



Розділ II

ТЕХНОЛОГІЯ
ТА УСТАТКУВАННЯ
ДЕРЕВООБРОБНИХ
ПІДПРИЄМСТВ

УДК 674. 047

Проф. П.В. Білей, д.т.н.; м.н.с. Ж.Я. Гуменюк;
ст. викл. Ю.М. Губер, к.т.н. – УкрДЛТУОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ
ПИЛОМАТЕРІАЛІВ З ДЕРЕВИНИ ТВЕРДИХ ЛИСТЯНИХ ПОРІД

Дано аналітичний опис технічних критеріїв оптимізації сушильних камер, за якими доцільне обґрунтування вибору обладнання. Проаналізовано ефективність вакуумних, конденсаційних та високочастотних сушарок.

Prof. P.V. Biley, Z.Ya. Humeniuk, J.M. Huber – USUFWT

Basing of equipment choice for drying of saw-timbers from hard-wood species
of wood

An analytical description of technical criterions of drying kilns optimizing have been given in accordance with which choice of equipment should be done. Effectiveness of vacuum, condensative and high frequency dryers have been analyzed.

Рациональне управління технологічними процесами тісно пов'язане із застосуванням методів оптимізації, яким задовольняють певні критерії ефективності. Математична модель процесу сушіння може включати у себе одну або кілька цільових функцій, які мають системи обмежень. Ефективність проведення процесу сушіння визначається, в основному, двома взаємозв'язаними цільовими функціями – інтенсифікацією процесу сушіння і покращенням якості висушуваного матеріалу [1].

Вказані цільові функції визначають основний напрям вдосконалення техніки і технології сушіння. Критерії оптимізації визначають одночасно (хоча з різною ступінню) обидві цільові функції. До таких критеріїв належать: основна технічна характеристика обладнання – продуктивність сушильної камери; критерії, які характеризують конструктивні особливості сушарок – рівномірність циркуляції агента сушіння, рівномірність температурного поля; критерії, що характеризують якісну сторону – середню кінцеву вологість матеріалу; відхилення вологості окремих пиломатеріалів від середнього значення; критерії, які характеризують економічну ефективність процесу – його енергомісткість і собівартість.

Критерії оптимізації, які задовольняють дані цільові функції, можна поділити умовно на три групи: технічні, технологічні і економічні. До технічних критеріїв оптимізації необхідно віднести показники, що характеризують технічну сторону об'єкта дослідження, його аеродинамічні і температурні характеристики: продуктивність сушильних установок (за тривалістю сушіння τ), рівномірність циркуляції агента сушіння V_w , коефіцієнт використання циркулюючого агента сушіння η_v , рівномірність температурного поля V_k , коефіцієнт корисної дії сушильної установки η_k . Аналітичний опис критеріїв оптимізації і накладених на них обмежень можна подати такими залежностями.

Продуктивність сушильної камери Π_k . У загальному вигляді продуктивність камери визначається за формулою:

$$\Pi_k = \frac{T}{\tau + \tau_g} E \rightarrow \max, \quad (1)$$

При цьому $\Pi_k \rightarrow \max$ по T , $E \rightarrow \max$ і $\tau + \tau_g \rightarrow \min$. У позначеннях прийнято: T – тривалість роботи сушильної камери у рік; k_r – коефіцієнт використання камери; E – місткість камери (обсяг одночасно завантаженого у камеру матеріалу); τ_g – додатковий час на допоміжні операції; τ – тривалість процесу сушіння, яка визначається за формулою:

$$\tau = C_r \frac{KS_1^2}{a_w} CA_\eta A_\phi \lg \frac{W_w}{W_k}, \quad (2)$$

де: C_r – поправка на багатомірність, яка враховує ширину дошки, $0,5 \leq C_r \leq 1,0$; K – множник, який враховує співвідношення одиниць вимірювання, $50 \leq K \leq 72$; S_1 – товщина матеріалу, см; C – коефіцієнт сповільнення сушіння у штабелі; A_η – коефіцієнт, що враховує реверсивність циркуляції; A_ϕ – коефіцієнт, який враховує ступінь насичення повітря на першій ступені режиму; W_w , W_k – початкова і кінцева вологість деревини, %; a_w – коефіцієнт вологопровідності деревини при температурі змоченого термометра t_w .

Таким чином, якщо абстрагуватися від типу камери і її місткості, рівня механізації допоміжних операцій і використання камери у часі (що можна визначити тільки для даного конкретного випадку) критерій оптимізації Π_k можна виразити через тривалість сушіння τ . Тривалість сушіння (формула 2) визначається в основному характеристикою висушуваної деревини (коефіцієнт вологопровідності a') і обмежується допустимою швидкістю випаровування вологи:

$$a' = \frac{S_1}{2} \frac{dW}{d\tau} / \frac{dW}{dx} \rightarrow \max, \quad (3)$$

де: $dW/d\tau$ – швидкість сушіння; dW/dx – перепад вологості за товщиною матеріалу; W – вологість матеріалу, %.

Рівномірність циркуляції агента сушіння. Як показник, за яким зручно порівнювати різні варіанти схем та інтенсивності циркуляції, приймають коефіцієнт змінності (варіації) V_w . Він визначається за формулою:

$$\nu_{\omega} = \frac{100}{\omega} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta\omega)^2}{n-1}} \rightarrow \min \text{ по } \Delta\omega, \quad (4)$$

де: $\Delta\omega$ – відхилення швидкості циркуляції в окремій зоні штабеля від середнього значення ω ; n – число зон вимірювання (число замірів) швидкості.

Рівномірність температурного поля. Як показник рівномірності прийнято коефіцієнт варіації ν_t :

$$\nu_t = \frac{100}{t} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\Delta t)^2}{m-1}} \rightarrow \min \text{ по } \Delta t, \quad (5)$$

де: Δt – відхилення температури від середнього значення t , °C; m – число замірів температури.

Коефіцієнт використання агента сушіння. Даний показник η_v характеризує відношення кількості повітря V , яке циркулює у штабелі до всієї маси повітря ΔV , що переміщується вентиляторами, тобто

$$\eta_v = V/\Delta V \rightarrow \max. \quad (6)$$

Значення критерію η_v змінюється у діапазоні $0,3 < \eta_v < 1$ і залежить від конструкції камери.

Коефіцієнт корисної дії камери. Даний показник можна представити як добуток коефіцієнтів використання внутрішнього об'єму k_v і використання камери у часі k_r :

$$\eta_k = k_v k_r \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$k_r = T/365 \rightarrow \max \text{ по } T, \quad (8)$$

$$k_v = E/V_k \rightarrow \max \text{ по } E, \quad (9)$$

де V_k – внутрішній об'єм камери, м³.

Обґрунтування вибору типу сушильних камер. Процес сушіння – найбільш енергомісткий із всіх процесів деревообробки. Коло 80-85 % теплової енергії деревообробного підприємства споживає сушильне господарство. Стан справ у галузі сушіння пилопродукції на даний час можна характеризувати, як критичний. В експлуатації знаходяться застарілі типи сушильних камер з високим споживанням енергії:

- 40 % – камери з природною циркуляцією, реконструйовані на ежекційні;
- 30 % – ежекційні камери "ВНДІДМаш-Діпродеревпром";
- 10 % – аеродинамічні ПАП-32;
- 10 % – одно-, двохштабельні камери періодичної дії типу ВК-4; СПЛК, УЛ, СПВ-62, ЛЛПІ, СКД;
- 5 % – імпортовані сушильні камери (80-х років випуску, які використовуються комерційними структурами).

Більшість камер були орієнтовані на тепlopостачання від потужних котельних установок, які зараз працюють аритмічно (припинення подачі пари у літній період, значні коливання параметрів пари). Поряд з енергетичними проблемами значним недоліком роботи сушильних господарств є недотримання технології. На

кожні 5 підприємств тільки в одному процес сушіння проводиться наближено до режиму. Тому, на сьогоднішній день практично 80 % підприємств необхідно технічно переоснастити сушильною технікою, з яких коло 30 % можна реконструювати.

Ситуація на ринку сушильних камер (за даними фірми "V.Vanicek") передбачає використання трьох основних систем:

- 91-97 % – класичні конвективні вентиляційні сушарки;
- 1-3 % – конденсаційні сушарки;
- 2-6 % – вакуумні сушарки (за останній час питома вага вакуумних сушарок набуває тенденції до зростання).

При виборі типу сушильних камер основну роль відіграють такі фактори: вид енергії, яка застосовується; специфікація та об'єми матеріалу, який підлягає сушінню та задані якісні показники; відповідні інвестиційні кошти. За споживанням видів енергії основними типами сушильних камер ситуація виглядає таким чином:

Джерело енергії	Потреба в енергії для сушильної системи		
	конвективна	конденсаційна	вакуумна
теплова	85-95 %	10-20 %	50 %
електрична	5-15 %	80-90 %	50 %

У випадку, коли на деревообробних підприємствах утворюються великі запаси деревних відходів і вони оснащені котлами-утилізаторами, або є інші джерела теплової енергії, традиційне конвективне сушіння отримує перевагу. Сушильні камери такого типу випускаються різних типорозмірів залежно від об'єму висушуваного пиломатеріалу. Необхідно зазначити, що великогабаритні сушарки є більш економічними по відношенню до малих, що зумовлено меншими інвестиційними затратами на 1 м³ висушуваної деревини. Однак, вони істотно обмежують мобільність виробництва (в сьогоднішній ситуації рідко вдається створити великі запаси матеріалу через відсутність обігових коштів, тому такі камери працюють з істотним недовантаженням). Основними напрямками розвитку традиційного конвективного сушіння є:

- випуск "стандартних" універсальних сушильних камер;
- орієнтація випуску сушильних камер на конкретне індивідуальне замовлення (в залежності від об'ємів сушіння, породного складу, виду сортиментів, та інших умов);
- пристосування вже існуючих приміщень під сушильну камеру (цей варіант дозволяє істотно економити кошти).

У більшості типів сушильних камер застосовується поперечно-вертикальна схема циркуляції агента сушіння, як правило, з верхнім розташуванням вентиляторів. Застосування електродвигунів спеціального захисного виконання (термостійких $t = 80-120^\circ\text{C}$ та вологозахисних) на валах з безпосереднім розміщенням осевих вентиляторів дозволяє покращувати аеродинамічні показники камер і істотно зменшувати витрати електроенергії. Проаналізуємо ефективність деяких сучасних способів сушіння і відповідних сушильних камер [2].

Вакуумний спосіб сушіння поєднує дві переваги: низькі температури сушіння (оскільки при пониженому тиску температура кипіння води менша 100°C); прискорений час сушіння, внаслідок того, що більший процент вологи у деревині рухається у вигляді пари. Такий спосіб рекомендовано застосовувати при сушінні

заготовок твердих листяних порід, або при сушінні товстих сортиментів. Знаходять застосування вакуумні камери двох типів: конвективні вакуумні камери (із застосуванням вентиляторів); кондуктивні вакуумні камери (із нагрівальними плитами). Реальний час сушіння у вакуумних конвективних камерах зменшується приблизно на 20 %, а у вакуумно-кондуктивних в 4-5 разів менший, ніж у традиційних. Окрім цього, застосування менших температур, відповідно, дозволяє економити теплову енергію. Вакуумні сушильні камери потребують істотних інвестиційних коштів. На ринку України пропонується вакуумно-діелектрична сушильна камера СПВД-202. Однак, недосконалість ВЧ-генератора (низький к.к.д., складність в експлуатації і ремонті) і як наслідок – велика витрата електроенергії, а також відсутність відпрацьованих технологій, не дозволяють на даному етапі використання такого класу сушарок.

Конденсаційні сушильні камери застосовуються у випадку дешевої електричної енергії, а також для сушіння цінних порід деревини (сушіння при низьких температурах). Перевагою даних сушарок є те, що вони не вимагають будівництва котельних установок. Залежно від об'єму і породи висушуваної деревини камери комплектуються конденсаційними агрегатами різної потужності. Для циркуляції агента сушіння застосовуються вентилятори, як і у конвективних камерах. Специфіка роботи конденсаційних (холодильних) агрегатів не дозволяє піднімати температуру вище 45-60 °С. Час сушіння у такого типу сушарках приблизно на 50 % більший, ніж у традиційних конвективних.

Останнім часом на ринку України з'явилися сушильні камери з використанням струмів надвисоких частот (НВЧ). Такого типу сушильні камери можуть бути застосовані при висушуванні одиничних дощок (2-4 дошки за цикл). Крім того, вони мають ще ряд інших недоліків, які потрібно усунути:

- внаслідок того, що НВЧ-енергія проникає у деревину тільки на глибину до 8 см, виникає значна нерівномірність просихання пиломатеріалів;
- фізична природа НВЧ-нагрівання: у місцях з більшою вологістю матеріал нагрівається до більших температур, що при певних значеннях вологості може призвести до його samozapalювання;
- відсутність технології (режими сушіння підбираються експериментально);
- складність в обслуговуванні (заміна магнітронів кожні 600 год. роботи) та велика витрата електроенергії.

Таким чином, для обґрунтованого вибору обладнання для сушіння пиломатеріалів необхідно врахувати вид застосовуваної енергії, специфікацію та об'єми висушуваних пиломатеріалів, якісні показники процесу сушіння. Для підвищення ефективності різних типів сушарок доцільно скористатися технічними критеріями оптимізації, описаних формулами 1-9. Для досягнення високої якості сушіння пиломатеріалів з деревини твердих листяних порід необхідно застосовувати сушильні камери, які мають низькі значення таких критеріїв оптимізації, як рівномірність циркуляції агента сушіння V_{ω} 16 % та рівномірність температурного поля V_{δ} 8 %.

Література

1. Билей П.В. Сушка древесины твердых листовых пород. – М.: Экология, 1992. – 224 с.
2. Билей П.В., Губер Ю.М. Сучасний стан техніки сушіння деревини в Україні/ Світ меблів і деревини. – К., 2000, № 1-2. – С. 13-14.

УДК 669.15:621.793 Проф. В.М. Голубець, д.т.н.; аспір. О.В. Білоус – УкрДЛТУ

ТРИБОТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗМІЦНЕНИХ ЕЛЕКТРОІСКРОВОЮ І ЛАЗЕРНОЮ ОБРОБКОЮ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ ПРИ ТОЧІННІ ДЕРЕВИННИХ МАТЕРІАЛІВ ВСТУП

Не зважаючи на створені за останній час нові конструкційні матеріали для метало- і дереворізального інструменту, розроблені численні технологічні засоби для його зміцнення, і перш за все для нанесення різного роду зносостійких покриттів, проблема підвищення стійкості інструментальних матеріалів все ще залишається надзвичайно актуальною. Більшість досліджень у цій галузі проведено стосовно металорізального інструменту. Відомо, наприклад, використання при цьому йонно-плазмової, електронно-променевої, лазерної, електроіскрової та інших видів обробок [1]. Однак, отримані позитивні результати по стійкості металорізального інструменту не можуть бути адекватно перенесені і рекомендовані для процесів різання деревини, яка є складним композиційним матеріалом із специфічними механофізико-хімічними властивостями.

З літературних джерел відомими є результати ефективного використання деяких нових методів підвищення стійкості дереворізального інструменту, наприклад, обробки на "білий шар" [2], лазерного [3] і електроіскрового [4] поверхневого зміцнення, комплексного використання електроіскрової та лазерної обробки [5] та інших видів.

Заслугує на особливу увагу метод електроіскрового легування (ЕІЛ) дереворізального інструменту. Позитивною особливістю цього методу є висока міцність зчеплення нанесеного легуваного шару з матеріалом основи, можливість легування лобовими струмопровідними матеріалами, низька енергоємність процесу, простота виконання технології зміцнення на недороговартісному обладнанні, локальність нанесення покриття без помітної деформації металу, відсутність нагрівання всього об'єму інструменту. Однак широке застосування ЕІЛ для зміцнення дереворізального інструменту стримується рядом факторів. Серед основних з них – використання в якості електродних матеріалів тугоплавких дефіцитних сполук на основі карбіду вольфраму і значна шорсткість зміцненої поверхні.

Розширенню сфери застосування ЕІЛ для зміцнення металорізального інструменту значною мірою сприяло створення безвольфрамових електродних матеріалів на основі заліза з евтектичною структурою [6]. У той же час, на сьогодні відсутні дослідження по використанню таких електродів для нанесення електроіскрових покриттів на дереворізальний інструмент і їх вплив на стійкість інструменту при різанні деревини. Відомим є також і той факт, що зменшення шорсткості зміцненої поверхні після ЕІЛ можна досягнути лазерною обробкою за допомогою оптичного квантового генератора (ОКГ).

Наведені вище міркування дозволяють сформулювати основну мету даної роботи – дослідити вплив виду нанесеного покриття (ЕІЛ з використанням евтектичного електродного матеріалу, лазерна обробка, комплексне ЕІЛ + ОКГ) на триботехнічні характеристики інструментальних сталей, встановити стійкість дереворізального інструменту залежно від режимів різання при точінні деревини.