

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 674.047

Проф. П.В. Білей¹, д-р техн. наук;
інж. Є.П. Кушинець²; аспір. А.М. Комбаров¹

ВПЛИВ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ СУШІННЯ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ СУХИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ І ЗАГОТОВОК

За допомогою кінетичних параметрів розглянуто вплив режимних параметрів процесу сушіння на показники якості сухих пиломатеріалів і заготовок. Отримано критеріальну залежність, за якою можна визначити вплив режимних і кінематичних параметрів на процес сушіння.

Ключові слова: параметри, режим, сушіння, пиломатеріали, заготовки, температура, рівноважна вологість, деревина, показники якості, кінетика процесу.

Вступ. Режимні параметри процесу сушіння пиломатеріалів і заготовок вибирають залежно від породи деревини, поперечного перетину матеріалу, його призначення та технічної спроможності сушильної камери здійснити заданий режим. Є різні способи вибору режимних параметрів. Розглянемо процес сушіння пиломатеріалів (заготовок) у конвективних сушильних камерах періодичної дії, які на цей час набули найширшого застосування у деревообробній промисловості. Режими сушіння в таких камерах використовують низькотемпературні, з температурою сушильного середовища нижче за 100 °С.

Найбільше застосування мали такі режими, де задана температура (t_c) та відносна вологість (φ) середовища, в основному, вологого (атмосферного) повітря. Технічно відносну вологість повітря (φ) визначали за таблицею, де вказана психрометрична різниця ($\Delta t = t_c - t_m$) і температура сухого термометра (t_c). Таким чином, система автоматичного контролю (САК) передбачала застосування підключення за різними схемами двох або трьох термометрів залежно від схеми. Найбільш масово в сушильній техніці використовують термометри опору (типу ТСМ або ТСП) або термопари (типу ТХК або ТППр). Більш точними є термометри опору типу ТСП та термопари типу ТППр, де використовують платину та її сплав з родієм, але вони є значно дорожчими за мідні термометри опору або хромель-копелеві термопари.

Очевидно, ця причина відіграла важливу роль у заміні способу контролю за режимними параметрами середовища в процесі сушіння – на контроль температури середовища (t_c) та рівноважної вологості деревини (W_p) (відомо, що $W_p = f(t_c, \varphi)$). Чутливим елементом тут є гігроскопічний матеріал, так звана "ерзац-деревина". Ведення процесу сушіння за температурою середовища (t_c) та рівноважною вологістю (W_p) має, крім того, низку технологічних переваг, що забезпечують високу якість висушеного матеріалу.

Однак безпосередньо визначити вплив режимних параметрів процесу сушіння на якість сухих пиломатеріалів (заготовок) немає можливості. Керівними технічними матеріалами (КТМ) з технології камерного сушіння пиломатеріалів визначено чотири показники якості сушіння:

- відповідність середньої вологості висушених пиломатеріалів (заготовок) в штабелі заданій кінцевій вологості – W_k , %;
- величина відхилень вологості окремих пиломатеріалів або заготовок від середньої кінцевої вологості – ΔW_k , %;
- перепад вологості по товщині пиломатеріалів або заготовок – ΔW_s , %;
- величина залишкових напружень у висушених пиломатеріалах – f_s , %.

Дефекти сушіння віднесено до споживчих властивостей деревини, які визначають, зазвичай, візуально – це зміна кольору деревини, випадання сучків і виплавлення смоли, наявність тріщин та пожелоблення пиломатеріалів (які, зазвичай, не допускаються за регламентом сушіння).

Названі вище показники якості сушіння формуються кінетичними параметрами процесу сушіння і швидкістю сушіння ($dW/d\tau$), величиною коефіцієнтів сушіння (K), вологообміну (β) та теплопровідності (a). Кінетичні параметри визначають експериментальним шляхом з кривих сушіння або з карток обліку процесу сушіння, за формулами:

- коефіцієнт сушіння – K

$$K = \frac{1}{\tau} [Ln(W_n - W_p) - Ln(W_k - W_p)], 1/c \quad (1)$$

де: τ – тривалість сушіння, с; W_n , W_k , W_p – відповідно, початкова, кінцева та рівноважна вологість деревини, % абс.

- швидкість сушіння за виразом $dW/d\tau$, тобто зміна вологості за певний проміжок часу;
- коефіцієнт вологообміну – β

$$\beta = R \frac{dW}{d\tau} / (W_{нов} - W_p), м/с \quad (2)$$

де: R – половина товщини матеріалу, м; $W_{нов}$, W_p – відповідно, поверхнева та рівноважна вологість матеріалу, % абс.

- коефіцієнт теплопровідності – a'

$$a' = R \frac{dW}{d\tau} / \frac{dW}{dx}, м^2/с \quad (3)$$

де dW/dx – перепад (градієнт) вологості по товщині матеріала, %/м.

До кінетичних параметрів процесу сушіння можна також віднести макообмінний критерій тріщиноутворення Кірпичова – (Ki'_m)

$$Ki'_m = R^2 \frac{dW}{d\tau} / (aW_{max}) \quad (4)$$

де W_{max} – максимальна вологість матеріалу в даний момент сушіння, % абс.

Аналіз залежностей (1...4) дає змогу наближено визначити вплив кінетичних параметрів процесу сушіння на якість висушених пиломатеріалів (заготовок). Так, кінцева вологість (W_k , %) матеріалу можна визначити з ви-

¹ НЛТУ України, м. Львів;

² "Ено-мебл", м. Львів

разу (1), коли відома тривалість сушіння – τ , та режим сушіння за рівноважною вологістю (W_p). Однак величина рівноважної вологості змінюється протягом всього процесу сушіння, тому розрахунок за виразом (1) необхідно проводити для кожної ступені режиму окремо. Тривалість сушіння у цьому випадку визначають за сумою тривалості окремих ступеней режимів сушіння. Відхилення вологості окремих пиломатеріалів (заготовок) від середньої кінцевої вологості ($\Delta W_k, \%$) залежить від інтенсивності сушіння в різних зонах сушильної камери, на що можуть впливати різні умови вологообміну матеріалу з середовищем і вологоперенесення в середині матеріалу, рівномірність розподілу швидкості циркуляції повітря та температурно-вологісного поля в сушильній камері, різна початкова вологість матеріалу. Перепад вологості по товщині матеріалу ($\Delta W_s, \%$) також залежить від інтенсивності сушіння, дотримання технологічного регламенту та якості проведення кондичіонування тепловологооброблення та необхідної витримки пиломатеріалів (заготовок) після сушіння. Величина залишкових напружень висушених пиломатеріалів ($f_s, \%$) залежить від дотримання технологічного регламенту протягом всього процесу сушіння, проведених проміжкових та кондичіонувальної тепловологооброблення і витримки матеріалу після сушіння.

Вплив режимних параметрів процесу сушіння на показники якості сухих пиломатеріалів (заготовок) можна визначити за функціональною залежністю, де включено також кінетичні параметри процесу сушіння, яка має такий вигляд:

$$[F] = \psi \left[a', \beta, \frac{dW}{d\tau}, \frac{dW}{dx}, (W_{нов} - W_p), \tau, R, \vartheta, t_c \right]. \quad (5)$$

Вираз (5) доцільно представити критеріальною залежністю між масообмінним критерієм Нуссельта (Nu') та масообмінним критерієм Фур'є (Fo') і критерієм Рейнольдса (Re)

$$Nu' = A(Fo')^n(Re)^m \quad (6)$$

або

$$\frac{\beta R}{a'} = A \left(\frac{a' \tau}{R^2} \right)^n \left(\frac{\nu L}{\vartheta} \right)^m, \quad (7)$$

де: ν – кінематична в'язкість повітря, $\nu = f(t_c, \varphi)$, m^2/c ϑ – швидкість циркуляції процесу сушіння, m/c ; L – товщина прокладок у штабелі, m .

Наприклад, для процесу сушіння букових пиломатеріалів (заготовок) отримано розрахункову залежність

$$Nu' = 5,61 \cdot 10^6 (Fo')^{-0,77} Re^{-1,53} \quad (8)$$

Значення масообмінного критерію Нуссельта перебуває в межах $Nu' = 4 \dots 16$.

Висновок. Таким чином, за критеріальною залежністю (7) можна визначити комплексний вплив параметрів (режимних і кінематичних) на процес сушіння і якість висушених пиломатеріалів і заготовок.

Література

1. Білей П.В. Сушіння за захист деревини : підручник / П.В. Білей, В.М. Павлюст. – Львів : Вид-во "Кольорове небо", 2008. – 312 с.

2. Білей П.В. Керівні технічні матеріали з технології камерного сушіння пиломатеріалів : наук.-практ. вид. / П.В. Білей, І.А. Соколовський, В.М. Павлюст, Є.П. Кунинець. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – Ужгород : Вид-во "Карпати". 2010. – 210 с.

3. Кунинець Є.П. Закономірності впливу параметрів процесу сушіння на якість меблевих заготовок з деревини бука : дис. ... канд. техн. наук. – Львів, 2011. – 153 с.

4. Білей П.В. Фізичні закономірності впливу параметрів середовища на процес сушіння пиломатеріалів / П.В. Білей, Н.Д. Довга, Є.П. Кунинець // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.6. – С. 105-109.

Білей П.В., Кунинець Є.П., Комбаров А.М. Влияние режимных параметров сушки на показатели качества сухих пиломатериалов и заготовок

При помощи кинетических параметров рассмотрено влияние режимных параметров процесса сушки на показатели качества сухих пиломатериалов и заготовок. Получена критеріальна залежність, по которой можно определить влияние режимных и кинетических параметров на процесс сушки.

Ключевые слова: параметры, режимы, сушка, пиломатериалы, заготовки, температура, равновесная влажность, древесина, показатели качества, кинетика процесса.

Biley P.V., Kenynets E.P., Kombarov A.M. The influence of operating drying conditions on the quality indexes of dry lumber and blanks

The influence of operating conditions of the drying process has been considered by means of kinetic parameters on the indexes of quality of lumber and blanks. Criterial dependence which can be used to determine the influence of operating and kinematic conditions on the drying process has been found.

Keywords: parameters, treatment, drying, lumber, blanks, temperature, equilibrium humidity, wood, indexes of quality, kinematics process.

УДК 674.048

Доц. Ю.М. Губер, канд. техн. наук; асист. Ж.Я. Гуменюк; магістр А.К. Хіноцький – НЛТУ України, м. Львів

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ВСИХАННЯ ПРОПАРЕНОЇ ДЕРЕВИНИ АКАЦІЇ

Наведено методику та результати експериментальних досліджень зміни всихання пропареної деревини акації. Отримано математичні та графічні залежності повного об'ємного всихання деревини акації від режимних параметрів процесу теплового оброблення.

Вступ. Пропарювання є одним із найпоширеніших в Україні методів термічного оброблення. Так, після пропарювання пиломатеріали акації, бука та дуба, спочатку сирі, втрачають 15-20 % вологості та мають середню вологість близько 50-60 %. Крім того, пропарювання дає змогу вирівняти первинну різницю вологостей пиломатеріалів, а це покращує подальше сушіння. Пропарена деревина має кращу здатність до механічного оброблення. Стан поверхні такої деревини після механічного оброблення буде кращим, оскільки волокна деревини мають меншу тенденцію до відновлення. Окремі дослідники зазначають, що термічно оброблена деревина має вищу стабільність розмірів, що пов'язано із зміною всихання та вологопоглинання.

Мета дослідження. Метою цих експериментальних досліджень є виявлення впливу параметрів процесу пропарювання на величину всихання деревини акації (*Robinia pseudoacacia*).