

ВЛИЯНИЕ НА НЕДОСТАТЪЦИТЕ НА ДЪРВЕСИНАТА ВЪРХУ КАЧЕСТВОТО ПРИ СУШЕНЕ НА ДЪРВЕСНИТЕ МАТЕРИАЛИ

Мартина Тодорова, Галина Кутова, Николай Бърдаров
Лесотехнически университет, София

Резюме

Недостатъците на дървесината са една от основните ѝ характеристики. Те определят и грубите дефекти придобити по време на сушенето. Качеството на дървения материал при сушенето се разглежда от гледна точка именно на степента на застъпване на тези дефекти. Това най-често са чепове, наклон на влакната, пукнатини и измятане. Сушенето, което причинява съсъхване, взаимодейства с определени комбинации от тези дървесни характеристики, за да се получи изсушен дървен материал, който има специфично качество, определено от гледна точка на клас. Статията разглежда влиянието на най-разпространените недостатъци на дървесината върху качеството на сушене на дървените материали. Обърнато е внимание на специфичното поведение на дървесината по време на сушенето, продиктувано от наличието на тези недостатъци. Целта е да се даде една по-ясна картина за дървесината, като природен материал.

Ключови думи: дървесина, чепове, пукнатини, измятане, наклон на влакната, реакционна дървесина.

Keywords: wood, knots, cracks, warping, grain inclination, reaction wood.

JEL: Q23 Q57.

Увод

Дървесината е природен продукт, характеризира се с определени биологични недостатъци, получени по време на растежа или обработката. Освен това при добиването на дърветата, тя е с високо съдържание на вода, което трябва да бъде намалено при процесите на сушене.

Една от основните характеристики на дървесината е нейната нехомогенност. Това означава, че в различните части на дървесния материал (особено ако е много дълъг) има различен строеж и от там различни свойства. Изследваните недостатъци засилват тази нехомогенност. Колкото по-нехомогенна е дървесината, т.е. колкото повече недостатъци има, толкова по-трудно ще се суши.

Чепове

Чеповите освен, че са един от най-силните недостатъци, са и постоянно присъстващи в дървените материали и изделия. Рядко ще се види материал или изделия, които да нямат този недостатък. Той е една от основните причини за създаването на „finger joint“ технологиите. Въпреки че обемът на чеповите изглежда незначителен, обемът и свойствата на завитостта около чепа са също толкова тежък недостатък. Обемът на тази завитост е приблизително три пъти по-голям от този на чепа. Това е причина за ниската якост на огъване на дървения материал [1, 4, 5, 10]. Също така, завитостта води до измятане по време на сушене. И накрая, заради образуващия се засек, завитостта е трудно да се обработва до фин завършек [2, 3, 6].

В много случаи малките чепове добавят различна текстура и визуален характер и не

представляват проблем при сушенето, докато големите чепове и групите от малки чепове създават трудности както при сушенето, така и при последващото производство, което заслужено води до описване на чеповите като дефекти [8].

При надлъжното фрезование големите мъртви чепове са основни дефекти, тъй като те могат да паднат по време на сушене. Дори и да останат на мястото си, врасналата кора е твърде крехка, за да се изравни до гладко покритие. Големите живи чепове представляват по-малък проблем, но са склонни да се деформират по време на сушене и ще изискват шлайфане. Разхлабените чепове и деформацията на живите чепове се дължат на различното съсъхване между чеповите и околната тъкан. Тези разлики са следствие от различното разположение на влакната във чепа и в околната стъблова дървесина. Като цяло дървесината се свива съвсем малко надлъжно на влакната и значително напречно (особено тангенциално). Чепът, чиито влакна лежат приблизително перпендикулярно на дължината на дъската, ще се свие забележимо в диаметър и ще остане кръгъл. Това означава, че когато мъртвият чеп изсъхне и се свие, той ще се държи от околния материал само в няколко точки в линия, перпендикулярна на влакната, създавайки две празнини с форма на полумесец. Мъртъв чеп може лесно да падне, оставяйки дупка. Същото различно съсъхване се случва при живи чепове, но непрекъснатостта между стъблото и влакната на клона означава, че няма очевидна линия на слабост.

И двата вида чепове изсъхват по-бързо от дървесината на стъблото, отчасти поради много краткия път с висока водна проводимост и от-

части защото имат по-ниско първоначално съдържание на вода. Както отворите за чепове, така и деформацията на чепове могат да бъдат сведени до минимум чрез по-бавно сушене, с намаляване на капацитета на камерата и чрез избягване на пресушаване на материала.

Дървеният материал с голям лицева чеп разположен на страната на дъската може да се изметне, ако се остави да изсъхне без ограничения или да се деформира лошо, ако е задържан. Измятането възниква, защото значителният обем завитост или заплетен строеж около големия чеп се стреми да се свие перпендикулярно на местната ориентация на влакната. Това води до голям локален компонент на съсъхване по дължината на дъската. Този компонент е по-значим от напречното съсъхване на самия чеп, тъй като обемът на завитостта е много по-голям от обема на чепа.

Диференциалното свиване означава, че чеп, който минава от страна на страна в дъска, ще има тенденция да излиза от равнината на изсушения дървен материал. Това е така, защото чепът няма да се свие по дължина при сушене, докато самата дъска ще се свие значително по дебелина. Това рядко е проблем, тъй като дървеният материал е или приемлив в грубо нарязано състояние, или се рендосва след сушенето.

Друг проблем при сушенето на иглолистна дървесина е високото съдържание на смола (т.е. локалното засмоляване) на чепове. Съдържанието на смола на чепове се увеличава допълнително с умирането на клоните, понякога до 30% или повече. Освен това голяма част от чепа се състои от по-тежка натискова дървесина, при иглолистните или опънова дървесина при широколистните дървесни видове. Като цяло чеповата дървесина е между 25 и 100% поплътна от стъбловата дървесина, като понякога надвишава 1000 kg.m^{-3} [8, 9].

Проблеми при сушенето създават и наличието на реакционна дървесина около чепове. Това е особено изразено при иглолистните, като има високи стойности на съсъхването. Голяма част от тази дървесина лежи непосредствено под клоната и се простира на известно разстояние надолу по стъблото.

Наклон на влакната

Този недостатък представлява отклонение на влакната от остата на стъблото. Бива естествен (наречен витораслост) и изкуствен (наречен косослой). Витораслостта се среща в трупите и стъблата и силно влошава обработката. Още повече, че при някои видове (конски кестен) се среща постоянно. Това прави невъзможно добиването на фасониран материал от трупите.

Косослоя се получава след разкрояване на стъбла с големи кривини и сбежистост [1, 4].

Вариациите между дърветата в ъгъла на наклона на влакната за *Larix kaempferi* се увеличават с разстоянието от сърцевината, въпреки че средните стойности все още са доста малки в най-външните годишни пръстени в сравнение с тези, открити близо до сърцевината. Голямото колебание между дърветата означава, че в някои случаи ъгълът на наклона на влакната може да бъде достатъчно голям ($>6^\circ$), за да представлява риск от измятане при сушене. Това е възможно както в първите няколко годишни пръстена, така и в последните на зрялата дървесина [8, 9, 13].

Наклона на влакната влияе забележително на стабилността на формата [12]. Той рядко е равномерен. Трудности възникват поради променящия се наклон на влакната в трупа и в дъските, изрязани от него. Тъй като надлъжното свиване на дървения материал е чувствително към ъгъла на влакната, тогава разликите в ъгъла по двата ръба на дължината на четвърт нарязан дървен материал ще доведат до различно надлъжно свиване на всеки ръб и дъската ще покаже измятане по ръба. Това измятане е особено трудно да се уравни в камерата, тъй като теглото на материала отгоре е по-малко способно да предотврати такова изкривяване, за разлика от другите, които могат да бъдат ограничени [6].

Обратно, степента на наклона на влакната се увеличава нагоре по стъблото, така че усукването е по-голям проблем в горните трупи. Има критичен ъгъл на наклона на влакната (приблизително 6°), над който усукването вече придобива икономическо значение. Голяма част от дървесината близо до сърцевината над челния труп ще бъде податлива на усукване. Смята се, че 54% от дървените трупи с малък диаметър на краищата (между 150 и 300 mm), които са нарязани на дървен материал с напречно сечение $100 \times 50 \text{ mm}$, не отговарят на националните изисквания за качество спрямо наклона на влакната. При по-големите трупи (с диаметър над 400 mm) процентът на повредата е спаднал до 22%, но само защото в тях е имало пропорционално по-малко ювенилна дървесина [8, 13].

Това предлага отговор на реторичния въпрос дали бързият растеж на дървесните видове намалява качеството на дървесината поради увеличаването на дела на ювенилната дървесина. Ако наклонът на влакната е от решаващо значение за получаване на измятането, тогава бързият растеж трябва да се разглежда като недостатък.

Ядро, ювенилна и зряла дървесина

През 50-те години на миналия век повечето дърворезни предприятия са се снабдявали с трупи с голям диаметър. Така те можели да си позволят да се съобразяват с качеството на дървесината. Тъй като тези огромни трупи имат много висококачествена зряла (а дори и периферна) дървесина, относително лошата технология на обработка по това време можела да се пренебрегне. При дървесината добита от млади насаждения и горски култури, предприятията се сблъскват с по-малки трупи, съдържащи пропорционално повече ювенилна дървесина, която е много по-податлива на деформации при сушене и последваща обработка. Концепцията за ювенилната дървесина като цилиндрична колона от дървесина, ограждаща сърцевината и минаваща от основата до върха на дървото, е широко подходяща, въпреки че има някои постепенни разлики в свойствата ѝ на различни височини нагоре по дървото. Като група, широколистната дървесина е много по-еднородна, с малка промяна в плътността и дължината на влакната както напречно, така и нагоре по стъблото [1, 4, 5, 10].

Проблемите при сушенето идват с различните видове дървесина, които трябва да се сушат едновременно. Ядрото и беловината, като правило имат различно съдържание на вода, което залага грешка където и да се поставят датчиците на компютъра за управление на сушенето. Ювенилната дървесина има много по-различна структура и оттам различни свойства от зрялата (особено плътността). Едновременното им сушене също се оказва проблем. И при двата случая всичко зависи от относителния дял на тези видове дървесина.

Реакционна дървесина

Факторите на околната среда в гората водят до образуването на реакционна дървесина. Вятърът е основната причина за наклонени стъбла, въпреки че лошото развитие на корените, плъзенето на почвата и фактори като фототропизъм също могат да играят роля. След като дървото се наклони, са необходими огромни сили, за да се изправи. Напреженията не само поддържат огъващия момент на наклоненото дърво, но в крайна сметка трябва да преодолеят твърдостта на самото стъбло, принуждавайки го да се огъне, така че да възвърне изправено положение. Тези напрежения се генерират от образуването на реакционна дървесина в отговор на кривините. Дори голямо стъбло може да бъде изправено, когато има достатъчно време, за да може стъблото да натрупа голямо количество реакционна дървесина [1, 4, 5, 10].

Натисковата дървесина

Натисковата дървесина е вид реакционна дървесина, срещаща се само при иглолистните. Клетките на натисковата дървесина са по-заоблени и по-къси от нормалните трахеиди, с междуклетъчни пространства между трахеидите. Слой S3 винаги отсъства. Слой S2 има външна силно лигнифицирана зона S2(L), съдържаща около 70% лигнин, и вътрешна по-малко лигнифицирана зона (с около 40% лигнин), в която има дълбоки спирални кухини и ребра, чийто наклон съответства на този на микрофибрилите (30–50°). Големият ъгъл на микрофибрилност в слоя S2 означава, че трахеидите се свиват повече в надлъжна посока при изсушаване в сравнение с нормалната дървесина. Натисковата дървесина може да съдържа до 40% лигнин в сравнение с 30% в нормалната дървесина. Съдържанието на целулоза в нормалната дървесина е около 40–45%, но е само около 35% в натисковата дървесина, със съответно намаляване на съдържанието на хемицелулоза от 30–35% в нормалната дървесина до около 25% в натисковата дървесина [1, 4]. Натисковата дървесина не трябва непременно да се разглежда като аномална тъкан. По-скоро може да се счита за крайна форма на нормална дървесина, тъй като има непрекъснат градиент на характеристиките от натисковата през нормалната дървесина до противоположната дървесина от другата страна на стъблото.

Натисковата дървесина е особено изобилна в долните трупи от първата секция. Надлъжното съсъхване е най-голямо близо до сърцевината именно в челния труп. Не само, че има изобилие от натискова дървесина с големия си микрофибрилен ъгъл близо до сърцевината, но дори и при нормалната дървесина целулозният микрофибрилен ъгъл е най-голям до сърцевината, намалявайки постепенно с номера на пръстена. Освен това ъгълът на микрофибрила е по-висок в основата на дървото, отколкото понагоре по стъблото. В тези случаи абсолютните микрофибрилни ъгли ще лежат в критичния диапазон (30°–50°). Градиентът в микрофибрилния ъгъл с разстояние от сърцевината ще бъде висок.

На няколко растежни пръстена от сърцевината, честотата на натисковата дървесина е много намалена и нормалната дървесина има по-малък ъгъл на микрофибрилите. Силното надлъжно свиване става сериозно само когато ъгълът на микрофибрила надвишава около 30°. Съществената характеристика както на теоретичните, така и на експерименталните резултати е, че е необходим голям ъгъл на микрофибрилите, за да се предизвика значително надлъжно свиване, и че това състояние се среща само при

натискова и в нормална дървесина близо до сърцевината [8, 9, 13].

Опънова дървесина

Опъновата дървесина е вид реакционна дървесина, срещаща се само при широколистните. Тя се образува от горната страна на наклонено стъбло, въпреки че не присъства във всички широколистни видове. Опъновата дървесина е по-трудна за идентифициране от натисковата. При сухи трупи от средно твърда широколистна дървесина може да има сребрист блясък. При тропичната дървесина изглежда като по-тъмни ивици. В суровия нарязан дървен материал влакната се издърпват, което води до вълнена (мъхава) повърхност. Бързо и надеждно може да се открият зоните с опънова дървесина прилагайки химически реагент върху напречно сечение на стъблото [11].

Табл. 1. Характеристики и свойства на реакционната дървесина [8]

Показател	Натискова дървесина	Опънова дървесина
Плътност	15–100% по-голяма отколкото в съответната нормална дървесина	10-30% повече отколкото в съответната нормална дървесина
Физични свойства	По-тъмен цвят и много по-висока твърдост	По-тъмен цвят; придава сребрист блясък при повечето умерено твърда дървесина. Развива вълнеста повърхност при надлъжно рязане.
Надлъжно съсъхване	1–5% или повече, в сравнение с 0,1–0,3% в нормална дървесина	0,5–1,5% или повече, в сравнение с 0,1–0,3% в нормална дървесина
Деформация при сушене	Склонна към силно измятане	Може да се деформира и е склонна към колапс
Якостни свойства	Сравними с нормалната дървесина, но якостта не отразява по-високата плътност	Обикновено по-висока якост от нормалната дървесина

Поради наличието на желатиновия слой в опънатините дървесни влакна, които се състоят от чиста целулоза, съдържанието на целулоза в опъновата дървесина може да достигне до 50–60%. Съдържанието на лигнин е съответно пониско, а именно около 15–20%, както и съдържанието на хемицелулоза (около 30%). Докато

опънати дървесни влакна могат да бъдат намерени върху значителна площ от дървесината, по-често те са разпръснати сред други влакна. Опъновите влакна често липсват в късната дървесина. Съдовете в напрегната дървесина са по-малки от нормалните и по-рядко разпределени [1, 4, 5, 10].

Надлъжното съсъхване на опъновата дървесина (0,5–1,5%), макар и да не е толкова голямо, колкото това на натисковата дървесина, все пак е много по-високо от това на нормалната дървесина. Както при натисковата дървесина, другият основен проблем е, че дървеният материал може да се изметне поради прекомерно и неравномерно съсъхване [8, 9].

Измятане при сушене

Много характеристики на дървесината са свързани с разположението ѝ в трупите. Това са ювенилната дървесина, натисковата дървесина, наклона на влакната и наклона на микрофибрилите. Основната плътност и съдържанието на хемицелулоза влияят върху степента на измятане. Хемицелулозите са некристални и силно хигроскопични. Те до голяма степен са отговорни за адсорбцията на вода в клетъчната стена. Това от своя страна влияе на съсъхването при изсушаване. Плътността има подобен ефект, тъй като степента на съсъхване е право пропорционална на основната плътност на дървесината. Местоположението в стъблото, от което е изрязана дъската, и ориентацията на годишните пръстени в тази дъска определят начина ѝ на измятане при изсушаване. Плътността на дървесината и крайното съдържание на вода също влияят върху големината на измятането.

Измятането се превърна в по-голям проблем през последните години, тъй като наличността на дървен материал от стари насаждения с голям диаметър намаля. Сега дърворезните предприятия станаха по-зависими от трупи от по-млади, второстепенни гори и насаждения с кратко възобновяване. По-младите дървета имат пропорционално по голям дял и по-нестабилна ювенилна дървесина [2, 3].

Измятането поради кривините и натисковата дървесина са по-силно застъпени в основата на стъблото. Това е така, защото в тази зона има стръмен градиент на аксиално съсъхване, където ъгълът на микрофибрилите се променя в диапазона от 30° до 50°. Ефектът е далеч по-малко значим по-нагоре по стъблото, където първоначалният ъгъл на микрофибрилите е по-малък и всъщност средно лежи под критичната стойност от 30°. По този начин се очаква най-много измятания да бъдат намерени в долния труп, който, имайки най-голям диаметър, е този,

който най-много се харесва на дъскорезниците [8, 13].

Склонността за измятане, която е присъща на дървесината, може да се избегне с подходящо разкрояване на дървесните материали. Това е особено важно за дървесина от бързорастящи дървесни видове. Схемата на разкрояване влияе върху сушенето, независимо дали се освобождават напреженията в дървесината, или рязането води до последващи напрежения на сушене, които са балансирани в дъската.

Измятането е най-често и най-тежко в сърцевината на челния труп, където ъгълът на микрофибрила е голям и където често се среща натискова дървесина. Усукването (винтообразното измятане) е най-силно в сърцевината на горните трупи, където наклона на влакната е голям и се променя бързо.

Заклучение

След внимателното разглеждане на всички характеристики на дървесината, се оформят две различни теории при сушенето на дървесните материали. Първата препоръчва сушенето на тънки дъски. Това е продиктувано от факта, че при сушенето има два противоположни градиента: на температурата и влажността. Най-успешното подтискане на тези градиенти е намаляване на дебелината на изсушавания материал. Освен това се препоръчва сушене с по-мек режим (т.е. с по-ниска температура), за да не се допуска колапс и други недостатъци.

Втората препоръчва сушене на дървен материал с големи размери, както по широчина, така и по дебелина, при които се минимизира изкривяването поради балансиращите ефекти, дължащи се на симетрията около сърцевината. Освен това нормалната дървесина създава ограничаващ ефект, когато е смесена с натискова или ювенилна дървесина. Тук се препоръчва по-

висока температура в началото на сушенето, за да се използва пластифициращия ефект [6, 7].

Литература

1. Блъскова, Г. *Дървесинознание*. Издателство на Лесотехнически университет. София. 2009. стр. 84–129.
2. Болдырев, П., *Сушка дървесини*. Профи. Санкт-Петербург. 2010.
3. Виделов, Х. *Сушене на дървесината*. Техника. София. 2003.
4. Енчев, Е. *Дървесинознание*. Издателство на Земиздат. София. 1984.
5. Курнова, Т. *Древесиноведение и сушка дървесини*. М-во образования и науки РФ. ФГБОУ ВПО „ВГЛТА“. Воронеж. 2013.
6. Николов, С., Виделов, Х. *Наръчник по сушене на дървесината*. Държавно издателство „Техника“. София. 1979.
7. Чемоданов, А., и др. *Сушка дървесини. Справочные материалы*. Инфра-Инженерия. Москва. 2022.
8. Keey, R., Langrish, T., Walker, J.. *Kiln-Drying of Lumber*. Springer series in wood science. 2000.
9. Simpson, W. *Properties of Wood Related to Drying*. Supervisory Research Forest Products Technologist. 2010.
10. Ugwu, S. et al. Engineering properties of wood under different drying methods. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*. 2021.
11. Vilkovská, T., Klement, I., Vilkovský, P., Čunderlík, I., Geffert, A. Chemical reagent for detecting tension wood in selected tree species. *BioResources*. 19(3). 2024. 4335–4351. DOI: <https://doi.org/10.15376/biores.19.3.4335-4351>.
12. Vilkovský, P., Uličný, H., Klement, I., Vilkovská, T. The Differences in Shape Stability for Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) Lumber with and without Spiral Grain. *Applied Sciences*. 14(12). 5250. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14125250>.
13. Yin, Q., Hong-Hai, L. Drying Stress and Strain of Wood: A Review. *Appl. Sci*. 11. 5023. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/app1115023>.

INFLUENCE OF WOOD DEFECTS ON THE QUALITY DRYING OF WOOD MATERIALS

Martina Todorova, Galina Kutova, Nikolay Bardarov
University of Forestry, Sofia, Bulgaria

Abstract

The defects of wood are one of its main characteristics. They also determine the gross defects acquired during drying. The quality of wood during drying is considered from the point of view of the degree of overlap of these defects. These are most often knots, slope of grain, cracks and warping. Drying, which causes shrinkage, interacts with certain combinations of these wood characteristics to obtain dried wood, which has a specific quality, determined in terms of class. The article examines the influence of the most common wood defects on the drying quality of wood materials. Attention is paid to the specific behavior of wood during drying, dictated by the presence of these defects. The goal is to give a clearer picture of wood as a natural material.