

УДК 674.047

ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ДЕРЕВИНИ В ТОРЦЕВИХ ЗОНАХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ ПРИ КАМЕРНОМУ СУШІННІ

Коваль В.С. канд. техн. наук.; Коваль Т.В. канд. фіз.-мат. наук
(Національний університет біоресурсів і природокористування України)

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження розподілу усадки, деформацій пружності та залишкових деформацій в торцевій зоні пиломатеріалів в процесі камерного сушіння деревини. Показано, що нерівномірний розподіл поля вологості за довжиною матеріалу приводить до утворення згинаючих деформацій волокон деревини, характерних тільки для торцевої зони сортименту. Ріст залишкових деформацій у внутрішній частині торцевої зони може приводити до виникнення внутрішніх тріщин.

Напружений стан матеріалу обумовлюється характером деформацій, що виникають в процесі його сушіння. Видалення зв'язаної вологи з деревини супроводжується зміною її лінійних розмірів, тобто усадкою матеріалу. Усадка матеріалу складається з деформацій при зміні вологості та деформацій матеріалу, із-за наявності внутрішніх напружень [1]. Величина деформації при зміні вологості пропорційна перепаду вологості та коефіцієнту всихання в даному напрямку. Наявність нерівномірного поля вологості за перетином матеріалу призводить до виникнення напружень в матеріалі. Вони є основною причиною пружних та залишкових деформацій.

Попередній аналіз деформативності деревини в приторцевій зоні пиломатеріалів свідчить про значну складність напруженого стану матеріалу в цій зоні, що обумовлено об'ємним напруженим станом деревини. Існуючі методи кількісної оцінки напружень для даної ділянки неможливо застосувати, тому доцільно виявити якісну сторону явища та її основні фактори на відміну від одноосного напруженого стану.

Метою досліджень є вивчення феноменологічної сторони процесу розвитку напружень в приторцевій зоні матеріалу під час його сушіння.

Методика та експериментальні дослідження Експериментальні дослідження проводились двома серіями дослідів. В першій серії вивчалися деформації в поздовжньому напрямку при одномірному потоку вологи в напрямку торця сортименту. В другій – поздовжньо-поперечні деформації в приторцевих зонах

пиломатеріалів. Зразки першої групи дослідів ізолювались по всім поверхням, крім торцевої. Перед початком сушіння вимірювались: вологість та щільність деревини, коефіцієнт всихання, початкові розміри зразків по попередньо розміченими точкам. Через певні проміжки часу зразки звільнялось від теплоізоляції, визначалась їх усадка. Один із зразків розрізався на шари для визначення пружних та залишкових деформацій.

Пиломатеріали другої серії дослідів волого-та теплоізолювались по крайкам і одному з торців, розмічались та вкладались у штабель на перекладках. Досліди проводились на дубових та букових пиломатеріалах розмірами 25x100x800 і 40x10x800 мм. Режим сушіння відповідав нормативному режиму для даної породи і товщини. З метою попередження виникнення торцевих тріщин ступінь насиченості агента сушіння на перший ступені була підвищена. В подальшому послідовність проведення дослідів відповідала дослідам першої серії, з тією відмінністю, що розкрій зразків проводили як на секції перпендикулярні напрямку волокон, так і на шари паралельні пласті. При визначенні деформацій застосовувався метод послідовного зняття напружених шарів, використаний В.Н.Уголевим при розробленні методу вимірювання внутрішніх напружень в деревині [2]. Згідно цього методу деформації визначались шляхом вимірювання довжини кожного шару до та після розкрою секції зразка на шари. Для вимірювання деформацій застосовувався прилад, датчиком якого був чутливий індикатор годинникового типу. Величина залишкової деформації деревини визначалась зняттям напружених шарів матеріалу за умови рівномірного розподілення вологості деревини за об'ємом зразка.

Аналіз результатів досліджень

Розглянемо взаємозв'язок отриманих в процесі сушіння пружних та залишкових деформацій з полями вологості в приторцевій зоні пиломатеріалів. (Рис 1).

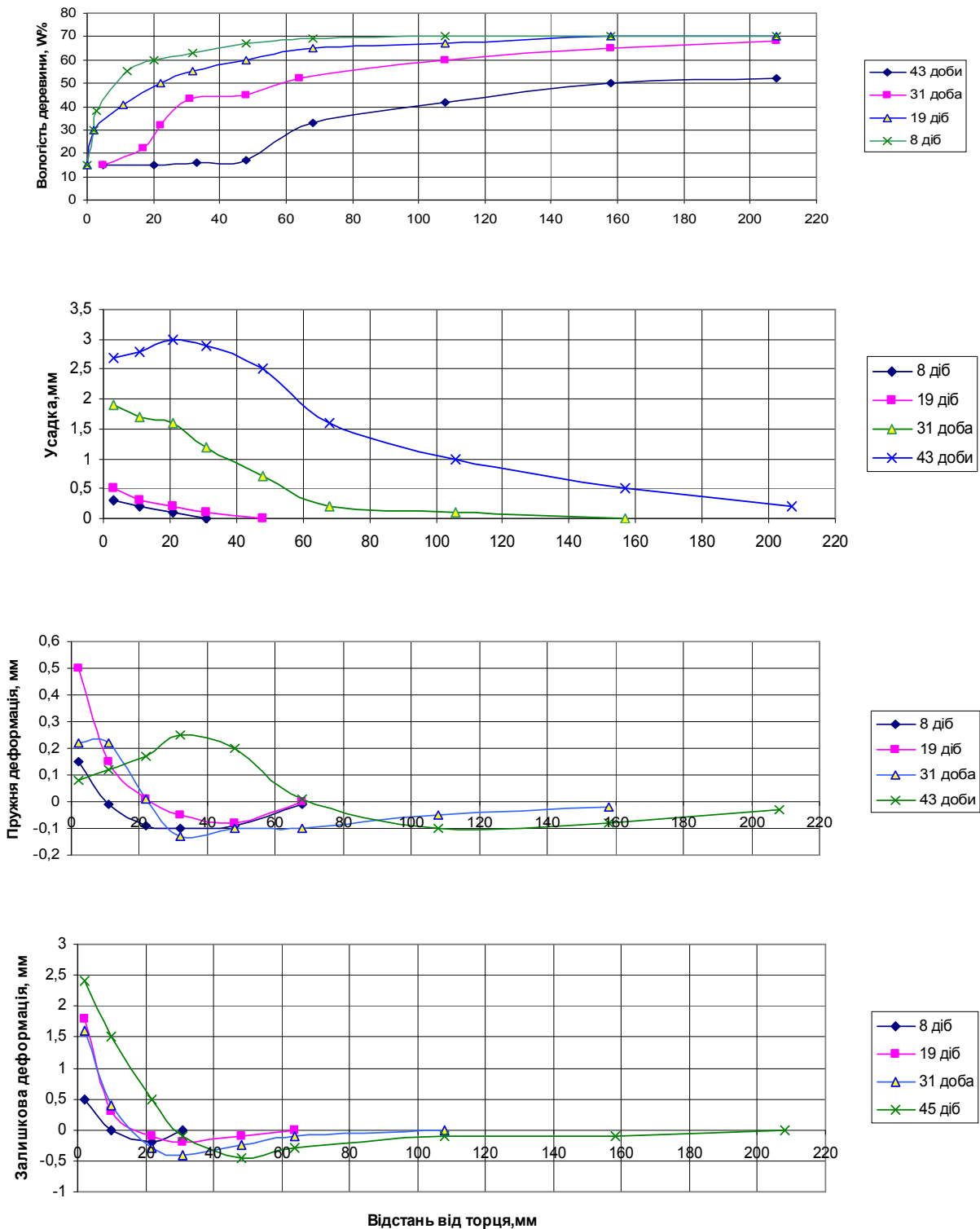


Рис. 1. Розподіл вологості, усадки, пружних і залишкових деформацій в процесі сушіння напівобмеженого тіла

Як видно з рис.1. усадка деревини, що обумовлена нерівномірним полем вологості за довжиною сортименту, в початковій стадії процесу сушіння збільшується в поверхневій зоні торця. При розширенні дифузійної зони інтенсивність нарощування усадки поверхневих шарів зменшується, хоча величина деформації ще не досягла можливої величини всихання при даній

вологості шару. При продовженні процесу сушіння величина усадки поверхневої зони стає навіть меншою ніж величина усадки центральної зони сортименту. Такий характер усадки в більшості обумовлений залишковими деформаціями, що виникли в матеріалі під впливом напружень розтягу.

Відомо, що величина повних напружень пропорційна величині пружних деформацій, які на початку процесу сушіння в поверхневих зонах є розтягуючими, значить під дією напружень розтягу в поверхневих шарах розвиваються залишкові деформації розтягу, що викликає, в кінцевому рахунку, збільшення розміру зразка порівняно з центральною зоною сортименту. Чим далі від торця розтягуючи пружні деформації зменшуються, що викликає збільшення усадки зразка порівняно з наближеними до торця шарами.

В подальшому, при зменшенні вологості, під дією тривалого силового поля пластичні деформації за об'ємом приторцевої зони вирівнюються. Таке явище вирівнювання залишкових деформацій обумовлено релаксацією залишкових напружень в матеріалі в кінці процесу сушіння.

Характер розвитку пружних деформацій свідчить про те, що на початковій стадії процесу сушіння розтягуючи деформації максимальні в поверхневій зоні торця і при віддаленні від нього знижуються до нуля і далі змінюючи знак, переходять в стискаючи. При заглибленні дифузійної зони розтягуючи напруження в поверхневих зонах торця зменшуються, при цьому зона дії напружень розтягу просувається від торця в глибину сортименту.

При сушінні сортименту в формі необмеженої за шириною пластини характер деформацій значно змінюється. Якщо в першому випадку поперечні деформації були рівномірні за всім перетином секції, випиляної паралельно торцю, і змінювались тільки залежно від відстані до нього, то в останньому – вони змінюються як за перетином, так і залежно від відстані до торця. Тому деформація матеріалу в будь-який з точок торцевої зони виявляється при знятті напружених шарів як в поздовжньому, так і поперечному напрямках. Вектори цих деформацій лежать в одній площині дошки, перпендикулярній довжині волокон.

Характер деформацій, виявлених в процесі сушіння, показує, що на відміну від відомих закономірностей розвитку напружень, у внутрішній частині приторцевої зони виявляється зміна величини напруження залежно від відстані до торця. Причину цих розходжень необхідно шукати в закономірностях усадки деревини в процесі сушіння, яка може описуватись логарифмічною залежністю:

$$\gamma = a \lg x + b,$$

де a і b – коефіцієнти; x – відстань від торця сортименту.

Вирішуючи відому статично невизначену задачу [3] з врахуванням фактичного розподілу усадки матеріалу, визначили напруження вздовж осі сортименту:

$$\sigma = E\alpha\Delta W_{\max} \left[\frac{x-c}{\frac{L}{2}-c} - \frac{(L^2 - 2Lc - 8c^2) \left(\ln x - \ln \frac{L}{2} + 1 \right)}{3L^2} + \frac{\frac{L}{2}-c}{L} \right],$$

де E – величина деформації; α - коефіцієнт всихання; L – довжина сортименту; c – довжина внутрішньої зони сортименту; ΔW_{\max} – максимальний перепад вологості.

Розрахунки, виконані за даною формулою, показують, що при врахуванні фактичного розподілу усадки на епюрах напружень виникає максимум напружень стиску в зоні торця. Ці напруження перевищують відповідні напруження центральної зони сортименту в два рази і призводять до того, що у внутрішній частині приторцевої зони з-за залишкових деформацій розтягу, створюються передумови виникнення внутрішніх тріщин.

Аналізуючи деформації деревини, що виникають в приторцевій зоні пиломатеріалів під час сушіння можливо передбачити характер розвитку торцевих тріщин в пиломатеріалах. При висиханні поверхневої зони торця сортименту напруження розтягу захоплюють більшу область за довжиною дошки, углиблюючись від торця. Такий розвиток напружень розтягу може пояснити динаміку просування тріщини від торця вглиб сортименту під дією цих напружень. Відповідно до зниження градієнта вологості і збільшення залишкових деформацій розтягу в поверхневій зоні напруження розтягу зменшуються, що призводить до сповільнення росту поверхневих тріщин.

Друга стадія процесу сушіння характеризується виникненням напружень розтягу у внутрішній зоні пиломатеріалів, що сприяє появі внутрішніх тріщин.

Внутрішні тріщини є найбільш небезпечним дефектом сушіння, його поява робить сухий матеріал непридатним для подальшого використання в зв'язку з порушенням міцності деревини. Найчастіше внутрішні тріщини виникають при сушінні таких порід, як бук і дуб.

Раніше було показано, що розвиток внутрішніх напружень розтягу в другій стадії процесу сушіння викликає закриття тріщин з поверхні і одночасній розвиток їх вглиб сортименту, тобто внутрішні тріщини є продовження зовнішніх тріщин, що виникли в першій стадії процесу, а потім стали зімкнуті.

Найбільш частим випадком торцевих тріщин, що зустрічається у виробничій практиці при сушіння заготовок з деревини дуба і бука є тріщини, що розташовані в приторцевій зоні сортименту. Тобто причина їх виникнення обумовлена впливом торця пиломатеріалу. З метою дослідження закономірностей виникнення та розвитку внутрішніх тріщин проведено дослідне сушіння дубових заготовок розміром 50x50x600 мм з порушенням встановленої технології, як це часто трапляється на підприємствах.

В проведених дослідах на першому ступені процесу (до вологості деревини 20%) підтримували режим $t_c = 63^{\circ}\text{C}$ і $t_m = 52^{\circ}\text{C}$. На другому ступені режиму сушіння в першому досліді жорсткість режиму різко збільшувалась, у другому – поступово. На рис.2 наведена фотографія зразків з торцевими тріщинами, що виникли на різних стадіях процесу сушіння.

Для першого досліду це 3,5,7 діб, для другого – 4,8,12 діб від початку сушіння. Поряд з звичайними заготовками в штабель були укладені сортименти з вологоізолюваними торцями (зразок 4 і 8). В першому досліді ці заготовки мали внутрішні тріщини по всій довжині сортименту, а в другому – тріщини відсутні.

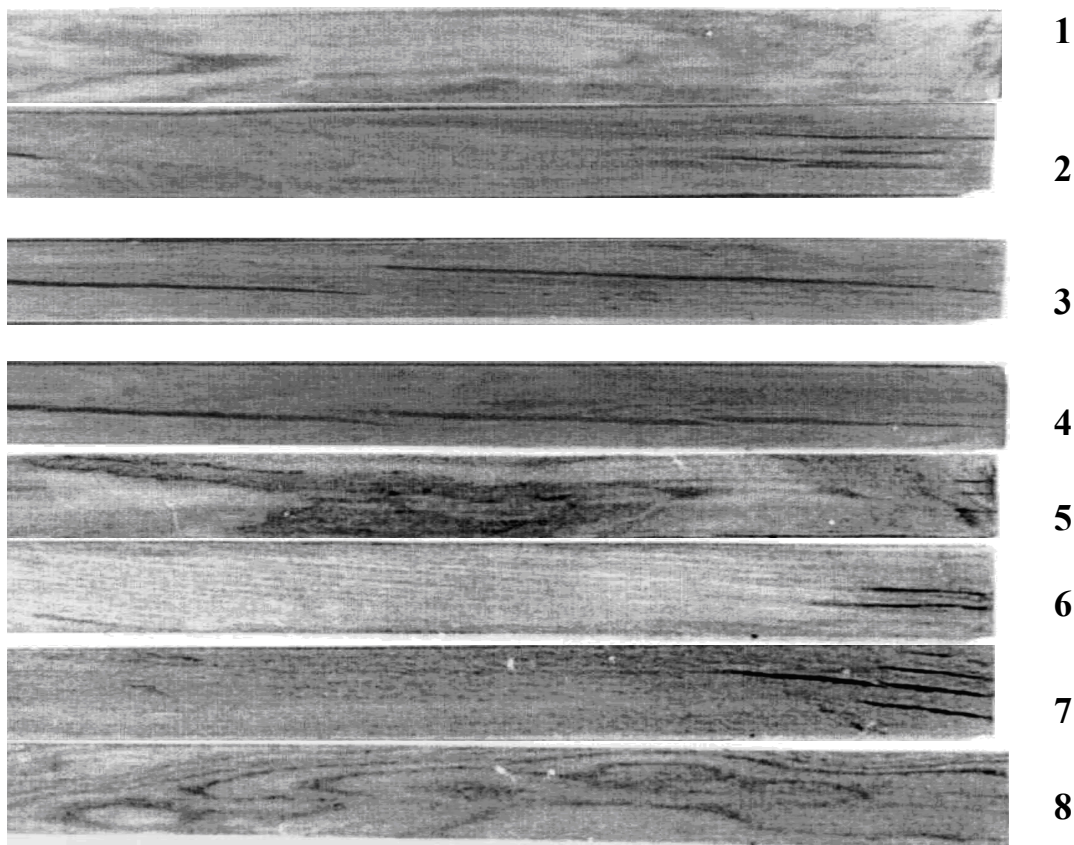


Рис. 2. Характер розвитку торцевих тріщин на різних етапах процесу сушіння: 1,2,3,5,6,7 - зразки розрізані на 3,5,7,4,8,12 добу, 4,8 – зразки з волого ізолюваними торцями

Як видно з цих дослідів, порушення технології сушіння привело до утворення внутрішніх тріщин. При цьому внутрішня тріщина утворилась, як продовження зовнішньої торцевої тріщини. Це підкреслюється і тим, що в зразках з волого ізолюваними торцями внутрішні тріщини не виникають, за винятком випадку з різким підвищенням жорсткості режиму сушіння (зразок 4), де поверхневі шари знаходились під занадто високим напруженням розтягу.

Висновки

1. Нерівномірне поле вологості в поздовжньому напрямку приводить до утворення деформацій згину волокон деревини, характерних для приторцевої зони пиломатеріалів.

2. В приторцевих зонах пиломатеріалу вектори поперечних деформацій та деформацій згину волокон, що обумовлені нерівномірним полем вологості, лежать в одній площині, тому деформації в заданих точках цієї зони дорівнюють сумі цих деформацій.

3. Підвищення напружень у внутрішній частині приторцевої зони пиломатеріалу, обумовлених розвитком залишкових деформацій, створює підвищену безпеку виникнення внутрішніх тріщин в зоні торця.

Список літератури

1. Кречетов И.В. Сушка древесины / И.В.Кречетов. - М.: Издание «Бриз», 1997. - 496 с.
2. Уголев Б.Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке / Б.Н.Уголев. - М.: Лесная пром-сть, 1971. - 176 с.
3. Акишенков С.И. Аналитическое определение внутренних напряжений в приторцовых зонах досок при их сушке/ С.И. Акишенков// «Материалы научно-технической конференции ЛТА» - Л., 1971. С 67

Аннотация

ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ В ПРИТОРЦОВЫХ ЗОНАХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПРИ КАМЕРНОЙ СУШКЕ

Коваль В.С.; Коваль Т.В.

Теоретические и экспериментальные исследования распределения усадки, упругих и остаточных деформаций в приторцовой зоне пиломатериалов в процессе камерной сушки древесины показали, что неравномерность распределения поля влажности по длине материала приводит к образованию изгибающих деформаций волокон древесины, характерных только для приторцовой зоны сортимента. Рост остаточных деформаций во внутренней части приторцовой зоны может привести к возникновению внутренних трещин.

Abstract

DEFORMABILITY WOOD FACE IN AREAS WITH TIMBER DRYING CHAMBER

Koval V.S., Koval T.V.

Theoretical and experimental investigation of the distribution of shrinkage, elastic and residual deformations in butt-end area of timber in the process of wood drying chamber. It is shown that the uneven distribution of moisture along the length of the field of material leads to the formation of bending deformations of wood fibers, typical for machined area assortment. The growth of the residual strains in the inner zone of the butt-end can lead to internal cracks