – 568 с.
2. Ролдугин В. И. Физикохимия поверхности / В. И. Ролдугин. – Долгопрудный : Изд. дом «Интеллект», 2008. – 508 с.

3. Кузнецов В. Д. Поверхностная энергия твердых тел / В. Д. Кузнецов. – М. : Гостехиздат, 1954. – 226 с.

4. Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения (ГОСТ 2140-81) [Дата введения 1983-01-01]. – М. : Издательство стандартов, 1981. – 17 с.

5. Моррисон С. Химическая физика поверхности твердого тела / С. Моррисон. – М. : Мир, 1980. – 488 с.

6. Кинлок Э. Адгезия и адгезивы. Наука и технология / Э. Кинлок ; пер. с англ. – М. : Мир, 1991. – 484 с.

Приведены результаты исследований свободной поверхностной энергии и ее составляющих, полярной и дисперсной, для древесины сосны и березы. Установлено последовательности изменения полярности и соотношение их с основным компонентом древесных пород при поверхностной обработке огнезащитным покрытием, которые согласуются со структурными и функциональными особенностями древесины.

Ключевые слова: свободная поверхностная энергия древесины, дисперсная и полярная составляющие, огнезащитное покрытие.

The results of investigations of free surface energy and their components - polar and disperse, wood pine and birch. Established sequence polarity and value of the main components of tree species at the surface treated flame retardant coating that is consistent with the structural and functional features wood

Key words: free surface energy wood, disperse and polar component, fireproof coating.