

Доц. О.А. Кійко, канд. техн. наук – НЛТУ України

Переміщення жорсткого абразивного циліндра у процесі двобічного калібрування-шліфування плитних деревних матеріалів

Визначено переміщення інструмента та заготовки у процесі двобічного калібрування-шліфування плитних деревних матеріалів жорсткими абразивним циліндром. Окреслено шляхи зменшення хвилястості обробленої поверхні. Проаналізовано схему пружної системи верстака для двобічного калібрування-шліфування деревностружкових плит жорсткими абразивними циліндрами. Встановлено, що зменшення кінематичної хвилястості досягається двома шляхами: зменшенням величини амплітуди збурюючих сил абразивних циліндрів та за умови, що системи двох інструментів абсолютно ідентичні. Доведено, що за умови ідентичності обох систем абразивних інструментів, величини переміщень x_1 та x_2 можна зменшити за рахунок збільшення жорсткостей систем інструментів, збільшення величини $J-m\omega^2$ та зменшення F .

УДК 674.047 Проф. П.В. Білей, д-р техн. наук – НЛТУ України; В.М. Павлюст, канд. техн. наук – ТзОВ “НІВІТ”; інж. Ю.Л. Безноско – Хмельницький ДЛГ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ЗАВДЯКИ ПОЧАТКОВОМУ НАГРІВАННЮ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ В СУШАРКАХ

Встановлено, що для підвищення ефективності використання теплової енергії процес початкового нагрівання треба здійснювали поступово за градієнтом температури.

Найбільше промислове використання (майже 95 %) мають пароповітряні конвективні сушарки періодичної дії. Процес сушіння пиломатеріалів і заготовок, який відбувається в сушильних камерах, потребує значних витрат теплової та електричної енергії. За радянських часів вважалося, що чим більше споживається енергії, тим більшу енергетичну потужність має підприємство та устаткування, зокрема. Так, наприклад, потужність електроприводу вентиляторів становила 1,0-1,5 кВт на 1 м³ пиломатеріалів (заготовок), завантажених у сушильну камеру. Сучасні сушильні камери обладнані досконалими вентиляторами, зазвичай, осьовими, де електропривід встановлено на одному валу з вентилятором, що дає змогу зменшити потужність привода у 3-5 разів. Таким чином, сучасні сушильні камери мають встановлену потужність електропривода вентиляторів 0,2-0,5 кВт на 1 м³ висушуваних пиломатеріалів, що є в камері. Раціональне використання теплової енергії в процесі сушіння потребує вирішення низки складних технічних проблем.

Основними витратами теплової енергії в процесі сушіння пиломатеріалів є:

- початкове нагрівання огорожень сушильної камери та УСТАТКОВАННЯ, що є в ній;
- початкове нагрівання пиломатеріалів (заготовок);
- ведення процесу сушіння згідно із вибраним режимом (випаровування вологи);
- здійснення проміжкових тепловологообробок та кондиціонування;
- втрати тепла через огороження сушильної камери;
- втрати тепла з відпрацьованим повітрям, яке потрапляє в атмосферу;
- втрати тепла на випаровування вологи через зволоженні повітря в камері.

Зазвичай, на цей час кількість витраченої теплової енергії на процес сушіння визначають тільки за кількістю теплоти, що йде на початкове нагрівання матеріалу перед сушінням, на випаровування вологи із деревини під час сушіння та втрати тепла через огороження. Не врахованими втратами тепла вважають 15 %.

Тому питомі витрати теплоти визначають за формулою:

$$q_{\text{суш}} = (q_{\text{нагр}} + q_{\text{вип}} + q_{\text{оз}}) \cdot 1,15, \quad (1)$$

де: $q_{\text{суш}}$ – питомі витрати теплоти на випаровування води, кДж/кг; $q_{\text{нагр}}$ – питомі витрати теплової енергії в процесі початкового нагрівання деревини, кДж/кг; $q_{\text{вип}}$ – питомі витрати теплової енергії на випаровування (сушіння) води із деревини, кДж/кг; $q_{\text{оз}}$ – питомі втрати тепла через огороження, кДж/кг.

Питання підвищення ефективності використання теплової енергії в процесі початкового нагрівання пиломатеріалів перед сушінням в сушильних камерах періодичної дії є актуальним. У зимовий період тривалість початкового нагрівання деревини можна розділити на два періоди: розморожування і нагрівання деревини до потрібної, згідно з режимами, температури t_x , °C. Тривалість розморожування деревини (τ_p , с) можна визначити за формулою:

$$\tau_p = \frac{R^2}{2\lambda t_c} q_p \text{ або } \tau_p = \frac{0.125 S_1^2}{\lambda t_c} [335 \frac{\rho_y (W - W_{\text{г.р}})}{100} + \rho \bar{C}_{(-)} (-t_o)], \quad (2)$$

де: S_1 – товщина пиломатеріалів, м; t_c – температура середовища в процесі початкового нагрівання, °C; t_o – початкова температура середовища, °C; λ – коефіцієнт теплопровідності деревини, Вт/(м·°C); ρ_y – умовна (базова) густина деревини, кг/м³; ρ – густина деревини при заданій початковій вологості, кг/м³; W – початкова вологість деревини, % абс.; $W_{\text{г.р}}$ – кількість незамерзлої води в деревині, % абс.; $\bar{C}_{(-)}$ – середня питома теплоємність деревини, кДж/(кг·°C).

Середню питому теплоємність деревини визначають за середньою температурою деревини в процесі розморожування. Кількість незамерзлої води в деревині можна визначити за виразом:

$$W_{\text{ад}} = 114 |t_o|^{-0.1} - 70.7, \quad (3)$$

де $|t_o|$ – початкова температура деревини, взята за модулем, °C.

Тривалість початкового нагрівання деревини (τ_x , с) після цілковитого розморожування можна визначити за формулою:

$$\tau_x = \frac{0.23 S_1^2}{\alpha} \lg \frac{t_c}{t_c - t_x}, \quad (4)$$

де t_x – температура деревини в центрі сортимента, якої потрібно досягти в процесі початкового нагрівання, °C; α – коефіцієнт теплообміну поверхні деревини з оточуючим її середовищем в процесі початкового нагрівання, Вт/(м²·°C).

Коефіцієнт теплообміну можна знайти за кількістю тепла, яке подається до поверхні матеріалу за одиницю часу із рівняння Ньютона:

$$\alpha = \frac{q}{t_c - t_{\text{пов}}}, \quad (5)$$

де: q – кількість тепла поданого до поверхні матеріалу, Вт/(м²); $t_{\text{пов}}$ – температура поверхні матеріалу, °C.

За формулами (4) і (5) можна визначити тривалість початкового нагрівання деревини перед сушінням. Процес нагрівання деревини можна вважати завершеним, коли $t_c - t_x = 2-3$ °C. Отже, ці величини можна підставляти у формулу (4). Температура середовища t_c задається умовами (режимом) початкового нагрівання, а температура середовища – встановлюється відразу і вважається незмінною ($t_c = \text{const}$) протягом початкового нагрівання. Крім того, цю температуру приймають на 5-8 °C вищою за перший ступінь режиму сушіння, тобто $t_c = t_1 + 5...8$ °C. В такому разі, кількість потрібного тепла на процес початкового нагрівання можна визначити за формулою:

$$q = \rho \bar{C} (t_c - t_o), \text{ кДж/кг} \quad (6)$$

де $\bar{C}$ – середня питома теплоємність деревини (кДж/кг·°C), яку визначають за заданої вологості деревини (W) та середньої температури під час нагрівання $\bar{t} = 0.5(t_c - t_o)$, °C; t_o – початкова температура деревини, °C.

Останні дослідження багатьох авторів підтверджують доцільність поступового нагрівання деревини за відповідним градієнтом ($\Delta t / \Delta \tau$). Тоді, кількість витраченої теплоти на початкове нагрівання можна знайти за сумою кількості тепла витраченого на кожному ступені початкового нагрівання деревини, тобто

$$q = \sum q_i, \quad (7)$$

якщо

$$q_i = \rho C_i \frac{\Delta t}{\Delta \tau}, \text{ кВт/м}^3, \quad (8)$$

де: C_i – середня питома теплоємність деревини під час зміни температури Δt , кДж/(кг $^{\circ}$ С); $\Delta t/\Delta \tau$ – градієнт температури, який задають залежно від породи, товщини і призначення пиломатеріалів, $^{\circ}$ С/с.

Спосіб поступового початкового нагрівання пиломатеріалів перед сушінням має низку переваг над традиційним. Швидке нагрівання пиломатеріалів (заготовок) перед сушінням вимагає встановлення в сушильній камері великої потужності теплового обладнання. Наприклад, якщо для здійснення процесу сушіння (випаровування вологи з деревини) потрібно мати теплову потужність 1-3 кВт/м 3 висушуваного матеріалу (залежно від породи деревини, товщини матеріалу та періоду сушіння), то в процесі традиційного початкового нагрівання встановлена теплова потужність має бути у 3-5 разів вища.

Отже, традиційний спосіб початкового нагрівання пиломатеріалів (заготовок) перед сушінням потребує великої встановленої теплової потужності в сушильній камері. Другим негативним аспектом швидкого початкового нагрівання пиломатеріалів і заготовок перед сушінням є утворення в деревині значних перепадів температур (10-60 $^{\circ}$ С) за товщиною матеріалу, що спричиняється до виникнення в деревині температурних деформацій, а отже, і внутрішніх напружень, які можуть призвести до виникнення тріщин і жолоблення пиломатеріалів і заготовок. До прикладу, розглянемо початкове нагрівання букових пиломатеріалів товщиною $S_1=40$ мм, вологістю $W=80$ % від початкової температури деревини $t_0=5$ $^{\circ}$ С до $t_k=75$ $^{\circ}$ С. У разі поступового нагрівання, коли $\Delta t=5$ $^{\circ}$ С, а $\Delta \tau=1$ год, теплова потужність сушильної камери (на процес нагрівання), яка розрахована за формулою (8), становитиме $q=3,4$ кВт/м 3 . За традиційного способу початкового нагрівання ця потужність становитиме $q=7,9$ кВт/м 3 , тобто в 2,3 раза буде більшою, ніж у разі поступовому нагріванні.

Висновок. Для підвищення ефективності використання теплової енергії в процесах початкового нагрівання пиломатеріалів і заготовок перед сушінням в сушильних камерах періодичної дії треба процес початкового нагрівання здійснювати поступово за градієнтом температури, що дасть змогу значно зменшити теплову потужність сушарки і підвищити якість висушуваного матеріалу.

Література

1. Білей П.В. Теоретичні основи теплової обробки і сушіння деревини. – Коломия: – 2005. – 364 с.
2. Білей П.В., Павлюст В.М. Сушіння деревини: Навч. посібн. – Львів: Ліга-Прес. – 2003. – 240 с.
3. Соколовський І.А. Ідентифікація закономірностей технологічних операцій процесу сушіння букових пиломатеріалів // Дис. ... канд. техн. наук. – Львів: НЛТУ України. – 2007. – 207 с.
4. Гайда С.В. Проблема деревного сировини в Європі та Україні / Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревообр. пром-сть / наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2007, вип. 33. – С. 55-63.
5. Гайда С.В., Максимів В.М. Аналіз, особливості, проблеми та досвід використання додаткових ресурсів сировини – відходів та вживаної деревини / Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревообр. пром-сть / наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2007, вип. 33. – С. 63-72.
6. Гайда С.В. Матеріали для виготовлення виробів з деревини. – Львів: ВМС. – 2000. – 160 с.
7. Гайда С.В. Раціональне конструювання виробів з деревини. – Львів: ВМС. – 2001. – 93 с.
8. Гайда С.В., Кшивецький Б.Я., Войтович І.Г., Прокопович Б.В. Тлумачний словник з деревооброблення. – Львів: НЛТУ України. – 2002. – 280 р.
9. Гайда С.В. Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи створення ГАВ. – Львів: ВМС. – 1998, – 149 с.
10. Гайда С.В. Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи робототехніки. – Львів: ВМС. – 1998, – 145 с.
11. Гайда С.В. Дослідження концентрації операцій у сучасному меблевому виробництві / Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревообр. пром-сть. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 33. – С. 73-79.
12. Гайда С.В. Особливості та перспективи роботизації меблевої промисловості України / Науковий вісник УкрДЛТУ / наук.-техн. зб. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.5 – С. 38-40.