

مقدمه

به گواه تاریخ و آثار باستانی به جا مانده از زمان‌های قدیم در کشور عزیزمان و در اقصی نقاط دنیا چوب ماده‌ای بادوام است. شاید عمر قدیمی‌ترین ساختمان چوبی دنیا که هم‌اکنون مورد استفاده است به حدود سه هزار سال برسد. ساختمان‌های قدیمی و مساجد باستانی این مملکت عمری طولانی داشته و هنوز پا برجا هستند. شواهد نشان می‌دهد که اگر از چوب به نحوه‌ی صحیح استفاده شود بر دیگر مواد و مصالح ساختمانی و صنعتی ارجحیت داشته و بادوام‌تر است. استفاده صحیح یعنی حفاظت و نگهداری چوب در مقابل عوامل جوی و محیطی مخصوصاً رطوبت، آفتاب... و عوامل بیولوژیکی مانند حشرات و عوامل مخرب چوب است. بنابراین لازم است چوب مصرفی به طریقی آماده گردد که در مقابل عوامل نابودکننده آن مقاوم باشد.

در این درس سعی شده است روش‌های حفاظت و نگهداری چوب بیان گردد. یکی از عوامل حفاظت‌کننده چوب در حقیقت خشک کردن آن است که قادر است چوب را در مقابل عوامل محیطی و بیولوژیکی محافظت کرده و دوام آن را زیاد کند. ابتدا خواص چوب در ارتباط با خشک کردن مطرح شده و سپس روش‌های صحیح خشک کردن در هوای آزاد و کوره را بیان خواهیم کرد.

عوامل بیولوژیک مخرب چوب و روش‌های شیمیایی حفاظت چوب نیز در دو فصل جداگانه تشریح شده است.

هنرآموزان گرامی، هنرجویان عزیز

برای آموزش و یادگیری بهتر لازم است ابتدا مطالب هر فصل در ساعات تعیین شده تدریس شده و در حین آموزش به پرسش و تمرین‌های پایانی هر فصل جواب داده شود. پس از آن در پایان کتاب به نمونه سؤال‌های آزمونی پرداخته و از طریق جوابگویی به این سؤال‌ها، خود را آماده آزمون نهایی کنید.

مؤلفان

هدف کلی کتاب

فراگیر پس از پایان این کتاب اطلاعات لازم را در مورد اهمیت خشک کردن چوب در هوای آزاد و کوره‌های چوب‌خشک‌کنی و نحوه حفاظت چوب در برابر عوامل مخرب مانند قارچ‌های چوبخوار، موریانه‌ها و سوسک‌های چوبخوار کسب خواهد نمود.

چوب و ویژگی‌های آن در فرآیند خشک کردن

هدف‌های رفتاری : پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود :

- ۱- چوب پهن‌برگان و سوزنی‌برگان را تعریف کند ؛
- ۲- تبادل رطوبت چوب با محیط را شرح دهد ؛
- ۳- رطوبت چوب را شرح دهد ؛
- ۴- روش‌های تعیین رطوبت چوب را شرح دهد ؛
- ۵- چگونگی خشک کردن چوب را بیان کند ؛
- ۶- معایب ایجاد شده در اثر خشک کردن چوب را توضیح دهد ؛

زمان تدریس: ۱۶ ساعت

۱- چوب و ویژگی‌های آن در فرآیند خشک کردن

۱-۱- مقدمه: هدف‌های خشک کردن چوب

به طور کلی چوب دارای مقادیر چشمگیری رطوبت است. بعلاوه، چوب ماده‌ای آبدوست است ؛ یعنی، اگر در محیط مرطوب قرار گیرد، آب را جذب می‌کند و اگر در محیطی خشک باشد، رطوبت را از دست می‌دهد ؛ بنابراین، چوب باید همواره رطوبتی متناسب با محیط داشته باشد. چوب پس از قطع شدن و استحصال حاوی مقدار زیادی رطوبت است ؛ اگر با وجود این رطوبت از آن استفاده شود، در اثر همکشیدگی ترک‌های سطحی و عمقی برمی‌دارد و از کیفیت آن کاسته می‌شود. چنانچه چوب را طبق اصول علمی خشک کنیم، در مصرف آن با مشکلی روبرو

نمی‌شویم. به دلایل زیر چوب را باید قبل از مصرف خشک کنیم :

- همکشیدگی چوب در حین مصرف کم می‌شود و از به وجود آمدن عیب‌هایی نظیر پیچیده شدن و ترک برداشتن جلوگیری می‌گردد.
- چوب در مقابل حمله قارچ‌ها، پوسیدگی و رنگی شدن حفاظت می‌شود.
- از وزن چوب و هزینه حمل و نقل آن کاسته می‌شود.
- بدون به وجود آمدن عیبی در چوب، مقاومت آن زیاد می‌شود.
- بر مقاومت چوب برای نگهداری میخ افزوده می‌شود.
- رنگ آمیزی، پرداخت و عملیات حفاظت چوب بهتر صورت می‌گیرد.
- درجه حرارت بالا در کوره چوب خشک کنی، قارچ‌ها و حشرات را از بین می‌برد.
- ماشین کاری چوب خشک بهتر و آسانتر انجام می‌شود.
- مقاومت اتصال میان چسب و چوب خشک شده بیش تر است.

۲-۱- چوب پهن‌برگان و سوزنی‌برگان

درختان به دو گروه اصلی سوزنی‌برگان و پهن‌برگان تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱-۲-۱- پهن‌برگان: که گاه «سخت‌چوب‌ها» نیز نامیده می‌شوند، دسته‌ای از درختان هستند که برگ‌های پهن دارند. اگرچه چوب این گروه اغلب سخت‌تر از چوب سوزنی‌برگان است ولی این وجه تمایز عمومیت ندارد و چوب بعضی از پهن‌برگان (نظیر صنوبرها) نرم‌تر از چوب سوزنی‌برگان است.

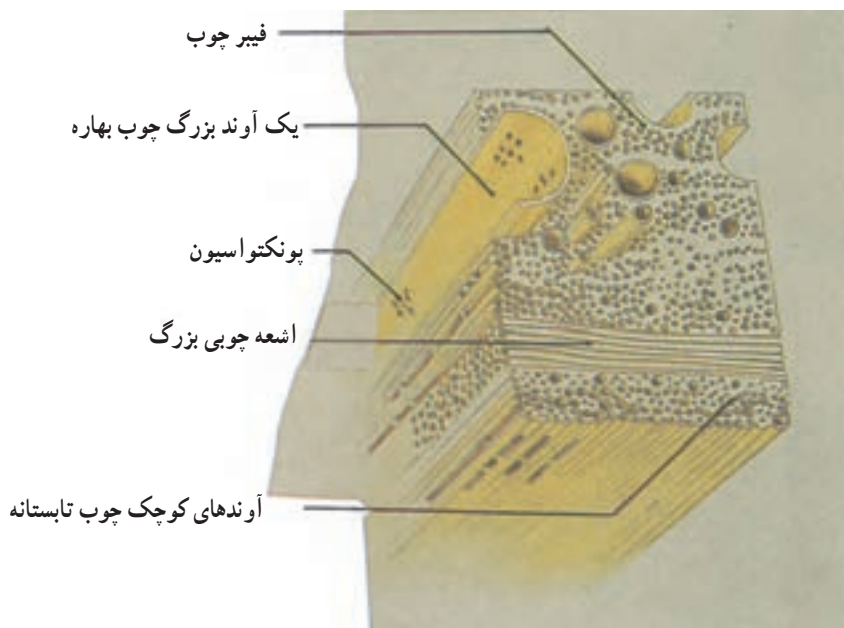
همان‌طور که در شکل ۱-۱ می‌بینید، ساختمان چوب پهن‌برگان پیچیده‌تر از چوب سوزنی‌برگان است و از سلول‌های مختلف و با وظایف زیستی و ساختمانی متفاوت تشکیل شده است. با توجه به پیچیدگی ساختمانی، خشک کردن چوب پهن‌برگان دشوارتر از چوب سوزنی‌برگان است و باید با دقت بیش‌تری انجام شود.

اجزای تشکیل‌دهنده پهن‌برگان عبارتند: آوندها، فیبرها و پارانشیم‌ها (طولی و عرضی). آوندها سلول‌های کشیده‌ای هستند که در جهت طولی ساقه درخت قرار گرفته‌اند و تقریباً استوانه‌ای شکل هستند که در یک یا دو انتها مانند قلم نی تراشیده می‌باشند و وظیفه انتقال آب و املاح از ریشه به طرف تاج درخت را دارند.

فیبرها که قسمت اعظم بافت چوب را تشکیل می‌دهند و قطر آن‌ها کم و طول زیاد دارند. فیبرها در دو انتها بسته‌اند و جدار سلول آن‌ها ضخیم است و نقش تأمین مقاومت مکانیکی چوب را دارند.

پارانشیم‌ها که به دو صورت طولی و عرضی (افقی یا پره‌های چوبی) دیده می‌شوند و نقش ذخیره مواد غذایی را به عهده دارند. پارانشیم‌های عرضی که به پره‌های چوبی موسومند همچنین نقش پود را در بافت چوبی ایفا می‌کنند و سبب به هم پیوستگی سایر عناصر تشکیل‌دهنده چوب می‌گردد.

از این گروه درختان پهن‌برگ می‌توان از صنوبرها (تبریزی، سپیدار، کبوده)، راش، ممرز، بلوط، افرا، توسکا، گردو، آزاد، توت و ... نام برد که در صنایع چوب موارد مصرف زیادی دارند.



شکل ۱-۱- ساختمان سه‌بعدی قطعه‌ای از چوب بلوط

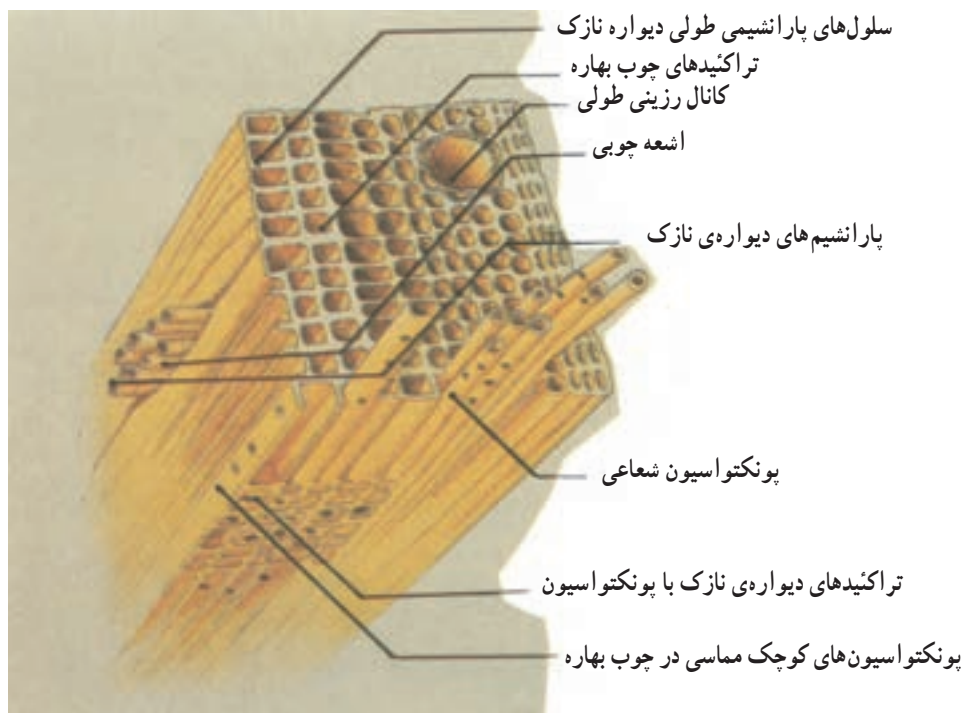
۲-۲-۱- سوزنی‌برگان: که در مواردی به آن‌ها «نرم‌چوب‌ها» نیز گفته می‌شود، دارای برگ‌های سوزنی شکل هستند. البته این برگ‌های سوزنی نیز عمومیت ندارد و برگ بعضی از درختان این گروه پهن است؛ به علاوه، چوب این درختان در مواردی سخت‌تر از چوب پهن‌برگان است.

همان طور که در شکل ۱-۲ می بینید، ساختمان چوب سوزنی برگان ساده تراز چوب پهن برگان است و از سلول های ساده تری که چندین وظیفه ساختمانی و زیستی را به عهده دارند، تشکیل شده است.

عناصر تشکیل دهنده بافت سوزنی برگان شامل : تراکئیدها ؛ پارانشیم های طولی و عرضی و کانال های رزینی است.

تراکئیدها سلول های طولی هستند که در جهت راستای درخت قرار گرفته اند و میان تهی می باشند که وظیفه هدایت شیره خام از ریشه به طرف تاج درخت را به عهده داشته و جداره سخت آن ها نقش تأمین مقاومت مکانیکی چوب را دارد.

نقش پارانشیم های طولی و پره های چوبی نیز مانند پهن برگان است و کانال های رزینی به شکل لوله ای هستند که محل دفع مواد زائد (صمغ، رزین، تربانتین) می باشد.



شکل ۱-۲- ساختمان سه بعدی قطعه ای از چوب سوزنی برگان

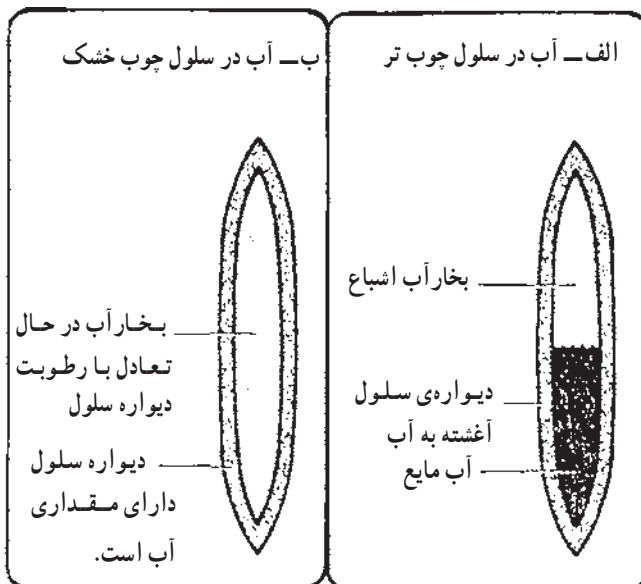
از گروه سوزنی برگان می توان کاج تهران، نراد (که به چوب روسی معروف است)، کاج جنگلی و ... را نام برد.

۳-۱- رطوبت در چوب

موادی که منشأ بیولوژیک (زنده) دارند (نظیر چوب)، در محیط‌های آبیکی تشکیل می‌شوند؛ بنابراین، آب به صورت ترکیبی طبیعی در کلیه قسمت‌های درخت زنده وجود دارد. در یک قطعه چوب که تازه قطع شده است، مقدار آب بیش از وزن ماده خشک چوب بوده و رطوبت در آن به بیش از صد درصد می‌رسد.

بعد از مرگ یا قطع درخت و تبدیل آن به الوار، چوب به سرعت بخشی از آب خود را به محیط اطراف انتقال می‌دهد، ولی به دلیل دارا بودن خواص و طبیعت بیولوژیک، در تمامی عمر مصرف در مقابل رطوبت حساس است.

در یک قطعه چوب تر یا تازه قطع شده، آب در دیواره‌ی سلول و حفره سلولی وجود دارد (شکل ۳-۱). در این چوب مقدار آب دیواره سلول طی فصل‌های سال تقریباً ثابت است ولی به عقیده بعضی از پژوهشگران، احتمالاً مقدار آب درون حفره سلولی در فصول مختلف تغییر می‌کند. آب درون حفره سلولی حاوی مواد غذایی محلول است که در اثر پدیده فتوسنتز ساخته می‌شود. همچنین دارای ترکیب‌ها و مواد آلی است که در درخت زنده به آن «شیره‌ی گیاهی» می‌گویند. زمانی که درحین تبدیل، چوب خشک می‌شود، کلیه آب درون حفره سلولی خارج می‌گردد ولی حفره سلولی چوب حتی درحین مصرف نیز مقداری بخار آب دارد. مقدار آب درون حفره‌ی سلولی به شدت خشک شدن و محیط مصرف بستگی دارد.



شکل ۳-۱- محل قرارگرفتن آب در درون چوب

در شکل ۳-۱ الف، محل قرارگرفتن آب را در درون حفره سلولی چوب مشاهده می کنید. تا زمانی که آب به صورت مایع در حفره سلولی وجود دارد، دیواره سلول اشباع از آب است. اغلب ویژگی های فیزیکی و مکانیکی چوب (به جز وزن آن) در اثر تغییر میزان آب درون حفره سلولی تغییر نمی کند؛ به عنوان مثال، چوب زمانی که $\frac{1}{4}$ حجم حفره ی سلولی آن پر از آب است، با زمانی که $\frac{1}{2}$ یا تمام آن پر از آب است، مقاومتی یکسان دارد. زمانی که هیچ گونه آبی در حفره وجود نداشته باشد، آب شروع به خارج شدن از دیواره سلول خواهد کرد. در این هنگام، کلیه آب حفره سلولی خارج می شود و دیواره ی سلول از آب اشباع می گردد. به این مقدار رطوبت «نقطه اشباع الیاف» گویند. نقطه اشباع الیاف نقطه ای بحرانی است؛ زیرا در رطوبتی کمتر از نقطه اشباع الیاف، کلیه خواص چوب در اثر کم شدن رطوبت تغییر می یابند. اگر چوب در محیطی قرار گیرد که در تماس با آب نباشد، مقدار رطوبت چوب کم تر از نقطه اشباع الیاف خواهد بود.

۴-۱- روش های تعیین رطوبت چوب

روش های متعددی برای اندازه گیری رطوبت چوب وجود دارد که از میان آنها سه روش زیر را که در خشک کردن چوب کاربردی گسترده تر دارند، تشریح می کنیم.



۴-۱-۱ روش خشک کردن در اتوو: روش خشک کردن در اتوو از دقیق ترین روش هاست، ولی زمان انجام آن طولانی و مستلزم جدا ساختن نمونه از چوب است. مراحل کار در این روش به شرح زیر است:

مطابق شکل ۴-۱ نمونه لازم برای تعیین درصد رطوبت چوب بایستی به فاصله حداقل ۳۰ سانتی متر از انتهای تخته بریده شود زیرا خروج رطوبت در قسمت های انتهایی چوب آلات سریع تر صورت گرفته و در نتیجه رطوبت واقعی چوب را نمی توان محاسبه نمود.

— مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۹۵ برای شکل ۴-۱ نحوه برش نمونه از یک تخته

تعیین میزان درصد رطوبت چوب از نمونه‌های چوبی به شکل مستطیل با مقطع ۲۰. ۲۰ میلی‌متر و به طول ۵. ۲۵ میلی‌متر استفاده می‌گردد.

– جرم مرطوب نمونه چوب را با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ تعیین می‌کنیم (شکل ۱-۵).



شکل ۱-۵- ترازوی دقیق و نحوه توزین نمونه چوب

– نمونه‌ها را در یک دستگاه اتوو مناسب در دمای ۱۰۳. ۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده و خشک کردن نمونه تا رسیدن به جرم ثابت ادامه پیدا می‌کند (شکل ۱-۶).



شکل ۱-۶- اتوو و نحوه قرار دادن نمونه‌های تعیین رطوبت در آن

جرم ثابت نمونه زمانی تعیین می‌شود که کاهش جرمی نمونه در فاصله ۶ ساعت بین دو توزین متوالی برابر یا کمتر از ۵/۰ درصد جرم نمونه باشد^۱.

– نمونه‌ها پس از رسیدن به جرم ثابت از اتوو خارج و در دسیکاتوری که حاوی مواد رطوبت‌گیر مانند پنتاکسید فسفر است قرار داده می‌شوند تا سرد شوند و سپس با همان ترازوی گفته شده جرم کاملاً خشک نمونه‌ها توزین می‌گردد.



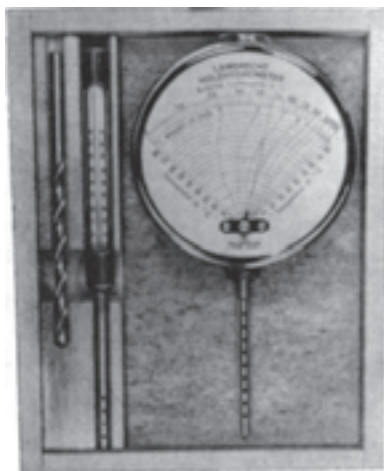
شکل ۱-۷- نمونه‌های آزمون رطوبت در داخل دسیکاتور

– با استفاده از رابطه تعیین درصد رطوبت، درصد رطوبت چوب محاسبه می‌شود. از معایب این روش، زمان طولانی آزمایش است. در دمای بین ۱۰۰ تا ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد یک قطعه چوب به وزن ۱۰۰ گرم، تا خشک شدن کامل به زمانی بین ۲۰ تا ۶۰ ساعت نیاز دارد. به‌علاوه، استفاده از این روش در مورد چوب‌های با مواد استخراجی فرّار از دقت کافی برخوردار نیست. زیرا مواد استخراجی فرّار در اثر حرارت اتوو خارج شده و کاهش جرم نمونه بیشتر از مقدار واقعی آن در اثر خروج رطوبت می‌باشد و رطوبت چوب دقیقاً تعیین نمی‌شود.

۲-۴-۱- روش هیگرومتریک: رطوبت نسبی درون سوراخی به قطر ۶ میلیمتر و عمق ۹۵ میلیمتر که تازه در یک قطعه چوب به‌وجود آمده است، با رطوبت چوب اطراف آن رابطه مستقیمی دارد؛ بنابراین، می‌توان با استفاده از یک هیگرومتر چوب (رطوبت نسبی سنج چوب)، مقدار رطوبت چوب را تعیین کرد.

سرعت این روش بیش تر از روش خشک کردن در اتوو و کمتر از روش الکتریکی است. زمان مورد نیاز برای اجرای این روش ۱۰ تا ۱۵ دقیقه است. در این روش ایجاد یک سوراخ در چوب ضروری است که به تخریب موضعی چوب می انجامد.

محدوده ی رطوبتی قابل اندازه گیری با هیگرومتر بین ۳ تا ۲۵ درصد است. در شکل ۸-۱ دستگاه هیگرومتر چوب نشان داده شده است.



شکل ۸-۱- دستگاه هیگرومتر چوب

۳-۴-۱- روش الکتریکی : کار رطوبت سنج های الکتریکی براساس تغییرات ویژگی های الکتریکی چوب در اثر تغییرات رطوبت چوب قرار دارد. رطوبت سنج های الکتریکی طبق دو اصل متفاوت طراحی شده اند :

– رطوبت سنج نوع مقاومت الکتریکی که در حقیقت مقاومت چوب را در مقابل عبور جریان مستقیم الکتریسیته اندازه گیری می کند.

متداول ترین نوع رطوبت سنج از نوع مقاومت الکتریکی است که در آن مقاومت در مقابل جریان الکتریسیته بین دو الکترود یا سوزن نفوذ داده شده اندازه گیری و براساس آن میزان رطوبت چوب تعیین می شود. محدوده اطمینان رطوبت سنج های الکتریکی در محدوده رطوبت چوب بین ۶ تا ۳۰ درصد است.

در شکل ۹-۱ نوعی رطوبت سنج الکتریکی را مشاهده می کنید. نکته جالب در مورد رطوبت سنج های الکتریکی نوع مقاومتی امکان عایق کردن الکترودهای دستگاه است. الکترودها را

می‌توان به نحوی عایق کرد که فقط انتهای آن‌ها قادر به سنجش مقاومت الکتریکی باشد. در این حالت، می‌توان رطوبت چوب را در اعماق مختلف تعیین کرد.



شکل ۹-۱- دستگاه رطوبت سنج الکتریکی

– رطوبت سنج نوع دی الکتریک که خاصیت دی الکتریک چوب را در محیط الکتریکی فرکانس بالا تعیین می‌کند. در شکل ۱-۱ این نوع رطوبت سنج الکتریکی را می‌بینید. همان طوری که از این شکل برمی‌آید، در این نوع رطوبت سنج هیچ گونه الکتروود یا سوزن وجود ندارد و اندازه‌گیری رطوبت تنها از طریق تماس دستگاه (قسمت حساس دستگاه) با چوب انجام می‌گیرد. شاید بتوان گفت که رطوبت سنج‌های الکتریکی از نظر کاربردی از مناسب‌ترین انواع رطوبت سنج و روش‌های اندازه‌گیری رطوبت هستند. رطوبت سنج‌های الکتریکی نیز مزایا و معایبی دارند.



شکل ۱-۱- نوعی رطوبت سنج الکتریکی بدون الکتروود

مزایای رطوبت سنج الکتریکی :

– زمان سنجش کوتاه است ؛

– اندازه گیری آسان است ؛

– این روش مخرب نیست (در این روش نیاز به قطع نمونه از چوب یا سوراخ کردن چوب

نیست) ؛

– وسیله اندازه گیری سبک و حمل شدنی است ؛

– هزینه اندازه گیری رطوبت کم است .

معایب رطوبت سنج الکتریکی :

– دقت آن نسبتاً کم است ؛

– اندازه گیری رطوبت بالاتر از نقطه اشباع الیاف از دقت لازم برخوردار نیست ؛

– رطوبت سنج های از نوع مقاومت الکتریکی در رطوبت کم تر از ۶ درصد دقت ندارند ؛

– عوامل زیادی نظیر گونه چوبی، دانسیته، درجه حرارت چوب و شرایط محیط بر اندازه گیری

تأثیر می گذارند .

۵-۱- تبادل رطوبت در چوب

چوب ماده ای آبدوست است . یعنی می تواند رطوبت را از محیط جذب کند یا آن را دفع نماید .

اگر قطعه ای چوب در محیطی مرطوب قرار گیرد، رطوبت را جذب می کند ؛ برعکس، اگر

قطعه چوبی مرطوب در محیط خشک قرار گیرد، رطوبت را از دست می دهد ؛ به عنوان مثال، اگر

قطعه چوبی را که در محیطی با درجه حرارت ۲۱ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۴۰ درصد قرار

دارد، به محیطی با همین درجه حرارت و رطوبت نسبی ۶۰ درصد انتقال دهیم، قطعه چوب رطوبت را

جذب می کند ؛ حال اگر همین چوب را از محیط با رطوبت نسبی ۶۰ درصد به محیط اول (یعنی

رطوبت نسبی ۴۰ درصد) انتقال دهیم، رطوبت خود را از دست می دهد .

اگر یک قطعه چوب در محیطی با رطوبت نسبی و درجه حرارت ثابت قرار گیرد، پس از مدتی

جذب یا دفع رطوبت آن به مقداری رطوبت ثابت خواهد رسید که به آن «رطوبت تعادل چوب»^۱

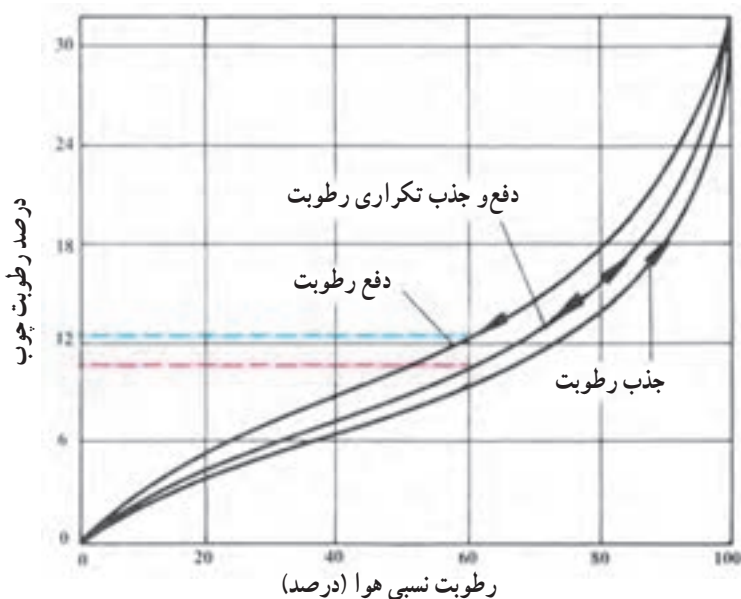
می گویند . حال اگر هوای محیطی که چوب در آن قرار گرفته است خشک تر شود، چوب رطوبت را

از دست می دهد تا مجدداً به حالت تعادل رطوبت با محیط جدید برسد . برعکس، اگر هوای محیطی که

^۱ – Equilibrium Moisture Content

چوب در آن قرار گرفته است مرطوب تر شود (یعنی رطوبت نسبی محیط زیاد شود)، چوب رطوبت را جذب می کند و به حالت تعادل رطوبت با محیط می رسد.

تغییر رطوبت چوب در اثر تغییر شرایط محیط (تغییر رطوبت نسبی) به صورت خط مستقیم نیست بلکه همان طور که در شکل ۱۱-۱ می بینید، به صورت منحنی است.



شکل ۱۱-۱- منحنی تغییرات رطوبت چوب در شرایط مختلف (در درجه حرارت ثابت)

سه پدیده را در منحنی های جذب رطوبت محیط به وسیله ی چوب باید در نظر گرفت :

– رطوبت چوب در حالت تعادل با بخار آب محیط همواره کمتر از نقطه اشباع الیاف است.

رطوبت چوب در رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد برابر رطوبت نقطه اشباع الیاف است.

– میزان رطوبت تعادل چوب اگر در اثر جذب رطوبت از محیط به دست آمده باشد، کم تر از

رطوبت تعادل چوب در اثر دفع آب است. به شکل ۱۱-۱ توجه کنید ؛ در رطوبت نسبی ۶۰ درصد :

– رطوبت چوب اگر از حالت خشک به دست آمده باشد، حدود ۱۰ درصد (خط قرمز) است.

– رطوبت چوب اگر از حالت مرطوب به دست آمده باشد (یعنی چوب خشک شده باشد)، در

حدود ۱۳ درصد (خط آبی) است. توجه داشته باشید که اختلاف رطوبت چوب در این دو شرایط

بالغ بر ۳ درصد است.

– پس از چند بار جذب و دفع رطوبت به وسیله چوب، منحنی به حالت تعادل می رسد و در این

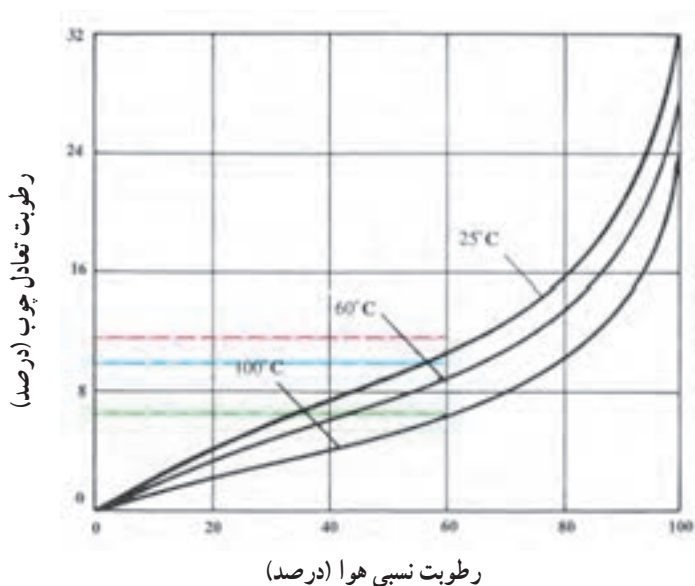
حالت، دیگر اختلافی میان رطوبت تعادل چوب از حالت خشک یا تر مشاهده نمی گردد (منحنی وسط در شکل ۱۱-۱).

درجه حرارت محیط نیز بر رابطه آب، چوب و رطوبت تعادل چوب تأثیر می گذارد؛ البته تأثیر درجه حرارت نسبتاً کم است. همان طور که در شکل ۱۲-۱ می بینید، اگر درجه حرارت محیطی که چوب در آن قرار گرفته است زیاد شود، رطوبت تعادل چوب کمتر خواهد بود. به شکل ۱۲-۱ توجه کنید؛ در رطوبت نسبی 60° درصد:

– اگر درجه حرارت محیط 25° درجه سانتی گراد باشد، رطوبت تعادل چوب در حدود $10/5$ درصد است (خط قرمز).

– اگر درجه حرارت محیط 60° درجه سانتی گراد باشد، رطوبت تعادل چوب در حدود $9/5$ درصد است (خط آبی).

– اگر درجه حرارت محیط 100° درجه سانتی گراد باشد، رطوبت تعادل چوب در حدود 6 درصد است (خط سبز).



شکل ۱۲-۱- منحنی تغییرات رطوبت چوب در شرایط رطوبت نسبی و درجه حرارت متفاوت

برای سهولت در تعیین تقریبی رطوبت تعادل چوب در محیط های با رطوبت نسبی و درجه حرارت متفاوت، جدول ۱-۱ از منحنی های مختلف استخراج شده است که می توان از آن به عنوان راهنما

استفاده کرد. توجه کنید جدول ۱-۱ در مورد چوب سوزنی برگ تهیه شده است که به دلیل نبود جدول مشابه برای پهن برگ (بوژه چوب‌های پهن برگ ایران) به عنوان راهنما آورده شده است.

جدول ۱-۱- رطوبت تعادل چوب (درصد) در محیط با رطوبت نسبی و درجه حرارت متفاوت

رطوبت نسبی هوا (درصد) C	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰
۱-	۴/۶	۶/۳	۷/۹	۹/۵	۱۱/۳	۱۳/۵	۱۶/۵	۲۱
۱۰	۴/۶	۶/۳	۷/۹	۹/۵	۱۱/۲	۱۳/۴	۱۶/۴	۲۰/۹
۲۱	۴/۵	۶/۲	۷/۷	۹/۲	۱۱	۱۳/۱	۱۶	۲۰/۵
۳۲	۴/۳	۵/۹	۷/۴	۸/۹	۱۰/۵	۱۳/۶	۱۵/۴	۱۹/۸
۴۳	۴	۵/۶	۷	۸/۴	۱۰	۱۲	۱۴/۶	۱۹/۱
۵۴	۳/۷	۵/۲	۶/۶	۷/۹	۹/۴	۱۱/۳	۱۴	۱۸/۲
۶۶	۳/۴	۴/۸	۶/۱	۷/۴	۸/۸	۱۰/۶	۱۳/۱	۱۷/۲
۷۷	۳	۴/۳	۵/۶	۶/۸	۸/۲	۹/۹	۱۲/۳	۱۶/۲

مثال: یک قطعه چوب سوزنی برگ برای مدت لازم در محیطی با رطوبت نسبی ۵۰ درصد و درجه حرارت ۲۱ درجه سانتی گراد قرار گرفته و به حالت تعادل رطوبت با محیط رسیده است. از جدول ۱-۱ میزان تقریبی رطوبت چوب را تعیین کنید.

راه حل: در جدول ۱-۱ خطی افقی از درجه حرارت ۲۱ درجه سانتی گراد (خط قرمز افقی) و خطی عمودی از رطوبت نسبی ۵۰ درصد ترسیم می کنیم (خط قرمز عمودی). محل برخورد دو خط قرمز افقی و عمودی نشان دهنده رطوبت چوب است. رطوبت این چوب ۹/۲ درصد خواهد بود.

مثال: قطعه چوب سوزنی برگ مثال بالا را به محیطی با رطوبت نسبی ۷۰ درصد و درجه حرارت ۳۲ درجه سانتی گراد انتقال می دهیم و در محیط جدید برای مدتی نگه می داریم تا به حالت تعادل رطوبت با محیط جدید برسد. براساس جدول ۱-۱ رطوبت چوب را به طور تقریبی تعیین کنید.

راه حل: مانند راه حل مثال بالا، در جدول ۱-۱ ابتدا خطی افقی از درجه حرارت ۳۲ درجه سانتی گراد (خط زرد افقی) و سپس خطی عمودی از رطوبت نسبی ۷۰ درصد ترسیم می کنیم (خط زرد عمودی). محل برخورد دو خط زرد افقی و عمودی نشان دهنده رطوبت چوب در محیط

جدید است. رطوبت این چوب ۱۳/۶ درصد خواهد بود.

مثال: اگر قطعه‌ای چوب سوزنی‌برگ در تعادل رطوبت با محیط با دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد را به محیطی دیگر با دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد انتقال دهیم، چوب در محیط جدید به تعادل رطوبت با محیط می‌رسد. تغییر در رطوبت تعادل چوب به چه میزان است؟

راه حل: رطوبت تعادل چوب در محیط با دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد برابر ۹/۲ است. رطوبت تعادل چوب در محیط با دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد برابر ۱۳/۶ درصد است؛ بنابراین، تغییر درصد رطوبت تعادل چوب برابر: $4/4 = 13/6 - 9/2$ درصد خواهد بود؛ یعنی، در اثر جابه‌جایی چوب از محیط اول به محیط دوم، معادل ۴/۴ درصد به رطوبت چوب افزوده می‌شود.

۱-۶- رطوبت چوب حین مصرف

از بحث‌های گذشته به این نتیجه کلی می‌رسیم که رطوبت چوب در شرایط متفاوت آب و هوایی (رطوبت نسبی و درجه حرارت) متغیر است. به دنبال تغییراتی در شرایط آب و هوایی چوب همکشیده و واکشیده می‌شود. اغلب می‌بینیم که اگر صندلی، میز یا هر محصول چوبی که در شمال ایران ساخته می‌شود، به مناطق خشک‌تر کشور انتقال داده شود، اتصال‌های آن باز می‌شود. اغلب از تحمل این محصولات در مقابل نیروهای وارد شده کاسته می‌شود و آن‌ها در اثر وارد شدن نیروهای می‌شکنند. دلیل باز شدن اتصال‌ها همکشیده شدن چوب در اثر انتقال از یک منطقه مرطوب به منطقه‌ای خشک‌تر است. به دنبال این انتقال، چوب رطوبت خود را از دست می‌دهد.

برای کم کردن و حتی از بین بردن میزان همکشیدگی و واکشیدگی چوب در مناطق مختلف، لازم است چوب را برای هر منطقه تا رطوبت تعادل چوب در آن منطقه خشک کرد. برای پی‌بردن به اینکه باید چوب در مناطق مختلف تا چه اندازه خشک شود، پژوهشگران با توجه به شرایط آب و هوایی (رطوبت نسبی و درجه حرارت) مناطق مختلف هر کشور، رطوبت تعادل چوب را محاسبه یا تعیین کرده و به صورت نقشه‌ها و جدول‌هایی ارائه داده‌اند.

ذکر این نکته ضروری است که رطوبت نسبی و درجه حرارت در ماه‌های مختلف سال در هر منطقه‌ای متغیر است بنابراین برای تعیین رطوبت تعادل چوب میانگین آن بیان می‌شود.

در شکل ۱۳-۱ رطوبت تعادل چوب (میانگین رطوبت تعادل چوب در فصل‌های مختلف) آمده

است که می‌تواند راهنمای خوبی برای خشک کردن چوب برای استفاده در مناطق مختلف ایران باشد.



شکل ۱۳-۱. میانگین رطوبت تعادل سالیانه چوب در نقاط مختلف ایران
 عددهای درون دایره، میانگین رطوبت چوب است.

۷-۱- جابجایی آب در چوب

خشک کردن چوب به معنی انتقال آب از درون چوب به سطح آن و سپس تبخیر این آب است. هنگام خشک کردن چوب، معمولاً آب از مناطق مرطوب‌تر به مناطق با رطوبت کم‌تر (خشک‌تر) جریان می‌یابد. اغلب گفته می‌شود چوب از خارج به طرف داخل خشک می‌شود؛ به این معنی که اگر هدف خارج کردن آب از چوب است (خشک کردن چوب)، سطح چوب باید خشک‌تر از قسمت داخلی آن باشد.

سرعت خشک شدن چوب به سرعت جداسازی آب از سطح چوب، سرعت حرکت توده آب به سطح چوب و پدیده‌ی انتشار پخشندگی بستگی دارد. در مراحل ابتدایی خشک کردن، اغلب سرعت خشک کردن به وسیله تبخیر سطحی کنترل می‌شود و سپس در مراحل بعدی، سرعت خشک کردن به وسیله‌ی ویژگی‌های انتشار آب در چوب کنترل می‌گردد.

سرعت حرکت رطوبت در داخل چوب به عوامل زیر بستگی دارد:

– رطوبت نسبی هوای اطراف چوب

– شدت تغییرات یا اختلاف رطوبت در قسمت‌های مختلف چوب

– درجه حرارت چوب

هرچه درجه حرارت چوب زیادتر باشد، سرعت حرکت رطوبت از مناطق مرطوب داخلی به سطح خشک تر سریع تر است. وجود درجه حرارت خیلی زیاد، به چین خوردگی، شانه عسلی شدن و کم شدن مقاومت می انجامد.

وزن مخصوص یکی از خواص فیزیکی است که ما را در زمینه ی آسان یا سخت خشک شدن چوب راهنمایی می کند. به طور کلی، هرچه وزن مخصوص چوب بیش تر باشد، سرعت خشک شدن آن کندتر می شود. احتمال به وجود آمدن عیب های خشک کردن نیز در این شرایط بالا می رود.

۸-۱- معایب خشک کردن چوب

عیب هایی که از کیفیت و ارزش چوب می کاهند، اغلب درحین بهره برداری، اره کشی، خشک کردن، پرداخت و جابجایی مکانیکی به وجود می آیند. درحین خشک کردن، هدف اصلی به حداقل رساندن معایب ناشی از خشک کردن است. البته باید بگوییم که شدت مواظبت و کاستن از عیب های خشک کردن به مصرف نهایی چوب بستگی دارد.

عیب های خشک کردن چوب را می توان به سه گروه اصلی تقسیم کرد :

۱- عیب های ناشی از جمع شدن چوب و کم شدن ابعاد آن که در درجه حرارت خشک زیاد و رطوبت نسبی کم به وجود می آیند. این عیب ها شامل ترک، چین خوردگی، پیچیدگی و شانه عسلی شدن است.

۲- عیب های ناشی از رشد قارچ ها که به طور کامل در فصل ۵ شرح داده خواهد شد.

۳- رنگی شدن شیمیایی چوب که در مقاطع تحصیلی بالاتر به آن پرداخته خواهد شد.

۱-۸-۱- ترک سطحی: ترک سطحی در حقیقت شکستگی در اشعه های چوبی در سطح تخته های مماسی یا دیگر انواع چوب هاست. اگر چوب دارای کانال های رزین و حاوی رگه های مواد معدنی هم باشد، ترک سطحی اتفاق می افتد. در شکل ۱۴-۱ ترک های سطحی را پس از خشک شدن چوب مشاهده می کنید. اگر ضخامت تخته کم تر از حدود ۴ سانتی متر باشد، شانس به وجود آمدن ترک سطحی در ضخامت تخته خیلی کم است.



شکل ۱۴-۱- ترک های سطحی در تخته

ترک سطحی معمولاً در مراحل اولیه خشک کردن اتفاق می افتد. البته همواره چنین نیست و در مورد چوب سوزنی برگان خطر به وجود آمدن ترک سطحی در مراحل دیگر نیز وجود دارد.

دلیل به وجود آمدن ترک سطحی به شرح زیر است :

در مراحل اولیه، با توجه به اینکه رطوبت نسبی محیط اطراف چوب پایین است، سطح چوب خیلی سریع خشک می شود و چون قسمت عمقی چوب هنوز مرطوب است، در سطح چوب همکشیدگی ایجاد شده و نتیجتاً، در اثر اختلاف ابعاد سطحی و عمقی ترک به وجود می آید.

خوشبختانه بسیاری از ترک های سطحی - بویژه در پهن برگان - در حین خشک کردن بسته می شوند. در محصولاتی که به پرداخت سطحی خیلی خوب نیاز دارند (نظیر کابینت، مبلمان و ...) ترک های بسته شدنی مطلوب نیستند؛ زیرا این ترک ها هنگام استفاده از محصولات چوبی در اثر تغییرات رطوبت مجدداً باز خواهند شد.

اندازه ترک سطحی نیز بر مصرف چوب تأثیر می گذارد. ترک های سطحی خیلی ریز که به وسیله عملیات ماشینری و پرداخت از بین می روند، چندان اهمیتی ندارند.

چوب هایی را که در اثر عملیات خشک کردن در هوای آزاد ترک های سطحی برداشته اند، نباید قبل یا در طی خشک کردن در کوره، خیس کرد یا در معرض رطوبت نسبی زیاد قرار داد؛ زیرا چنین عملیاتی معمولاً ترک را بزرگ تر، پهن تر یا عمیق تر خواهد کرد؛ به علاوه، پس از خشک کردن در کوره نیز نباید چوب های دارای ترک سطحی را خیس کرد؛ زیرا در این حالت نیز ترک ها بزرگ می شوند.

۲-۸-۱- ترک انتهایی : ترک انتهایی نیز همچون ترک سطحی معمولاً در اشعه چوبی اتفاق می افتد ولی این مورد در سطح انتهایی تخته هاست. این ترک ها نیز در مراحل اولیه خشک کردن به وجود می آیند. اگر در مراحل اولیه از رطوبت نسبی بالا استفاده شود و مقاطع چوب اندود گردند میزان این نوع ترک ها را می توان به حداقل رساند.

چوب هایی را که دارای ترک انتهایی هستند، نباید در حین خشک کردن یا پس از آن خیس کرد یا در معرض رطوبت نسبی زیاد قرار داد. در تمام گونه های چوبی، تمایل به بوجود آمدن ترک انتهایی با افزایش ضخامت چوب زیاد می شود. به این دلیل، در مواردی که احتمال ترک انتهایی زیاد است، باید انتهای چوب را قبل از خشک کردن اندود کرد. اگر اندود کردن در چوب تازه بریده شده و انتهای چوب بدون ترک در حالت خیس انجام گیرد، کارایی آن بیش تر می شود.



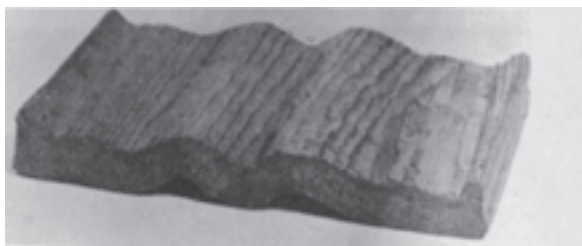
شکل ۱۵-۱ ترک انتهایی در چوب بلوط

۳-۸-۱ شکاف انتهایی: اگر ترک انتهایی گسترش یابد و بزرگ شود، به شکاف انتهایی می‌انجامد؛ بنابراین، اگر از بزرگ شدن و گسترش ترک انتهایی جلوگیری شود، امکان به‌وجود آمدن شکاف انتهایی از بین می‌رود؛ به علاوه، اگر چوب‌دستک‌ها در انتهای دسته‌بندی چوب‌ها و محل توسعه ترک‌های انتهایی قرار گیرند، امکان ایجاد شکاف انتهایی کمتر می‌شود.



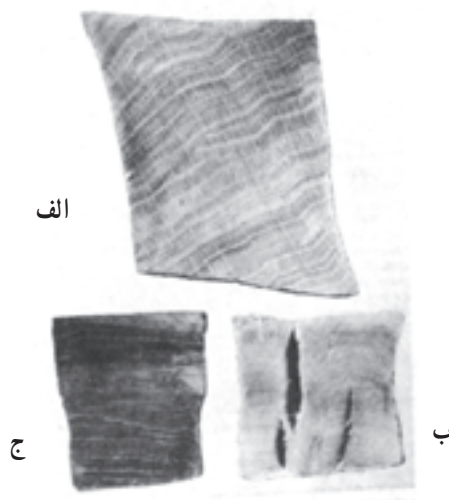
شکل ۱۶-۱ شکاف انتهایی

۴-۸-۱ چین خوردگی: چین خوردگی در حقیقت به‌هم خوردن شدید یا لهیده شدن سلول‌هاست. اگر مقدار چین خوردگی کم باشد، تشخیص آن مشکل و شاید غیرممکن خواهد بود ولی در اثر چین خوردگی شدید، سطح تخته موجدار خواهد شد. در شکل ۱۷-۱ موجدار شدن چوب نشان داده شده است.



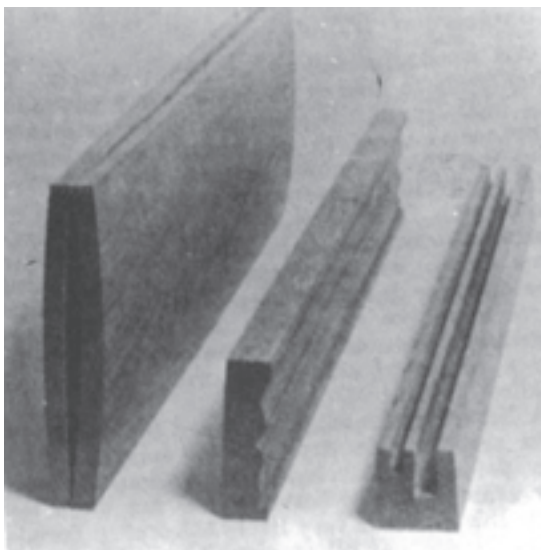
شکل ۱۷-۱ چین خوردگی شدید (موجدار شدن) چوب

اگر سطح چوب در مراحل اولیه خشک کردن، در اثر درجه حرارت خیلی زیاد به سرعت خشک شود، امکان چین خوردگی به همراه برون سختی و پیچیدگی شدید زیاد است؛ به علاوه، اگر چوب را از حالت تر در کوره چوب خشک کنی خشک کنیم، احتمال چین خوردگی بیش تر می شود. درون چوب بیش از برون چوب در معرض چین خوردگی قرار دارد. به طوری که اگر درون چوب بلوط را در کوره چوب خشک کنی در درجه حرارت 50° درجه سلسیوس یا بالاتر خشک کنیم، خیلی شدید چین خورده می گردد. ولی اگر همین چوب را در هوای آزاد و زیر سایه خشک کنیم، با چین خوردگی روبرو نخواهیم شد. در شکل ۱۸-۱ چند نوع چین خوردگی را مشاهده می کنید. در شکل ۱۸-۱ الف سطح مقطع چوب به شدت چین خورده شده ولی هیچ گونه برون سختی یا ترک مشاهده نمی شود. در شکل ۱۸-۱ ب چین خوردگی و شانه عسلی شدن با هم اتفاق افتاده است. در شکل ۱۸-۱ ج قسمت پایینی چوب که شامل درون چوب است، چین خورده شده ولی قسمت بالا که شامل برون چوب است، فقط همکشیده شده است.



شکل ۱۸-۱ چند نوع چین خوردگی در چوب اوکالیپتوس

۵-۸-۱- برون سختی: دلیل به وجود آمدن برون سختی، خشک کردن خیلی سریع و غیر یکنواخت است. اگر درجه حرارت خشک کن خیلی زیاد باشد یا رطوبت نسبی هوای درون خشک کن خیلی کم باشد یا در درجه حرارت و رطوبت نسبی تغییرات زیادی وجود داشته باشد، خشک شدن خیلی سریع و سطحی اتفاق می افتد. در چنین حالتی، چوب به برون سختی دچار می شود که در شکل ۱۹-۱ نشان داده شده است.

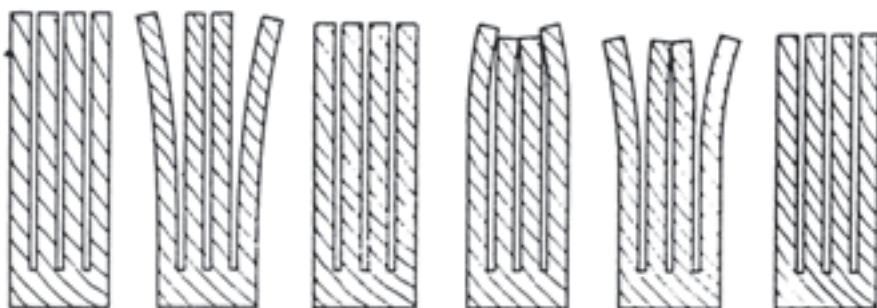


شکل ۱۹-۱- برون سختی در یک قطعه چوب خشک

برای جلوگیری از به وجود آمدن برون سختی، باید از برنامه چوب خشک کنی در درجه حرارت پایین و رطوبت نسبی بالا استفاده کرد؛ به علاوه، درجه حرارت و رطوبت نسبی را باید به دقت کنترل کرد و از یکنواختی آن‌ها اطمینان یافت. به علاوه باید طی برنامه چوب خشک کنی آزمایش‌های مکرری در تعیین برون سختی انجام گیرد. در شکل ۲۰-۱ نحوه آزمایش برون سختی نشان داده شده است. در شکل ۲۰-۱ الف؛ نمونه‌ی چوب تر نشان داده شده است. وقتی سه برش در چوب ایجاد می‌شود، قسمت‌های باقی‌مانده بدون انحنای می‌مانند.

در شکل ۲۰-۱ ب؛ یک نمونه چوب در ابتدای خشک کردن نشان داده شده است. در اثر فشارهای کششی به طرف بیرون، بریدگی‌ها به سمت خارج متمایل می‌شوند. در شکل ۲۰-۱ ج؛ به دلیل همکشیدگی داخلی، فشارها از بین می‌روند و بریدگی‌ها صاف می‌شوند.

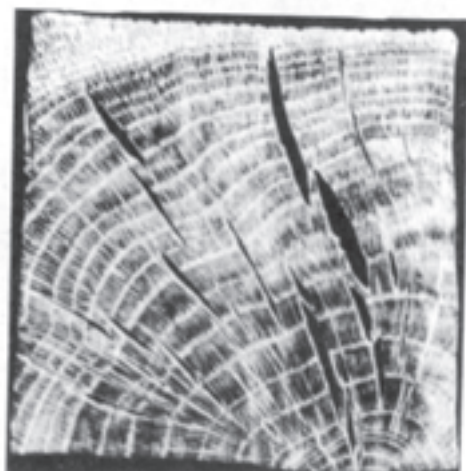
در شکل ۲۰-۱ د؛ چوب دارای برون سختی است. در شکل ۲۰-۱ ه؛ چوب پس از بخارزنی برگشت پیدا کرده است؛ برون سختی بریدگی‌های خارجی از بین رفته و انحنا به خارج ایجاد شده است. در شکل ۲۰-۱ و؛ چوب خیلی خوب خشک شده و بدون فشار است. برون سختی همواره با ترک سطحی، پیچیده شدن و انحنا پیدا کردن اتفاق می‌افتد. هنگام خشک کردن چوب‌های خیلی تر و خیلی فشرده احتمال ایجاد برون سختی بیش تر است.



الف ب ج د ه و

شکل ۲۰-۱ نمونه‌های مختلف آزمایش برون سختی

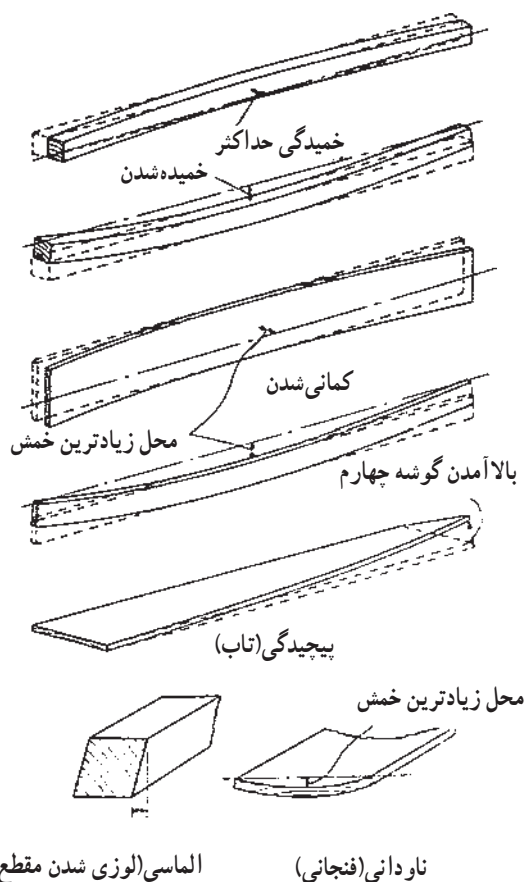
۶-۸-۱- شانه عسلی شدن: شانه عسلی شدن در حقیقت به وجود آمدن سوراخ‌ها و ترک‌های داخلی در چوب است. دلیل شانه عسلی شدن چوب در حین خشک شدن شکست‌های کششی در الیاف است که اغلب در اشعه‌های چوبی اتفاق می‌افتد. در شکل ۲۱-۱ شانه عسلی شدن در مقطع یک قطعه چوب بلوط نشان داده شده است.



شکل ۲۱-۱ شانه عسلی شدن مقطع یک قطعه چوب بلوط

اگر چوب را زمانی که تر است و آب در حفره‌های آن وجود دارد، به مدت طولانی در درجه حرارت خیلی بالا نگه داریم، شانه عسلی در آن به وجود می‌آید. بنابراین وقتی که چوب دارای آب آزاد است، نباید از درجه حرارت زیاد استفاده شود. این امر از احتمال شانه عسلی شدن آن می‌کاهد. شکست حلقه‌ای: شکست حلقه‌ای در امتداد و موازی دوایر رویش سالانه به وجود می‌آید.

۷-۸-۱- معوج شدن: به دلیل اختلاف در همکشیدگی شعاعی، مماسی و طولی در اثر خشک شدن، احتمال معوج شدن چوب وجود دارد. انواع معوج شدن را در شکل ۲۲-۱ می بینید.



شکل ۲۲-۱- انواع معوج شدن چوب در اثر خشک کردن

۸-۸-۱- ترک خوردن گره: اغلب گره های ترک خورده را از معایب می دانند. ترک ها اغلب در الیاف انتهایی گره در اشعه چوبی مشاهده می شود (شکل ۲۳-۱). دلیل به وجود آمدن این نوع ترک ها، اختلاف در میزان همکشیدگی موازی و عمود بر دوایر رویش سالانه در یک گره است. اگر در مراحل اولیه خشک کردن از رطوبت نسبی خیلی کم استفاده شود، این پدیده اتفاق می افتد؛ بنابراین، اگر از رطوبت نسبی زیاد یا رطوبت چوب زیادتر در مراحل اولیه خشک کردن استفاده شود، این عیب را می توان کنترل کرد ولی جلوگیری از آن امکان پذیر نیست.



شکل ۲۳-۱- یک گره ترک خورده

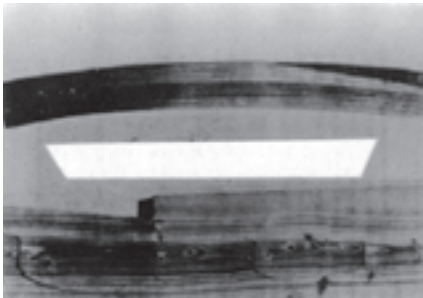
گره شل شده: بعضی از گره‌ها در حین خشک کردن چوب شل می‌شوند. به شکل ۲۴-۱ توجه کنید. دلیل شل شدن گره، همکشیدگی در هر دو جهت و جدا شدن آن از الیاف پیرامون خود است. رفع این عیب امکان پذیر نیست.



شکل ۲۴-۱- یک گره شل شده

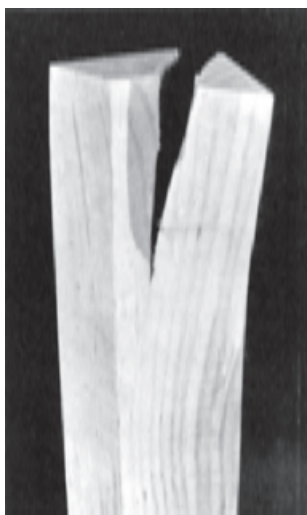
۹-۸-۱- عیب‌هایی که در اثر وجود چوب واکنشی به وجود می‌آیند^۱

چوب فشاری: چوب فشاری معمولاً در قسمت زیرین درختان خمیده و شاخه‌های سوزنی‌برگان ایجاد می‌شود. همکشیدگی طولی چوب فشاری بیشتر از چوب نرمال است و در نتیجه، تخته‌هایی که دارای چوب فشاری هستند، در اثر خشک شدن کمانی شده، خمیده و پیچیده می‌گردند. در شکل ۲۵-۱ یک تخته که در اثر وجود چوب فشاری در اثر خشک شدن خمیده شده است، دیده می‌شود.



شکل ۲۵-۱- وجود رگه‌ای از چوب فشاری (نوار تیره‌رنگ) به کمانی شدن نمونه انجامیده است.

اگر با مهار کردن چوب فشاری از این پدیده جلوگیری شود، چوب فشاری گسیخته می‌گردد و بریدگی عرضی در آن به‌وجود می‌آید. به شکل ۲۶-۱ توجه کنید. این تکه چوب در هنگام خشک شدن، به دلیل چوب فشاری و اختلاف همکشیدگی طولی بین چوب نرمال و فشاری، ترک خورده است.



شکل ۲۶-۱- ترک برداشتن یک قطعه چوب کاج در اثر وجود چوب فشاری

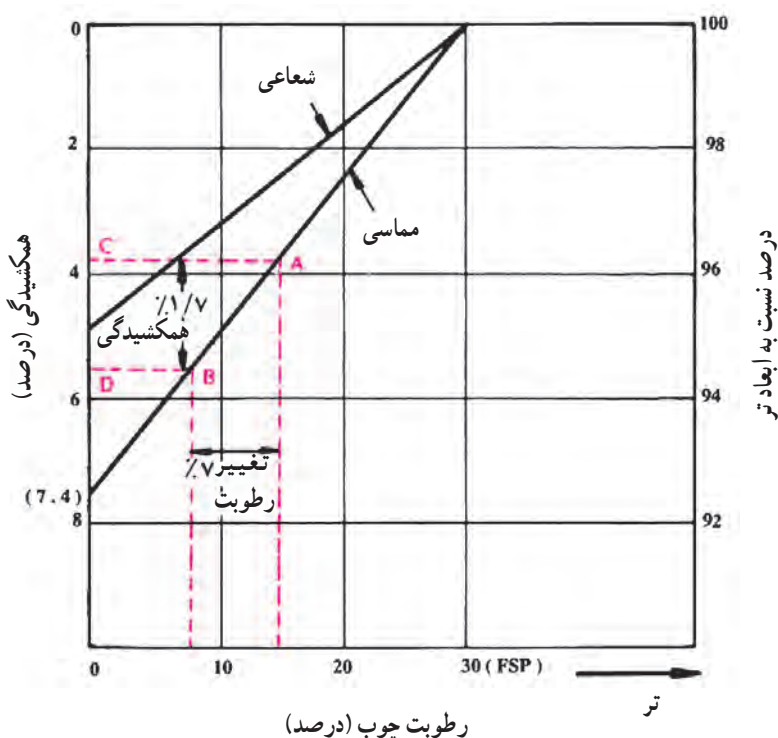
چوب کششی^۱: چوب کششی در قسمت بالایی تنه و شاخه خمیده درختان پهن‌برگ ایجاد می‌شود. همکشیدگی طولی تخته‌های چوب پهن‌برگ دارای چوب کششی بیش‌تر از چوب نرمال است. در اثر این پدیده، چوب پس از خشک شدن کمانی و پیچیده می‌شود.

۱۰-۸-۱- کم شدن ابعاد چوب (همکشیدگی چوب): در رطوبت کم‌تر از نقطه اشباع الیاف، اگر چوب رطوبت از دست دهد (آب آغشتگی آن جدا شود)، همکشیده می‌شود. برعکس، اگر آب وارد ساختمان دیواره سلول آن شود، چوب واکشیده می‌گردد.

همکشیدگی و واکشیدگی قطعات کوچک چوب، پدیده‌ای برگشت‌پذیر است؛ یعنی، به همان اندازه که چوب در اثر جذب رطوبت واکشیده می‌شود، در اثر دفع همان رطوبت، به همان مقدار همکشیده می‌شود. ولی همکشیدگی و واکشیدگی قطعات بزرگ‌تر چوب به‌طور کامل برگشت‌پذیر نیست و دلیل آن، فشارهای درونی خشک کردن است؛ به عنوان مثال، وقتی چوب تا رطوبت ۱۵ درصد خشک

شود، حدود ۵۰ درصد کل همکشیدگی اتفاق می افتد؛ به علاوه، اگر چوب تا ۸ درصد رطوبت خشک شود، تقریباً $\frac{3}{4}$ کل همکشیدگی چوب اتفاق می افتد.

همکشیدگی تقریبی و تغییر در اندازه چوب کاج تدا در شکل ۲۷-۱ نشان داده شده است. نکته جالب توجهی که از شکل ۲۷-۱ می توان آن را به روشنی تشخیص داد، رابطه خطی همکشیدگی در اثر تغییر رطوبت چوب است.



شکل ۲۷-۱- برآورد همکشیدگی و تغییر ابعاد چوب در اثر دفع رطوبت

همکشیدگی بعضی از چوب های مشابه پهن برگ ایران در جدول ۲-۱ خلاصه شده است که می تواند به عنوان راهنما مورد استفاده قرار گیرد ولی ارقام واقعی باید از طریق آزمایش تعیین شوند. رابطه ی میان همکشیدگی و رطوبت چوب تقریباً خطی است و تعیین میزان همکشیدگی چوب را میان دو مقدار رطوبت امکان پذیر می سازد (اگر مقدار همکشیدگی بین حالت تر تا کاملاً خشک مشخص باشد).

جدول ۱-۲ — مقدار همکشیدگی از چوب حالت تر تا حالت کاملاً خشک

گونه	همکشیدگی		
	شعاعی	مماسی	حجمی
زبان گنجشک سفید	۴/۹	۷/۸	۱۳/۳
ملیج آمریکایی	۴/۲	۷/۲	۱۴/۶
افرا قندی	۴/۸	۹/۹	۱۴/۷
بلوط قرمز	۴	۸/۶	۱۳/۷
گردوی سیاه	۵/۵	۷/۸	۱۳/۸

مثال: مقدار همکشیدگی مماسی چوب شکل ۲۷-۱ را در اثر کم شدن رطوبت از ۱۵ درصد به ۸ درصد تعیین کنید.

راه حل: برای تعیین میزان همکشیدگی در اثر کم شدن رطوبت از ۱۵ به ۸ درصد دو راه حل وجود دارد:

راه حل اول: در شکل ۲۷-۱ دو خط عمودی از رطوبت‌های ۱۵ و ۸ درصد ترسیم می‌کنیم (خط‌های قرمز عمودی) و نقطه برخورد این دو خط عمودی را با منحنی تغییرات همکشیدگی مماسی مشخص می‌نماییم (نقطه‌های A و B).

از نقطه A و B دو خط افقی موازی محور افقی ترسیم می‌کنیم (خط‌های قرمز افقی) و محل تلاقی آن‌ها را با محور عمودی (محور تغییر همکشیدگی) مشخص می‌کنیم (نقطه‌های C و D). نقطه C نشان‌دهنده میزان همکشیدگی در رطوبت ۸ درصد است. اختلاف این مقدار $۱/۷$ درصد است؛ یعنی، همکشیدگی در اثر تغییر رطوبت از ۱۵ درصد به ۸ درصد برابر $۱/۷$ درصد است.

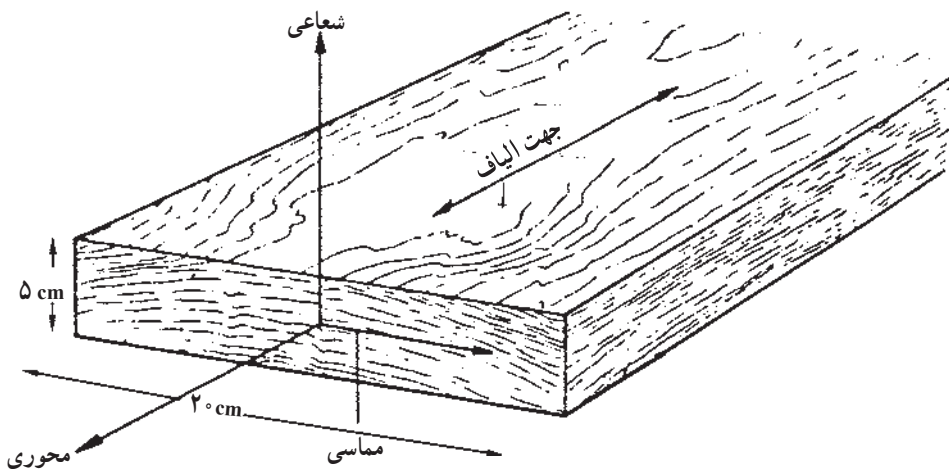
راه حل دوم: کل میزان همکشیدگی از حالت تر (۳۰ درصد رطوبت) تا کاملاً خشک (صفر درصد) طبق شکل ۲۷-۱ برابر $۷/۴$ درصد است؛ بنابراین، میزان همکشیدگی به ازای کم شدن یک درصد رطوبت چوب برابر $\frac{۷/۴}{۳۰}$ درصد معادل $۰/۲۵$ درصد است (با فرض اینکه رطوبت چوب در نقطه اشباع الیاف برابر ۳۰ درصد باشد). با توجه به این که تغییرات رطوبت برابر ۷ درصد ($۱۵ - ۸$) است، میزان همکشیدگی در اثر این مقدار کاهش رطوبت برابر:

$$۰/۲۵ \times ۷ = ۱/۷۵$$

درصد خواهد بود.

مثال: یک تخته مماسی گردوی سیاه به ابعاد 20° سانتی متر در 5 سانتی متر را که پس از قطع با رطوبت حدود 5° درصد بریده شده است تا رطوبت 8° درصد خشک می کنیم. اندازه نهایی سطح مقطع تخته را تعیین کنید؟

راه حل: تخته ای که قسمتی از آن در شکل ۱-۲۸ نشان داده شده است، تخته ای مماسی است. در یک تخته مماسی، همکشیدگی مماسی در پهنای تخته (20° سانتی متر) و همکشیدگی شعاعی در ضخامت تخته (5 سانتی متر) اتفاق می افتد.



شکل ۱-۲۸- یک تخته مماسی که در آن جهت های سه گانه ی چوب نشان داده شده است.

بر اساس جدول ۱-۲ میزان همکشیدگی مماسی و شعاعی چوب گردوی سیاه از حالت تر (رطوبت نقطه اشباع الیاف را 30° درصد فرض می کنیم) به حالت کاملاً خشک به ترتیب $7/8$ درصد و $5/5$ درصد است؛ بنابراین:

میزان همکشیدگی مماسی در اثر کم شدن یک درصد رطوبت

$$\frac{(درصد) \ 7/8}{30^\circ} \cdot 26^\circ$$

میزان همکشیدگی شعاعی در اثر کم شدن یک درصد رطوبت

$$\frac{(درصد) \ 5/5}{30^\circ} \cdot 183^\circ$$

درصد $22 = 30 - 8$ = تغییرات رطوبت در اثر خشک شدن

درصد $5/72 = 22 \times 0/26$ = میزان همکشی مماسی در اثر خشک کردن از رطوبت اولیه به رطوبت ۸ درصد

درصد $4/03 = 22 \times 0/183$ = میزان همکشی شعاعی در اثر خشک کردن چوب از رطوبت اولیه به رطوبت ۸ درصد

سانتی متر $1/14 = 20 \times \frac{5/72}{100}$ = میزان کم شدن پهنای تخته

سانتی متر $0/20 = 5 \times \frac{4/03}{100}$ = میزان کم شدن ضخامت تخته

سانتی متر $18/86 = 20 - 1/14$ = پهنای ابعاد نهایی سطح مقطع تخته

سانتی متر $4/8 = 5 - 0/20$ = ضخامت

دقت کنید: رطوبت اولیه چوب 50° درصد بوده است ولی تغییر ابعاد (همکشی) در رطوبت کمتر از نقطه اشباع الیاف اتفاق می افتد؛ بنابراین، از رطوبت 30° درصد استفاده می کنیم. برای محاسبه ی تغییر ابعاد چوب در اثر همکشی، می توان از رابطه های ریاضی استفاده کرد. همکشی در اثر تغییر رطوبت براساس رابطه زیر تعیین می شود:

$$b_d = \frac{b \cdot \gamma_d}{f}$$

که در آن:

b_d = همکشی در اثر تغییر رطوبت به مقدار γ_d (درصد)

b = کل همکشی (درصد)

γ_d = تغییر در رطوبت چوب (درصد)

f = نقطه ی اشباع الیاف (30° درصد)

مثال: در مثال بالامیزان همکشی شعاعی و مماسی تخته گردوی سیاه را در اثر خشک شدن تا رطوبت ۸ درصد تعیین کنید.

راه حل: همکشی شعاعی؛ کل همکشی شعاعی چوب گردوی سیاه $5/5$ درصد است؛

بنابراین:

درصد $b = 5/5$

$$\gamma_d = 30 - 8 = 22 \text{ درصد}$$

$$f = 30 \text{ درصد}$$

$$b_d = \frac{(22 \text{ درصد}) (5/5 \text{ درصد})}{30 \text{ (درصد)}} = 4/0.3 \text{ درصد}$$

همکشیدگی شعاعی در اثر تغییر رطوبت از 30 درصد به 8 درصد معادل 4/0.3 درصد ابعاد اولیه است.

همکشیدگی مماسی: کل همکشیدگی مماسی چوب گردوی سیاه برابر 7/8 درصد است؛ بنابراین:

$$b = 7/8 \text{ درصد}$$

$$\gamma_d = 22 \text{ درصد}$$

$$f = 30 \text{ درصد}$$

$$b_d = \frac{(7/8 \text{ درصد}) \times (22 \text{ درصد})}{30 \text{ (درصد)}} = 5/72 \text{ درصد}$$

همکشیدگی مماسی در اثر تغییر رطوبت از 30 درصد به 8 درصد معادل 5/72 درصد ابعاد اولیه است.

تغییر ابعاد در اثر تغییر رطوبت از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$L_d = \frac{b \cdot \gamma_d \cdot L_1}{f}$$

که در آن:

$$L_d = \text{تغییر ابعاد در اثر تغییر رطوبت (سانتی متر)}$$

$$b = \text{کل همکشیدگی (اعشاری یعنی اگر 7/8 درصد است، از 78/0 استفاده شود)}$$

$$\gamma_d = \text{تغییر رطوبت (اعشاری)}$$

$$f = \text{نقطه اشباع الیاف (3/0)}$$

$$L_1 = \text{ابعاد اولیه (ابعاد تر) (سانتی متر)}$$

مثال: در مثال فوق، تغییر ابعاد سطح مقطع تخته گردوی سیاه را در اثر خشک کردن تا رطوبت ۸ درصد تعیین کنید.

راه حل: همکشیدگی در پهنا؛ تخته‌ی مورد بحث در جهت پهنا همکشیدگی مماسی دارد؛ بنابراین:

$$b. \text{درصد } 7/8. \text{ } ^\circ/^\circ 78$$

$$. d. \text{درصد } 22. 8. 30 -$$

$$f. \text{درصد } 30. \text{ } ^\circ/3$$

$$L_1. \text{سانتی متر } 20$$

$$L_d. \frac{^\circ/^\circ 78. \text{ } ^\circ/^\circ 22. 20}{^\circ/3}. 1/14 \quad \text{سانتی متر کاهش در پهنای تخته}$$

همکشیدگی در ضخامت: تخته در جهت ضخامت همکشیدگی شعاعی دارد؛ بنابراین:

$$b. \text{درصد } 5/5. \text{ } ^\circ/^\circ 55$$

$$. d. \text{درصد } 22. \text{ } ^\circ/22$$

$$f. \text{درصد } 30. \text{ } ^\circ/3$$

$$L_1. \text{سانتی متر } 5$$

$$L_d. \frac{^\circ/^\circ 55. \text{ } ^\circ/^\circ 22. 5}{^\circ/3}. \text{ } ^\circ/2 \quad \text{سانتی متر همکشیدگی در ضخامت تخته}$$

ابعاد نهایی سطح مقطع: سانتی متر ۱۸/۸۴. ۱۴/۱-۲۰. پهنا

سانتی متر ۴/۸. ۲۰-۵. ضخامت

پرسش و تمرین

- ۱- سه هدف از خشک کردن چوب را بیان کنید.
- ۲- چوب پهن برگان را در فرآیند خشک کردن تعریف کنید.
- ۳- چوب سوزنی برگان را در فرآیند خشک کردن تعریف کنید.
- ۴- پس از خشک شدن چوب، وجود گره در آن، چه مسأله‌ای را به وجود می‌آورد؟
- ۵- به شکل ۱-۲۵ توجه کنید؛ چرا این چوب در اثر خشک شدن خمیده شده است؟

۶- یک قطعه چوب تر به وزن ۱۵۹ گرم را در اتوو خشک می کنیم ؛ بعد از خشک شدن کامل وزن آن به ۱۲۰ گرم می رسد. میزان رطوبت این چوب را محاسبه کنید.

۷- روش الکتریکی تعیین رطوبت چوب را شرح دهید.

۸- به شکل ۱۱-۱ توجه کنید ؛ در دو حالت زیر رطوبت تعادل چوب را در رطوبت نسبی ۸۰ درصد و ۴۰ درصد از روی شکل تعیین کنید.

الف- اگر چوب در اثر دفع رطوبت به حالت تعادل رطوبتی رسیده باشد.

ب - اگر چوب در اثر جذب رطوبت به حالت تعادل رطوبتی رسیده باشد.

۹- به شکل ۱۲-۱ توجه کنید ؛ رطوبت یک قطعه چوب در شرایط زیر چه مقدار خواهد بود؟

الف - رطوبت نسبی ۶۰ درصد و درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی گراد

ب - رطوبت نسبی ۸۰ درصد و درجه حرارت ۶۰ درجه سانتی گراد

ج - رطوبت نسبی ۵۰ درصد و درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتی گراد

۱۰- از جدول ۱-۱ رطوبت تعادل چوب را در شرایط زیر تعیین کنید.

الف - رطوبت نسبی ۴۰ درصد و درجه حرارت ۲۱ درجه سانتی گراد

ب - رطوبت نسبی ۵۰ درصد و درجه حرارت ۴۳ درجه سانتی گراد

ج - رطوبت نسبی ۷۰ درصد و درجه حرارت ۳۲ درجه سانتی گراد

د - رطوبت نسبی ۸۰ درصد و درجه حرارت ۲۱ درجه سانتی گراد

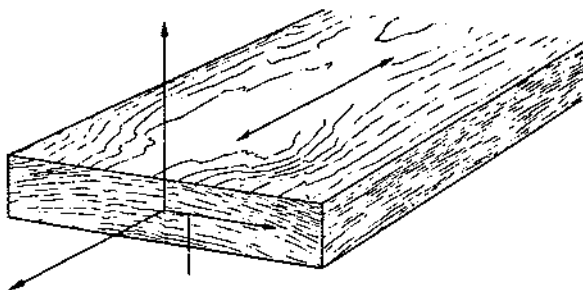
ه- رطوبت نسبی ۲۰ درصد و درجه حرارت ۵۴ درجه سانتی گراد

۱۱- اگر بخواهیم از چوب در شهرهای زیر استفاده کنیم، به طور تقریبی چوب مورد استفاده در شهرهای زیر، چه رطوبتی باید داشته باشد؟ (توجه کنید : به شکل ۱۳-۱ مراجعه کنید).

مشهد، کرمان، اصفهان، آبادان، رشت، تبریز، چابهار

۱۲- در شکل ۲۹-۱ قسمتی از یک تخته چوبی نشان داده شده است. فلش ها چه مفهومی

دارند؟



شکل ۲۹-۱

۱۳- پهنای تخته شکل ۲۹-۱ در رطوبت ۲۰ درصد، برابر ۳۰ سانتی متر بوده است. این تخته را تا رطوبت ۱۰ درصد خشک کرده ایم. با توجه به شکل ۲۷-۱ پهنای آن پس از خشک شدن چند سانتی متر خواهد بود؟

۱۴- سه عامل مؤثر بر سرعت خشک شدن چوب را نام ببرید.

نمونه سؤال های آزمونی فصل اوّل

- ۱- سه هدف خشک کردن چوب را بیان کنید.
- ۲- رطوبت چوب را شرح دهید.
- ۳- روش الکتریکی تعیین رطوبت چوب را شرح دهید.
- ۴- روش هیگرومتریک تعیین رطوبت چوب را شرح دهید.
- ۵- در درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی گراد اگر یک قطعه چوب را از محیط با رطوبت نسبی ۳۰٪ به محیط با رطوبت نسبی ۸۰٪ انتقال دهیم وزن آن کم می شود یا وزن آن زیاد می شود؟
- ۶- رطوبت حین مصرف چوب در یزد زیادتر است یا در رشت؟
- ۷- تَرک سطحی را تعریف کنید.
- ۸- تَرک انتهایی را تعریف کنید.
- ۹- چین خوردگی را تعریف کنید.
- ۱۰- برون سختی را تعریف کنید.
- ۱۱- سه عامل مؤثر بر خشک کردن چوب را بیان کنید.