

механічних показників деревини після сушіння – K_6 ; інтенсивність (швидкість) процесу сушіння – I_w , %/с.

До **економічних** критеріїв необхідно віднести показники, які узагальнюють дію технічних та технологічних критеріїв на процес сушіння: енергомісткість процесу; вихід продукції (наявність дефектів, браку, пересортування); обіговість оборотних засобів; собівартість процесу сушіння.

Вибір технології сушіння пиломатеріалів базується на представлених вище критеріях оптимізації. Центральним аспектом технології сушіння є режими сушіння, які призначають залежно від породи деревини, розмірів (товщини і ширини пиломатеріалів), їх призначення, початкової і кінцевої вологості та багатьох інших факторів.

УДК 66. 045 Аспір. Д.П. Кіндзера; проф. Я.М. Ханик д.т.н.; доц. В.М. Атаманюк, к.т.н.; асист. Л.З. Білецька, к.т.н. – НУ"Львівська політехніка"

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ПОРИСТИХ ЗЕРНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

Вивчена кінетика сушіння дисперсного матеріалу-торфу у щільному шарі при русі теплоносія в напрямку зовнішня поверхня шару → перфорована перегородка.

D. Kindzera, prof. Ya. Hanyk, doc. V. Atamanuk, L. Bylecka – NU "Lviv'ska Politekhnikha"

The process of drying the porous of grain materials

The kinetic of drying of the disperse material – the peat in the dense layer was fought.

Сушіння зернистих матеріалів у щільному шарі має свої особливості, які пов'язані як із структурною модифікацією шару в цілому, так і з структурними розмірами та формою окремих частин. Разом з тим, як показали наші дослідження, є аналогія, а іноді й дуже близька, між сушінням дисперсного матеріалу у щільному шарі при русі теплоносія "шар матеріалу → перфорована перегородка" і сушінням листових газопроникних матеріалів різної структурної модифікації. Сушіння у щільному шарі залежно від розміру частин їх форми і фізико-хімічних властивостей можна розглядати і як фільтраційне сушіння, і як власне сушіння у щільному шарі. Може мати місце випадок коли сушіння у щільному шарі має змішаний характер за своїм механізмом, тобто є ознаки як чисто фільтраційного процесу на рівні листових капілярно-пористих колоїдних, так і ознаки сушіння у щільному шарі (шар, що складається з полідисперсних частин, кожна з яких має свою внутрішню структуру).

Але в усіх трьох випадках сушіння дисперсного матеріалу у щільному шарі при вказаному напрямку руху теплоносія (шар матеріалу – перфорована перегородка) швидкість процесу і його ефективність значно перевищують аналогічні показники при сушінні дисперсних матеріалів іншими методами [1].

Особливу проблему становить сушіння дисперсного матеріалу, який широко застосовується промисловістю як тверде паливо – торфу [2]. В даний момент у більшості випадків торф сушиться у пневмосушарках і на реалізацію процесу

витрачається приблизно 50 % сухої маси (як попутне паливо), яка пройшла стадію зневоднення [3]. Це призводить, з однієї сторони до величезних питомих енергетичних затрат, нерівномірності висихання окремих частин при значній тривалості процесу сушіння, а з другої сторони – забруднення довкілля як продуктами горіння, так і твердою дрібнодисперсною фазою, що утворюється у процесі пневмосушіння.

Для розв'язання цієї проблеми і усунення недоліків, які є в існуючих сушарках нами було запропоновано використання для сушіння торфу метод зневоднення у щільному шарі при вищезгаданому напрямку руху теплового агенту. Сушіння торфу у щільному шарі має змішаний характер, це зумовлено, як пористою структурою самого шару (наявність великої кількості каналів), так і пористою структурою окремих частин із яких формується шар.

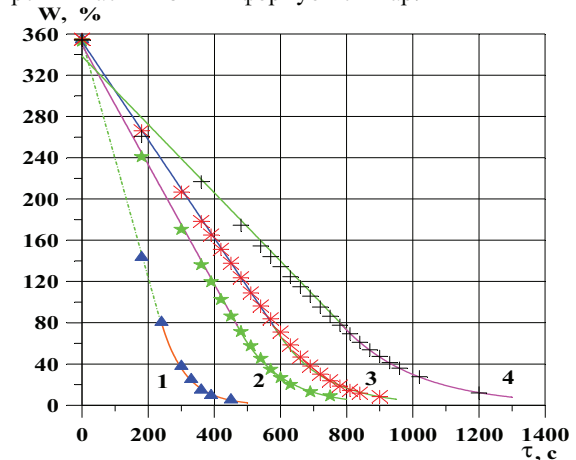


Рис. 1. Кінетичні криві сушіння торфу: ($T = 323\text{ K}$; $\Delta P_c = 2360\text{ Па}$)

Товщина шару: 1– $20 \cdot 10^{-3}\text{ м}$; 2– $30 \cdot 10^{-3}\text{ м}$; 3– $40 \cdot 10^{-3}\text{ м}$; 4– $50 \cdot 10^{-3}\text{ м}$.

Змішаний механізм сушіння підтверджується тим, що з однієї сторони відсутнє механічне витіснення вологи характерне для фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів (пісок), а з другої сторони кінетична крива (рис. 1) характеризується явно вираженим першим умовним періодом і незначними як в часі, так і за кількістю виділеної вологи другим умовним періодом, що пояснюється наявністю зонального механізму процесу сушіння.

Дослідження проводились при різних параметрах теплоносія і висотах шару матеріалу. Характерні кінетичні криві зображені на рис. 1 і 2.

Як видно із результатів досліджень, практично вся волога виділяється у першому умовному періоді (випаровування із поверхні каналів між частинами). Однак наявність другого періоду (з 80 % до 5 % вологості) свідчить про внутрішньо-дифузійні процеси, які відбуваються безпосередньо в окремих частинах.

Результати експериментальних досліджень можна узагальнити за допомогою математичної моделі [4], що дозволяє отримати кінетичне рівняння виду:

$$\frac{W}{W_0} = 1 - \alpha \cdot \tau \cdot e^{-a \cdot h},$$

де " α " і " a " – динамічні коефіцієнти, які визначають із експериментальних даних.

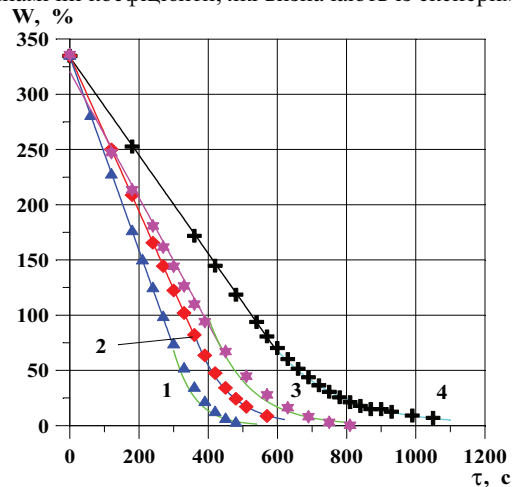


Рис. 2. Кінетичні криві сушіння торфу при різних температурах:
($H = 30 \cdot 10^{-3}$ м; $\Delta P_c = 2360$ Па) 4–313 К; 3–323 К; 2–333 К; 1–343 К.

Рівняння (1) описує кінетику сушіння у першому умовному періоді до досягнення критичної вологості. Разом з тим, порівняно з існуючими методами, використання фільтраційного сушіння усуває забруднення навколишнього середовища твердою фазою, значно зменшує забруднення продуктами горіння внаслідок зменшення питомих енергетичних затрат на випаровування води, а процес сушіння значно інтенсифікується порівняно із існуючими методами.

Література

1. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка в кипящем слое. – М.: "Химия", 1964.
2. Лиштван И.И. Проблемы комплексного использования торфа. ж. Торфяная промышленность. 1986. №2, С. 5-9.
3. Наумович В. М. Искусственная сушка торфа. – М.: Недра, 1984, 222с.
4. Ханьк Я.Н. Фильтрационная сушка плоских проницаемых материалов.: Автореферат дис. док. тех. наук. – Львов, 1992. – 36 с.

УДК 66. 047

Інж. О.П. Кулик; проф. Я.М. Ханьк, д.т.н. – НУ "Львівська політехніка"

ПРОБЛЕМИ СУШІННЯ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ КОЛОЇДНИХ ТІЛ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Проведено аналіз різних методів сушіння капілярно-пористих колоїдних тіл природного походження, в результаті якого була визначена доцільність проведення сушіння цих тіл контактним і фільтраційним методами.

Eng. O. Kulyk, prof. Ya. Hanyk – NU "Lviv'ska Politehnika"

The problems drying of naturale capillary porous colloid materials

Die Analyse verschiedener Trocknungsarten der Kapillar Porigskolloidskörper wurde durchgeführt, danach beschlossen wurde, dass man diese Körper mit Kontakts – und Filtersmethoden trocken muss.

Переважно сушіння капілярно-пористих колоїдних тіл природного походження здійснюється методом конвективного сушіння [1-3], яке полягає в тому, що підведення тепла до висушуваного тіла здійснюється за допомогою нагрітого повітря.

Режими температури та вологості повітря, час сушіння залежать від особливостей матеріалу капілярно-пористих колоїдних тіл та вимог до якості кінцевого продукту. Так, наприклад, для сушіння шкіри при температурі повітря від 38 до 65°C час процесу становить 1,5-2 години [1], при температурі повітря 25°C становить вже 2-3 дні, а при температурі 20°C – 3-4 дні [3]. Відносна вологість повітря при конвективному сушінні теж має досить широкий діапазон значень: від 9 до 71 %, але в більшості випадків вона знаходиться в межах від 18 до 40 % [1].

Конвективне сушіння капілярно-пористих колоїдних тіл природного походження здійснюється, як правило, у три етапи:

- *підв'ялення* – попереднє продування холодним повітрям;
 - *головне сушіння* – доведення вмісту води до технологічних параметрів;
 - *відсушування* – вилучення з напівфабрикату надлишкової води після подальших технологічних процесів.
- Існують також наступні різновиди конвективного сушіння:
- у вільному чи статичному стані – напівфабрикат завішують на гачках або в затискачах;
 - у фіксованому стані – напівфабрикат закріплюють затискачами або наклеюють на гладкі поверхні;
 - у динамічному стані – напівфабрикат закріплюють і під час сушіння багаторазово змінюють його форму.

На практиці сушіння в динамічному стані ще не знайшло застосування.

Конвективне сушіння капілярно-пористих колоїдних тіл здебільшого здійснюється в тунельних сушарках. Для них застосовуються одно-, дво- або триконвеєрні агрегати [1]. При наявності конвеєрів більше, ніж один, вони розташовані один над одним. В сушарках потік повітря спрямовується рівнобіжно обом сторонам капілярно-пористих тіл. В одній частині сушарки повітря рухається вгору, в іншій – вниз.

Конвективне сушіння досить просте за виконанням, за рахунок цього воно й досі є найбільш поширеним методом сушіння. Це стосується як сушіння капілярно-пористих колоїдних тіл, так і інших об'єктів. Однак конвективний процес має один істотний недолік. Це його низька економічність. Крім того, конвективне сушіння має тривалий час процесу, тому воно поступово замінюється іншими методами. Серед них необхідно відзначити: контактне сушіння; контактено-вакуумне сушіння; радіаційне сушіння; електронне сушіння; сублімаційне сушіння; фільтраційне сушіння.

Контактне сушіння [2,3] – це сушіння на нагрітій металевій поверхні, коли тепло, необхідне для випаровування води та нагрівання, передається від гарячої