

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# خشک کردن و نگهداری چوب

رشته صنایع چوب و کاغذ

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۱۹۴۶

جهان لتیباری، احمد	۶۷۴
خشک کردن و نگهداری چوب / مؤلفان: احمد جهان لتیباری، عبدالرحمن حسین زاده.	خ ۹۵۵ ج
— [ویرایش دوم] / بازسازی و تجدیدنظر: کمیسیون برنامه ریزی و تألیف رشته صنایع چوب و کاغذ.	۱۳۹۴
— تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، ۱۳۹۴.	
۱۳۴ ص. : مصور. — (آموزش فنی و حرفه ای؛ شماره درس ۱۹۴۶)	
متون درسی رشته صنایع چوب و کاغذ، زمینه صنعت.	
۱. الوار - خشک کردن. الف. حسین زاده، عبدالرحمن. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش.	
کمیسیون برنامه ریزی و تألیف رشته صنایع چوب و کاغذ. ج. عنوان. د. فروست.	

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران- صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی  
و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

محتوای این کتاب با توجه به برنامه سالی - واحدی در سال ۱۳۸۸ در کمیسیون  
تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف رشته صنایع چوب و کاغذ بازسازی و توسط آقای حسین  
رنگ‌آور تجدید نظر گردید.

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : خشک کردن و نگهداری چوب - ۴۶۹/۶

مؤلفان : احمد جهان‌لتیباری، عبدالرحمن حسین‌زاده

اعضای کمیسیون تخصصی : محمد غفرانی، محمدعلی نیک‌نام، محمد لطفی‌نیا، حبیب‌نوری و امیر نظری

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : راحله زادفتح‌اله

طراح جلد : محمدحسن معماری

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران - تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

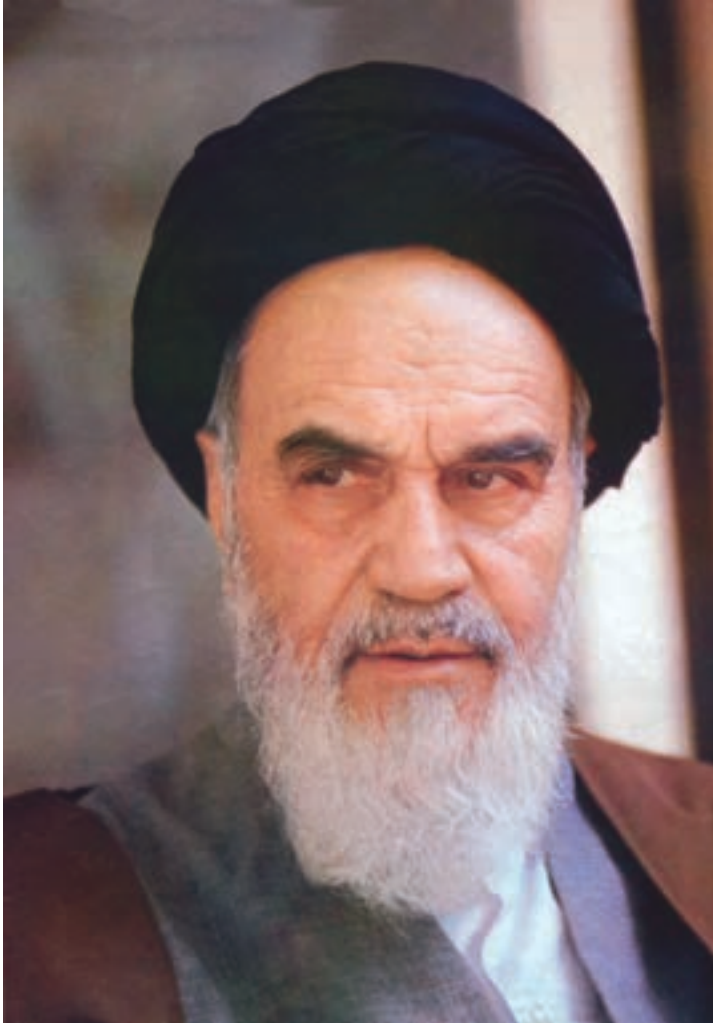
تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه : کاج

سال انتشار : ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.

شابک X-۰۲۶۰-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-0260-X



اول باید اخلاصتان را قوی بکنید، ایمانتان را قوی بکنید... و این اخلاص و ایمان، شما را تقویت می کند و روحیه شما را بالا می برد و نیروی شما جووری می شود که هیچ قدرتی نمی تواند (با شما) مقابله کند.  
امام خمینی (ره)

## فهرست مطالب

<p>۲۱      ۴-۸-۱- چین خوردگی</p> <p>۲۲      ۵-۸-۱- برون سختی</p> <p>۲۴      ۶-۸-۱- شانه عسلی شدن</p> <p>۲۵      ۷-۸-۱- معوج شدن</p> <p>۲۵      ۸-۸-۱- ترک خوردن گره</p> <p>         ۹-۸-۱- عیب‌هایی که در اثر وجود                 چوب واکنشی به وجود                 می‌آیند</p> <p>۲۶      ۱۰-۸-۱- کم شدن ابعاد چوب</p> <p>۲۷      (همکشیدگی چوب)</p> <p><b>فصل دوم - خشک کردن چوب در هوای آزاد</b></p> <p>۳۶      ۱-۲- ویژگی‌های خشک کردن چوب در                 هوای آزاد</p> <p>۳۶      ۱-۱-۲- معایب خشک کردن چوب                 در هوای آزاد</p> <p>۳۷      ۲-۲- یارد چوب خشک کنی در هوای                 آزاد</p> <p>۳۷      ۱-۲-۲- یارد مکانیزه چوب خشک کنی                 در هوای آزاد</p> <p>۴۰      ۳-۲- نحوه دست‌بندی در یارد                 چوب خشک کنی</p> <p>۴۲      ۲۱-۸-۱- شکاف انتهایی</p>	<p style="text-align: right;">مقدمه      ۱</p> <p><b>فصل اول - چوب و ویژگی‌های آن در فرآیند خشک کردن</b></p> <p>۳      ۱-۱- مقدمه : هدف‌های خشک کردن</p> <p>                چوب      ۳</p> <p>۴      ۲-۱- چوب پهن‌برگان و سوزنی‌برگان</p> <p>                ۱-۲-۱- پهن‌برگان      ۴</p> <p>                ۲-۲-۱- سوزنی‌برگان      ۴</p> <p>                ۳-۱- رطوبت در چوب      ۷</p> <p>                ۴-۱- روش‌های تعیین رطوبت چوب</p> <p>                        ۱-۴-۱- روش خشک کردن                         در اتوو      ۸</p> <p>                        ۲-۴-۱- روش هیگرومتریک      ۱۰</p> <p>                        ۳-۴-۱- روش الکتریکی      ۱۱</p> <p>                ۵-۱- تبادل رطوبت در چوب      ۱۳</p> <p>                ۶-۱- رطوبت چوب حین مصرف      ۱۷</p> <p>                ۷-۱- جابجایی آب در چوب      ۱۸</p> <p>                ۸-۱- معایب خشک کردن چوب</p> <p>                        ۱-۸-۱- ترک سطحی      ۱۹</p> <p>                        ۲-۸-۱- ترک انتهایی      ۲۰</p> <p>                        ۳-۸-۱- شکاف انتهایی      ۲۱</p>
---	--

۴۲	۱-۳-۲- تفکیک چوب‌ها
۴۴	۲-۳-۲- ابعاد دسته بندی
۴۶	۲-۳-۳- نحوه دسته بندی
۶۳	۳-۲-۳- نمونه کنترل در کوره
۶۴	چوب خشک کنی
۶۶	۳-۳- مکانیسم کار کوره
۶۹	۲-۴- روش‌های حمل و نقل در یارد
۶۹	چوب خشک کنی
۶۹	۲-۵- روش نصب آفتابگیر و هانگار در یارد
۷۳	۱-۴-۳- سیستم هوای خشک کن
۷۳	۲-۵-۱- نصب پوشش روی واحد
۷۴	۲-۴-۲- سیستم حرارت کوره
۷۴	۵۱- دسته بندی
۷۶	۳-۵-۳- سیستم‌های کنترل در کوره
۷۶	۵۲- ۲-۵-۲- نصب آفتابگیر
۷۶	چوب خشک کنی
۷۸	۳-۶-۱- انواع کوره چوب خشک کنی
۷۸	۵۲- ۲-۵-۳- هانگار
۷۸	۲-۶-۱- کوره‌های اتاقکی
۷۸	۵۳- چوب خشک کنی
۷۸	۲-۶-۲- کوره پیوسته
۷۸	۲-۷- مدت خشک کردن چوب
۸۰	۳-۶-۳- ساختمان کوره
۸۰	۲-۸- نحوه نصب وسایل حفاظت در انبار و اندود کردن چوب
۸۰	۳-۷- بارگیری، خشک کردن و تخلیه کوره
۸۰	۳-۷-۱- بارگیری کوره
۸۳	۳-۷-۲- خشک کردن
۸۵	۳-۷-۳- تخلیه کوره
۸۷	فصل سوم - خشک کردن مصنوعی
۸۷	۵۹- (در کوره) چوب
۸۷	۳-۱- مزایا و معایب خشک کردن چوب در کوره
۸۷	۳-۲- زمان و برنامه خشک کردن چوب در کوره
۸۷	۳-۲-۱- برنامه چوب خشک کنی در کوره
۸۷	۳-۲-۲- محاسبه زمان خشک کردن چوب در کوره
۸۸	فصل چهارم - عوامل مؤثر در هزینه‌های چوب خشک کنی
۸۷	۴-۱- عوامل مؤثر در هزینه‌های چوب خشک کنی در هوای آزاد
۸۷	۴-۱-۱- هزینه‌های سرمایه‌ای
۸۸	۴-۱-۲- هزینه‌های عملیاتی

۱۱۷	چوب	۳-۱-۴- هزینه‌های مربوط به افت
۱۱۷	الف - آتش‌سوزی	۸۹ کیفیت چوب
۱۱۹	ب - هوازدگی	۴-۱-۴- ارزش (بهره) چوب در حین
	۳-۲-۵- عوامل شیمیایی تخریب‌کننده	۸۹ خشک شدن
۱۱۹	چوب	۲-۴- عوامل مؤثر در هزینه‌های
	۴-۲-۵- عوامل مکانیکی تخریب‌کننده	۸۹ چوب خشک‌کنی مصنوعی
۱۲۰	چوب	۸۹ ۱-۲-۴- هزینه‌های سرمایه‌ای
		۹۰ ۲-۲-۴- هزینه‌های عملیاتی
۱۲۳	فصل ششم - حفاظت شیمیایی چوب	۳-۲-۴- هزینه‌های مربوط به افت
۱۲۳	۱-۶- مقدمه	۹۰ کیفیت چوب
۱۲۴	۲-۶- ویژگی‌های ماده حفاظتی	۴-۲-۴- ارزش (بهره) چوب در حین
۱۲۵	۳-۶- طبقه‌بندی مواد حفاظتی	۹۰ خشک کردن
	۱-۳-۶- مواد حفاظتی روغنی	
۱۲۵	(روغن‌ها)	۹۳ فصل پنجم - حفاظت و نگهداری چوب
	۲-۳-۶- مواد حفاظتی حل‌شونده در	۹۳ ۱-۵- مقدمه
۱۲۶	روغن‌ها	۹۴ ۲-۵- عوامل تخریب و پوسیدگی چوب
	۳-۳-۶- مواد حفاظتی حل‌شونده	۱-۲-۵- عوامل بیولوژیکی تخریب
۱۲۶	در آب	۹۵ چوب
	۴-۶- روش‌های آغشته کردن	۹۶ الف - قارچ‌ها
۱۲۷	(اشباع) چوب	ب - حشره‌های چوبخوار
۱۲۷	۱-۴-۶- روش‌های فشاری	ج - باکتری‌ها
۱۲۹	۲-۴-۶- روش‌های غیر فشاری	د - موجودات چوبخوار دریایی
		پ - اصول مبارزه با موجودات چوبخوار
۱۳۴	فهرست منابع مورد استفاده	۱۱۶ دریایی و حفاظت چوب
		۲-۲-۵- عوامل فیزیکی تخریب

## 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 چوب خشک‌کنی 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.

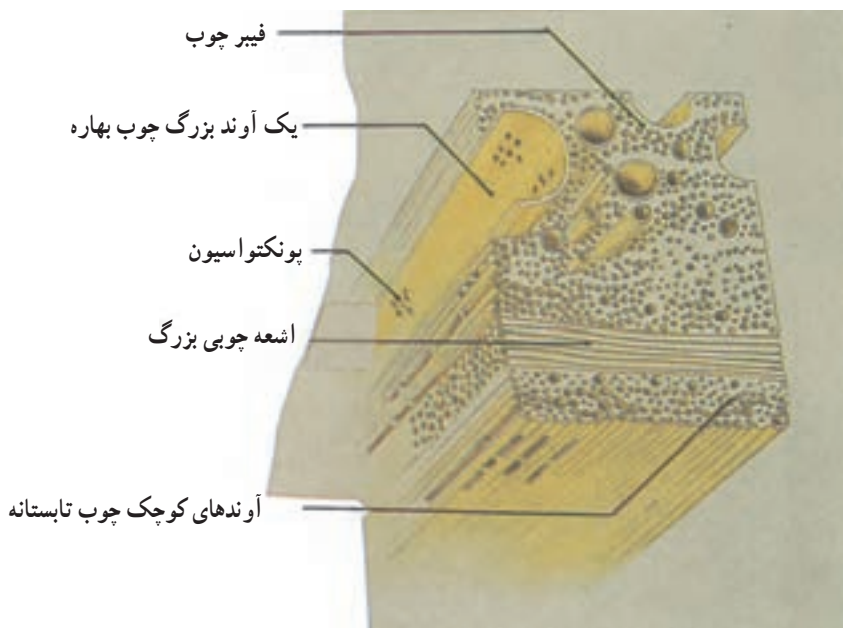
همان‌طور که در شکل ۱-۱ می‌بینید، ساختمان چوب پهن‌برگان پیچیده‌تر از چوب سوزنی‌برگان است و از سلول‌های مختلف و با وظایف زیستی و ساختمانی متفاوت تشکیل شده است. با توجه به پیچیدگی ساختمانی، خشک کردن چوب پهن‌برگان دشوارتر از چوب سوزنی‌برگان است و باید با دقت بیش‌تری انجام شود.

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

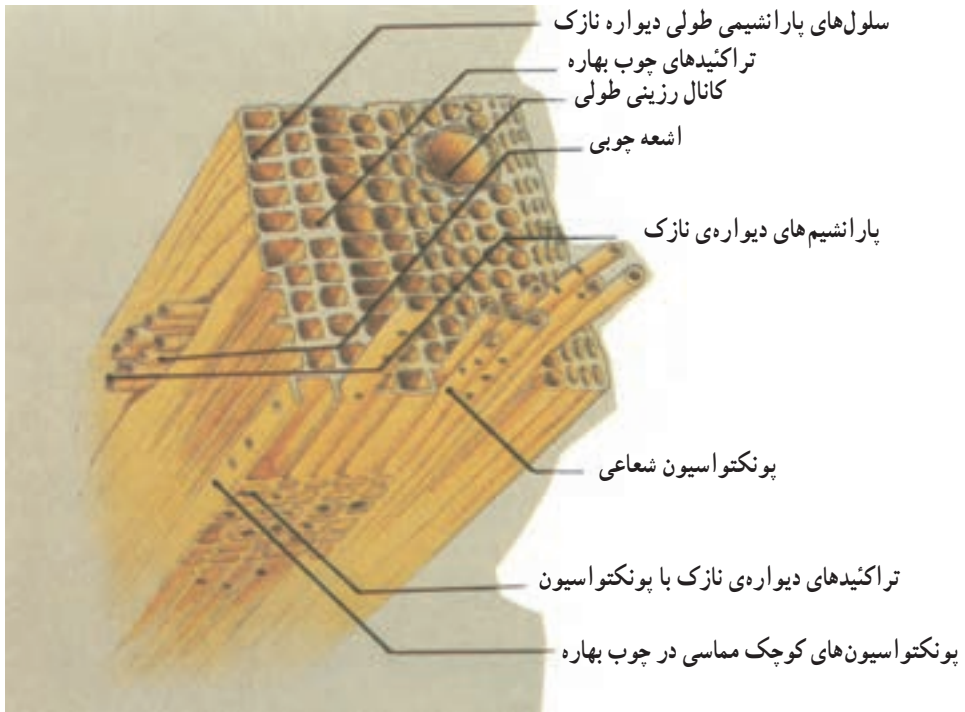
۱-۲-۲ سوزنی‌برگان: که در مواردی به آن‌ها «نرم‌چوب‌ها» نیز گفته می‌شود، دارای برگ‌های سوزنی شکل هستند. البته این برگ‌های سوزنی نیز عمومیت ندارد و برگ بعضی از درختان این گروه پهن است؛ به علاوه، چوب این درختان در مواردی سخت‌تر از چوب پهن‌برگان است.

همان طور که در شکل ۱-۲ می بینید، ساختمان چوب سوزنی برگان ساده تر از 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 : تراکتیدها ؛ پارانشیم های طولی و عرضی و کانال های رزینی است.

تراکتیدها 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.

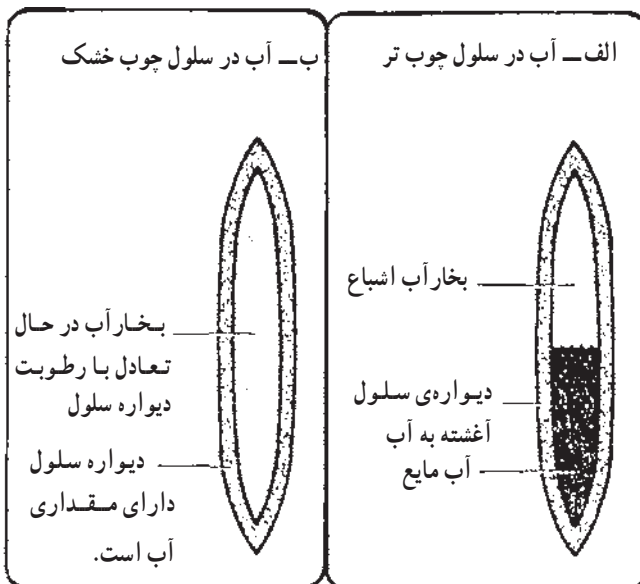
### ۳-۱- رطوبت در چوب

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  $\frac{1}{3}$  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.

#### ۱-۴ - 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.



۱-۴-۱ - 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  $30^{\circ}$  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 ۰/۵ درصد جرم نمونه باشد<sup>۱</sup>.

– نمونه‌ها پس از رسیدن به جرم ثابت از اتو 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 ۱-۲- 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. به علاوه، استفاده از این روش در مورد چوب‌های با مواد استخراجی فرآر از دقت کافی برخوردار نیست. زیرا مواد استخراجی فرآر در اثر حرارت اتو خارج شده و کاهش جرم نمونه بیشتر از مقدار واقعی آن در اثر خروج رطوبت می‌باشد و رطوبت چوب دقیقاً تعیین نمی‌شود.

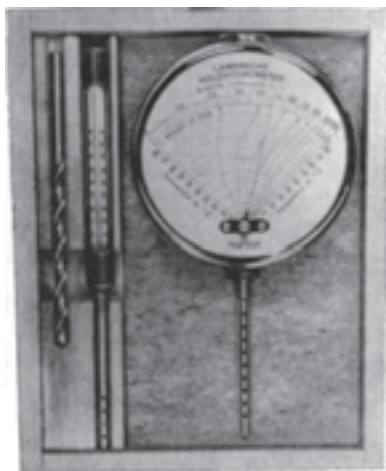
۲-۴-۱- روش هیگرومتریک: رطوبت نسبی درون سوراخی به قطر ۶ میلی‌متر و عمق ۹۵ میلی‌متر که تازه در یک قطعه چوب به وجود آمده است، با رطوبت چوب اطراف آن رابطه مستقیمی دارد؛ بنابراین، می‌توان با استفاده از یک هیگرومتر چوب (رطوبت نسبی سنج چوب)، مقدار رطوبت چوب را تعیین کرد.

۱- استاندارد ملی ایران ۲۸۹۵



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 بر اساس 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

می توان به نحوی عایق کرد که فقط انتهای آن ها قادر به سنجش مقاومت الکتریکی باشد. در این حالت، می توان 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 می کند. در شکل ۱-۱ این نوع رطوبت سنج الکتریکی را می بینید. همان طوری که از این شکل برمی آید، در این نوع رطوبت سنج هیچ گونه الکتروود یا سوزن وجود ندارد و اندازه گیری رطوبت تنها از طریق تماس دستگاه (قسمت حساس دستگاه) با چوب انجام می گیرد. شاید بتوان گفت که رطوبت سنج های الکتریکی از نظر کاربردی از مناسب ترین انواع رطوبت سنج و روش های اندازه گیری رطوبت هستند. رطوبت سنج های الکتریکی نیز مزایا و معایبی دارند.



شکل ۱-۱- نوعی رطوبت سنج الکتریکی بدون الکتروود

مزایای رطوبت‌سنج الکتریکی :

– زمان سنجش کوتاه است ؛

– اندازه‌گیری آسان است ؛

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

نیست) ؛

– وسیله اندازه‌گیری سبک و حمل‌شدنی است ؛

– هزینه اندازه‌گیری رطوبت کم است .

معایب رطوبت‌سنج الکتریکی :

– دقت آن نسبتاً کم است ؛

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

– رطوبت‌سنج‌های از نوع مقاومت الکتریکی در رطوبت کم‌تر از ۶ درصد دقت ندارند ؛

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

تأثیر می‌گذارند .

## ۵-۱- تبادل رطوبت در چوب

چوب ماده‌ای آبدوست است . یعنی می‌تواند رطوبت را از محیط جذب کند یا آن را دفع نماید .

اگر قطعه‌ای چوب در محیطی مرطوب قرار گیرد، رطوبت را جذب می‌کند ؛ برعکس، اگر

قطعه چوبی مرطوب در محیط خشک قرار گیرد، رطوبت را از دست می‌دهد ؛ به‌عنوان مثال، اگر

قطعه چوبی را که در محیطی با درجه حرارت ۲۱ درجه سانتی‌گراد 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 می‌کند ؛ 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 می‌دهد .

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

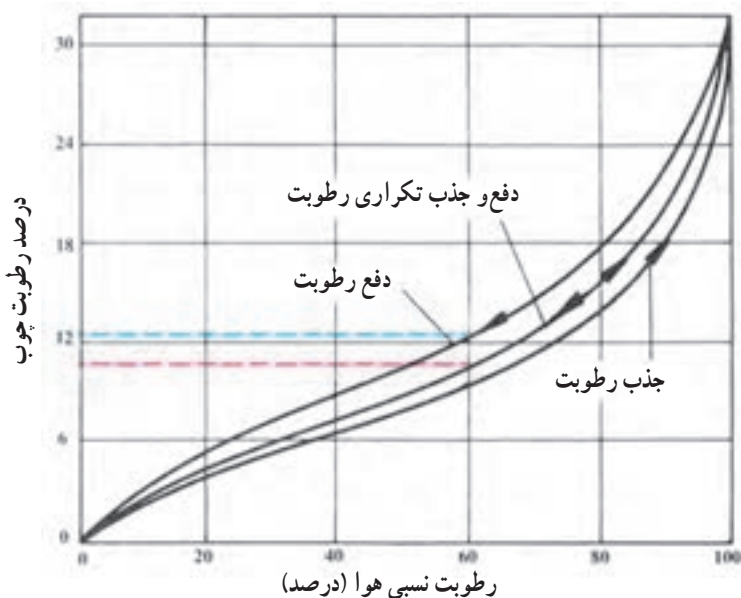
جذب یا دفع رطوبت آن به مقداری رطوبت ثابت خواهد رسید که به آن «رطوبت تعادل چوب»

می‌گویند . حال اگر هوای محیطی که چوب در آن قرار گرفته است خشک‌تر شود، چوب رطوبت را

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

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

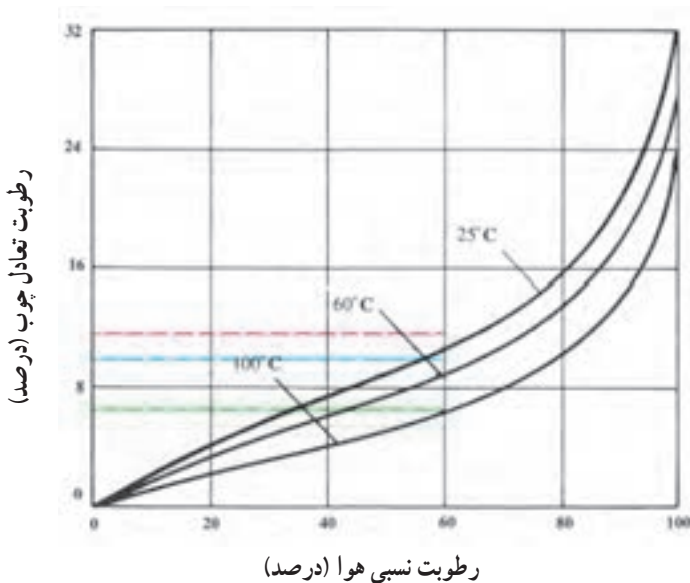
حالت، دیگر اختلافی میان رطوبت تعادل چوب از حالت خشک یا تر مشاهده نمی‌گردد (منحنی وسط در شکل ۱۱-۱).

درجه حرارت محیط نیز بر رابطه آب، چوب و رطوبت تعادل چوب تأثیر می‌گذارد؛ البته تأثیر درجه حرارت نسبتاً کم است. همان طور که در شکل ۱۲-۱ می‌بینید، 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 ۶۰ درصد:

– اگر درجه حرارت محیط ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد، رطوبت تعادل چوب در حدود ۱۰/۵ درصد است (خط قرمز).

– اگر درجه حرارت محیط ۶۰ درجه سانتی‌گراد باشد، رطوبت تعادل چوب در حدود ۹/۵ درصد است (خط آبی).

– اگر درجه حرارت محیط ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد باشد، رطوبت تعادل چوب در حدود ۶ 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 محیط‌های با رطوبت نسبی و درجه حرارت متفاوت، جدول ۱-۱ از منحنی‌های مختلف استخراج شده است که می‌توان 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 (بویژه 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

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

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 می‌کنیم (خط قرمز عمودی). محل برخورد دو خط قرمز افقی و عمودی نشان‌دهنده‌ی 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 می‌دهیم و در محیط جدید برای مدتی ننگه می‌داریم 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 می‌کنیم (خط زرد عمودی). محل برخورد دو خط زرد افقی و عمودی نشان‌دهنده‌ی 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.

## ۶-۱- 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 می تواند 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 مرطوب تر به مناطق با رطوبت کم تر (خشک تر) جریان می یابد. اغلب گفته می شود چوب از خارج به طرف داخل خشک می شود؛ به این معنی که اگر هدف خارج کردن آب از چوب است (خشک کردن چوب)، سطح چوب باید خشک تر از قسمت داخلی آن باشد.

سرعت خشک شدن چوب به سرعت جداسازی آب از سطح چوب، سرعت حرکت توده آب به سطح چوب و پدیده ی انتشار پخشندگی بستگی دارد. در مراحل ابتدایی خشک کردن، اغلب سرعت خشک کردن به وسیله تبخیر سطحی کنترل می شود و سپس در مراحل بعدی، سرعت خشک کردن به وسیله ی ویژگی های انتشار آب در چوب کنترل می گردد.

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

- رطوبت نسبی هوای اطراف چوب

- شدت تغییرات یا اختلاف رطوبت در قسمت های 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 زمینه‌ی 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 عیب‌های خشک کردن نیز در این شرایط بالا می رود.

## ۸-۱- معایب خشک کردن چوب

عیب‌هایی 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 عیب‌های خشک کردن به مصرف نهایی چوب بستگی دارد.

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

۱- عیب‌های 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 عیب‌ها شامل ترک، چین خوردگی، پیچیدگی و شانه عسلی شدن است.

۲- عیب‌های ناشی از رشد قارچ‌ها 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 اشعه‌های چوبی در سطح

تخته‌های مماسی یا دیگر انواع چوب هاست. اگر چوب دارای کانال‌های رزین و حاوی رگه‌های مواد معدنی هم باشد، ترک سطحی اتفاق می افتد. در شکل ۱۴-۱ ترک‌های 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- ترک‌های 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 ماشینینی 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.



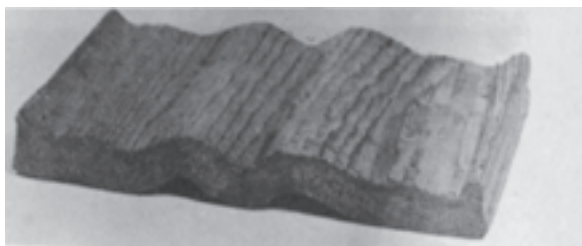
شکل ۱۵-۱- ترک انتهایی در چوب بلوط

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 به وجود آمدن شکاف انتهایی از بین می‌رود؛ به علاوه، اگر چوب دستک‌ها در انتهای دسته‌بندی چوب‌ها و محل توسعه ترک‌های انتهایی قرار گیرند، امکان ایجاد شکاف انتهایی کمتر می‌شود.



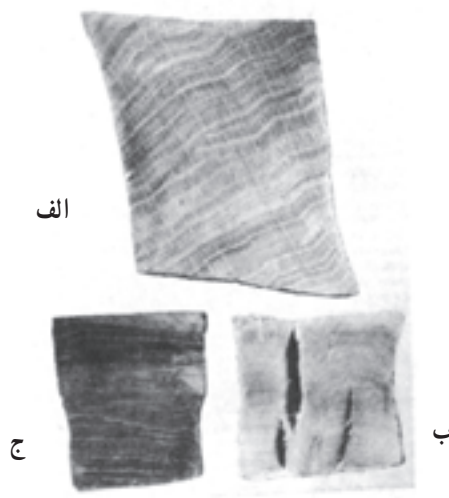
شکل ۱۶-۱- شکاف انتهایی

۴-۸-۱ چین خوردگی: چین خوردگی در حقیقت به هم 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.



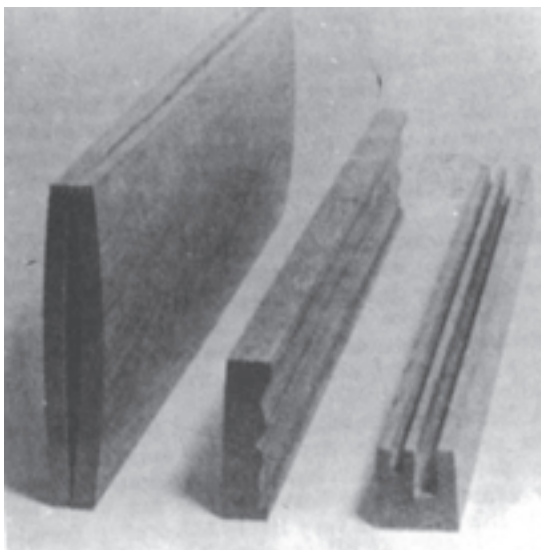
شکل ۱۷-۱- چین خوردگی شدید (موجدار شدن) چوب

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 بیچیدگی 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  $50^{\circ}$  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.



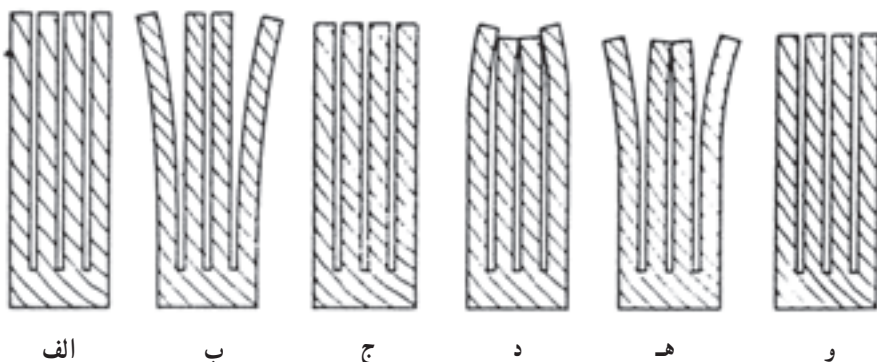
شکل ۱۹-۱- برون سختی در یک قطعه چوب خشک

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 آزمایش های مکرری در تعیین برون سختی انجام گیرد. در شکل ۱-۲ نحوه آزمایش برون سختی نشان داده شده است. در شکل ۱-۲ الف؛ نمونه ی چوب تر نشان داده شده است. وقتی سه برش در چوب ایجاد می شود، قسمت های باقی مانده بدون انحنای می مانند.

در شکل ۱-۲ ب؛ یک نمونه چوب در ابتدای خشک کردن نشان داده شده است. در اثر فشارهای کششی به طرف بیرون، بریدگی ها به سمت خارج متمایل می شوند. در شکل ۱-۲ ج؛ به دلیل همکشیدگی داخلی، فشارها از بین می روند و بریدگی ها صاف می شوند.

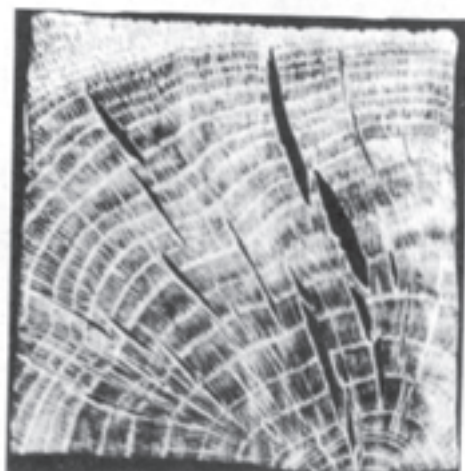
در شکل ۱-۲ د؛ چوب دارای برون سختی است. در شکل ۱-۲ ه؛ چوب پس از بخارزنی برگشت پیدا کرده است؛ برون سختی بریدگی های خارجی از بین رفته و انحنای به خارج ایجاد شده است.

در شکل ۱-۲ و؛ چوب خیلی خوب خشک شده و بدون فشار است. برون سختی همواره با ترک سطحی، پیچیده شدن و انحنای پیدا کردن اتفاق می افتد. هنگام خشک کردن چوب های خیلی تر و خیلی فشرده احتمال ایجاد برون سختی بیش تر است.



شکل ۲۰-۱- نمونه‌های مختلف آزمایش برون‌سختی

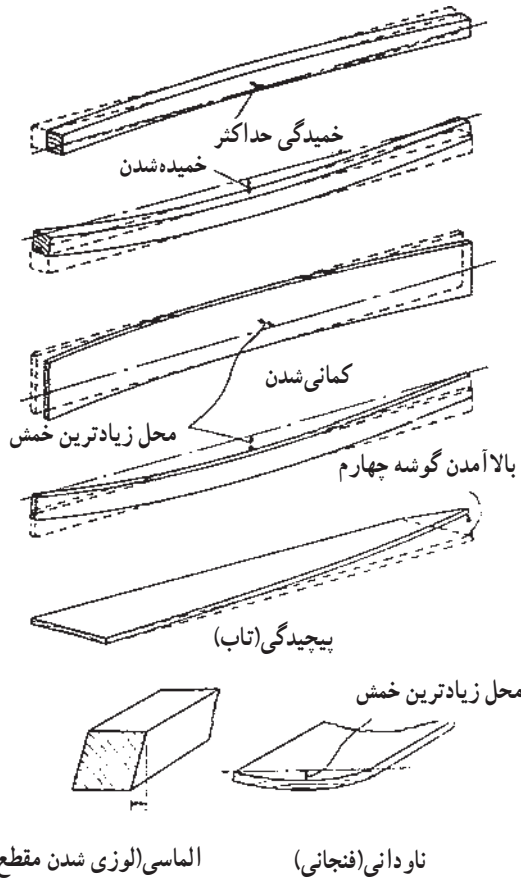
۶-۸-۱- شانه عسلی شدن: شانه عسلی شدن در حقیقت به وجود آمدن سوراخ‌ها و ترک‌های داخلی در چوب است. دلیل شانه عسلی شدن چوب در حین خشک شدن شکست‌های کششی در الیاف است که اغلب در اشعه‌های چوبی اتفاق می‌افتد. در شکل ۲۱-۱ شانه عسلی شدن در مقطع یک قطعه چوب بلوط نشان داده شده است.



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

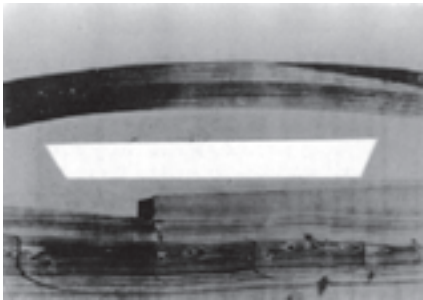
گره شل شده: بعضی از گره‌ها در حین خشک کردن چوب شل می‌شوند. به شکل ۲۴-۱ توجه کنید. دلیل شل شدن گره، همکشیدگی در هر دو جهت و جدا شدن آن از الیاف پیرامون خود است. رفع این عیب امکان پذیر نیست.



شکل ۲۴-۱- یک گره شل شده

### ۹-۸-۱- عیب‌هایی که در اثر وجود چوب و اکنشی به وجود می‌آیند<sup>۱</sup>

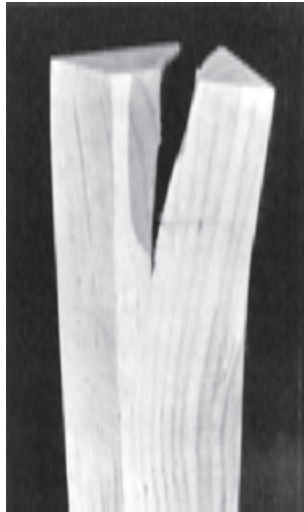
چوب فشاری: چوب فشاری معمولاً در قسمت زیرین درختان خمیده و شاخه‌های سوزنی‌برگان ایجاد می‌شود. همکشیدگی طولی چوب فشاری بیشتر از چوب نرمال است و در نتیجه، تخته‌هایی که دارای چوب فشاری هستند، در اثر خشک شدن کمانی شده، خمیده و پیچیده می‌گردند. در شکل ۲۵-۱ یک تخته که در اثر وجود چوب فشاری در اثر خشک شدن خمیده 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 به وجود می‌آید. به شکل ۱-۲۶ 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 ۱-۲۶- ترک برداشتن یک قطعه چوب کاج در اثر وجود چوب فشاری

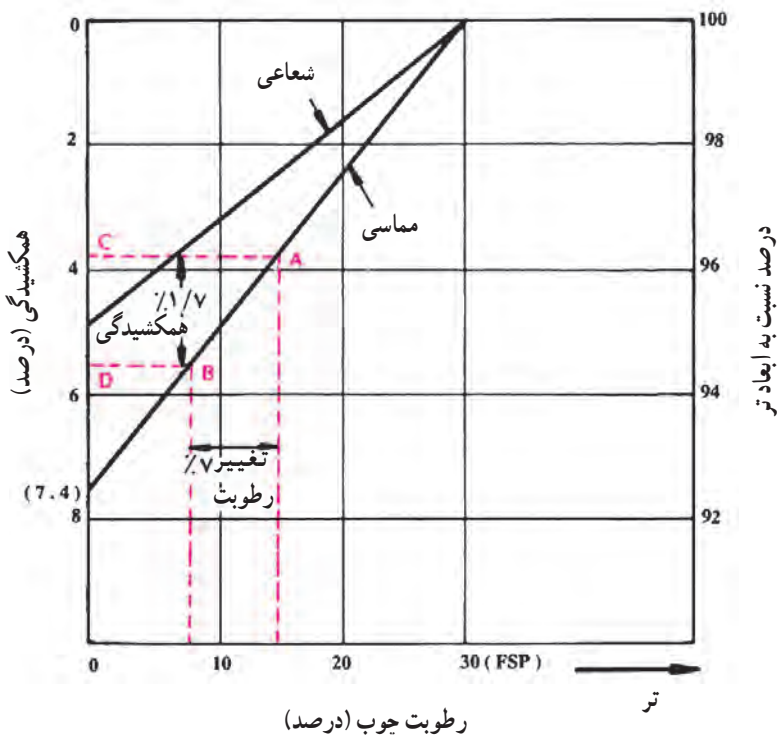
**چوب کششی<sup>۱</sup>:** چوب کششی در قسمت بالایی تنه و شاخه خمیده درختان پهن‌برگ ایجاد می‌شود. همکشیدگی طولی تخته‌های چوب پهن‌برگ دارای چوب کششی بیش‌تر از چوب نرمال است. در اثر این پدیده، چوب پس از خشک شدن کمانی و پیچیده می‌شود.

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 برگشت پذیر 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 به طور کامل برگشت پذیر 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

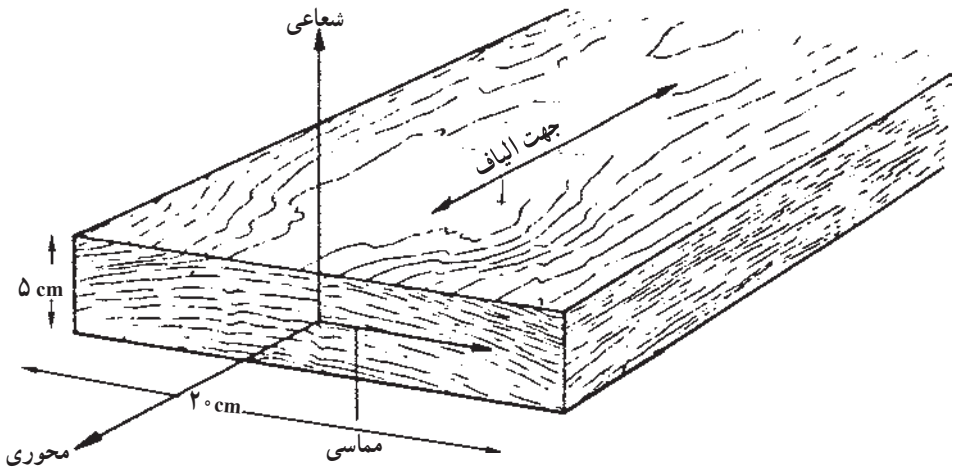
درصد رطوبت چوب برابر  $\frac{7/4}{30}$  درصد معادل  $25/0$  درصد است (با فرض اینکه رطوبت چوب در نقطه اشباع الیاف برابر  $30$  درصد باشد). با توجه به این که تغییرات رطوبت برابر ۷ درصد (۸-۱۵) است، میزان همکشیدگی در اثر این مقدار کاهش رطوبت برابر:

$$0/25 \cdot 7 = 1/75$$

درصد خواهد بود.

مثال: یک تخته مماسی گردوی سیاه به ابعاد  $20^\circ$  سانتی متر در  $5$  سانتی متر را که پس از قطع با رطوبت حدود  $5^\circ$  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  $28-1$  نشان داده شده است، تخته ای مماسی است. در یک تخته مماسی، همکشیدگی مماسی در پهنای تخته ( $20^\circ$  سانتی متر) و همکشیدگی شعاعی در ضخامت تخته ( $5$  سانتی متر) اتفاق می افتد.



شکل  $28-1$  یک تخته مماسی که در آن جهت های سه گانه ی چوب نشان داده شده است.

بر اساس جدول  $2-1$  میزان همکشیدگی مماسی و شعاعی چوب گردوی سیاه از حالت تر (رطوبت نقطه اشباع الیاف را  $30^\circ$  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

$$\text{درصد } 26/0 = \frac{7/8 \text{ (درصد)}}{30}$$

میزان همکشیدگی شعاعی در اثر کم شدن یک درصد رطوبت

$$\text{درصد } 183/0 = \frac{5/5 \text{ (درصد)}}{30}$$

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

درصد  $5/72 = 22 \times 0/26$  = میزان همکشیدگی مماسی در اثر خشک کردن از رطوبت

اولیه به رطوبت ۸ درصد

درصد  $4/03 = 22 \times 0/183$  = میزان همکشیدگی 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  $5^\circ$  درصد بوده است ولی تغییر ابعاد (همکشیدگی) در رطوبت

کمتر از نقطه اشباع الیاف اتفاق می افتد؛ بنابراین، از رطوبت  $3^\circ$  درصد استفاده می کنیم.

برای محاسبه ی تغییر ابعاد چوب در اثر همکشیدگی، می توان از رابطه های ریاضی استفاده

کرد. همکشیدگی در اثر تغییر رطوبت بر اساس رابطه زیر تعیین می شود:

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

که در آن:

$b_d$  = همکشیدگی در اثر تغییر رطوبت به مقدار  $\gamma_d$  (درصد)

$b$  = کل همکشیدگی (درصد)

$\gamma_d$  = تغییر در رطوبت چوب (درصد)

$f$  = نقطه ی اشباع الیاف ( $30^\circ$  درصد)

مثال: در مثال بالا میزان همکشیدگی شعاعی و مماسی تخته گردوی سیاه را در اثر خشک شدن

تا رطوبت ۸ درصد تعیین کنید.

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

بنابراین:

$$b = 5/5 \text{ درصد}$$

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

$$f = 30 \text{ درصد}$$

$$b_d = \frac{(22 \text{ درصد})(5/5 \text{ درصد})}{30 \text{ (درصد)}} = 4/03 \text{ درصد}$$

همکشیدگی شعاعی در اثر تغییر رطوبت از 30 درصد به 8 درصد معادل 4/03 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:

$L_d$  = تغییر ابعاد در اثر تغییر رطوبت (سانتی متر)

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

$\gamma_d$  = تغییر رطوبت (اعشاری)

$f$  = نقطه اشباع الیاف (0/3)

$L_1$  = 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:

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

$$. d. \text{ درصد } 22. 8-30$$

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

$$L_1. \text{ سانتی متر } 20$$

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

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

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

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

$$f. \text{ } \circ/3$$

$$L_1. \text{ سانتی متر } 5$$

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

ابعاد نهایی سطح مقطع: سانتی متر  $18/84$ .  $1/14$  -  $20$ . پهنا

سانتی متر  $4/8$ .  $2$  -  $5$ . 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 می‌کنیم؛ بعد از خشک شدن کامل وزن آن به ۱۲۰ گرم می‌رسد. میزان رطوبت این چوب را محاسبه کنید.

۷- روش الکتریکی تعیین رطوبت چوب را شرح دهید.

۸- به شکل ۱-۱۱ 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 ۱-۱۲ توجه کنید؛ رطوبت یک قطعه چوب در شرایط زیر چه مقدار خواهد بود؟

الف- رطوبت نسبی ۶۰ درصد و درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد

ب- رطوبت نسبی ۸۰ درصد و درجه حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد

ج- رطوبت نسبی ۵۰ درصد و درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد

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

الف- رطوبت نسبی ۴۰ درصد و درجه حرارت ۲۱ درجه سانتی‌گراد

ب- رطوبت نسبی ۵۰ درصد و درجه حرارت ۴۳ درجه سانتی‌گراد

ج- رطوبت نسبی ۷۰ درصد و درجه حرارت ۳۲ درجه سانتی‌گراد

د- رطوبت نسبی ۸۰ درصد و درجه حرارت ۲۱ درجه سانتی‌گراد

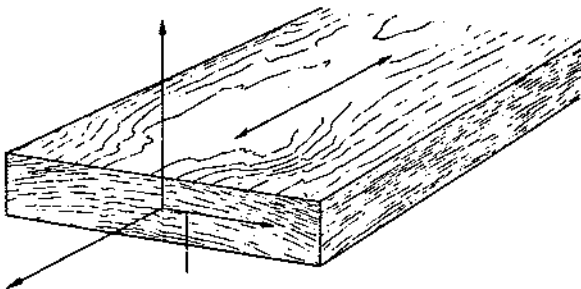
ه- رطوبت نسبی ۲۰ درصد و درجه حرارت ۵۴ درجه سانتی‌گراد

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

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

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

دارند؟



شکل ۱-۲۹



۱۳- پهنای تخته شکل ۲۹-۱ در رطوبت ۲۰ درصد، برابر ۳۰ سانتی متر بوده است. این تخته را تا رطوبت ۱۰ درصد خشک کرده‌ایم. 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 سؤال‌های آزمونی فصل اول

- 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 سانتی‌گراد اگر یک قطعه چوب را از محیط با رطوبت نسبی ۳۰٪ به محیط با رطوبت نسبی ۸۰٪ انتقال دهیم وزن آن کم می‌شود یا وزن آن زیاد می‌شود؟
- ۶- رطوبت حین مصرف چوب در یزد زیادتر است یا در رشت؟
- ۷- تَرَک سطحی را تعریف کنید.
- ۸- تَرَک انتهایی را تعریف کنید.
- ۹- چین خوردگی را تعریف کنید.
- ۱۰- برون‌سختی را تعریف کنید.
- ۱۱- سه عامل مؤثر بر خشک کردن چوب را بیان کنید.

### خشک کردن چوب در هوای آزاد

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

- ۱- ویژگی‌های خشک کردن چوب را در هوای آزاد شرح دهد؛
- ۲- یارد چوب خشک‌کنی را در هوای آزاد تعریف کند؛
- ۳- دسته‌بندی در یارد چوب خشک‌کنی را شرح دهد؛
- ۴- روش‌های حمل و نقل را در یارد چوب خشک‌کنی بیان کند؛
- ۵- روش نصب آفتابگیر و هانگار را شرح دهد؛
- ۶- نحوه‌ی استفاده از حرکت هوا در چوب خشک‌کنی را شرح دهد؛
- ۷- مدت تقریبی خشک کردن چوب را تعیین کند؛
- ۸- نحوه نصب وسایل حفاظت در انبار و اندود کردن چوب را شرح دهد.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

### ۲- خشک کردن چوب در هوای آزاد

#### ۲-۱- ویژگی‌های خشک کردن چوب در هوای آزاد

چوب و محصولات چوبی معمولاً مقدار قابل توجهی رطوبت دارند. اگر این رطوبت خیلی سریع از چوب خارج شود، عیب‌هایی را در چوب ایجاد می‌کند. اگر رطوبت چوب بیش از مقدار مناسب باشد، معمولاً مورد حمله قارچ‌ها و عوامل پوسیدگی قرار می‌گیرد، بنابراین، چوب باید با روش مناسبی خشک شود.

چوب را می‌توان در هوای آزاد (در یارد چوب خشک‌کنی) یا در کوره خشک کرد. خشک کردن

چوب در هوای آزاد یکی از روش‌های متداول در کارخانه‌های کوچک صنایع چوبی و کارگاه‌های درودگری است. اگرچه در خشک کردن چوب در هوای آزاد امکان کنترل کلیه عوامل خشک کردن وجود ندارد ولی این روش از مزایا و معایبی برخوردار است.

### ۱-۱-۲- معایب خشک کردن چوب در هوای آزاد

– خشک کردن چوب در هوای آزاد به زمان طولانی‌تری نیاز دارد که در این مدت با توقف و معطلی سرمایه روبرو هستیم.

– در زمان طولانی خشک کردن، خطر تخریب چوب و پوسیدگی وجود دارد و احتمال آتش‌سوزی و از بین رفتن سرمایه زیاد است.

– برای بعضی از مصارف چوب نظیر استفاده از چوب در محصولات قابل استفاده در داخل ساختمان، میزان خشک شدن چوب کافی نخواهد بود. (رطوبت نهایی چوب به شرایط آب‌وهوایی بستگی دارد).

مزایای عمده و اصلی خشک کردن چوب در هوای آزاد به شرح زیر است :

– بی‌نیازی از تجهیزات چوب‌خشک‌کنی

– امکان استقرار واحد چوب‌خشک‌کنی در محلی که امکان بهره‌گیری مناسب از امکانات

طبیعی نظیر انرژی خورشیدی و حرکت هوا (باد) وجود داشته باشد.

### ۲-۲- یارد چوب‌خشک‌کنی در هوای آزاد

خشک کردن چوب در هوای آزاد بستگی قابل توجهی به شرایط آب‌وهوایی و فصل سال دارد ولی یک یارد با سازماندهی خوب عامل بسیار مهمی در موفقیت عملیات خشک کردن در هوای آزاد است.

– محل مناسب یارد خشک کردن چوب نزدیک به کارخانه چوب‌بری یا کارخانه مصرف‌کننده چوب است. اگر کارخانه چوب‌بری به یارد خشک کردن چوب مجهز باشد، قادر به تولید و فروش چوب‌های خشک‌شده به مصرف‌کنندگان متعدد است ولی اگر کارخانه مصرف‌کننده چوب دارای یارد خشک کردن چوب باشد، در این حالت یارد فقط به یک کارخانه مصرف‌کننده چوب سرویس می‌دهد.

– یارد باید دارای فضای کافی بوده که در آن جریان آزاد هوا امکان‌پذیر باشد.

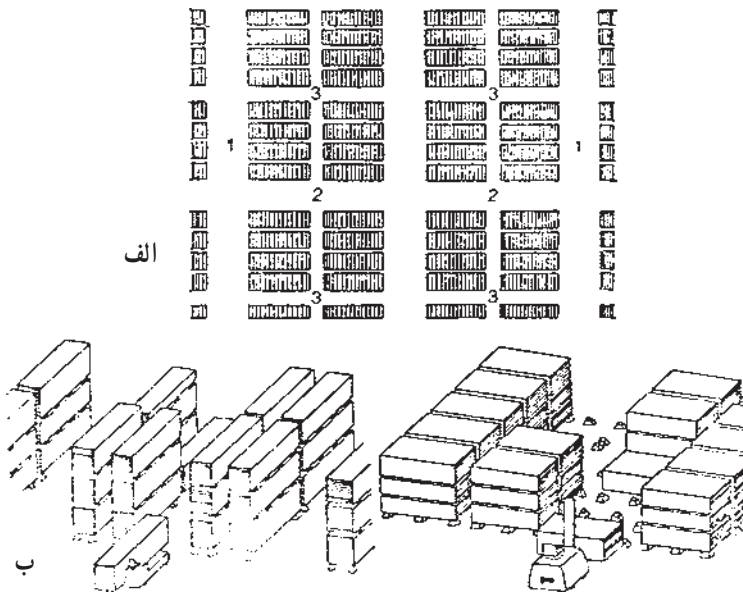
– در یارد مستطیل‌شکل و با طول زیاد، در مقایسه با یاردهای مربع هوا بهتر جریان می‌یابد



شکل ۲-۱- یک یارد چوب خشک کنی

- در یارد چوب خشک کنی نزدیک دریاچه‌ها یا رودخانه تخلیه هوا بهتر انجام می‌گیرد؛ زیرا جریان حرکت هوا بر روی آب معمولاً قدرتمندتر است.
- زمین یارد باید تقریباً مسطح و با شیب خیلی کم باشد.
- بهترین کف‌سازی یارد از نوع سنی و بدترین آن از نوع خاکی است؛ زیرا در نوع خاکی پس از بارش باران و برف کف آن به صورت باتلاقی درمی‌آید و علاوه بر احتمال آلودگی چوب‌آلات، به علت افزایش رطوبت نسبی محیط خشک کردن چوب را به تأخیر می‌اندازد. استفاده از کف بتونی ترجیح دارد ولی هزینه آن زیاد است.
- یارد چوب خشک کنی نباید به وسیله تپه‌ها، کوه‌ها، ساختمان‌ها و درختان احاطه شود؛ زیرا این موانع از جریان باد جلوگیری می‌کنند، زمین را مرطوب نگه می‌دارند، خشک کردن را به تأخیر می‌اندازند و خطر پوسیدگی و قارچ‌زدگی را افزایش می‌دهند.
- سطح یارد باید تمیز بوده و از وجود علف‌ها پاک شده باشد. برای علف‌کشی می‌توان از مواد شیمیایی مناسب (به عنوان مثال کلرات سدیم) استفاده کرد. در صورت وجود علف‌های زیاد در کف یارد، از جریان هوا در زیر دسته‌ها کاسته می‌شود و در مواردی این جریان متوقف می‌گردد.
- اگر یارد چوب خشک کنی در زمین‌های مرطوب قرار داشته باشد، باید به سیستم زهکشی برای جمع‌آوری آب‌های سطحی مجهز شود.
- یارد چوب خشک کنی باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا امکان ایجاد فاصله کافی بین دسته‌های چوب وجود داشته باشد. در این صورت، کوچه‌های اصلی و کوچه‌های ثانویه به اندازه لازم بهین هستند و از انتشار آتش‌سوزی جلوگیری می‌کنند.

در شکل ۲-۲ نحوه ایجاد کوچه‌ها در یک یارد چوب خشک کنی نشان داده شده است. در شکل ۲-۲ الف تصویر افقی یارد و در شکل ۲-۲ ب پرسپکتیو یارد و وسیله حمل و نقل را می‌بینید.



شکل ۲-۲- یارد چوب خشک کنی

به شماره‌های موجود در شکل ۲-۲ الف توجه کنید؛ شماره ۱ مربوط به کوچه‌های اصلی است که پهنای آن‌ها بین ۷ تا ۹/۵ متر است. در یاردهای بزرگ، پهنای کوچه‌های اصلی را می‌توان تا ۱۸ متر افزایش داد. شماره ۲ مربوط به کوچه‌های ثانویه است که در یاردهای کوچک پهنای آن‌ها دو متر و در یاردهای بزرگ تا ۷ متر است. کوچه‌های حد واسط یا میانی که معمولاً بین دسته‌های مختلف است و در شکل با شماره ۳ نشان داده شده‌اند، یک متر پهنای دارند. باید یادآوری کنیم که در مورد پهنای کوچه‌ها ارقام متفاوتی ارائه شده است که با توجه به شرایط آب و هوایی و جریان هوا در یارد می‌توان آن‌ها را تغییر داد.

– در یارد چوب خشک کنی باید از تشعشع زیاد و مستقیم نور آفتاب جلوگیری شود؛ زیرا نور خورشید بر سرعت خشک کردن می‌افزاید و عیب‌های خشک کردن نظیر شانه‌عسلی شدن، ترک خوردن، پیچیده شدن و حتی در زمان طولانی‌تر پوسیدگی آبی چوب را سبب می‌شود.  
– در طراحی یارد چوب خشک کنی باید جریان غالب باد را در نظر داشت.

۲-۱-۲- یارد مکانیزه چوب خشک کنی در هوای آزاد: در طراحی یارد با توجه به وسعت و ظرفیت یارد از روش های سنتی یا غیر مکانیزه و مکانیزه استفاده می شود. در واحدهای کوچک چوب خشک کنی نظیر کارگاه های کوچک درودگری، از دسته بندی عمودی (شکل ۲-۳-الف) و افقی (مثلثی) (شکل ۲-۳-ب) استفاده می شود. این سیستم خیلی کوچک است و در مقیاس محدود مورد استفاده قرار می گیرد.



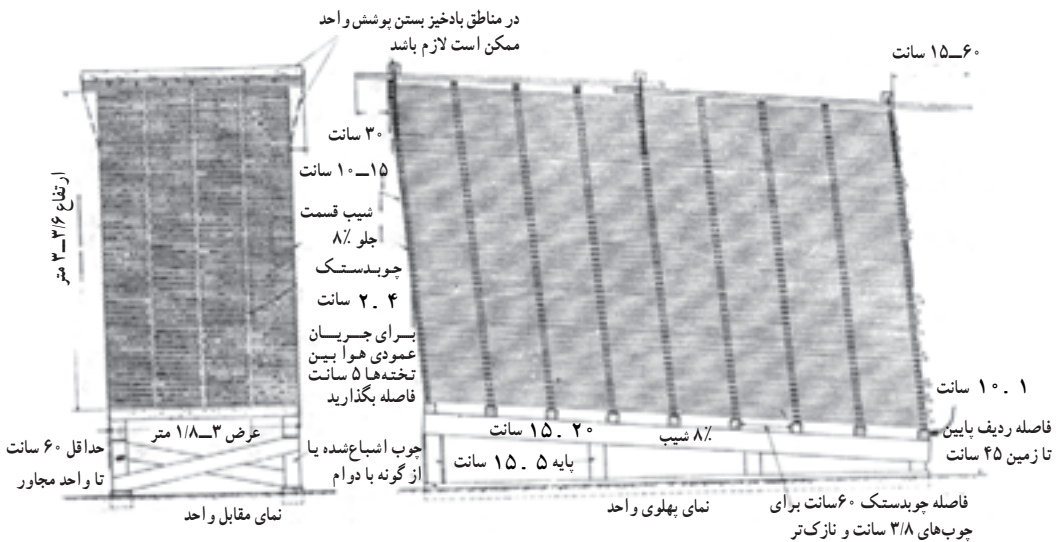
ب- مثلثی



الف- عمودی

شکل ۲-۳- نحوه دسته بندی عمودی و افقی

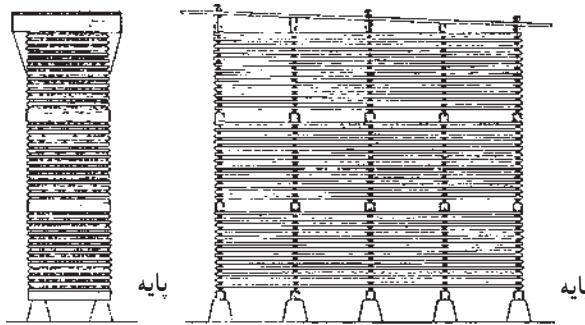
در یاردهای سنتی یا دستی، دسته بندی چوب ها و چوب دستک گذاری را کارگر به صورت دستی انجام می دهد. پی دسته ها اغلب شیبدار (با شیب حدود ۸- ) تهیه می شوند؛ به علاوه باید دقت کرد که بر روی پی شیبدار فاصله چوب ها تا سطح زمین به اندازه کافی زیاد باشد تا از جریان هوا جلوگیری نکند (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴- یک واحد دسته بندی که در آن شیب دسته نشان داده شده است.

یارد مکانیزه مجهز به ماشین‌آلات است و بر مبنای استفاده حداکثر از جریان هوا طراحی می‌شود. لازم است پایه دسته‌بندی‌ها ارتفاعی مناسب داشته باشد که معمولاً در این نوع یاردها پایه کوتاه و متحرک است.

در این نوع یاردها از قطعات بتنی و یا قطعات چوب با مقطع مربع به ابعاد  $10^\circ$  یا  $15^\circ$  سانتی‌متر که معمولاً آغشته با مواد محافظ استفاده می‌شود. قطعات چوب پایه متحرک هستند و در هنگام حرکت وسایل نقلیه می‌توان آن‌ها را جابجا کرد. در شکل ۵-۲ قطعات چوبی پایه را مشاهده می‌کنید.



شکل ۵-۲- یک واحد دسته‌بندی با سه دسته چوب که بر روی پایه‌ها قرار گرفته است.

به‌منظور جلوگیری از تماس تخته‌های قسمت زیردسته و انتقال رطوبت از زمین به چوب و همچنین جهت جلوگیری از پوسیده‌شدن تخته‌های قسمت زیردسته، در یارد چوب‌خشک‌کنی دسته‌های چوب را بر روی پایه یا پی مناسبی قرار می‌دهند.

بنابراین، پایه هر واحد دسته‌بندی شده چوب باید:

- وزن واحد دسته‌بندی را تحمل کند؛

- فاصله پایه‌ها بین  $25^\circ$  تا  $15^\circ$  سانتی‌متر (معمولاً  $50^\circ$  تا  $100^\circ$  سانتی‌متر) است که این فاصله به

ضخامت و گونه چوبی بستگی دارد؛

- اگر تخته‌ها نازک هستند برای جلوگیری از خمیده شدن فاصله باید کمتر باشد؛

- مانع تماس چوب با سطح زمین گردد. ارتفاع اولین ردیف تخته از زمین در حدود  $30^\circ$  تا  $40^\circ$

سانتی‌متر باشد؛

- از جریان هوا در زیردسته‌بندی‌ها جلوگیری نکند. در مواردی جریان هوا از بالا و به سمت

درون دسته‌بندی‌هاست و خروج آن از قسمت زیر انجام می‌گیرد. در چنین حالتی، پایه باید برای

به وجود آمدن جریان لازم از ارتفاع یا بلندی کافی برخوردار باشد ؛

– سطح بالایی پایه‌ها باید کمی شیب‌دار باشد ؛

معمولاً از مواد مختلفی به عنوان پایه استفاده می‌شود. متداول‌ترین این مواد عبارتند از :

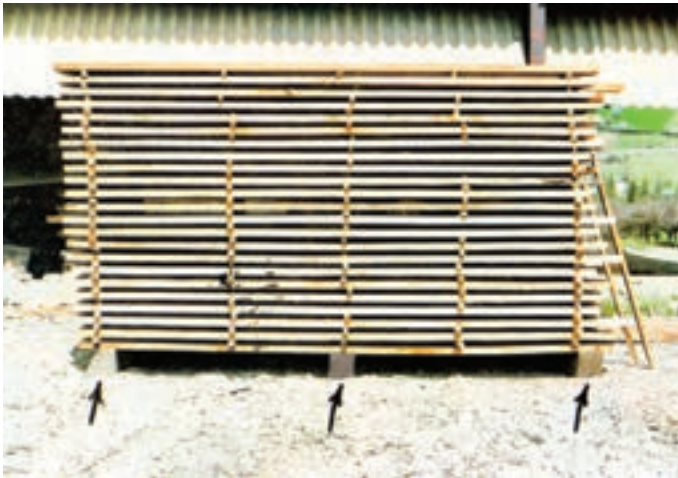
– تیرهای طولی و عرضی چوبی و تراورسی که برای این منظور باید با مواد حفاظتی اشباع

شده باشند .

– بتون و قطعات سیمانی

– تیرهای گرد چوبی یا چهار تراش با اندازه مناسب

– آهن نبشی، تیر آهن‌های مستعمل



شکل ۶-۲- پایه چوبی در یک یارد

### ۳-۲- نحوه‌ی دسته‌بندی در یارد چوب خشک‌کنی

در فرآیند چوب خشک‌کنی در یارد، مکانیسم و سرعت خشک‌شدن چوب گونه‌های مختلف و با اندازه مختلف متفاوت است. برای خشک کردن مناسب و اصولی چوب، لازم است موارد زیر در دسته‌بندی چوب‌ها مورد توجه قرار گیرد :

#### ۱-۳-۲- تفکیک چوب‌ها: تفکیک چوب یا به عبارت دیگر جور کردن چوب بر طبق گونه

چوبی و ابعاد (اندازه) انجام می‌گیرد. تأثیر گونه چوبی همان‌طور که در فصل اول گفتیم، ویژگی‌های چوب خشک‌کنی چوب‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ و همچنین ویژگی‌های چوب گونه‌های مختلف از یک گروه متفاوت است. بعضی از چوب‌ها نظیر چوب بلوط سخت‌تر و کندتر و برخی به آسانی خشک



می‌شوند. لذا برای کسب اطمینان از خشک‌شدن یکنواخت چوب و جلوگیری از ایجاد معایب چوب خشک کنی به ویژه ترک‌ها لازم است، چوب گونه‌های مختلف به‌طور جداگانه دسته‌بندی شوند و در دسته‌های جداگانه خشک گردند؛ به‌عنوان مثال، چوب گونه‌هایی که دیر خشک می‌شوند (نظیر بلوط)، در محلی قرار گیرد که شرایط خشک‌کردن ملایمی داشته باشد.

تأثیر ضخامت چوب: زمان لازم برای خشک‌شدن چوب‌های با ضخامت مختلف، متفاوت است. معمولاً چوب ضخیم دیرتر خشک می‌شود و چوب نازک خیلی سریع رطوبت از دست می‌دهد. مثلاً زمان خشک‌شدن گونه‌ای از چوب به ضخامت ۵ سانتی‌متر تقریباً سه تا چهار برابر همان گونه چوب با ضخامت ۲/۵ سانتی‌متر است. به‌این دلیل، باید چوب‌های با ضخامت یکسان به‌طور جداگانه دسته‌بندی شوند تا خشک‌کردن به‌طور یکسان انجام گیرد. در شکل ۷-۲ نحوه دسته‌بندی چوب‌های با ضخامت یکسان نشان داده شده است.



شکل ۷-۲. چوب‌های با ضخامت یکنواخت در یک دسته قرار می‌گیرند.

تأثیر طول و پهنا: پهنا تأثیر چشم‌گیری بر سرعت خشک‌شدن چوب ندارد ولی برای دسته‌بندی و دستک‌گذاری خوب و مهارکردن بهتر چوب‌ها لازم است چوب‌ها بر مبنای طول دسته‌بندی شوند و چوب‌های با طول یکسان در یک دسته قرار گیرند. در شکل ۷-۲ نحوه دسته‌بندی چوب را بر مبنای طول می‌بینید. در شکل ۸-۲ چوب‌هایی با طول متفاوت در یک دسته قرار گرفته‌اند.



شکل ۸-۲- چوب‌هایی با طول متفاوت در یک دسته قرار گرفته‌اند.

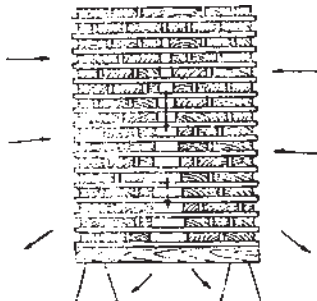
تأثیر نوع برش و درجه : تخته‌های شعاعی کندتر از تخته‌های مماسی خشک می‌شوند ؛ بنابراین، باید این دو نوع تخته به‌طور جداگانه دسته‌بندی شوند.

به‌علاوه باید دقت کرد که تخته‌های مماسی در اثر خشک‌شدن سریعتر ترک می‌خورند ؛ لذا لازم است این نوع تخته‌ها در نقاطی از یارد قرار گیرند که خیلی سریع خشک نشوند.

ممکن است چوب‌های درجه بالا و مرغوب در اثر خشک‌کردن نامناسب با افت کیفیت و کاهش درجه مواجه شوند ؛ بنابراین، باید چوب‌های با کیفیت یکنواخت به‌طور جداگانه خشک شوند و در خشک‌کردن چوب‌های مرغوب نظیر گردو و ... دقت بیش‌تری شود.

۲-۳-۲- ابعاد دسته‌بندی : ابعاد دسته چوب بر سرعت خشک‌کردن در یارد تأثیر می‌گذارد.

پهنای دسته بر جریان افقی هوا و ارتفاع دسته بر جریان عمودی هوا مؤثر است. در شکل ۹-۲ مسیر حرکت افقی و عمودی هوا نشان داده شده است. معمولاً هوا به‌طور افقی در مسیر جریان باد وارد دسته چوب می‌شود و در اثر تبخیر رطوبت چوب خنک می‌گردد و در اثر سنگین‌شدن به سمت پایین جریان می‌یابد. در اثر تبخیر تدریجی رطوبت چوب، هوا از بخارآب اشباع می‌شود و خشک‌شدن متوقف می‌گردد یا سرعت آن خیلی کند می‌شود.



شکل ۹-۲- جریان افقی و عمودی به‌طرف پایین در یک دسته چوب

اگر ارتفاع دسته چوب بیشتر شود، هوا در نقطه رطوبتی بالاتری اشباع می‌شود. به چند طریق حرکت افقی هوا کاهش می‌یابد یا از آن جلوگیری می‌شود:

– اگر دسته‌ها به‌طور موازی قرار داده نشده و پی کوتاه باشد یا این‌که در زیر دسته علف سبزشده باشد و ذرات چوب در روی زمین وجود داشته باشند.

– در دسته‌های با پهنای زیادتر حرکت افقی کندتر و مشکل‌تر است. عامل دوم که بر ابعاد دسته تأثیر می‌گذارد، سیستم حمل و نقل در یارد است. پهنای دسته: نوع و اندازه وسیله حمل و نقل تعیین‌کننده پهنای دسته چوب در خشک کردن است. به‌علاوه میزان خشک شدن نیز بر پهنای دسته تأثیر می‌گذارد. اگر خشک کردن چوب تا رطوبت نهایی (مقدار رطوبت حین مصرف) در یارد انجام گیرد، پهنای دسته بین  $90^\circ$  تا  $180^\circ$  سانتی‌متر تغییر می‌کند و پهنای مناسب  $120^\circ$  سانتی‌متر است. در هنگام دسته‌بندی احتمال دارد بین تخته‌های هر ردیف فاصله‌ای وجود داشته باشد یا این‌که تخته‌ها را چسبیده به هم مرتب کنند. در دسته‌های با پهنای  $120^\circ$  سانتی‌متر تخته‌ها به‌صورت به هم چسبیده قرار می‌گیرند و در هر ردیف، فاصله‌ای وجود خواهد داشت.

اگر هدف خشک کردن مقدماتی در یارد و خشک کردن نهایی تا رطوبت مورد نظر در کوره باشد، پهنای واگن کوره تعیین‌کننده‌ی پهنای دسته و معمولاً  $100^\circ$  تا  $240^\circ$  سانتی‌متر متغیر است. در این حالت، بهتر است دو انتها و کناره‌های هر دسته کاملاً مرتب و صاف بوده و فاصله بین تخته‌های هر ردیف به نحوی باشد که هیچ‌کدام در کناره دسته قرار نگیرد.

نکته قابل ذکر دسته‌بندی چوب‌های با کیفیت خشک شدن کند است. در صورتی‌که به استفاده از پهنای بیش از  $120^\circ$  سانتی‌متر در یک دسته نیاز باشد و چوب‌ها کند خشک شوند یا امکان باختگی و پوسیدگی باشد، لازم است بین تخته‌های هر ردیف فاصله‌ای به اندازه  $2/5$  سانتی‌متر وجود داشته باشد. در صورت نیاز به سرعت خشک شدن زیادتر می‌توان فاصله بین تخته‌های هر ردیف را بیش‌تر انتخاب کرد.

ارتفاع دسته: ضخامت چوب برای خشک کردن، ضخامت دستک‌ها و ظرفیت حمل وسیله حمل و نقل، تعیین‌کننده ارتفاع دسته است. ارتفاع متداول دسته  $120^\circ$  سانتی‌متر است ولی در یک یارد چوب خشک کنی ۳-۴ دسته و در مواردی دسته‌های بیش‌تری را روی یکدیگر قرار می‌دهند. در شکل  $10-2$  نحوه قرار گرفتن چند دسته بر روی یکدیگر نشان داده شده است. چند دسته که روی یکدیگر قرار می‌گیرند، یک واحد دسته‌بندی را تشکیل می‌دهند.



شکل ۱۰-۲- یک واحد دسته‌بندی که از روی یکدیگر قرارگرفتن سه دسته تشکیل شده است.

رابطه‌ی پهنا و ارتفاع واحد دسته‌بندی: پهنا‌ی واحد دسته‌بندی تحت تأثیر پهنا‌ی دسته‌هایی است که آن واحد دسته‌بندی را تشکیل می‌دهند. البته در صورت امکان می‌توان پهنا‌ی واحد دسته‌بندی را با قراردادن دودسته در کنار یکدیگر دوبرابر کرد که در این حالت زیاد کردن پهنا‌ی واحد دسته‌بندی نباید بر سرعت خشک کردن تأثیر منفی و مخرب داشته باشد.

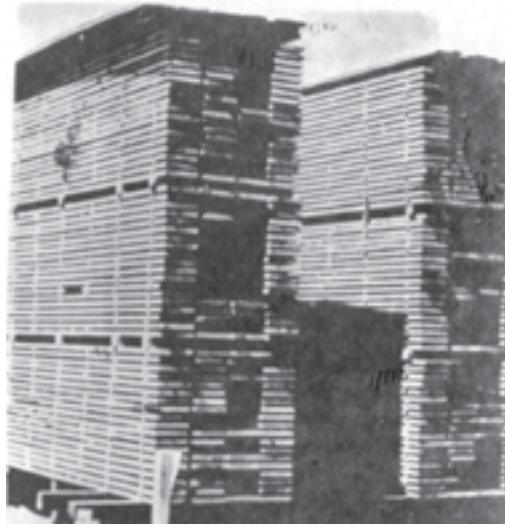
ارتفاع دسته‌بندی تحت تأثیر توان وسیله حمل و نقل قرار دارد ولی از ۶ متر تجاوز نمی‌کند و اغلب شامل ۴ دسته است.

در صورت کم بودن پهنا‌ی دسته نمی‌توان بر ارتفاع واحد دسته‌بندی افزود؛ زیرا واحد دسته‌بندی تعادل خود را از دست می‌دهد؛ به علاوه نحوه چیدن و دستک‌گذاری نیز بر ارتفاع واحد دسته‌بندی تأثیر می‌گذارد.

در یک واحد دسته‌بندی که چند دسته بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند، معمولاً در بین دسته‌ها چوبدستک مادر واقع می‌شود (شکل ۱۰-۲). طول چوبدستک مادر به اندازه طول چوبدستک معمولی و سطح مقطع آن ۱۰۰ سانتی‌متر است. در شکل ۱۰-۲ به محل قرارگرفتن چوبدستک مادر که در زیر چوبدستک معمولی است؛ توجه کنید.

۳-۳-۲- نحوه‌ی دسته‌بندی: دسته‌بندی چوب با طول یکسان آسان است؛ در این حالت، دو انتهای دسته صاف بوده و نحوه قراردادن چوبدستک و فاصله‌گذاری بین چوبدستک‌ها آسان خواهد بود (شکل ۱۱-۲).

در دسته‌بندی چوب‌هایی با طول متفاوت، معمولاً یک انتهای دسته صاف مرتب می‌شود و ردیف چوبدستک از یک انتها آغاز می‌گردد ولی انتهای دیگر دسته صاف نخواهد بود. در این حالت، ردیف چوبدستک انتهای ناصاف تا حد امکان برای دربرگرفتن تخته‌ها پیش برده می‌شود.



شکل ۱۱-۲- نحوه قرار گرفتن چوب در یک دسته

دسته بندی چوب هایی با طول متفاوت، معمولاً به صورت جعبه ای انجام می گیرد؛ به این ترتیب که تخته های بلند در کناره های دسته و تخته های کوتاه در وسط دسته بندی قرار می گیرند. بدین ترتیب، اطراف دسته صاف و مرتب می شود. (البته اطراف دسته همواره صاف و مرتب نخواهد بود). چوبدستک گذاری: چوب یا تخته های یک دسته را نمی توان بر روی یکدیگر قرار داد بلکه باید میان آن ها دستک های چوبی را قرار داد؛ زیرا اگر چوب ها، پس از برش و بدون چوبدستک بر روی یکدیگر قرار گیرند، حتی پس از گذشت زمانی بسیار کوتاه (در آب و هوای گرم) با قارچ زدگی و پوسیدگی روبرو می شوند. قارچ رنگی قادر به حمله به این گونه چوب ها پس از چند ساعت تا چند روز است.

چوبدستک، قطعاتی از چوب با سطح مقطع مربع یا مربع - مستطیل و با طول معادل پهنای دسته است. سطح مقطع چوبدستک  $2/5 \times 2/5$  سانتی متر یا  $1/5 \times 2/5$  سانتی متر است. در تکنولوژی جدید از چوبدستک پلاستیکی نیز استفاده می شود. ابعاد چوبدستک باید یکنواخت باشد.

چوبدستک باید در هوای آزاد خشک شده باشد و از عیب هایی نظیر گره، چوب فشاری یا کششی، الیاف پیچی (چرخشی) که قادر به پیچیده کردن چوب هستند، به دور باشد.

- چوب مورد استفاده در تهیه چوبدستک باید در مقابل حمله قارچ ها مقاوم باشد و بهتر است از چوب درون گونه های مناسب تهیه شوند؛ زیرا چوب برون مساعد حمله قارچ های مخرب است و

باعث انتقال این قارچ‌ها به تخته‌های مرطوب می‌گردد. بنابراین، از چوب کاج که در مقابل پوسیدگی قارچی مقاومت کمی دارد، برای این منظور نمی‌توان استفاده کرد.

– از چوبی که دارای مواد استخراجی زیاد است (نظیر چوب بلوط)، نمی‌توان به‌عنوان چوبدستک استفاده کرد. این مواد رنگ چوب را در حین خشک کردن تغییر می‌دهند.

– سطح مقطع و فاصله بین چوبدستک‌ها بر سرعت خشک شدن تأثیر می‌گذارد. چوب‌های سوزنی‌برگ را می‌توان با سرعت زیادتر خشک کرد و به این دلیل، این نوع چوب‌ها را می‌توان با چوبدستک با ضخامت ۲/۵ سانتی‌متر در تمام فصل‌های سال دسته‌بندی کرد. ولی در چوب بعضی از پهن‌برگان نظیر بلوط و راش در اثر ازدست‌دادن سریع رطوبت سطحی به‌آسانی ترک‌هایی به‌وجود می‌آید. در این نوع چوب‌ها می‌توان از چوبدستک به ضخامت ۲/۵ سانتی‌متر در پاییز و زمستان به ضخامت ۱/۵–۱ سانتی‌متر در بهار و تابستان استفاده کرد.

پهنای چوبدستک‌ها و فاصله‌ی میان آن‌ها بر اساس گونه و ضخامت تخته تنظیم می‌شود. در خشک کردن چوب سوزنی‌برگان از چوبدستک‌های کم‌تری استفاده می‌شود.

هنگام خشک کردن چوب سوزنی‌برگان، فاصله چوبدستک‌ها در حدود یک متر و در مورد پهن‌برگان بین ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر متغیر است.

در دسته‌بندی چوب‌ها لازم است چوبدستک‌ها در مسیر عمودی بر روی یکدیگر قرار گیرند و شکل ۱۲–۲ نحوه قرارگرفتن صحیح چوبدستک‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲–۲. نحوه چوبدستک‌گذاری در یک دسته چوب

در دسته بندی باید از چوبدستک هایی با ضخامت یکسان استفاده کرد. در صورتی که ضخامت چوبدستک ها یکنواخت نباشد، مسأله پیچیدگی و خمیده شدن تخته ها پیش می آید به شکل ۱۳-۲ توجه کنید.



شکل ۱۳-۲- وجود یک چوبدستک ضخیم تر به کج شدن تخته ها می انجامد.

- برای کاهش سطح تماس چوبدستک با چوب و کاستن از احتمال اثرگذاری چوبدستک بر روی چوب، سطح مقطع چوبدستک را فرم دار انتخاب می کنند. به شکل ۱۴-۲ توجه کنید.



شکل ۱۴-۲- چوبدستک فرم دار

## ۴-۲- روش‌های حمل و نقل در یارد چوب خشک‌کنی

حجم تولید و ظرفیت چوب خشک‌کنی یک یارد تعیین‌کننده روش حمل و نقل است. معمولاً چوب بریده‌شده که از کارخانه چوب‌بری خارج می‌گردد، بوسیله انتقال‌دهنده‌های غلتکی یا گاری به محل دسته‌بندی منتقل می‌شود.

انتقال چوب‌های دسته‌بندی‌شده به محل خشک‌کردن به روش‌های زیر صورت می‌گیرد:

- اگر چوب بر روی گاری دسته‌بندی شده باشد، انتقال آن به یارد چوب خشک‌کنی به وسیله همان گاری انجام می‌گیرد. از این روش معمولاً زمانی استفاده می‌شود که خشک‌کردن مقدماتی در یارد و خشک‌کردن نهایی در کوره انجام شود.

- چوب دسته‌بندی‌شده را می‌توان به وسیله لیفت‌تراک یا وسایل مشابه به محل خشک‌کردن انتقال داد. در این حالت می‌توان از دسته‌های بزرگ‌تر و بلندتر استفاده کرد.

- برای حمل و نقل در یارد می‌توان از ریل و جرثقیل استفاده کرد. به این ترتیب، حمل و نقل خیلی آسان است و به یارد خیلی صاف نیازی نیست.

- در صورتی که از تجهیزات چرخدار یا گاری برای جابجا کردن دسته‌ها استفاده شود، مسیر حرکت باید صاف بوده و دست‌انداز نداشته باشد؛ زیرا در اثر وجود دست‌انداز و ایجاد تکان‌هایی در حین حمل و نقل، چوب‌دستک‌ها می‌لغزند و از ردیف خارج می‌شوند. در این صورت، باید مجدداً دسته‌ها صاف و مرتب گردند.



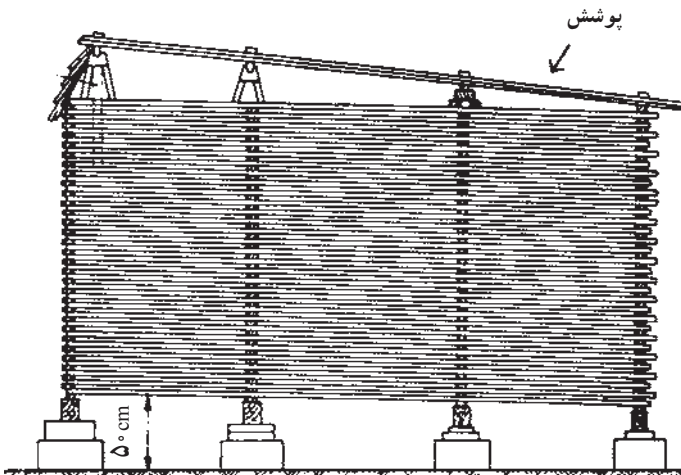
شکل ۱۵-۲- استفاده از لیفت‌تراک در حمل و نقل داخل یارد



## ۲-۵- روش نصب آفتابگیر و هانگار در یارد چوب خشک کنی

۲-۵-۱- نصب پوشش روی واحد دسته بندی: به منظور حفاظت چوب در مقابل تابش مستقیم خورشید، باران یا برف معمولاً پوششی بر روی هر واحد دسته بندی قرار می دهند. پوشش از چوب، ایرایت، صفحات پلاستیکی یا فلزی انتخاب می شود و معمولاً شیبدار و طول آن بیش از طول دسته است (معمولاً از هر انتها به اندازه  $30^{\circ}$  تا  $50^{\circ}$  سانتی متر بزرگ تر است). پوشش باید در مقابل باد شدید مقاومت داشته باشد. اگر چوب در داخل هانگار خشک شود، نیاز به پوشش نیست. در صورت استفاده نکردن از پوشش بر روی واحد دسته بندی، چوب ردیف های بالای واحد دسته بندی در معرض برف، باران و اشعه آفتاب قرار می گیرد.

اشعه آفتاب از طریق سرعت بخشیدن به خشک شدن چوب، شکاف های سطحی و عمقی در آن ایجاد می کند و باعث تاب برداشتن چوب ردیف های بالای واحد دسته بندی می شود. برف و بارانی که از بالای واحد دسته بندی به داخل ردیف ها نفوذ می کند، از سرعت خشک شدن می کاهد و خطر حمله قارچ های پوسیدگی چوب و ایجاد شکاف های سطحی را تشدید می کند. در شکل ۲-۱۶ نحوه قراردادن پوشش روی واحد دسته بندی نشان داده شده است. استفاده از پوشش در چوب های مرغوب ضروری است. در صورتی که چوب ها از کیفیت کمتری برخوردار باشند، می توان در نصب پوشش صرفه جویی کرد.



شکل ۲-۱۶- روش قرار دادن پوشش بر روی دسته بندی ها

۲-۵-۲- نصب آفتابگیر : معمولاً پوشش واحدهای دسته‌بندی از هر طرف به اندازه  $30^{\circ}$  -  $50^{\circ}$  سانتی‌متر و حداکثر ۷۵ سانتی‌متر بزرگتر از دسته است. در چنین حالتی، سطح مقطع اغلب چوب‌های هر واحد دسته‌بندی در معرض تابش مستقیم آفتاب قرار دارد که این امر سبب خشک شدن سریع چوب‌ها می‌شود. این پدیده در مورد چوب‌های مرغوب و با کیفیت بالا افت کیفیت را سبب می‌گردد. لذا لازم است در چنین مواردی با نصب آفتابگیر، سطح مقطع چوب هر دسته را حفاظت کرد. در شکل ۲-۱۷ نحوه نصب آفتابگیر نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۷- نحوه نصب آفتابگیر در اطراف واحد دسته‌بندی

چوب‌های سنگین نظیر بلوط اگر در حین خشک کردن در معرض بادهای گرم و خشک قرار گیرند، شکاف‌های سطحی در آن‌ها به وجود می‌آید که با نصب آفتابگیر و تعدیل جریان هوا می‌توان از بروز این پدیده کم کرد. در این حالت می‌توان از توری پلاستیکی ریزبافت یا گونی استفاده کرد (توری پلاستیکی توصیه می‌شود).

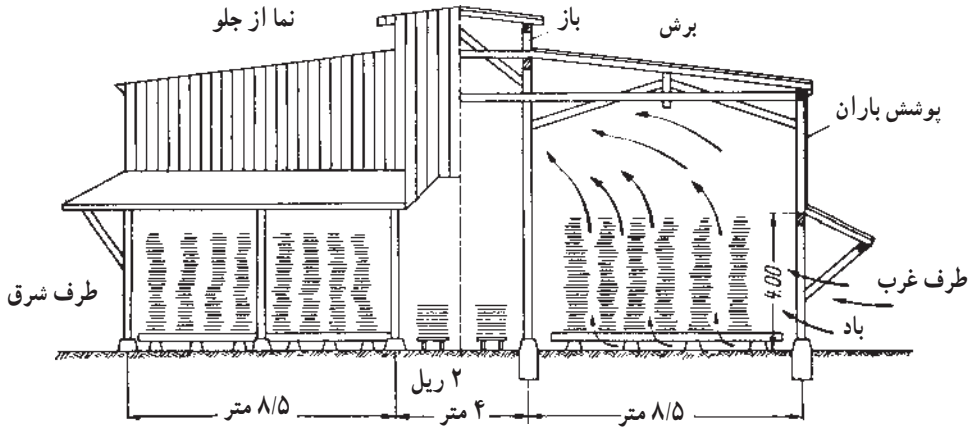
۲-۵-۳- هانگار : برای جلوگیری از معایب خشک کردن در چوب‌های مرغوب اغلب این چوب‌ها در داخل هانگار خشک می‌شوند. هانگار سقف دائمی دارد و از ریزش برف و باران بر روی واحد دسته‌بندی و تابش مستقیم آفتاب جلوگیری می‌کند. سطوح جانبی هانگار باز است و مانع از حرکت هوا نمی‌شود (شکل ۲-۱۸).

اگر ریزش باران باعث طولانی شدن زمان خشک کردن چوب در یارد شود، استفاده از هانگار می‌تواند زمان خشک کردن تا درصد رطوبت مورد نظر را کم کند.

رنگ الوارهای خشک شده در هانگار به علت این که در معرض باران و تابش نور خورشید

قرار نمی‌گیرند، روشن است.

شکاف و ترک سطحی در الوار خشک‌شده در هانگار بسیار کم است.



شکل ۱۸-۲- هانگار چوب‌خشک‌کنی

## ۲-۶- نحوه‌ی استفاده از حرکت هوا در چوب‌خشک‌کنی

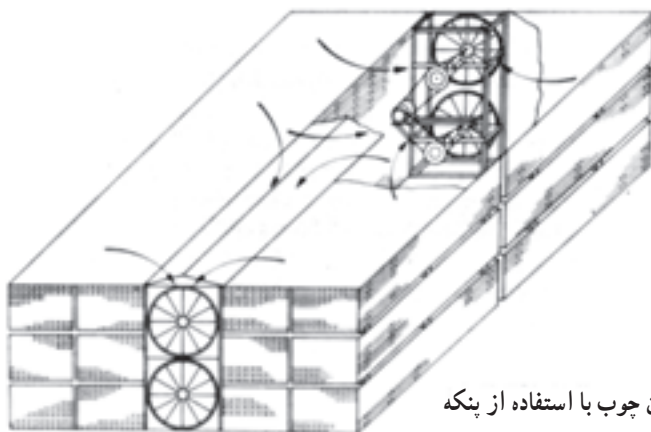
در یک سیستم خشک‌کردن چوب در یارد داخل یک واحد دسته‌بندی معمولاً از بخار آب اشباع می‌شود. بخار آب ناشی از تبخیر آب درون چوب است و مقدار آن یا رطوبت نسبی بین ردیف‌های تخته در یک دسته یا رطوبت نسبی بین واحدهای دسته‌بندی به رطوبت چوب و درجه حرارت محیط بستگی دارد. اگر به طریقی بتوان مقدار بخار آب داخل دسته چوب یا به عبارت دیگر، بخار آب بین ردیف‌ها و همچنین بخار آب بین دسته‌ها را کم کرد، محیط خشک‌تری به وجود می‌آید و عملیات خشک‌کردن سریع‌تر می‌شود. انتقال حرارت به چوب و تخلیه‌ی بخار آب به وجود آمده در بین ردیف‌های یک دسته یا بین دسته‌ها به وسیله هوا انجام می‌گیرد. بنابراین لازم است هوا در بین چوب‌ها جریان یابد.

اگر هوای جریان‌یافته در بین ردیف‌ها و دسته‌ها سرد و مرطوب باشد، نمی‌تواند حرارت را به چوب انتقال دهد و قادر به تبخیر آب درون چوب و تخلیه بخار آب به وجود آمده نخواهد بود. برعکس، اگر هوای گرم و خشک میان ردیف‌ها و دسته‌ها جریان یابد، رطوبت چوب را تبخیر می‌کند و پس از سرد و مرطوب شدن از میان ردیف‌ها و دسته‌ها خارج می‌شود؛ بنابراین، در یارد چوب‌خشک‌کنی باید دسته‌های چوب به طریقی قرار گیرند که هوا در میان آن‌ها جریان یابد.

میزان جریان هوا به شرایط آب‌وهوایی بستگی دارد. در مناطق خشک نمی‌توان از جریان بسیار زیاد هوا استفاده کرد؛ زیرا در این شرایط، افت رطوبت چوب بسیار سریع است و باعث به‌وجود آمدن ترک‌های سطحی می‌شود. در چنین شرایطی باید از شدت جریان هوای کم‌تری استفاده کنیم. در مناطق سرد و مرطوب می‌توان از شدت جریان زیادتری استفاده کرد.

از دیگر مسائل مربوط به جریان هوا، مسأله‌ی جریان عمودی آن است. در یک سیستم خشک کردن چوب در یارد معمولاً هوای گرم از کناره‌ها و سطح بالایی وارد دسته‌ها می‌شود و پس از جذب رطوبت و در اثر سنگین شدن به طرف پایین حرکت می‌کند؛ بنابراین، باید دسته‌بندی به‌طریقی انجام گیرد که جریان هوا در قسمت بی‌دسته‌ها به وجود آید و هوای مرطوب از قسمت زیردسته‌ها و بی‌خارج شود. در چنین شرایطی باید بی‌واحدهای دسته‌بندی بلندتر و نفوذپذیرتر باشد. اگر تخته‌های هر ردیف خیلی نزدیک به یکدیگر قرار داده شوند، از میزان جریان عمودی هوا کاسته می‌شود.

با توجه به اهمیت و نقش مفید جریان (حرکت) هوا در خشک کردن چوب در یارد، کوشش‌هایی برای سرعت بخشیدن به عملیات خشک کردن چوب به کمک جریان‌های اجباری هوا انجام گرفته است. در این روش‌ها برای به‌وجود آوردن جریان هوا از پنکه‌های (فن‌های) بزرگ استفاده می‌شود (شکل ۱۹-۲).



شکل ۱۹-۲- روش خشک کردن چوب با استفاده از پنکه

از مزایای خشک کردن چوب با استفاده از جریان اجباری هوا می‌توان موارد زیر را نام برد:

- سرمایه‌گذاری کم‌تر
- هزینه‌های عملیاتی کم‌تر

– عملیات آسان تر

– نیاز به فضای کم تر

– موجودی چوب کم تر

استفاده از این روش در واحدهای کوچک مزیت اقتصادی دارد و می تواند از مدت زمان خشک کردن بکاهد.

## ۷-۲- مدت خشک کردن چوب

سرعت خشک شدن چوب در یارد تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد که مهمترین آنها عبارت است از : گونه چوبی، ضخامت چوب، نحوه قرار گرفتن دواير رويش سالانه، برون چوب، درون چوب، روش دسته بندی، شرایط یارد چوب و شرایط آب و هوایی.

چوب سوزنی برگان نظیر کاج ها و چوب پهن برگان سبک نظیر صنوبرها سریع تر خشک می شود ولی چوب فشرده تر (سنگین تر) پهن برگان به زمانی طولانی تر برای کاهش رطوبت تا مقدار مورد نظر نیاز دارد.

ضخامت چوب عاملی بسیار مهم در تعیین زمان خشک شدن است. معمولاً زمان خشک شدن چوب متناسب با توان دوم ضخامت چوب است؛ بدین معنی که مدت خشک شدن یک قطعه چوب به ضخامت ۵ سانتی متر تا رطوبت معینی در حدود ۴ برابر همان چوب ولی با ضخامت ۲/۵ سانتی متر است. البته با در نظر گرفتن گونه چوبی و عوامل دیگر، تغییر زمان بین ۲ تا ۴ برابر و حتی بیش تر خواهد بود.

سرعت خشک کردن می تواند به ایجاد عیب های خشک کردن منجر شود یا از این عیب ها بکاهد. سوزنی برگان در مقایسه با پهن برگان در مقابل خشک کردن سریع حساسیت کم تری نشان می دهند.

مدت خشک کردن چوب در هوای آزاد (یارد) نسبتاً طولانی است. در جدول ۱-۲ زمان تقریبی برای خشک کردن چوب به ضخامت ۲/۵ سانتی متر تا رطوبت ۲۰ درصد در مورد چند گونه آمده است که می توان به عنوان راهنما از آن استفاده کرد.

همان طوری که از جدول ۱-۲ برمی آید، در مدت خشک کردن تغییرات زیادی مشاهده می شود که به دلیل اختلاف در شرایط آب و هوایی به وجود می آیند.

جدول ۱-۲- زمان تقریبی خشک کردن چوب تا رطوبت ۲۰ درصد (ضخامت چوب = ۲/۵ سانتی متر)<sup>۱</sup>

نام چوب	زمان (روز)	نام چوب	زمان (روز)
کاج تدا	۳۰-۱۵۰	غان	۷۰-۲۰۰
نوتل	۶۰-۱۸۵	ملج	۵۰-۱۸۰
توسکا	۲۰-۱۸۰	افرا	۵۰-۲۰۰
زبان گنجشک	۶۰-۲۰۰	بلوط	۷۰-۲۰۰
صنوبرها	۵۰-۱۵۰	گردو	۷۰-۲۰۰
راش	۷۰-۲۰۰		

## ۸-۲- نحوه‌ی نصب و سایل حفاظت در انبار و اندود کردن چوب

اگر چوب خیلی سریع خشک شود، ترک‌های انتهایی در آن به وجود می‌آید که از عوامل مهم افت کیفیت در اثر خشک کردن است. علت به وجود آمدن ترک‌های انتهایی تبخیر بسیار سریع رطوبت و همکشیدگی زیادتر دواتهای چوب در مقایسه با بقیه آن است. روش‌های زیر می‌تواند از به وجود آمدن ترک‌های انتهایی جلوگیری کند و یا مقدار آن را کاهش دهد:

– حفاظت در مقابل تابش آفتاب یا باران

– پوشاندن انتهایی تخته‌ها با پارافین، روغن بزرک و یا مواد روغنی دیگر و ضدزنگ

– استفاده از آهن‌هایی به شکل S یا صفحات فلزی مشبک که در دو انتها کوبیده می‌شوند که

البته توانایی آن‌ها کم‌تر از پوشاندن انتهایی تخته‌ها به وسیله‌ی پارافین و نقش آن بیشتر جلوگیری از توسعه ترک‌های انتهایی است.

پس از خشک کردن و در زمان نگهداری چوب خشک شده در انبار، به دلیل تبادل رطوبت

چوب با محیط باید:

– رطوبت نسبی انبار به اندازه رطوبت نسبی محیط مصرف چوب باشد.

– بسته‌بندی چوب با استفاده از پوشش‌های نفوذناپذیر نظیر پلاستیک.

۱- مأخذ: ابراهیمی، قنبر

## پرسش و تمرین

- ۱- سه مزیت اصلی خشک کردن چوب را در هوای آزاد بیان کنید.
- ۲- آیا یارد مستطیل شکل بهتر است یا یارد مربع شکل؟ چرا؟
- ۳- بهترین ماده برای کف سازی یارد چوب خشک کنی کدام است؟
- ۴- نظر شما درباره‌ی وجود علف و بوته در سطح یارد چیست؟ چرا؟
- ۵- در خشک کردن چوب در هوای آزاد، آیا باید تابش مستقیم آفتاب زیاد باشد؟ چرا؟
- ۶- پایه واحد دسته‌بندی در یک یارد را تعریف کنید.
- ۷- از چه موادی برای ساختن پایه واحد دسته‌بندی استفاده می‌شود؟
- ۸- چرا در دسته‌بندی چوب برای خشک کردن، چوب‌های مختلف را تفکیک می‌کنند؟
- ۹- چرا باید چوب‌های با ضخامت یکسان را به‌طور جداگانه خشک کرد؟
- ۱۰- زمان خشک شدن چوب به ضخامت ۳ سانتی‌متر بیشتر است یا چوب به ضخامت ۵ سانتی‌متر؟ چرا؟
- ۱۱- آیا بهتر است چوب‌های با برش مماسی و شعاعی را در یک دسته قرار داد یا در دسته‌های جداگانه؟
- ۱۲- ابعاد مناسب یک دسته چوب برای خشک کردن چه اندازه است؟
- ۱۳- فرق دسته چوب و واحد دسته‌بندی چوب را بیان کنید.
- ۱۴- چرا در یک دسته بین ردیف‌ها چوبدستک قرار داده می‌شود؟
- ۱۵- چوبدستک را تعریف کنید.
- ۱۶- اگر در یک دسته از چوبدستک‌هایی با ضخامت‌های متفاوت استفاده شود، چه اشکالی به‌وجود می‌آید؟
- ۱۷- از چه تجهیزاتی برای جابجایی و حمل و نقل دسته‌ها در یارد استفاده می‌شود؟
- ۱۸- چرا باید سطح بالایی دسته‌ها را پوشاند؟
- ۱۹- هانگار را تعریف کنید.
- ۲۰- هوا چه اهمیتی در خشک کردن چوب دارد؟

## نمونه سؤال‌های آزمون‌ی فصل دوم

- ۱- دو عیب اصلی خشک کردن چوب در هوای آزاد را بیان کنید.
- ۲- بهترین نوع کف سازی یارد را تعریف کنید.
- ۳- آیا در خشک کردن چوب در هوای آزاد بهتر است تشعشع آفتاب مستقیماً بر روی چوب باشد یا نه؟
- ۴- پایه واحد دسته‌بندی در یک یارد را تعریف کنید.
- ۵- تفکیک چوب‌ها در خشک کردن در هوای آزاد را تعریف کنید (خلاصه).
- ۶- ابعاد دسته‌بندی در خشک کردن در هوای آزاد را تعریف کنید.
- ۷- چوبدستک گذاری را تعریف کنید.
- ۸- روش‌های حمل و نقل در یارد را بیان کنید.
- ۹- چرا در خشک کردن چوب در هوای آزاد آفتابگیر نصب می‌کنند؟
- ۱۰- عوامل مؤثر بر مدت خشک کردن چوب در هوای آزاد را نام ببرید.



### خشک کردن مصنوعی (در کوره) چوب

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

- ۱- مزایا و معایب خشک کردن چوب را در کوره توضیح دهد؛
- ۲- زمان خشک کردن چوب را در کوره تعیین کند؛
- ۳- برنامه خشک کردن چوب را در کوره توضیح دهد؛
- ۴- مکانیسم کار کوره چوب خشک‌کنی را توضیح دهد؛
- ۵- سیستم‌های هوا و حرارت کوره چوب خشک‌کنی را توضیح دهد؛
- ۶- سیستم‌های متداول کنترل را در کوره چوب خشک‌کنی توضیح دهد؛
- ۷- انواع متداول کوره چوب خشک‌کنی را توضیح دهد؛
- ۸- بارگیری، خشک کردن و تخلیه کوره را توضیح دهد.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

### ۳- خشک کردن مصنوعی (در کوره) چوب

#### ۱- ۳- مزایا و معایب خشک کردن چوب در کوره

همان‌طوری که در فصل دوم این کتاب گفتیم، خشک کردن چوب در هوای آزاد از متداول‌ترین روش‌های خشک کردن است. متأسفانه در بسیاری موارد با استفاده از روش خشک کردن چوب در هوای آزاد نمی‌توانیم رطوبت را تا مقدار مورد نیاز برای بعضی مصارف کاهش دهیم. لذا در چنین مواردی از تجهیزات یا کوره‌های چوب خشک‌کنی استفاده می‌کنیم.

با توجه به اینکه معمولاً برای خشک کردن مصنوعی چوب به تجهیزات نسبتاً گرانی نیاز است،

اغلب خشک کردن چوب در کوره در مقیاس بزرگ و با تولید انبوه انجام می‌گیرد. این بدان معنی نخواهد بود که خشک کردن چوب در کوره در مقیاس کوچک و کارگاهی قابل استفاده نیست. امروزه تجهیزاتی در مقیاس کارگاهی ساخته شده که از طریق کنترل درجه حرارت و رطوبت نسبی داخل کوره قادر به خشک کردن چوب هستند. این نوع تجهیزات کلیه ویژگی‌های کوره‌های بزرگ چوب خشک‌کنی را دارند. به این ترتیب، در زمان حاضر استفاده از روش خشک کردن چوب در کوره بسیار گسترده شده است. مزایای خشک کردن چوب در کوره به شرح زیر است :

– مدت خشک کردن چوب در کوره در مقایسه با خشک کردن چوب در هوای آزاد بسیار کوتاه است و در نتیجه، سرمایه‌ای که به صورت ماده اولیه چوبی است، برای مدت طولانی متوقف نمی‌شود. به این ترتیب، زمان سرمایه کم‌تری معطل می‌شود. به علاوه به سرمایه کم‌تری جهت تأمین ماده اولیه در حین تولید نیازمندیم.

– چوب خشک شده با این روش روشن‌تر و عاری از پوسیدگی و حشره‌زدگی است؛ زیرا مدت دوره چوب خشک‌کنی در کوره کوتاه است و امکان به وجود آمدن معایب گفته شده بسیار کم است.

– تولید چوب خشک بدون پیچیدگی، ترک و گسیختگی به دلیل امکان کنترل دقیق شرایط خشک کردن.

– امکان خشک کردن چوب تا مقدار رطوبت مورد نظر؛ به عنوان مثال، چوبی را که باید برای مصارف داخل ساختمان خشک شود، نمی‌توان در هوای آزاد خشک کرد.  
– نیاز به حمل و نقل و جابجایی کم‌تر دسته‌های چوب در مقایسه با روش خشک کردن در هوای آزاد.

– کارکردن با چوب خشک شده در کوره آسان‌تر است.  
– قابلیت چسبندگی چوب خشک شده در کوره بیش‌تر و سریع‌تر است.  
– قابلیت رنگ‌پذیری چوب خشک شده در کوره بیش‌تر است.  
روش خشک کردن چوب در کوره علاوه بر مزایای زیادی که دارد، معایبی نیز دارد که مهمترین آن‌ها عبارتند از :

– نیاز به خرید تجهیزات کوره که گران قیمت هستند.  
– نیاز به مصرف انرژی و تجهیزات گرم کردن کوره که باید به صورت گازوئیل، گاز طبیعی یا ضایعات چوب تأمین شود.

## ۲-۳- زمان و برنامه خشک کردن چوب در کوره

ویژگی‌های چوب‌های مختلف در برابر خشک شدن یکسان نیست. در مورد بعضی از چوب‌ها لازم است خشک کردن با ملایمت انجام گیرد تا به کیفیت چوب صدمه وارد نشود. در صورتی که بعضی دیگر از چوب‌ها بسیار سریع رطوبت از دست می‌دهند و در اثر از دست دادن رطوبت، معایبی در آن‌ها به وجود نمی‌آید. در این حالت می‌توان از روش‌های خشک کردن سریع استفاده کرد.

۱-۲-۳- برنامه چوب خشک کنی در کوره: برنامه چوب خشک کنی در کوره در حقیقت مجموعه‌ای از شرایط دما (گرم)، رطوبت نسبی محیط و جریان هوا است که از طریق تنظیم این شرایط با سرعت مورد نظر، خشک کردن بدون به وجود آمدن عیب یا نقصی در چوب امکان‌پذیر می‌شود؛ بنابراین، در یک برنامه چوب خشک کنی در کوره لازم است درجه حرارت و رطوبت نسبی محیط داخل کوره تعیین گردد.

برای اندازه‌گیری درجه حرارت محیط درون کوره از دماسنج معمولی استفاده می‌شود. درجه حرارت اندازه‌گیری شده به وسیله این دماسنج را «درجه حرارت خشک» گویند.

برای تعیین رطوبت نسبی محیط درون کوره، معمولاً از اختلاف درجه حرارت خشک و مرطوب استفاده می‌کنند. برای اندازه‌گیری «درجه حرارت مرطوب» معمولاً محفظه جیوه یا الکل دماسنج را لابه‌لای پارچه خیس شده با آب مقطر قرار می‌دهند. با اندازه‌گیری و تنظیم درجه حرارت خشک و مرطوب، شرایط مورد نظر درون کوره به وجود می‌آید.

معمولاً متناسب با نوع چوب و خواسته‌های مورد نظر برنامه‌های چوب خشک کنی مختلفی ابداع و تنظیم شده است. در عمل معمولاً برنامه‌های عمومی و کلی را برای خشک کردن چوب‌ها تنظیم می‌کنند و می‌کوشند خشک کردن طبق این برنامه‌ها انجام شود. به دلیل تغییرات بسیار زیاد در ویژگی‌های چوب، نوع و شرایط کوره، کیفیت و هزینه‌های خشک کردن هرگز نمی‌توان یک برنامه واحد را برای چوب خشک کنی در کوره ایده‌آل دانست بلکه در عمل برای چوب‌های مختلف پهن‌برگ و سوزنی‌برگ برنامه‌های جداگانه تنظیم می‌شود.

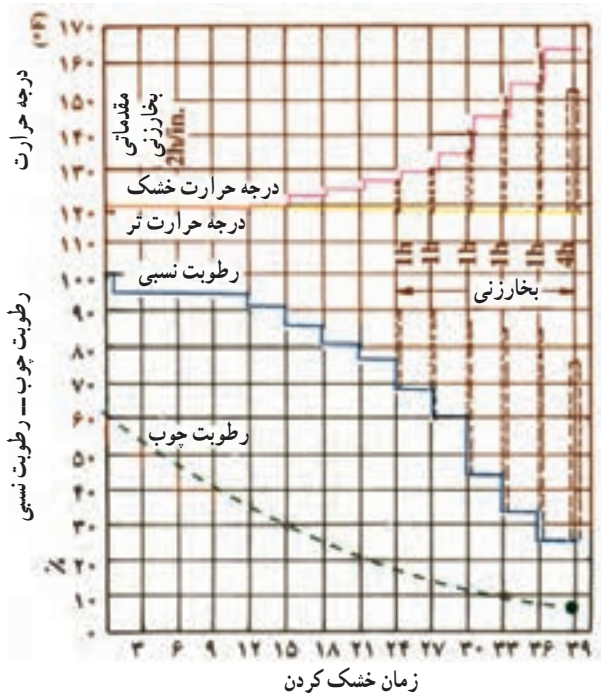
با توجه به حساسیت چوب‌های پهن‌برگ در برابر خشک شدن، پژوهش‌های زیادی در مورد برنامه‌های چوب خشک کنی در کوره این چوب‌ها به عمل آمده که به شکل جدول‌ها یا منحنی‌های چوب خشک کنی در کوره ارائه شده است. از این جدول‌ها و منحنی‌ها می‌توان به عنوان الگو استفاده کرد. متأسفانه در کشور ما تحقیقات اندکی در خصوص برنامه‌های خشک کردن گونه‌های چوبی پهن‌برگ داخلی صورت گرفته است که عمدتاً محدود به گونه‌های راش، بلوط، ممرز و توسکا می‌گردد و در

خصوص سایر گونه‌ها از برنامه‌های چوب خشک کنی مشابه خارجی استفاده می‌گردد. این برنامه‌ها برای خشک کردن چوب‌های با ضخامت کم تر از ۵ سانتی متر است.

با توجه به این که کنترل موفقیت آمیز معایب خشک کردن چوب پهن برگان از طریق تنظیم دقیق درجه حرارت و رطوبت نسبی امکان پذیر است، در حال حاضر اغلب برنامه چوب خشک کنی در کوره را بر مبنای میزان رطوبت چوب تنظیم می‌کنند.

در این روش، برای جلوگیری از چین خوردگی و شانه‌عسلی شدن چوب درجه حرارت آغاز خشک کردن را کم انتخاب می‌کنند؛ به علاوه، برای به حداقل رساندن ترک‌های سطحی و انتهای، رطوبت نسبی باید زیاد باشد. البته حتی در چنین شرایط ملایمی نیز چوب رطوبت را ازدست می‌دهد. پس از آن، برای افزایش سرعت خشک کردن، درجه حرارت را افزایش می‌دهند و از رطوبت نسبی محیط درون اتاقک کوره می‌کاهند.

در شکل ۱-۳ برنامه خشک کردن چوب راش در کوره به شکل چند منحنی ارائه شده است. اگر به منحنی تغییر درجه حرارت خشک توجه کنیم، می‌بینیم که طی دوره ۱۵ روز اول، درجه حرارت خشک درون کوره ثابت است (منحنی قرمز رنگ). در همین دوره زمانی، رطوبت نسبی درون کوره نیز در مقدار حداکثر حدود ۹۴ درصد ثابت می‌ماند (منحنی آبی رنگ).



شکل ۱-۳- برنامه چوب خشک کنی در کوره چوب راش به ضخامت ۵ سانتی متر

پس از دوره اول، درجه حرارت خشک را به صورت مرحله‌ای زیاد می‌کنند و از رطوبت نسبی نیز به‌طور مرحله‌ای می‌کاهند.

اگر به منحنی تغییرات رطوبت چوب توجه کنیم (منحنی سبزرنگ)، می‌بینیم که مقدار رطوبت چوب از رطوبت اولیه ۶۰ درصد به تدریج و به‌طور دائم تا رطوبت نهایی ۶ درصد کم می‌شود.

در برنامه چوب خشک‌کنی راش باید به دو نکته دیگر نیز توجه شود:

– درجه حرارت مرطوب در تمامی دوره خشک کردن ثابت می‌ماند (منحنی زردرنگ).

– در مراحل پایانی خشک کردن برای به‌حالت تعادل رساندن رطوبت سطحی و درونی چوب، معمولاً بخارزنی می‌شود.

اطلاعات منحنی‌های شکل ۱-۳ را می‌توان به‌صورت جدول‌هایی ارائه داد که به آن‌ها «جدول‌های چوب خشک‌کنی در کوره» می‌گویند.

۲-۲-۳ – محاسبه زمان خشک کردن چوب در کوره: اصولاً قبل از آغاز برنامه

خشک کردن چوب در کوره لازم است مطالبی را در مورد زمان تقریبی خشک شدن چوب در کوره بدانیم. به این ترتیب، برنامه‌ریزی برای استفاده از کوره آسان‌تر و دقیق‌تر خواهد بود. عوامل زیادی بر زمان خشک شدن چوب در کوره مؤثرند که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: نوع چوب (سوزنی‌برگ یا پهن‌برگ)، گونه چوب، ضخامت تخته، درون چوب و برون چوب، نوع برش چوب (شعاعی یا مماسی)، کیفیت چوب، رطوبت اولیه چوب و شدت و روش خشک کردن آن. با توجه به این عوامل، تغییراتی در زمان خشک کردن چوب در کوره مشاهده می‌شود.

در جدول ۱-۳ زمان تقریبی خشک کردن چند نوع چوب در کوره ارائه شده است. در این جدول، همچنین زمان خشک کردن چوب در هوای آزاد با هدف مقایسه آورده شده است.

دقت کنید که زمان خشک کردن چوب راش طبق شکل ۱-۳ برابر ۳۹ روز و براساس جدول ۱-۳ برابر ۱۲ تا ۱۵ روز است که دلیل این اختلاف ضخامت چوب و روش خشک کردن آن است.

۳-۲-۳ – نمونه کنترل در کوره چوب خشک‌کنی: در اثر خشک شدن چوب فشارهایی

در درون آن به وجود می‌آید که این فشارها به ایجاد معایب خشک کردن چوب منجر می‌شوند. عامل به وجود آمدن این فشارهای درونی در حقیقت رطوبت چوب است. اعمال برنامه‌های چوب خشک‌کنی (تنظیم درجه حرارت و رطوبت نسبی) رطوبت مناسب را طی مدت خشک شدن چوب به وجود می‌آورد؛ بنابراین، باید رطوبت چوب طی دوره‌ی خشک کردن اندازه‌گیری شود و برطبق آن، برنامه اعمال گردد.

جدول ۱-۳- زمان تقریبی خشک کردن چوب در کوره و هوای آزاد برحسب روز

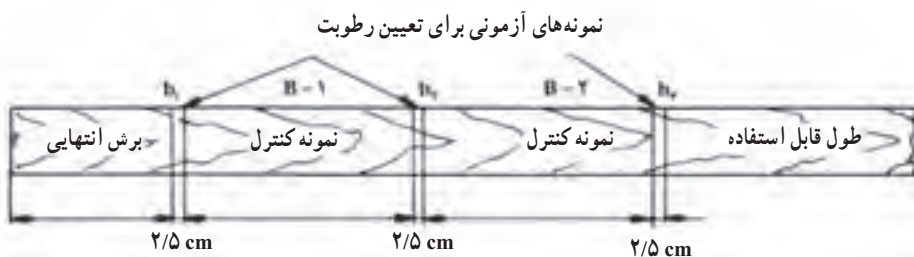
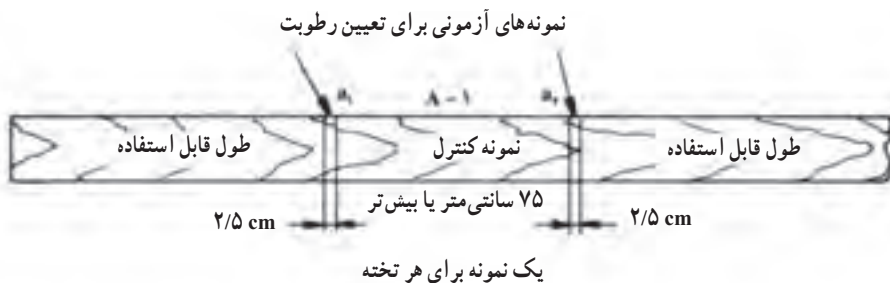
نام چوب	خشک کردن در هوای آزاد از حالت تر تا رطوبت نهایی ۲۰ درصد	خشک کردن در کوره از حالت تر تا رطوبت ۶ درصد
کاج	۱۵ تا ۲۰	۳ تا ۱۰
زبان گنجشک	۶۰ تا ۲۰۰	۱۱ تا ۱۵
راش	۷۰ تا ۲۰۰	۱۲ تا ۱۵
ملج	۵۰ تا ۱۸۰	۱۰ تا ۱۷
بلوط	۷۰ تا ۳۰۰	۱۶ تا ۴۰
گردو	۷۰ تا ۲۰۰	۱۰ تا ۱۶
چنار	۳۰ تا ۱۵۰	۶ تا ۱۲

در عمل، اندازه‌گیری رطوبت کلیه چوب‌های درون یک کوره چوب‌خشک‌کنی امکان‌پذیر نیست و در نتیجه، سعی می‌شود با قراردادن نمونه‌های شاخص و اندازه‌گیری و نظارت بر رطوبت آن‌ها، اطلاعاتی در مورد رطوبت چوب درون کوره به دست آید. به این نمونه چوب‌های کوچک «نمونه کنترل» گویند.

مزایای قراردادن نمونه کنترل در درون دسته‌بندی چوب به شرح زیر است :

- کاهش میزان تخریب و کیفیت چوب در کوره
  - کنترل بهتر شرایط برای رسیدن به رطوبت نهایی مورد نظر
  - کاهش زمان خشک کردن و بهبود کیفیت چوب
  - تعیین زمان و برنامه چوب‌خشک‌کنی در کوره
  - مشخص کردن منبع مشکل‌زا در کوره
- نمونه کنترل باید از ویژگی خشک شدن مشابه چوب درون کوره برخوردار باشد؛ بنابراین، لازم است در انتخاب نمونه کنترل، عواملی که بر کیفیت خشک شدن تأثیر می‌گذارند، در نظر گرفته شود. این عوامل عبارتند از: گونه چوبی، ضخامت، رطوبت، درون چوب، برون چوب، جهت الیاف و رطوبت نهایی.

بنابراین، نمونه کنترل معمولاً درحین دسته‌بندی چوب از همان چوب‌ها بریده می‌شود. در شکل ۲-۳ روش بریدن و انتخاب نمونه کنترل و نمونه رطوبت‌سنجی نشان داده شده است.



شکل ۲-۳- روش بریدن و شماره گذاری نمونه کنترل و نمونه تعیین رطوبت

نمونه کنترل باید به گونه‌ای درون دسته بندی قرار گیرد که در معرض شرایطی مشابه شرایط خشک شدن دسته چوب باشد. به این منظور، پس از برش نمونه کنترل، دو انتهای آن را با مواد مناسبی می پوشانند و پس از وزن کردن، درون محفظه‌هایی که به این منظور در دسته بندی چوب تعبیه شده‌اند، قرار می دهند. در شکل ۳-۳ محل قرارگرفتن نمونه کنترل نشان داده شده است. در قراردادن نمونه کنترل باید دقت شود که نمونه‌ها از کناره دسته خارج نشده باشند.

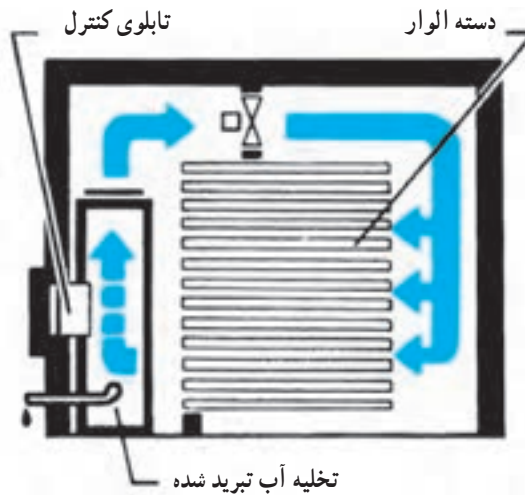


شکل ۳-۳- نحوه قراردادن سه نمونه کنترل در داخل یک

دسته چوب

### ۳-۳- مکانیسم کار کوره‌ی چوب‌خشک‌کنی

کوره چوب‌خشک‌کنی از یک یا چند محفظه، اتاقک یا تونل تشکیل شده است که در این محفظه یا اتاقک هوا در اطراف و بین دسته‌های چوب به چرخش یا گردش درآمده و چوب خشک می‌شود. در حالی که هوا در داخل کوره حرکت می‌کند، این هوا در تماس با رطوبت چوب قرار گرفته و پس از جذب رطوبت چوب آن را همراه مولکول‌های هوا به خارج از چوب انتقال می‌دهد (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴- جریان حرکت هوا در درون کوره

در خشک کردن چوب در کوره با تنظیم درجه حرارت و رطوبت نسبی هوای درون کوره خشک کردن تنظیم شده و پس از مدتی به تدریج رطوبت چوب کم می‌شود.

همان‌طور که در فصل اول این کتاب گفتیم چوب قادر به جذب رطوبت از محیط اطراف یا دفع رطوبت به محیط اطراف خود است. بنابراین اگر چوب در محیطی با رطوبت نسبی کم قرار گیرد، برای رسیدن به حالت تعادل رطوبتی آب از دست می‌دهد؛ بنابراین، در کوره چوب‌خشک‌کنی شرایط به طریقی تنظیم می‌شود که رطوبت نسبی محیط کم‌تر از مقدار رطوبت تعادل چوب باشد و در نتیجه رطوبت از چوب به هوای اطراف آن انتقال یابد (یعنی چوب رطوبت دفع کند).

هوای گرم در تماس با رطوبت چوب به تدریج مرطوب می‌شود و باید برای ادامه خشک شدن چوب از رطوبت نسبی هوای مرطوب کاسته شود. برای کم کردن رطوبت نسبی هوای داخل کوره، در مسیر حرکت هوا کویل‌های حرارتی قرار داده شده و هوای مرطوب در تماس با کویل گرم شده و



خشک تر می‌گردد. در قسمت بالای شکل ۵-۳ لوله‌های قرمز رنگی مشاهده می‌شوند که همان کویل‌های حرارتی هستند.



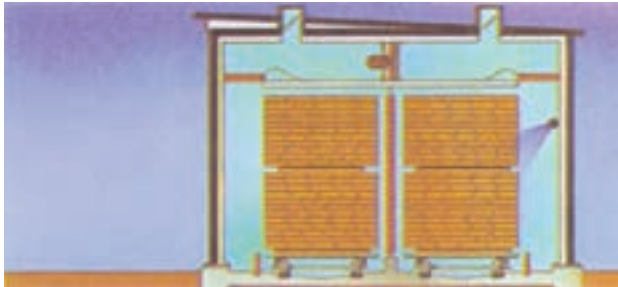
شکل ۵-۳- کویل‌های حرارتی در یک کوره

نکته قابل توجه در خشک کردن چوب این است که نباید چوب رطوبت خود را خیلی سریع دفع کند؛ زیرا دفع سریع رطوبت چوب که در اثر تماس با هوای گرم اتفاق می‌افتد، سطحی است. حال اگر دفع رطوبت خیلی سریع انجام گیرد، سطح چوب خشک می‌شود و به همان سرعت، رطوبت درون چوب قادر به انتقال به سطح آن نخواهد بود که در اثر این اختلاف رطوبت در لایه‌های سطحی و عمقی چوب، ترک‌هایی در سطح چوب به وجود می‌آید (در فصل اول، این مسأله به طور کامل تر تشریح شده است).

پس برای خشک شدن مطلوب و بدون عیب باید خشک کردن چوب تدریجی و به ملایمت انجام گیرد؛ بنابراین، سعی می‌شود به تدریج از رطوبت نسبی هوای درون کوره کاسته شود و درجه حرارت آن افزایش یابد. با کم شدن رطوبت نسبی به تدریج رطوبت تعادل چوب کاهش می‌یابد. حتی در مواردی در حین خشک کردن، کم کردن درجه حرارت کویل‌ها یا انتشار بخار آب در درون کوره ضروری می‌شود. کم کردن تدریجی رطوبت نسبی هوای درون کوره و افزایش تدریجی درجه حرارت هوای درون کوره در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.

وظیفه هوای درون کوره جذب رطوبت چوب است. پس از گذشت مدت زمانی، رطوبت نسبی هوای درون کوره خیلی زیاد می‌شود و قادر به جذب بیش تر رطوبت از چوب نخواهد بود. در چنین شرایطی مقداری از هوای درون کوره تخلیه می‌شود و هوای تازه وارد آن می‌گردد.

در شکل ۶-۳ نحوه بخارزنی و تخلیه هوای درون کوره را مشاهده می کنید. لوله آبی رنگ پخش کننده بخار آب در درون کوره و دریچه بالای اتاقک وظیفه ی تخلیه هوای مرطوب را دارد.



شکل ۶-۳- نحوه بخارزنی و تخلیه هوای داخل کوره

خشک کردن چوب در کوره را معمولاً به سه مرحله مختلف تفکیک می کنند. این مراحل شامل مرحله آماده سازی یا گرم کردن، مرحله خشک کردن و مرحله متعادل سازی است.

**مرحله آماده سازی یا گرم کردن:** در این مرحله درجه حرارت هوای درون کوره تا اولین درجه حرارت برنامه خشک کردن چوب به صورت مرحله ای ولی به سرعت افزایش داده می شود. این درجه حرارت معمولاً بین ۴۰ تا ۶۵ درجه سلسیوس است. در این مرحله، اختلاف درجه حرارت خشک و تر در حدود ۳ تا ۴ درجه سلسیوس ثابت نگه داشته می شود.

در این مرحله، اگر هدف خشک کردن الوار تر است، رطوبت نسبی هوای درون کوره را تا ۱۰۰ درصد می توان افزایش داد ولی برای خشک کردن الوارهایی که قبلاً در هوای آزاد تا مقدار رطوبت ۳۰-۲۵ درصد خشک شده اند، رطوبت نسبی هوای درون کوره ۷۵-۷۰ درصد باید باشد.

**مرحله خشک کردن:** در این مرحله، خشک کردن چوب آغاز می شود. شرایط هوای درون کوره به طریقی بر طبق برنامه تنظیم می گردد که چوب شروع به ازدست دادن رطوبت کند.

**مرحله متعادل سازی:** این مرحله بعد از پایان مرحله خشک کردن آغاز می گردد و هدف آن، متعادل ساختن رطوبت لایه های سطحی و درونی چوب است. زمانی که رطوبت نمونه کنترل کوره به حدود ۲ درصد کم تر از رطوبت نهایی مورد نظر رسید (اگر هدف خشک کردن چوب تا رطوبت ۸ درصد باشد، رطوبت نمونه کنترل باید ۶ درصد باشد)، این مرحله را آغاز می کنیم.

پس از پایان خشک کردن چوب نباید دسته های چوب را از کوره خارج کرد؛ بلکه چوب درون کوره باقی می ماند و زمانی که درجه حرارت آن به حدود ۲۰ درجه سانتی گراد برسد، می توان آن را تخلیه کرد.

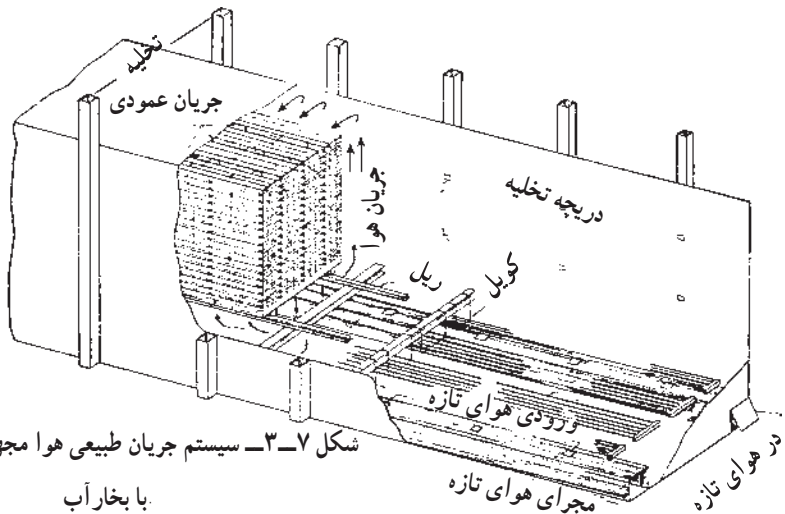
### ۴-۳- سیستم هوا و حرارت کوره‌ی چوب‌خشک‌کنی

همان‌طور که در قسمت قبل گفتیم، مکانیسم کار یک کوره چوب‌خشک‌کنی، تنظیم رطوبت نسبی هوای درون کوره طبق برنامه‌ای تدوین شده است. با توجه به این که چوب در تماس با هوای درون کوره خشک می‌شود، تنظیم درجه خشکی یا به عبارت دیگر حرارت و همچنین جریان هوا نقش مهمی در خشک کردن مطلوب چوب دارد.

۱-۴-۳- سیستم هوای خشک‌کن : سیستم هوای خشک‌کن در حقیقت نحوه دمیدن و به جریان درآوردن هوای داخل محفظه یا اتاقک خشک‌کن است. برای این منظور از چند سیستم هوا استفاده می‌شود :

— سیستم جریان طبیعی هوا: در این سیستم، هوا به‌طور طبیعی در داخل دسته‌بندی‌های چوب به جریان درمی‌آید. به شکل ۷-۳ توجه کنید. هوا به وسیله تعدادی کویل‌های حرارتی (گرم‌کننده) در قسمت پایین کوره گرم شده و هوای گرم که سبک‌تر است، به سوی بالا به جریان درمی‌آید. در اثر تماس هوای گرم با رطوبت چوب، هواخنک می‌شود و در اثر خنک شدن سنگین‌تر می‌گردد و به طرف پایین به جریان خواهد افتاد. هوا درحالی که به سوی پایین حرکت می‌کند، از لابه‌لای چوب‌های دسته‌بندی شده عبور کرده و در اثر جذب رطوبت سنگین‌تر می‌شود. این هوای سنگین مجدداً در اثر تماس با سطح گرم‌کننده‌ها، خشک و گرم می‌شود و به سمت بالا به جریان می‌افتد.

در این سیستم، دریچه‌های ورود هوای تازه در پایین کوره نصب شده است. دریچه‌های تخلیه هوای گرم و مرطوب می‌تواند در دیواره یا سقف کوره قرار گرفته باشند. در شکل ۷-۳ مسیر جریان هوای درون کوره به صورت فلش نشان داده شده است.



شکل ۷-۳- سیستم جریان طبیعی هوا مجهز به گرم‌کننده‌های

— سیستم جریان اجباری هوا : در کوره‌های چوب خشک کنی برای :

— انتقال حرارت از کویل‌های حرارتی یا گرم کننده به چوب،

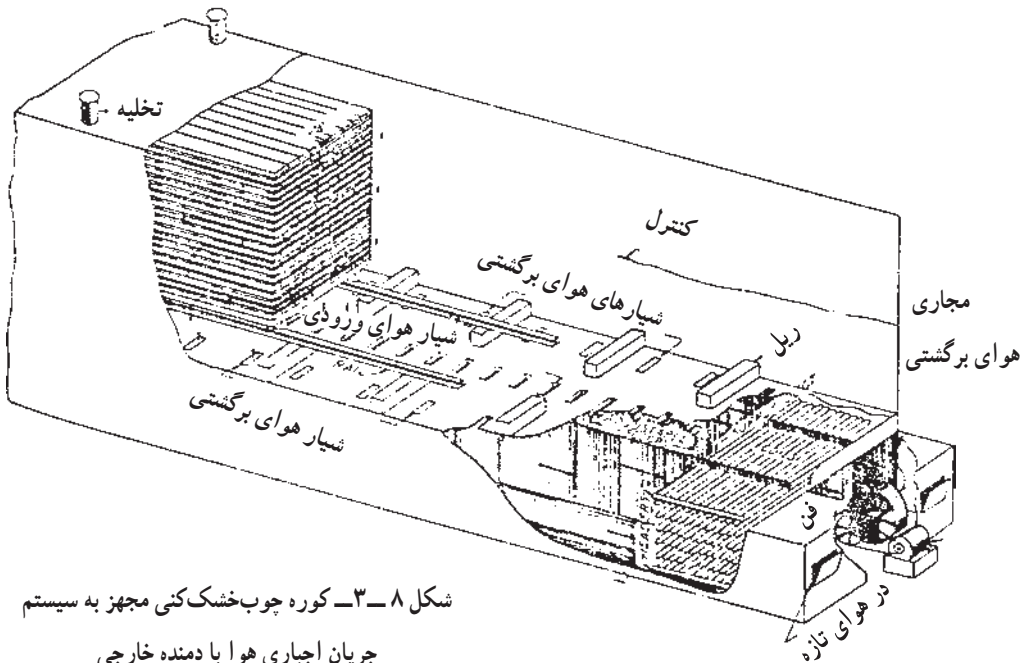
— مخلوط کردن هوا،

— خارج کردن رطوبت تبخیر شده از چوب،

لازم است هوا به جریان درآید. برای ایجاد شرایط گفته شده در حد مطلوب و افزایش کارایی، سعی شده است از سیستم‌های جریان اجباری هوا استفاده شود. برای به وجود آوردن جریان اجباری هوا از دمنده‌هایی استفاده می‌شود که روش نصب آن‌ها به دو طریق زیر است :

الف — سیستم جریان اجباری هوا با دمنده خارجی : در شکل ۸-۳ یک سیستم جریان اجباری

هوایی که در آن دمنده در خارج از کوره نصب گردیده، نشان داده شده است. در این سیستم، هوا به کمک دمنده از قسمت زیر دسته چوب‌ها به داخل و وسط دسته چوب دمیده می‌شود (در این سیستم، چوب‌های هر دسته به طریقی چیده می‌شوند که درین آن‌ها دودکش به شکل A به وجود آمده باشد. در شکل ۸-۳ به وسط دسته چوب توجه کنید) و از طریق دودکش وسط به طرف بالا به جریان درمی‌آید. در شکل ۸-۳ در قسمت زیردسته‌ها، شیارها یا روزنه‌های ورود هوای گرم را می‌بینید.



شکل ۸-۳ — کوره چوب خشک کنی مجهز به سیستم

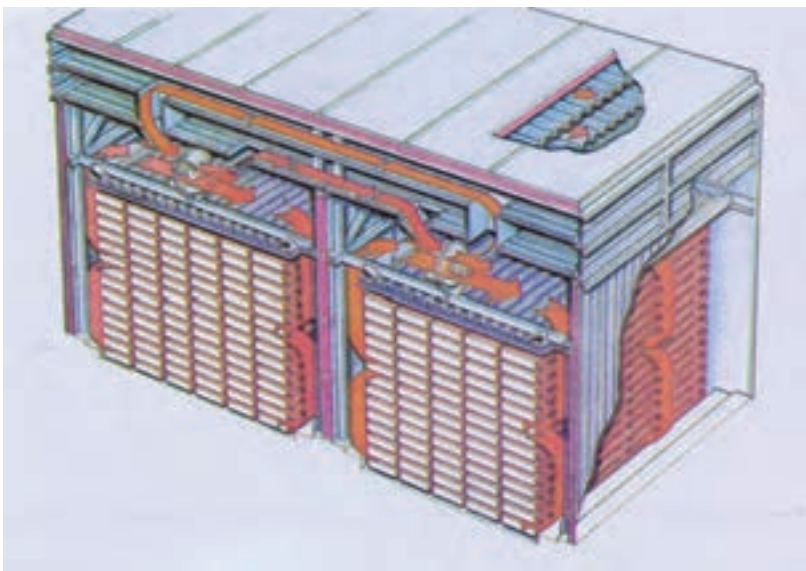
جریان اجباری هوا با دمنده خارجی

هوا در حین جریان یافتن به سوی بالا، وارد دسته چوب می‌شود؛ رطوبت آن را جذب می‌کند و پس از آن از اطراف دسته به سوی پایین به جریان می‌افتد. هوایی که به سمت پایین آمده است، از دو طرف کوره جمع‌آوری می‌شود و در معرض کویل‌های حرارتی قرار می‌گیرد. در شکل ۸-۳ شیارها یا روزنه‌های جمع‌آوری هوای مرطوب در دو طرف کوره نشان داده شده است. هوای مرطوب پس از گرم شدن، مجدداً از طریق شیارهای ورودی به درون کوره و داخل دسته چوب انتقال داده می‌شود.

در شکل ۸-۳ کوره با یک دسته چوب نشان داده شده است. کوره می‌تواند بزرگ‌تر باشد و بیش از یک دسته چوب در آن قرار گیرد. در این حالت، جریان هوا برای هر دسته مشابه شکل ۸-۳ خواهد بود.

هوای گرم و مرطوب از طریق دریچه‌های تخلیه هوا خارج می‌شود و هوای تازه از کنار دمنده وارد می‌گردد.

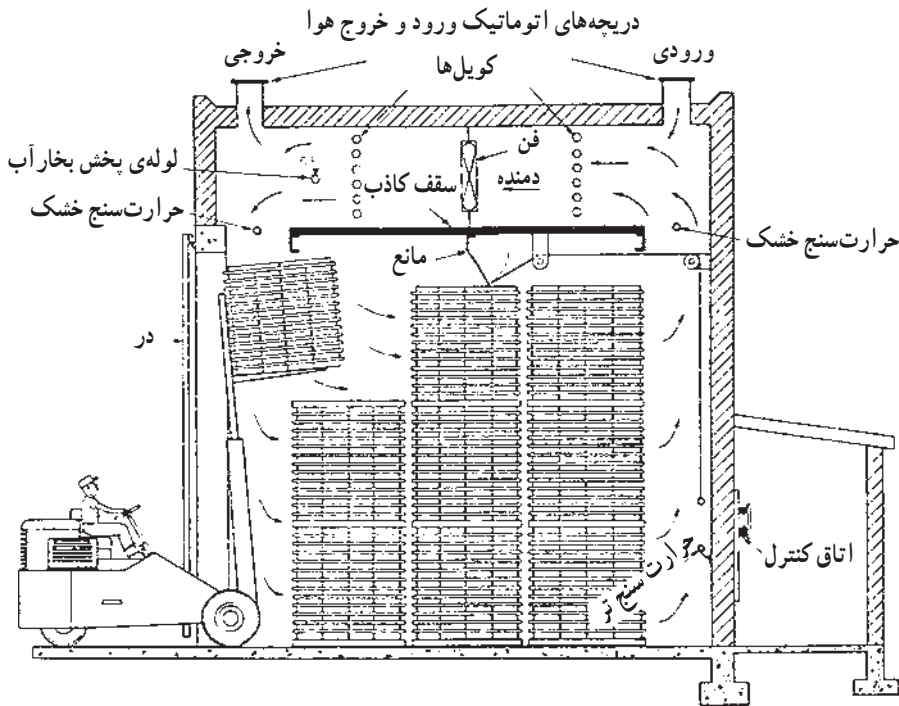
ب- سیستم جریان اجباری هوا با دمنده داخلی: در این سیستم، دمنده‌ها در درون اسکلت کوره قرار می‌گیرند و هوا را به جریان درمی‌آورند. در شکل ۹-۳ چند طریق قرار گرفتن دمنده نشان داده شده است.



شکل ۹-۳- روش‌های نصب دمنده در کوره مجهز به سیستم جریان اجباری هوا با دمنده داخلی

در شکل ۳-۵ نیز پرسپکتیو یک کوره مجهز به این سیستم نشان داده شده است. اغلب اگر هدف تبدیل کوره‌های مجهز به سیستم جریان طبیعی هوا به سیستم جریان اجباری با دمنده داخلی باشد، دمنده در زیر نصب می‌شود ولی در دیگر سیستم‌ها دمنده در بالای کوره نصب خواهد شد.

در شکل ۳-۱۰ یک کوره چوب‌خشک‌کنی که در آن دمنده‌ها در بالا قرار گرفته‌اند، با اجزای مختلف آن نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۰- یک کوره چوب‌خشک‌کنی مجهز به سیستم جریان اجباری هوا با دمنده داخلی

در این سیستم، کویل‌های حرارتی در دو طرف فن دمنده قرار گرفته‌اند و هوای مرطوب، قبل یا بعد از دمنده گرم می‌شود. در این خشک‌کن، هوا از بالای کوره به جریان درمی‌آید و از سمت چپ (سمتی که لیفت تراک قرار دارد) وارد دسته چوب می‌گردد. هوا از بین چوب‌ها عبور می‌کند و پس از جذب رطوبت چوب، از طرف راست کوره به بالا جریان می‌یابد. در مسیر برگشت گرم و خشک‌تر می‌شود و مجدداً به اطراف چوب انتقال می‌یابد. مقداری هوای گرم و مرطوب از طریق دریچه‌های تخلیه در بالا خارج می‌شود. برای اطمینان یافتن از جریان هوا از بین چوب‌ها مانع‌هایی در بالای

چوب و زیر سقف کاذب نصب شده اند.

۲-۴-۳- سیستم حرارت کوره: به چهار دلیل در یک کوره چوب خشک کنی به حرارت

نیازمندیم. این دلایل عبارتند از:

- گرم کردن چوب و آب درون آن

- تبخیر رطوبت چوب

- گرم کردن هوای تازه ورودی به کوره

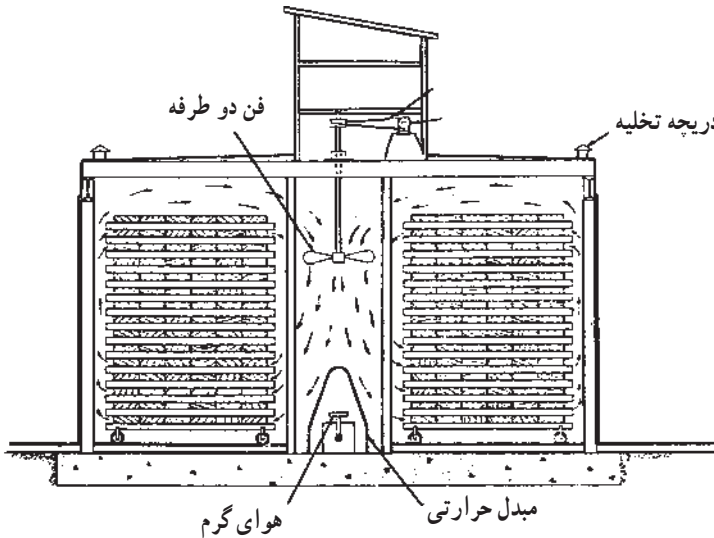
- جبران حرارت ازدست رفته

حرارت دادن یک کوره به دو طریق، حرارت دادن مستقیم و حرارت دادن غیرمستقیم انجام

می گیرد.

- در روش حرارت دادن مستقیم، کوره چوب خشک کنی گازهای گرم را که از احتراق گاز طبیعی، سوخت مایع یا ضایعات چوب به وجود می آیند، با هوای کوره مخلوط می کنند و از بین چوب می گذرانند. در بعضی از انواع خشک کن، هوای گرم را به کانال هایی هدایت می کنند و از این کانال ها به درون محفظه خشک کن انتقال می دهند. در انواع دیگر شعله های حاصل از احتراق، به سطح فلزی برخورد کرده و آن را گرم می کنند؛ سپس، هوای خشک کن در تماس با این سطح گرم می شود و به داخل دسته چوب انتقال می یابد.

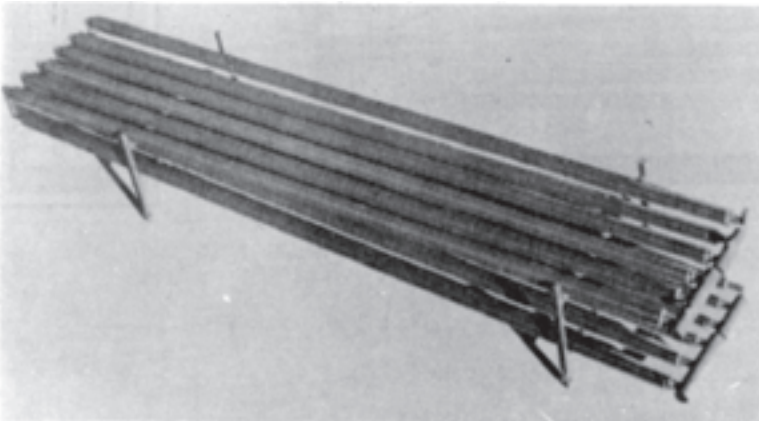
در شکل ۱۱-۳، این روش حرارت دادن نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۳- روش حرارت دادن مستقیم مجهز به سطح فلزی گرم

– در روش حرارت دادن غیرمستقیم از منابع حرارتی مختلف نظیر گازهای گرم، هوای گرم، الکتریسیته و بخار آب استفاده می‌شود ولی گرم کردن هوای درون کوره از طریق مبدل‌های حرارتی انجام می‌گیرد. مبدل‌های حرارتی می‌توانند در درون یا بیرون محفظه خشک‌کن قرار گرفته باشند.

متداول‌ترین منبع حرارتی در این روش بخار آب است که با تنظیم فشار آن می‌توان درجه حرارت را تنظیم کرد. در صورت استفاده از بخار آب برای حرارت دادن هوای کوره خشک‌کن، بخار آب در درون کویل‌های مخصوصی به مایع تبدیل می‌شود و در اثر آن، حرارت خود را به سطح اطراف خود انتقال می‌دهد. سطوح گرم‌کننده نیز حرارت را به هوایی که با آن‌ها در تماس است، انتقال می‌دهند. در شکل ۱۲-۳ یک کویل حرارتی به کمک بخار آب نشان داده شده است. اگرچه در کوره‌های چوب خشک‌کنی بزرگ عمدتاً از بخار آب به عنوان منبع حرارت استفاده می‌شود ولی در کوره‌های کوچک می‌توان از حرارت دادن به وسیله‌ی الکتریسیته (المنت‌های برقی) یا دیگر روش‌ها استفاده کرد.



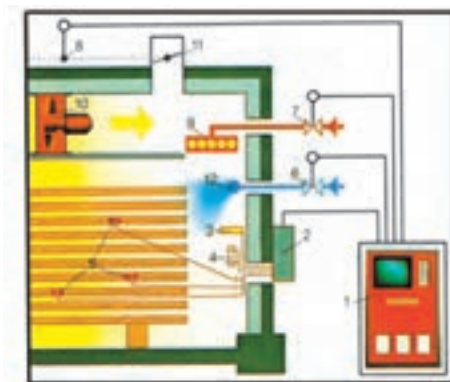
شکل ۱۲-۳- کویل حرارتی با بخار آب

### ۳-۵- سیستم‌های کنترل در کوره چوب خشک‌کنی

از دو سیستم کنترل دستی و اتوماتیک در کوره‌های چوب خشک‌کنی استفاده می‌شود. اگرچه سیستم کنترل اتوماتیک از دقت بیشتری برخوردار است و به‌طور گسترده‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی در مواردی از سیستم دستی نیز استفاده می‌شود که کارایی مورد نیاز را دارد. سیستم کنترل کوره باید سه عامل رطوبت نسبی هوای درون کوره، رطوبت تعادل چوب و درجه حرارت هوای داخل کوره را اندازه‌گیری و تنظیم کند.



در شکل ۱۳-۳ اجزای یک سیستم اتوماتیک کنترل کوره نشان داده شده است.



شکل ۱۳-۳- اجزای سیستم اتوماتیک کنترل کوره

۱- در سیستم‌های اتوماتیک، اطلاعات مربوط به یک کوره در حال خشک کردن چوب از عوامل حساس جمع‌آوری و در یک تابلوی کنترل آنالیزشده و دستورات و تنظیم‌های مورد نیاز صادر می‌شود. تابلوی کنترل می‌تواند چند محفظه کوره را به طور همزمان کنترل و تنظیم کند و همچنین مجهز به کنترل و پردازش کامپیوتری داده‌ها باشد.

۲- تشدیدکننده یا آمپلی‌فایر که اطلاعات جمع‌آوری شده را با قدرت بیش‌تری به تابلوی کنترل انتقال می‌دهد.

۳- اندازه‌گیری درجه حرارت هوای درون کوره که به وسیله دماسنج انجام می‌گیرد.

۴- اندازه‌گیری رطوبت نسبی هوای درون کوره که از طریق اندازه‌گیری درجه حرارت خشک و تر انجام می‌گیرد.

۵- اندازه‌گیری رطوبت چوب در حال خشک شدن که از طریق کوبیدن الکتروود رطوبت‌سنج‌های الکتریکی در یک تا چند نقطه از یک دسته چوب انجام خواهد گرفت. در مواردی تا هشت محل اندازه‌گیری انتخاب می‌شود. در شکل ۱۴-۳ نحوه قرار گرفتن الکتروود در چوب نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۳- نحوه قرار گرفتن الکتروود رطوبت‌سنج در چوب

- ۶- شیر کنترل بخارزنی برای تنظیم مقدار رطوبت نسبی درون خشک کن در مواقع لازم.
  - ۷- شیر کنترل درجه حرارت و میزان گرم شدن هوای داخل خشک کن. این شیر میزان بخارآب وارد شده به کویل حرارتی را تنظیم می کند.
  - ۸- دستگاه کنترل درجه تخلیه هوای مرطوب و گرم.
- تجهیزات کنترل باید برای تنظیم شرایط خشک کردن اجزای مورد نیاز را فعال کرده یا متوقف کنند. این اجزا عبارتند از :
- ۹- کویل های حرارتی که با استفاده از بخارآب یا منبع انرژی دیگری ایجاد گرما می کنند.
  - ۱۰- دمنده که کنترل آن ضروری نیست.
  - ۱۱- درجه تخلیه هوای مرطوب.
  - ۱۲- لوله پخش بخارآب برای مرطوب کردن هوای درون کوره و افزایش رطوبت نسبی آن.

### ۳-۶- انواع کوره ی چوب خشک کنی

طراحی یک کوره چوب خشک کنی تأثیر بسیار زیادی بر عملیات آن و کارایی خشک کردن دارد. یک کوره اگر به نحو مطلوب و مناسب طراحی شده باشد و کار کند، با آن می توان اغلب چوب ها را تا رطوبت مورد نظر بین ۳ تا ۱۵ درصد در زمانی نسبتاً کوتاه و بدون افت که در اثر عیب های خشک کردن پیش می آید، خشک کرد.

کوره های چوب خشک کنی را به شکل کلی می توان به :

۱- کوره های اتاقکی یا محفظه ای

۲- کوره های پیوسته (تونلی)

تقسیم کرد و در هر دو از سیستم جریان طبیعی یا جریان اجباری هوا می توان استفاده نمود.

۱-۳-۶- کوره های اتاقکی : کوره های اتاقکی در اندازه های مختلف وجود دارد. در شکل ۱۵-۳ چند نوع از این کوره ها نشان داده شده است. ظرفیت خشک کردن این کوره ها از ۷ تا ۱۰۰۰ مترمکعب چوب در هر بارگیری است. البته کوره های با ظرفیت بارگیری کم تر حتی تا یک مترمکعب نیز وجود دارد.

در کوره اتاقکی چوب خشک کنی بارگیری چوب به طور همزمان انجام می گیرد و چوب در طی مدت خشک شدن در درون کوره به حالت ثابت می ماند. درجه حرارت و رطوبت نسبی درون اتاقک، در کل دوره ی خشک شدن تا حد امکان یکنواخت خواهد بود.

در کوره‌های چوب خشک کنی اتاقکی، درجه حرارت خشک و تر اندازه‌گیری می‌گردد و برای تنظیم شرایط خشک کردن در طی زمان خشک شدن چوب درجه حرارت خشک و تر تغییر داده می‌شود.

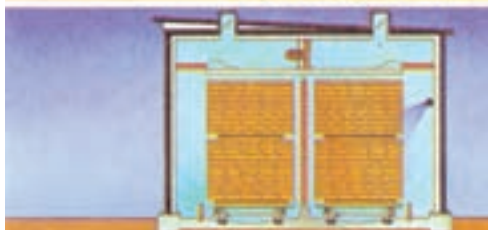
در کوره‌های چوب خشک کنی اتاقکی در یک یا دو انتها یا این که در کناره‌های آن قرار دارد (در قسمت ساختمان کوره انواع در گفته شده است).



در کوره‌های چوب خشک کنی اتاقکی از روش‌های جابجایی دسته‌های چوبی بر روی واگن‌های ریلی یا بارگیری و تخلیه با لیفت تراک استفاده می‌شود.

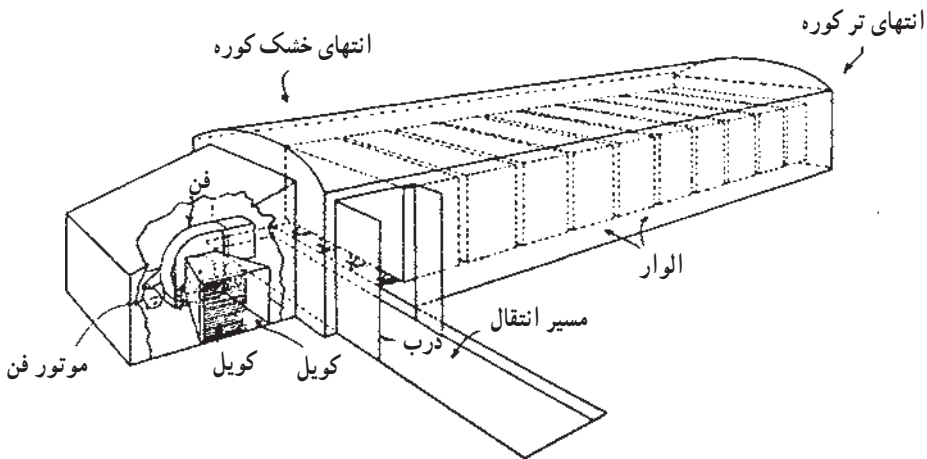


در روش ریلی دسته چوب بر روی واگن‌هایی قرار می‌گیرد و این واگن بر روی ریل حرکت می‌کند. در روش دیگر، دسته چوب به کمک لیفت تراک به درون کوره برده می‌شود و خارج می‌گردد (روش بارگیری در قسمت بارگیری، خشک کردن و تخلیه تشریح شده است).



شکل ۱۵-۳- چند اندازه از کوره اتاقکی چوب خشک کنی

۲-۶-۳- کوره پیوسته : در کوره پیوسته چوب خشک کنی محموله چوب در حال خشک شدن از تعدادی دسته چوب بر روی واگنت تشکیل شده است و هر دسته چوب در یکی از مراحل خشک کردن قرار دارد. کوره‌های پیوسته مجهز به درِ بارگیری و تخلیه در دو انتها هستند (در شکل ۱۶-۳ یک کوره پیوسته چوب خشک کنی نشان داده شده است). خیس ترین دسته چوب بر روی واگنت در انتهای ورودی یا بارگیری قرار دارد (انتهای تر) و خشک ترین چوب بر روی واگنت در انتهای خروجی (انتهای خشک) واقع است. هرگاه یک واگنت چوب از انتهای خروجی کوره تخلیه شود، واگنت‌های باقی مانده در جهت خروجی حرکت می کنند و یک واگنت چوب تر یا نیم خشک به داخل کوره آورده می شود. روش جابجایی در این نوع کوره همواره ریلی است.



شکل ۱۶-۳- کوره پیوسته چوب خشک کنی مجهز به سیستم جریان اجباری هوا

در این سیستم، درجه حرارت هوای درون کوره در انتهای خروجی زیادتر است و به تدریج به سمت انتهای تر، کم می شود؛ بنابراین، تغییر و تنظیم دایمی درجه حرارت خشک ضرورتی ندارد.

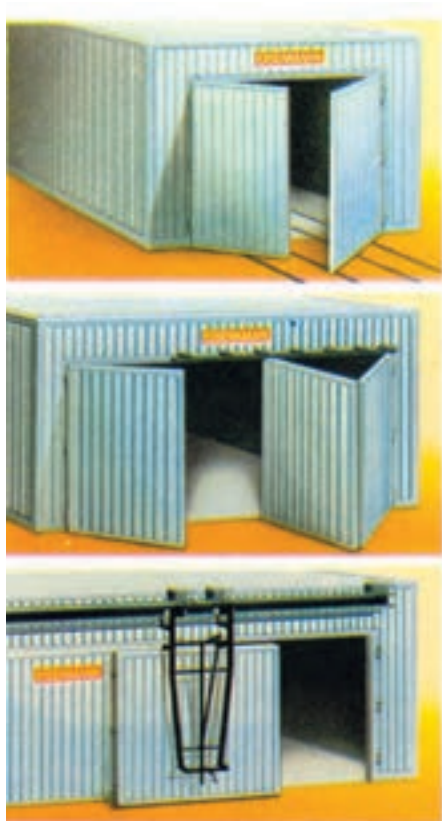
۳-۶-۳- ساختمان کوره: کوره‌های چوب خشک کنی در معرض شرایط نامساعد قرار دارند. این کوره‌ها اغلب در فضای باز قرار دارند و نه تنها باید شرایط نامساعد آب و هوایی را تحمل کنند بلکه باید تغییرات زیاد رطوبت نسبی و درجه حرارت داخل اتاقک را نیز متحمل شوند؛ بنابراین، عمر کاری و مفید کوره‌های چوب خشک کنی در مقایسه با ساختمان‌های معمولی کوتاه است.

ساختمان یا اسکلت اصلی کوره چوب خشک کنی از مواد ساختمانی زیادی از جمله بتون، آجر و ورقه‌های فلزی مخصوصاً آلومینیم یا ترکیبی از این مواد ساخته می شوند.

چوب ارزان ترین ماده است که کیفیت عایق‌کنندگی خوبی دارد ولی در اثر نوسانات رطوبت که به دنبال تغییر شرایط خشک کردن به وجود می‌آید، واکنشیده و همکشیده می‌شود و ایجاد ترک می‌کند و به باز شدن اتصالات می‌انجامد؛ به علاوه، چوب تحت تأثیر شرایط خشک کردن به مرور زمان پوسیده می‌شود.

موادی نظیر آجر و بتن نیز مزایا و معایبی دارند ولی در شرایط کشور ایران شاید استفاده از این دو ماده مفید باشد.

از ورقه‌های فلزی به ویژه ورقه‌های آلومینیومی به طور گسترده در ساختمان اتاقک کوره‌های چوب خشک‌کنی استفاده می‌شود که در صورت اقتصادی بودن از ویژگی‌های برتری برخوردارند. در کوره چوب خشک‌کنی اغلب بزرگ است و در انتها یا کناره اتاقک کوره قرار می‌گیرد. در کوره اغلب فلزی است و از روش‌های مختلف برای بازوبسته کردن آن استفاده می‌کنند (در شکل ۱۷-۳ چند نوع در متداول کوره نشان داده شده است).



شکل ۱۷-۳- انواع در کوره چوب خشک‌کنی

- از در بادبزی تکی یا دوتایی برای کوره‌های کوچک با پهنایی تا ۵ متر استفاده می‌شود.
  - از در تاشو برای کوره‌های بزرگ‌تر تا پهنای ۱۲ متر استفاده می‌گردد.
  - از در ریلی در کوره‌هایی با پهنای تا ۱۳ متر استفاده می‌شود.
  - از در حرکت عمودی برای کوره‌های بزرگ تا پهنای ۱۴ متر استفاده می‌شود.
- این نوع در را می‌توان به‌طور اتوماتیک باز و بسته کرد. برای این نوع در فضای کم‌تری مورد نیاز است.

## ۷-۳- بارگیری، خشک کردن و تخلیه کوره

### ۱-۷-۳- بارگیری کوره چوب‌خشک‌کنی

دسته‌بندی: اصول کلی دسته‌بندی چوب (که در فصل خشک کردن چوب در هوای آزاد تشریح شد) قابل استفاده در خشک کردن چوب در کوره نیز است؛ به‌علاوه، باید دقت شود که شرایط خشک کردن در کوره شدیدتر از هوای آزاد است و در نتیجه، هرگونه اشکالی در دسته‌بندی چوب باعث تخریب می‌شود. اگر انتهای تخته‌ها از دسته‌بندی خارج شده باشند، بر سرعت هوای خشک‌کن تأثیر می‌گذارد و باعث تغییر جهت آن و به‌وجود آمدن معوج شدن، ترک و غیر یکنواختی در خشک کردن می‌شود.

فاصله جانبی بین تخته‌ها بر جریان و گردش هوا اثر می‌گذارد؛ بنابراین، باید تخته‌ها نزدیک‌تر قرار گیرند.

اگر حجم چوب برای یک بارگیری کفایت نکند، باید سعی شود ارتفاع دسته‌بندی ثابت بماند و از پهنای آن کاسته شود.

برای جلوگیری از معوج شدن تخته‌های بالای دسته‌بندی، لازم است وزنه‌هایی (بتونی یا چوبی) بر روی دسته‌بندی قرار داده شود یا این که دسته‌ها به نحوی مهارگردند.

چوب‌دستک‌گذاری: انتخاب و استفاده مناسب از چوب‌دستک به کم‌شدن معایب و معوج شدن الوار می‌انجامد و ما را از خشک کردن سریع و یکنواخت مطمئن می‌کند. اگر چوب‌دستک به‌طریق مناسب انتخاب شود، امکان شکستن و تغییر شکل آن کم می‌شود. مهم‌ترین عوامل در چوب‌دستک شامل اندازه، محل قرارگرفتن در دسته، گونه و کیفیت چوب آن است.

ضخامت متداول چوب‌دستک بین حدود ۱۶ تا ۳۲ میلی‌متر و طول آن برابر پهنای دسته‌بندی است. اگر از چوب‌دستک خیلی پهن استفاده شود سرعت خشک کردن در محل تماس چوب‌دستک با

الوار کند می‌شود. پهنای مناسب چوبدستک در خشک کردن چوب بهن‌برگان معمولاً ۳۳ میلی‌متر است و نباید از ۳۸ میلی‌متر تجاوز کند. در مورد سوزنی‌برگان از چوبدستک تا پهنای ۵ سانتی‌متر و حتی ۱۰ سانتی‌متر نیز می‌توان استفاده کرد.

نحوه قراردادن چوبدستک باید به‌طریقی باشد که حتماً چوبدستک در دو انتهای تخته‌ها قرار گیرد؛ زیرا در این حالت، از معوج‌شدن انتهای تخته‌ها و همچنین خشک‌شدن سریع و ترک‌برداشتن انتهایی جلوگیری شده یا از خطر وقوع آن کاسته می‌شود. چوبدستک‌های میانی باید به‌طریقی در بین دو انتها قرار گیرند که قادر به جلوگیری از انحنای تخته‌ها باشند. فاصله بین چوبدستک‌های میانی به نوع چوب، ضخامت الوار و... بستگی دارد.

دسته‌بندی چوب برای کوره با جریان اجباری هوا و به‌وسیله دمنده داخلی: با توجه به جریان متفاوت هوا در کوره‌های خشک‌کنی، به‌دلیل استفاده گسترده از کوره چوب‌خشک‌کنی با جریان اجباری هوا به‌وسیله دمنده داخلی، در این قسمت روش دسته‌بندی این نوع کوره را بیان می‌کنیم.

در بعضی از انواع کوره با جریان اجباری هوا به‌وسیله دمنده داخلی، دمنده در زیر دسته‌بندی قرار می‌گیرد و جریان هوا از بین تخته‌هایی که دسته‌بندی شده‌اند، به سمت بالا صورت می‌گیرد. با نصب فن‌هایی در دو طرف دسته، مقدار آزاد شدن دسته در اثر همکشیدگی از بین برده می‌شود و الوار به‌طور محکم نگه‌داشته می‌شوند.

در کوره‌های مجهز به دمنده داخلی و دسته‌بندی عرضی، هوا از ابتدای کوره به انتهای دیگر آن جریان می‌یابد. جهت جریان هوا عمود بر چوبدستک‌هاست. در این حالت، فاصله حداقل ۳۸ میلی‌متر باید میان لبه تخته‌ها وجود داشته تا حرکت هوا از داخل دسته‌بندی امکان‌پذیر باشد.

جریان هوا در کوره با دسته‌بندی انتهایی مجهز به دمنده داخلی در بالا یا پایین در امتداد پهنای دسته و موازی با جهت چوبدستک‌هاست. در این حالت، اگر لبه تخته‌ها از کناره دسته‌بندی بیش‌تر بیرون باشد، از جریان هوا در عرض دسته می‌کاهد.

به‌علاوه باید از خارج‌بودن انتهای تخته‌ها جلوگیری شود.

بارگیری: طراحی کوره‌های چوب‌خشک‌کنی به‌طریقی است که هر نوع کوره با روش خاصی بارگیری می‌شود. در قسمت قبل به دو اصطلاح برخوردیم.

کوره با دسته‌بندی انتهایی یعنی کوره‌ای که در آن دسته‌بندی‌های چوب به طریق طولی بارگیری

می‌شوند.

کوره با دسته‌بندی عرضی یعنی کوره‌ای که در آن دسته‌بندی‌های چوب به‌طریق عرضی بارگیری می‌گردند.

دو روش گفته شده به‌طور مستقیم بر جهت جریان هوا تأثیر می‌گذارند. بارگیری کم یا بارگیری بیش از ظرفیت بر کیفیت خشک‌شدن چوب در کوره تأثیر می‌گذارد؛ یعنی زمانی عملیات خشک‌کردن چوب ایده‌آل خواهد بود که فضای درون کوره به‌طور کامل از چوب پر شده باشد.

بارگیری کوره‌های مختلف چوب‌خشک‌کنی متفاوت است و در این قسمت نیز بارگیری کوره با جریان اجباری هوا به‌وسیله دمنده داخلی تشریح می‌گردد.

با توجه به این‌که در کوره‌های با جریان اجباری هوا به کمک دمنده داخلی باید برای جلوگیری از جریان‌های کوتاه عرضی، سرعت جریان مناسبی از هوا در درون کوره وجود داشته باشد، نحوه بارگیری اهمیت بسیار زیادی دارد.

در کوره با دسته‌بندی عرضی از نوع ریلی و دمنده داخلی، جریان هوا موازی با چوبدستک‌ها یا عمود بر آن‌هاست؛ در صورتی‌که جریان هوا موازی با چوبدستک‌ها باشد، اگر بین دسته‌بندی‌ها فاصله‌ای در حدود  $7/5$  سانتی‌متر وجود داشته باشد و موانعی در دو انتهای کوره نصب گردد، به بهترین عملکرد می‌رسیم.

در کوره با دسته‌بندی عرضی و جریان هوای عمود بر چوبدستک‌ها معمولاً بین لبه تخته‌ها در یک دسته‌بندی فاصله ایجاد می‌شود.

در کوره با دسته‌بندی انتهایی و جریان هوای موازی با چوبدستک، فاصله بین دسته‌بندی و موانع بالای آن باید بیش از  $10^\circ$  سانتی‌متر نباشد.

برای انتقال دسته‌بندی چوب به درون کوره دو روش متداول است:  
— روش قراردادن دسته‌بندی چوب بر روی واگنت و حرکت آن بر روی ریل به داخل یا خارج کوره: در شکل ۱۸-۳ واگنت و ریل نشان داده شده است.



شکل ۱۸-۳ — انتقال دسته‌بندی چوب به درون کوره با استفاده از واگنت



استفاده از واگنت نیاز به جابجایی را کم می کند و از هزینه های مربوط نیز می کاهد. به این دلیل، امروزه این روش در کارخانه های زیادی متداول شده است.

— روش دیگر انتقال دسته بندی به کمک لیفت تراک است: که در شکل ۱۹-۳ نشان داده شده است. در این حالت، به ریل نیازی نیست و می توان دسته بندی چوب را از محل های با فاصله بیش تر انتقال داد.



شکل ۱۹-۳- استفاده از لیفت تراک در انتقال دسته بندی چوب

۲-۷-۳- خشک کردن: خشک کردن در حقیقت حرارت دادن چوب طبق برنامه ای مشخص تا رسیدن به رطوبت مورد نظر است. برنامه چوب خشک کنی ترکیب شرایط درجه حرارت و رطوبت نسبی و تغییر آن به طریقی است که چوب به تدریج رطوبت خود را از دست بدهد و خشک شود.

برنامه چوب خشک کنی گونه های مختلف به طور تجربی و آزمایشی تعیین شده و با هدف به حداقل رساندن زمان و معایب خشک کردن به اجرا درمی آید. مثال هایی از برنامه چوب خشک کنی در جدول ۲-۳ آورده شده است.

برنامه شماره یک برای چوب هایی مانند افرا، ملج و برنامه شماره ۲ برای بلوط قابل استفاده است.

خشک کردن چوب در کوره شامل سه مرحله است:

— مرحله آماده سازی که در حقیقت گرم کردن چوب است. در این مرحله سعی می شود به صورت مرحله ای ولی خیلی سریع، درجه حرارت به حدود ۶۵-۴۰ درجه سانتی گراد افزایش یابد. در این مورد قبلاً توضیح داده شده است.

– خشک کردن واقعی در مرحله دوم انجام می‌گیرد. در این مرحله، برنامه چوب خشک‌کنی به‌طور دقیق و طبق قضاوت پرسنل چوب خشک‌کنی اعمال می‌شود؛ به‌عنوان مثال، طبق برنامه شماره یک جدول ۲-۳:

اگر رطوبت چوب خیلی زیاد باشد (به‌عنوان مثال ۸۵ درصد)، درجه حرارت خشک را در ۳۵ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت تر را در ۳۰/۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم می‌کنند و خشک کردن آغاز می‌شود. خشک کردن ادامه می‌یابد تا رطوبت چوب درون کنترل به ۶۰ درصد برسد (مشخص کردن رطوبت به کمک نمونه کنترل کوره انجام می‌گیرد).

در این مرحله، درجه حرارت خشک در ۳۵ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت تر در ۲۸/۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم می‌شود.

خشک کردن تا رطوبت ۴۰ درصد ادامه می‌یابد. در این نقطه، درجه حرارت خشک در ۴۰ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت تر در ۳۱ درجه سانتی‌گراد تنظیم می‌شود و خشک کردن ادامه می‌یابد.

جدول ۲-۳- چند مثال از برنامه چوب خشک‌کنی

رطوبت نسبی %	درجه حرارت		رطوبت چوب %
	تر C	خشک C	
			برنامه ۱
۷۰	۳۰/۵	۳۵	تر
۶۰	۲۸/۵	۳۵	۶۰
۵۰	۳۱	۴۰	۴۰
۴۰	۳۲/۵	۴۵	۳۰
۳۴	۳۵	۵۰	۲۰
۲۹	۴۰/۵	۶۰	۱۵
			برنامه ۲
۹۰	۴۱	۴۳	تر
۸۷	۴۰/۵	۴۳	۴۰
۸۰	۳۹/۸	۴۳	۳۵
۶۷	۴۱	۴۷	۳۰
۳۱/۵	۳۷/۸	۵۴/۵	۲۵
۱۱	۳۲	۶۰	۲۰
۳۱	۵۴/۵	۸۲/۲	۱۵

۳-۷-۳- تخلیه کوره : پس از پایان خشک کردن، عملیات تخلیه کوره آغاز می شود. پیش از خارج کردن چوب از کوره لازم است عملیاتی انجام گیرد که مرحله ی سوم خشک کردن است.

مرحله سوم اندکی قبل از پایان عمل خشک کردن آغاز می شود و هدف آن متعادل سازی رطوبت لایه های سطحی و مغزی دسته بندی چوب است. زمانی که رطوبت نمونه کنترل کوره در حدود ۲ درصد کم تر از رطوبت نهایی مورد نظر است (اگر رطوبت نهایی مورد نظر ۱۰ درصد است، باید رطوبت نمونه کنترل چوب ۸ درصد باشد)، این مرحله آغاز می گردد.

شرایط را به طریقی تنظیم می کنیم که رطوبت نمونه کوره به ۸ درصد برسد ؛ یعنی، درجه حرارت را کمی افزایش می دهیم و رطوبت نسبی را کم می کنیم. خشک کردن تا رسیدن رطوبت نمونه تر کوره به ۱۰ درصد ادامه می یابد.

دسته های چوب خشک را نباید پس از اتمام برنامه چوب خشک کنی فوراً از کوره خارج کرد. بلکه باید دسته بندی ها در داخل کوره باقی بمانند تا اختلاف درجه حرارت آن ها با خارج حدود ۲۰ درجه سانتی گراد شود. در این حالت، می توان دسته بندی ها را از کوره تخلیه کرد. خارج کردن چوب از کوره به وسیله ی واگنت و ریل یا لیفت تراک انجام می گیرد.

### پرسش و تمرین

- ۱- سه مزیت خشک کردن چوب را در کوره توضیح دهید.
- ۲- از جدول ۱-۳ زمان تقریبی خشک کردن چوب های زیر را در کوره محاسبه کنید.  
زبان گنجشک، راش، ملج، بلوط و گردو
- ۳- برنامه خشک کردن در کوره را توضیح دهید.
- ۴- «درجه حرارت خشک» و «درجه حرارت تر» را تعریف کنید.
- ۵- مکانیسم کار کوره چوب خشک کنی را به اختصار شرح دهید.
- ۶- سیستم هوای خشک کن را توضیح دهید.
- ۷- سیستم جریان طبیعی هوا را در خشک کن توضیح دهید.
- ۸- سیستم جریان اجباری هوا با دمنده خارجی را توضیح دهید.
- ۹- سیستم جریان اجباری هوا با دمنده داخلی را توضیح دهید.
- ۱۰- سیستم حرارت کوره را توضیح دهید.

- ۱۱- سیستم کنترل کوره چیست؟
- ۱۲- انواع کوره چوب خشک کنی را نام ببرید.
- ۱۳- کوره اتاقکی را تعریف کنید.
- ۱۴- کوره چوب خشک کنی از چه مصالحی ساخته می شود؟
- ۱۵- انواع در کوره را نام ببرید.
- ۱۶- دسته بندی چوب را برای خشک کردن در کوره توضیح دهید.
- ۱۷- چوبدستک را توضیح دهید.
- ۱۸- با چه روش های حمل و نقل، دسته بندی چوب را به داخل کوره می برند؟
- ۱۹- استفاده از واگنت و ریل بهتر است یا لیفت تراک؟
- ۲۰- قبل از تخلیه کوره، چه باید کرد؟

### نمونه سؤالاتی های آزمونی فصل سوم

- ۱- مزایای خشک کردن چوب در کوره را بیان کنید.
- ۲- معایب خشک کردن چوب در کوره را بیان کنید.
- ۳- برنامه چوب خشک کنی در کوره را تعریف کنید.
- ۴- زمان خشک کردن چوب در کوره طولانی تر است یا زمان خشک کردن چوب در هوای

آزاد؟

- ۵- چرا در حین خشک کردن چوب در کوره بخارزنی می کنند؟
- ۶- مرحله متعادل سازی در خشک کردن چوب در کوره را تعریف کنید.
- ۷- سیستم جریان طبیعی هوا را تعریف کنید.
- ۸- سیستم جریان اجباری هوا را تعریف کنید.
- ۹- کوره اتاقکی را تعریف کنید.
- ۱۰- برای ساختن اتاقک کوره از چه مصالحی می توان استفاده کرد؟

### عوامل مؤثر در هزینه‌های چوب خشک‌کنی

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

۱- فاکتورهای مؤثر در هزینه‌های چوب خشک‌کنی در هوای آزاد را توضیح

دهد ؛

۲- فاکتورهای مؤثر در هزینه‌های چوب خشک‌کنی مصنوعی را توضیح دهد .

زمان تدریس : ۴ ساعت

### ۴- عوامل مؤثر در هزینه‌های چوب خشک‌کنی

#### ۴-۱- عوامل مؤثر در هزینه‌های چوب خشک‌کنی در هوای آزاد

عوامل مؤثر در هزینه‌های چوب خشک‌کنی در هوای آزاد را می‌توان به چند مورد زیر تقسیم

کرد :

۴-۱-۱- هزینه‌های سرمایه‌ای : هزینه‌های سرمایه‌ای شامل خرید یا ارزش زمین یارد

چوب خشک‌کنی، هزینه تأسیسات ساختمانی و هزینه تجهیزات است .

- ارزش زمین یارد چوب خشک‌کنی در مناطق مختلف متفاوت است . با توجه به این که

ارزش زمین به صورت بهره سرمایه یا بهای زمین است، هزینه مربوط به زمین یارد به صورت درصدی

از ارزش آن یا معادل بهره ارزش زمین در نظر گرفته می‌شود . فرض کنید وسعت یارد یک واحد

چوب خشک‌کنی برابر یک هزار متر مربع و ارزش زمین واحد برابر صد هزار ریال باشد . کل ارزش

زمین یارد معادل ده میلیون ریال است .

اگر بهره سرمایه نقدی را برابر پانزده درصد در نظر بگیریم، هزینه سالانه مربوط به زمین یارد

برابر :

$$۱۰/۰۰۰۰/۰۰۰۰ - ۱۵ = ۱/۵۰۰/۰۰۰$$

ریال است.

– ارزش تأسیسات ساختمانی شامل کف‌سازی و زهکشی یارد و احداث هانگار است. فرض کنیم در یارد واحد چوب‌خشک‌کنی هانگار احداث نشود و هزینه تأسیسات ساختمان معادل ۵۰۰۰۰۰ ریال برای هر متر مربع باشد، ارزش تأسیسات یک یارد به وسعت یک هزار متر مربع برابر ۵۰۰۰۰۰۰۰ ریال است. در تعیین هزینه این مورد دو عامل را باید در نظر گرفت :

الف – عمر تأسیسات را معمولاً ۲۰ ساله در نظر می‌گیرند؛ بنابراین، هزینه سالانه‌ی تأسیسات

برابر  $\frac{۱}{۲۰}$  ارزش آن است :

$$۵۰۰۰۰۰۰۰۰ \cdot \frac{۱}{۲۰} = ۲۵۰۰۰۰۰۰ \quad \text{ریال}$$

ب – بهره‌ی سرمایه تأسیسات برابر ۱۵ درصد در سال معادل :

$$۵۰۰۰۰۰۰۰۰ - ۱۵ = ۷۵۰۰۰۰۰۰$$

ریال است؛ بنابراین، کل هزینه سالانه‌ی تأسیسات معادل :

$$۲۵۰۰۰۰۰۰ + ۷۵۰۰۰۰۰۰ = ۱۰۰۰۰۰۰۰$$

خواهد بود.

– ارزش سرمایه تجهیزات شامل هزینه خرید لیفت‌تراک، چوب‌دستک و ... است. اگر هزینه تأمین تجهیزات برای یک یارد با وسعت یک هزار متر مربع برابر ده میلیون ریال باشد و این تجهیزات عمر پنج ساله داشته باشد، هزینه سالانه برابر دو میلیون ریال است.

۲-۱-۴ – هزینه‌های عملیاتی: هزینه‌های عملیاتی شامل هزینه کارگر، سوخت، برق محوطه،

هزینه تعمیر و نگهداری و ... است.

– هزینه کارگر معادل تعداد کارگر. حقوق ماهانه و عیدی و پاداش سالانه و حق بیمه است.

– سوخت شامل هزینه تأمین سوخت لیفت‌تراک است.

– برق شامل هزینه روشنایی محوطه یارد است.

– هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری شامل هزینه تعمیر و نگهداری تأسیسات ثابت و

متحرک (لیفت‌تراک) است. معمولاً این هزینه را معادل ۵ درصد ارزش تأسیسات ساختمانی و ۱۰ درصد ارزش تجهیزات در نظر می‌گیرند.

– هزینه‌های مربوط به بیمه.

۳-۱-۴- هزینه‌های مربوط به افت کیفیت چوب: اصولاً خشک کردن چوب در هوای آزاد با عیب‌هایی همراه است که در فصل اول این کتاب درباره آن‌ها سخن گفتیم. میزان هزینه‌های مربوط به افت کیفیت متفاوت است و به نوع چوب و ... بستگی دارد.

با اعمال روش‌های حفاظتی می‌توان از میزان این هزینه کاست ولی از بین بردن کامل آن امکان‌پذیر نیست. فرض کنید در یک یارد، معادل پانصد مترمکعب چوب درجه یک را به ارزش هر متر مکعب ۴۰۰۰۰۰۰ ریال، خشک می‌کنیم. پس از خشک کردن ۲۰ درصد چوب افت کیفیت دارد که ارزش آن در هر مترمکعب به ۲۰۰۰۰۰۰ ریال می‌رسد؛ بنابراین، ارزش افت کیفیت برابر خواهد بود با:

مترمکعب چوب با افت کیفیت ۱۰۰ = ۲۰ - . (مترمکعب چوب درجه یک ۵۰۰)  
 ۴۰۰۰۰۰۰۰ = (ارزش هر متر مکعب چوب درجه یک ۴۰۰۰۰۰۰۰) . (مترمکعب ۱۰۰)  
 ارزش ۱۰۰ مترمکعب چوب اولیه  
 ۲۰۰۰۰۰۰۰ = (ارزش هر مترمکعب چوب با افت کیفیت ۲۰۰۰۰۰۰۰) . (مترمکعب ۱۰۰)  
 ارزش ۱۰۰ مترمکعب چوب پس از به‌وجود آمدن عیب

هزینه مربوط به افت کیفیت ۲۰۰۰۰۰۰۰ = ۴۰۰۰۰۰۰۰۰ - ۲۰۰۰۰۰۰۰۰

۴-۱-۴- ارزش (بهره) چوب در حین خشک شدن: قیمت چوب در زمان خشک کردن در حقیقت معطلی سرمایه‌ای معادل ارزش چوب اولیه است. بنابراین، باید بهره ارزش چوب اولیه را به‌عنوان بخشی از هزینه‌ها در نظر گرفت. خلاصه‌ای از این هزینه‌ها در شکل ۱-۴ آمده است.

## ۲-۴- عوامل مؤثر در هزینه‌های چوب خشک‌کنی مصنوعی

عوامل مؤثر در هزینه‌های چوب خشک‌کنی مصنوعی با چوب خشک‌کنی در هوای آزاد اختلاف جزئی دارد.

۱-۲-۴- هزینه‌های سرمایه‌ای: هزینه‌های سرمایه‌ای شامل:

- ارزش زمین احداث کوره و فضای دسته‌بندی چوب‌آلات که در مقایسه با خشک کردن در هوای آزاد کم‌تر است؛ زیرا در خشک کردن مصنوعی به فضای کم‌تری نیاز است.

- ارزش تأسیسات ساختمانی خشک کردن در کوره شامل ارزش ساختمان کوره است. البته اگر کوره را جزء تجهیزات در نظر بگیریم، فقط هزینه آماده‌سازی فضای دسته‌بندی چوب‌آلات در نظر گرفته می‌شود.

– ارزش تجهیزات شامل کوره و ارزش وسایل حمل و نقل و چوبدستک است.

.....	بهره ارزش زمین یارد	.	-
+		:	-
.....	ارزش تأسیسات ساختمانی	.	-
+		:	-
.....	ارزش سرمایه تجهیزات	.	-
+		:	-
.....	هزینه ی کارگر	.	-
+		:	-
.....	هزینه ی سوخت و برق	.	-
+		:	-
.....	هزینه ی تعمیر و نگهداری	.	-
+		:	-
.....	هزینه های مربوط به اُفت کیفیت	.	-
+		:	-
.....	بهره ارزش چوب درحین خشک کردن	.	-
=		:	-
.....	کل هزینه ها برای خشک کردن مقدار مشخصی چوب	.	-
?		:	-

شکل ۱-۴- راهنمای هزینه های خشک کردن در هوای آزاد

## ۲-۲-۴- هزینه های عملیاتی

– هزینه کارگر

– هزینه سوخت، وسایل حمل و نقل و برق کوره

– هزینه های تعمیر و نگهداری تأسیسات و تجهیزات

– هزینه های بیمه

## ۳-۲-۴- هزینه های مربوط به افت کیفیت چوب: با توجه به این که کنترل شرایط

خشک کردن در کوره آسان تر است، با افت کیفیت کم تری روبرو هستیم؛ بنابراین، هزینه های مربوط به این مورد کم تر است.

## ۴-۲-۴- ارزش (بهره) چوب درحین خشک کردن: به علت این که زمان خشک کردن



مصنوعی چوب در مقایسه با هوای آزاد خیلی کوتاه است، رقم هزینه آن نیز کمتر است. جدول خلاصه هزینه چوب خشک کنی مصنوعی مشابه شکل ۱-۴ است و می توان از آن شکل استفاده کرد.

### پرسش و تمرین

- ۱- هزینه های سرمایه ای را در چوب خشک کنی در هوای آزاد نام ببرید.
- ۲- هزینه های عملیاتی را در چوب خشک کنی در هوای آزاد نام ببرید.
- ۳- چرا در چوب خشک کنی باید هزینه مربوط به افت کیفیت را در نظر بگیریم؟
- ۴- هزینه زمین در چوب خشک کنی در هوای آزاد زیادتر است یا در چوب خشک کنی مصنوعی؟
- ۵- هزینه تأسیسات در چوب خشک کنی در هوای آزاد زیادتر است یا در چوب خشک کنی مصنوعی؟
- ۶- هزینه سوخت و برق در چوب خشک کنی مصنوعی زیادتر است یا در چوب خشک کنی در هوای آزاد؟

## حفاظت و نگهداری چوب



### حفاظت و نگهداری چوب

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

- ۱- عوامل تخریب و پوسیدگی چوب را تعریف کند ؛
- ۲- قارچ‌های چوبخوار را شرح دهد ؛
- ۳- شرایط محیطی مورد نیاز رشد قارچ‌ها را تعریف کند ؛
- ۴- مشخصات چوب‌های پوسیده را توضیح دهد ؛
- ۵- حشرات چوبخوار را شرح دهد ؛
- ۶- نحوه‌ی مبارزه بر علیه موربانه را شرح دهد ؛
- ۷- روش‌های حفاظت چوب را در برابر عوامل فیزیکی شرح دهد ؛
- ۸- هوادیدگی را توضیح دهد ؛
- ۹- روش‌های جلوگیری از تخریب مکانیکی را توضیح دهد .

زمان تدریس : ۱۲ ساعت

### ۵- حفاظت و نگهداری چوب

#### ۱- ۵- مقدمه

هرچند چوب به دلیل ویژگی‌های طبیعی خود در مقابل عوامل خارجی آسیب‌پذیر است و در شرایط معین ممکن است مورد حمله قارچ‌ها و حشرات چوبخوار قرار گیرد، با وجود این، اگر به‌نحو مطلوب از آن محافظت و نگهداری شود، ممکن است سال‌ها و بلکه قرن‌ها دوام یابد ؛ به عنوان مثال، در طراحی و ساخت ساختمان‌های چوبی در صورتی که اصول فنی و علمی حفاظت و نگهداری چوب

رعایت شود و شرایط مناسب برای عوامل مخرب محدود یا کنترل گردد، دلیلی برای پوسیدن یا از بین رفتن چوب وجود ندارد و ممکن است سال‌ها و بلکه قرن‌ها دوام یابد.

به شکل صفحه‌ی ۹۲ توجه کنید؛ این ساختمان قدیمی که بزرگترین ساختمان چوبی دنیاست، در سال ۷۴۳ میلادی به دستور «شومائو» امپراتور وقت ژاپن ساخته شده است. علی‌رغم اینکه این ساختمان در طول تاریخ دوبار در جریان جنگ‌ها، در سال‌های ۱۱۹۵ و ۱۷۰۸ دچار آتش‌سوزی شده و در سال ۱۹۰۳ تا ۱۹۱۳ به مدت ۱۰ سال برای اولین بار مرمت و بازسازی شده است، به دلیل طراحی، حفاظت و نگهداری صحیح، هنوز هم یکی از بناهای تاریخی و مکان‌های توریستی ژاپن محسوب می‌شود.

همچنین تراورس‌های چوبی راه‌آهن که در حالت طبیعی (بدون رعایت اصول حفاظتی) فقط ۵ تا ۷ سال عمر می‌کنند، در صورتی که اصول فنی و علمی حفاظت چوب در مورد آن‌ها رعایت شود، ممکن است عمر مفید آن‌ها تا ۴۰ سال افزایش یابد.

به‌طور کلی، کلید موفقیت در امر حفاظت و نگهداری چوب، شناخت دقیق عوامل پوسیدگی و تخریب‌کننده چوب و چگونگی مبارزه با آن‌ها و پیشگیری از بروز آن‌هاست. در این فصل، ابتدا عوامل تخریب و پوسیدگی چوب را شناسایی می‌کنیم و سپس راه‌های پیشگیری و حفاظت از آن‌ها به‌طور مختصر مورد بررسی قرار می‌دهیم.

## ۲-۵- عوامل تخریب و پوسیدگی چوب

به‌طور کلی، عوامل تخریب چوب را می‌توان به چهار دسته به‌شرح زیر تقسیم کرد:

– عوامل بیولوژیکی تخریب چوب

– عوامل فیزیکی تخریب چوب

– عوامل شیمیایی تخریب چوب

– عوامل مکانیکی تخریب چوب

در شکل ۱-۵، نمونه‌هایی از انواع عوامل تخریب و پوسیدگی چوب نشان داده شده است. در میان عوامل تخریب‌کننده چوب، عوامل بیولوژیکی و فیزیکی به دلیل میزان صدمات زیادی که به چوب وارد می‌سازند، از اهمیت بیشتری برخوردار هستند؛ از این رو، شما دانش‌آموزان عزیز در این درس با این دو دسته از عوامل بیشتر آشنا می‌شوید و در مورد سایر عوامل در درس‌های آینده اطلاعات بیشتری خواهید یافت.

## ۱-۲-۵- عوامل بیولوژیکی تخریب چوب : عوامل بیولوژیکی تخریب چوب به چهار گروه

عمده شامل : قارچ‌ها، حشرات، موجودات دریایی چوبخوار و باکتری‌ها تقسیم می‌شوند (شکل ۱-۵). در بین این چهار گروه، قارچ‌ها از نظر اقتصادی بیشترین زیان‌ها را به چوب وارد می‌سازند. معمولاً عوامل بیولوژیکی تخریب‌کننده چوب، در آب‌وهوای منطقه حاره‌ای نسبت به سایر مناطق فعال‌ترند؛ زیرا، در این‌گونه آب‌وهوا شرایط رشد و فعالیت آن‌ها مناسب‌تر است. با وجود این، برخی از قارچ‌ها حتی در مناطق معتدله و سرد نیز می‌توانند خسارت‌های جبران‌ناپذیری به چوب وارد سازند.

موجودات چوبخوار دریایی

قارچ‌ها



عوامل بیولوژیکی

باکتری‌ها

حشرات

آتش‌سوزی

عوامل فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی

مکانیکی

شیمیایی

الف - قارچ‌ها: به‌طور کلی، قارچ‌های عامل پوسیدگی یک سری موجودات زنده هستند که به‌صورت پارازیت<sup>۱</sup> (انگل) و یا ساپروفیت<sup>۲</sup> (گندرو یا مرده‌خوار) زندگی می‌کنند که در حالت اول، میزان آن‌ها درختان زنده (شکل ۲-۵) و در حالت دوم، درخت مرده (درخت قطع شده یا چوب) است (شکل ۳-۵).



شکل ۲-۵- نمونه قارچ‌های پارازیت که میزان آن درخت زنده است.



شکل ۳-۵- نمونه یک قارچ ساپروفیت که روی درخت مرده یا چوب زندگی می‌کند.

اختلاف عمده‌ی قارچ‌ها با گیاهان عالی عمدتاً این است که آن‌ها کلروفیل (سبزینه) ندارند و نمی‌توانند غذای خود را تولید کنند و برای ادامه زندگی ناگزیر از مواد آلی که توسط میزان آن‌ها (گیاهان سبزینه‌دار) ساخته می‌شود، استفاده می‌کنند. برخی از این قارچ‌ها از مواد آلی ذخیره‌شده در

۱- Parasitic

۲- Saprophytic

حفره سلول‌ها و بعضی دیگر، از مواد آلی موجود در دیواره سلول‌ها تغذیه می‌کنند.

**چرخه زندگی قارچ‌ها:** قارچ‌های چوبخوار در سطح چوب دانه‌های ریزی به نام «هاگ» تولید می‌کنند. این هاگ‌ها در شرایط مناسب به میسلیم یا ریشه که رشته‌های لوله‌ای شکلی هستند، تبدیل می‌شوند و از طریق روزنه‌ها به درون چوب نفوذ می‌کنند و در آنجا فعالیت خود را آغاز می‌نمایند (شکل ۴-۵). در مراحل اولیه حمله، اثرات پوسیدگی را نمی‌توان تشخیص داد مگر در مواردی استثنایی که ممکن است کمی باعث تغییر رنگ چوب شوند. میسلیم پس از مدتی رشد می‌کند و

موادی را از خود ترشح می‌نماید که باعث تجزیه و تخریب زنجیره طویل مولکول سلولز و لیگنین می‌شود. در این مرحله، چوب به تدریج نرم می‌شود ولی هنوز پوسیدگی را با چشم غیر مسلح نمی‌توان دید. در چنین شرایطی مقاومت چوب به تدریج کاهش می‌یابد.



شکل ۴-۵- نمایش چرخه زندگی قارچ‌ها و مراحل مختلف پوسیدگی

قارچ‌های چوبخوار را براساس نوع تغذیه و پوسیدگی که در چوب ایجاد می‌کنند، می‌توان به چهار گروه شامل: قارچ‌های چوبخوار، قارچ‌های رنگ‌کننده چوب، قارچ‌های خال‌مانند (مولدها) و قارچ‌های عامل پوسیدگی نرم تقسیم کرد که به ترتیب قارچ‌های مربوط به گروه اول می‌توانند به سلولز و لیگنین دیواره سلول‌های چوبی حمله کنند؛ درحالی‌که، گروه دوم و سوم، از کربوهیدرات‌های ذخیره‌شده در چوب که نقش کمتری در تأمین مقاومت‌های چوب دارند، تغذیه می‌کنند. بالاخره، گروه آخر یا قارچ‌های عامل پوسیدگی نرم، از لحاظ نوع پوسیدگی که ایجاد می‌کنند، نسبت به گروه‌های دیگر از اهمیت کمتری برخوردار هستند ولی دامنه گسترده‌تری از چوب‌ها را دربر می‌گیرند و بخصوص پهن‌برگان مستعدتر برای حمله این قارچ‌ها می‌باشند. قارچ‌های پوسیدگی نرم در برخی موارد ممکن است به‌طور جدی سبب پوسیدگی تخته‌هایی شوند که در معرض رطوبت زیاد قرار دارد؛ مانند تخته‌هایی که در ساخت برج‌های خنک‌کننده نیروگاه‌ها به کار می‌روند.

قارچ‌های چوبخوار: بیشتر قارچ‌های چوبخوار متعلق به رده بازیدیومیست‌ها<sup>۱</sup> و تعدادی متعلق به رده‌ی آسکومیست‌ها<sup>۲</sup> است. این دسته از قارچ‌ها خود به دو گروه: قارچ‌های عامل پوسیدگی قهوه‌ای و قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید طبقه‌بندی می‌شوند.

قارچ‌های عامل پوسیدگی قهوه‌ای (شکل ۵-۵): عمدتاً به سلولز<sup>۳</sup> و همی سلولز موجود در دیواره‌ی سلول‌های چوب حمله می‌کنند و تأثیر کمتری روی لیگنین چوب دارند. چوبی که به‌طور



شکل ۵-۵. قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای که غالباً در محل‌های مرطوب (زیر زمینی) رشد می‌کند.

۱- Basidiomycetes = رده‌ای از قارچ‌ها هستند - قارچ‌هایی که به تنه درخت می‌چسبند، از این گروه هستند.  
 ۲- Ascomycetes = یا قارچ‌های کیسه‌ای، بزرگ‌ترین رده قارچ‌ها هستند که هاگ‌های اصلی آن‌ها در کیسه‌های طولی به نام آسک تولید می‌شود.

۳- سلولز، همی سلولز و لیگنین جزء ترکیبات اصلی تشکیل دهنده چوب هستند.



جدی این نوع قارچ به آن حمله می‌کند، پس از مدتی به رنگ قهوه‌ای مایل به زرد یا قهوه‌ای مایل به قرمز تغییر رنگ می‌دهد. این گونه چوب‌های پوسیده، معمولاً در جهت عمود در الیاف، شکاف برمی‌دارند و هنگام خرد شدن سطح چوب به قطعات مکعبی شکل (مانند آنچه که در شکل ۶-۵ نشان داده شده است) تقسیم می‌گردد.



ب- پوسیدگی قهوه‌ای روی تنه درخت



الف- پوسیدگی قهوه‌ای روی سطح چوب

شکل ۶-۵- اثر قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای روی سطح چوب

این نوع قارچ‌ها ممکن است به تمام لایه‌های دیواره سلولی حمله کنند ولی بیشترین صدمه را به لایه میانی می‌زنند که حاوی سلولز بیشتری است. گاهی ممکن است تا  $\frac{2}{3}$  کل ماده چوبی را بتدریج مصرف کنند.

قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید: می‌توانند هم به سلولز و هم به لیگنین دیواره سلولهای چوب حمله کنند و در بیشتر موارد، چوب را بی‌رنگ یا سفیدرنگ می‌کنند. چوبهایی که مورد حمله این نوع قارچ قرار می‌گیرند، برخلاف پوسیدگی قهوه‌ای، همکشیده نمی‌شوند و ترک سطحی بر نمی‌دارند؛ آن‌ها شکل ظاهری خود را حفظ کرده ولی حالت اسفنجی پیدا می‌کنند. اثر این نوع پوسیدگی بر روی چوب بلوط در شکل ۷-۵ نشان داده شده است.



(ب)

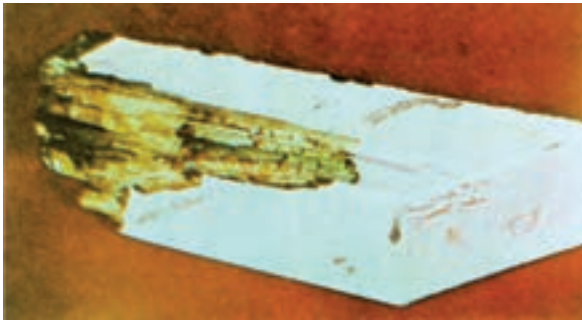


(الف)

شکل ۷-۵- الف: پوسیدگی سفید در چوب بلوط

ب: پوسیدگی سفید در چوب

قارچ‌های رنگ‌کننده چوب: قارچ‌هایی که در این گروه قرار می‌گیرند، معمولاً آسیبی به دیواره سلول‌ها وارد نمی‌کنند بلکه، بیشتر به سطح چوب یا درون حفره سلولی حمله می‌کنند؛ از این رو، صدمات قابل توجهی به مقاومت یا سختی چوب وارد نمی‌سازند و عمدتاً باعث تغییر رنگ سطح چوب می‌شوند. مهمترین گونه آن‌ها، قارچ‌های عامل لکه یا باختگی آبی است که هم به سوزنی‌برگان و هم به پهن‌برگان حمله می‌کنند (شکل ۸ - ۵). این گونه قارچ‌ها در صورت وجود شرایط لازم برای رشد آن‌ها حتی در زیر لایه رنگ نیز ممکن است باعث پوسیدگی چوب شوند (شکل ۹ - ۵).



شکل ۹-۵- اثر لکه یا باختگی آبی بین لایه رنگ و سطح چوب



شکل ۸-۵- چوب آلوده به پوسیدگی آبی

قارچ‌های رنگ‌کننده چوب معمولاً غذای مورد نیاز خود را از قندها و نشاسته‌های ذخیره شده در حفره سلول‌های برون چوب تأمین می‌کنند. این نوع قارچ‌ها حداقل به ۲۵ درصد رطوبت، اکسیژن کافی و درجه حرارت مناسب نیاز دارند؛ از این رو با خشک کردن سریع سطح چوب، خیس نگه داشتن یا غوطه‌ور کردن آن‌ها در محلول‌های ضدقارچ می‌توان از گسترش و فعالیت آن‌ها جلوگیری نمود. قارچ‌های رنگ‌کننده چوب عمدتاً متعلق به رده‌ی آسکومیست‌ها و یا دئوترومیست‌ها می‌باشند. قارچ‌های خال مانند (کپک‌ها<sup>۱</sup>): این دسته از قارچ‌ها مانند قارچ‌های رنگ‌کننده چوب، معمولاً به مقاومت مکانیکی چوب آسیبی وارد نمی‌سازند؛ زیرا روی سطح چوب رشد می‌کنند ولی هاگ‌هایی که تولید می‌کنند، ممکن است باعث بی‌رنگ کردن سطح چوب شود و قابلیت جذب آب چوب‌های آلوده به کپک‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. این نوع قارچ‌ها، کاملاً شبیه کپک‌های

۱- Deutromycetes = رده‌ای از قارچ‌هاست.

روی نان و پنیر هستند و در مواقعی که چوب تازه قطع شده در محیط‌های گرم و مرطوب روی هم قرار می‌گیرند، رشد نموده و رشته‌های پنبه‌ای شکل در سطح چوب تولید می‌کنند (شکل ۱-۵). شرایط رشد این نوع قارچ‌ها شبیه قارچ‌های عامل لکه آبی است ولی میسلیم آن‌ها به اندازه‌ی قارچ‌های آبی در چوب نفوذ نمی‌کند. کپک‌ها نیز متعلق به رده آسکومیست‌ها و ایمپرفکتی است. راه مناسب برای کنترل کپک‌ها و باختگی‌های آبی خشک کردن فرآورده‌های چوبی تا کمتر از ۲۰٪ یا استفاده از حشره‌کش مناسب می‌باشد.



شکل ۱-۵- اثر آلودگی کپک بر روی چوب سوزنی برگ

قارچ‌های عامل پوسیدگی نرم: قارچ‌های عامل پوسیدگی نرم متعلق به رده آسکومیست‌ها و ایمپرفکتی‌ها هستند. تخریب این نوع قارچ‌ها تدریجی و از سطح چوب به سمت داخل است. فعالیت و تأثیر این نوع قارچ‌ها معمولاً کندتر از قارچ‌های رنگ‌کننده چوب است. تخریبی که حمله این نوع قارچ‌ها در چوب ایجاد می‌کند، معمولاً، با چشم تشخیص داده نمی‌شود ولی با میکروسکوپ بخوبی می‌توان آن را تشخیص داد. خواص چوب‌های پوسیده‌شده به وسیله‌ی این قارچ‌ها، به این ترتیب است که بتدریج نرم می‌شوند و حالت پنبیری شکل پیدا می‌کنند. این گونه چوب‌ها در حالت خشک، ترد و شکننده‌تر از چوب سالم هستند. رنگ چوب به وسیله این قارچ‌ها قهوه‌ای کدر تا آبی خاکستری می‌گردد و در حالت خشک ظاهر سطح چوب مانند زغال گشته و ترک‌های ریز و سطحی در جهت و یا خلاف جهت الیاف بوجود می‌آید.

شرایط مناسب برای رشد قارچ‌ها: شرایط مناسب برای رشد قارچ‌ها عبارتند از: رطوبت، هوا، درجه حرارت، غذا و ... نبود هریک از این عوامل ممکن است باعث متوقف شدن رشد قارچ‌ها شود؛ حتی اگر قبلاً رشد کافی کرده باشند.

**رطوبت:** معمولاً خطر رشد و نمو قارچ‌ها در زیر نقطه اشباع الیاف (۲۵ تا ۳۵ درصد رطوبت) بسیار کم است؛ زیرا، فقط معدودی از قارچ‌ها می‌توانند در شرایط پایین‌تر از این نقطه فعالیت کنند. در اکثر موارد، چوب باید دارای رطوبتی بیش از نقطه اشباع الیاف باشد تا قارچ بتواند به آن حمله کند، در ۲۰ درصد رطوبت یا کمتر معمولاً فعالیت قارچ‌ها متوقف می‌شود. چوب‌های خشک‌شده در کوره یا هوای آزاد، معمولاً مورد حمله قارچ‌ها قرار نمی‌گیرند، مگر اینکه رطوبت آن‌ها تا درصد مناسب افزایش یابد؛ بنابراین، اگر چوب در حالت کاملاً خشک باقی بماند، ممکن است برای سال‌ها از خطر حمله قارچ‌ها مصون بماند.

چنانچه رطوبت چوب بسیار زیاد باشد، رشد قارچ‌ها به علت کمبود اکسیژن متوقف می‌شود. در بعضی از گونه‌های قارچی، ممکن است در ۵۰ درصد رطوبت حداکثر رشد را داشته باشد و در رطوبت ۸۰ درصد رشد آن متوقف گردد. درحالی‌که، در بعضی از قارچ‌های دیگر، ممکن است مناسبترین رطوبت برای رشد آن‌ها ۱۵۰ درصد باشد.

**هوا (اکسیژن):** اکثر قارچ‌ها هوازی هستند و به اکسیژن نیاز دارند. با این حال، در شرایطی که اکسیژن محیط اطراف آن‌ها کمی از اکسیژن آتمسفر کمتر است، می‌توانند به زندگی و رشد خود ادامه دهند. غالباً، حذف کامل اکسیژن به منظور جلوگیری از رشد قارچ‌ها عملاً میسر نیست ولی، در مواردی استثنایی مثلاً هنگامی که چوب از آب اشباع می‌شود به دلیل نبود اکسیژن، مورد حمله قارچ‌ها قرار نمی‌گیرد؛ از این رو، پایه‌های اسکله که دائماً در آب هستند، مورد حمله قارچ‌ها قرار نمی‌گیرند یا در کارخانه‌های چوب‌بری، به منظور جلوگیری از قارچ‌زدگی، مرتباً گرده بینه‌ها را آب‌پاشی می‌کنند و یا آن‌ها را در حوضچه‌های آب نگه می‌دارند.

**درجه حرارت:** درجه حرارت مطلوب برای رشد و فعالیت قارچ‌ها بین ۲۲ تا ۳۲ درجه سانتیگراد متغیر است. بعضی از گونه‌های قارچی در درجه حرارت بین ۲۰ تا ۳۶ درجه سانتیگراد رشد می‌کنند. معمولاً، درجه حرارت کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد فقط باعث متوقف شدن رشد قارچ می‌شود و آن‌را از بین نمی‌برد. لازم به یادآوری است که هیچ کدام از قارچ‌های عامل پوسیدگی نمی‌توانند در حرارت درون کوره چوب خشک‌کنی یا عملیات بخاردهی و یا در هر شرایطی که حرارت به داخل چوب نفوذ می‌کند، زنده بمانند.

**غذای مناسب:** چنین به نظر می‌رسد که مناسبترین غذا برای رشد و نمو قارچ‌ها توسط چوب تأمین می‌شود. در سال‌های اخیر، متخصصان پژوهش‌های زیادی را در زمینه غیر قابل استفاده کردن ترکیبات چوب برای قارچ‌ها انجام داده‌اند. این گونه تحقیقات همچنان ادامه دارد.

پ-هاش: معمولاً قارچ‌ها در محیط‌های کمی اسیدی (بین ۴-۶) بخوبی رشد و نمو می‌کنند. بعضی از قارچ‌ها می‌توانند خاصیت اسیدی (اسیدیته) چوب را تا اندازه‌ای تغییر دهند و برای شرایط خود مناسب سازند. به‌طور کلی، گونه‌های مختلف قارچ‌ها، ممکن است از نظر نیاز به پ-هاش مناسب، متفاوت باشند.

ویژگی‌های چوب‌های پوسیده: هنگامی که شرایط برای حمله قارچ‌ها از هر لحاظ مناسب باشد، میزان حمله قارچ‌ها و صدمات وارده، به‌گونه چوب و قارچی که حمله می‌کند، بستگی کامل دارد. به‌طور کلی، ویژگی‌های چوب‌های پوسیده به‌شرح زیر است:

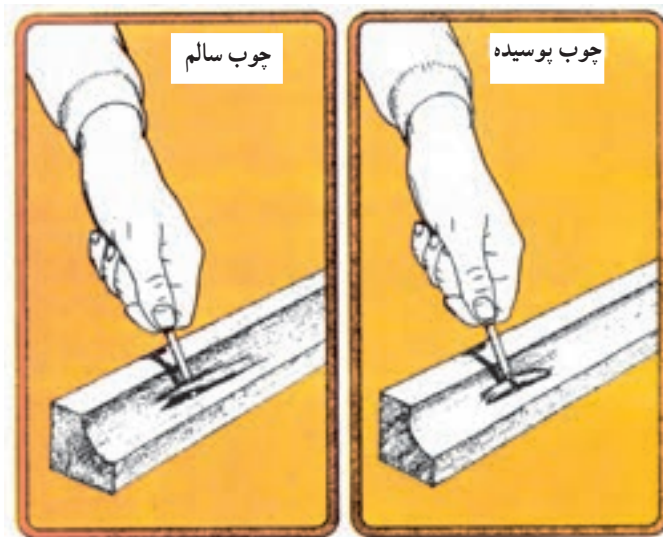
رنگ چوب: رنگ چوب ممکن است بعد از حمله بعضی از قارچ‌های عامل پوسیدگی مانند پوسیدگی قهوه‌ای، پوسیدگی سفید و لکه‌آبی، تغییر کند. این‌گونه تغییر رنگ می‌تواند، عامل مهمی برای تشخیص چوب‌های پوسیده باشد.

همکشیدگی: در چوب پوسیده، میزان همکشیدگی بیشتر از چوب سالم است. در حالت پوسیدگی قهوه‌ای قطعات مکعبی شکل که در سطح چوب ایجاد می‌شود، مشخصه خوبی برای تشخیص پوسیدگی است.

وزن مخصوص: در نتیجه حمله قارچ‌ها، وزن مخصوص (دانسیته) چوب کاهش می‌یابد. همان‌گونه که قبلاً اشاره کردیم، قارچ‌ها، پس از حمله به چوب، موادی از خود ترشح می‌کنند که باعث تجزیه ماده چوبی می‌شود و چوب را نرم و اسفنجی می‌کند و در نتیجه، وزن مخصوص آن را کاهش می‌دهد.

مقاومت مکانیکی: مهم‌ترین مشخصه چوب پوسیده، کاهش مقاومت مکانیکی آن است که معمولاً خیلی سریع، بعد از آلوده شدن چوب اتفاق می‌افتد. در این مرحله، کاهش مقاومت مکانیکی را می‌توان از طریق اندازه‌گیری تغییرات جرم ویژه نسبی یا آزمایش‌های دیگر تشخیص داد. به شکل ۱۱-۵ توجه کنید؛ در آزمایشی که در این شکل نشان داده شده است، هنگامی که با کمک میله‌ای فلزی تراشه‌ای از چوب پوسیده و تراشه‌ای از چوب سالم برداشته می‌شود، در چوب سالم، تراشه‌براحتی از چوب جدا می‌شود؛ درحالی‌که، در چوب پوسیده، تراشه از وسط شکسته می‌شود.

حرارت: با توجه به اینکه حرارت سوختن چوب به‌طور مستقیم با وزن مخصوص آن بستگی دارد، لذا، چوب پوسیده، نسبت به چوب سالم، دارای ارزش حرارتی کمتری است. به‌طور کلی، چوب پوسیده نسبت به چوب سالم در حرارت کمتری شعله‌ور می‌شود.



شکل ۱-۵ - در این آزمایش، چوب پوسیده هنگام تراشه برداشتن با میله فلزی از وسط شکسته می‌شود.

ب - حشره‌های چوبخوار: بعضی از حشره‌ها در مراحل مختلف ساخت مصنوعات چوبی و حتی در حین مصرف آن‌ها، چوب را مورد حمله قرار می‌دهند و خسارت‌های زیادی وارد می‌سازند. در بین این گونه حشره‌ها، موریانه‌ها و سوسک‌های چوبخوار بترتیب بیشترین خسارت‌ها را به چوب وارد می‌کنند. موریانه‌ها به دلیل اینکه صدمات بیشتری به چوب می‌رسانند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

**موریانه‌ها:** موریانه‌ها از لحاظ شکل ظاهری، اندازه و سایر مشخصات بیولوژیکی به یکدیگر شبیه هستند و به رنگ‌های سفید، قهوه‌ای روشن و سیاه دیده می‌شوند. به‌طور کلی، همگی از نور گریزانند و هرگز در هوای آزاد رفت‌وآمد نمی‌کنند. زندگی آن‌ها به‌صورت دسته‌جمعی (کلنی) و اغلب در دالان‌ها و تونل‌هایی است که در چوب یا خاک ایجاد می‌کنند. این گونه حشره‌ها بسیار خطرناک هستند؛ زیرا، بدون ظاهر شدن و جلب توجه انسان، ممکن است سقفی را به کلی ویران کنند و خسارت‌های زیادی به‌بار آورند. موریانه‌ها از نظر نحوه‌ی زندگی به سه گروه عمده به‌شرح زیر تقسیم می‌شوند:

- موریانه‌هایی که در زیر خاک زندگی می‌کنند؛
  - موریانه‌هایی که در درون چوب‌های خشک زندگی می‌کنند؛
  - موریانه‌هایی که در چوب‌های مرطوب زندگی می‌کنند.
- گروه دوم و سوم از نظر درجه خسارتی که به چوب وارد می‌سازند، اهمیت زیادی ندارند.

موریانه‌های گروه اول، همان‌طور که از نام آن‌ها پیداست، در زیر خاک زندگی می‌کنند. وظیفه‌ی تأمین غذا و حفر تونل‌ها و دالان‌ها به عهده موریانه‌های سرباز و کارگر است که شباهت زیادی به مورچه‌های بالدار دارند. غذای اصلی آن‌ها عمدتاً سلولز است که به وسیله‌ی کارگران هنگام حفر تونل‌ها و دالان‌ها به دست می‌آید. این ماده هضم نشدنی با ترشح تک‌باخته‌ای‌هایی که در معده‌ی موریانه‌ها وجود دارد، تبدیل به ماده هضم‌شدنی می‌شود. این گروه از موریانه‌ها تقریباً به انواع سوزنی‌برگان و پهن‌برگان باستثنای چوب‌هایی مانند درون چوب سرخ‌چوب، سرو تالاب و بعضی از کاج‌ها که از دوام طبیعی نسبتاً خوبی برخوردارند، حمله می‌کنند. آن‌ها با تونل‌هایی که در چوب ایجاد می‌کنند، بتدریج سبب تضعیف و کاهش مقاومت‌های مکانیکی چوب می‌شوند و در نهایت تخریب ناگهانی آن را موجب می‌گردند.

موریانه‌ها، غالباً از طریق مجاری بسیار باریک و مخفی وارد فونداسیون ساختمان می‌شوند و به وسیله پایه‌های چوبی که در تماس با خاک هستند یا از طریق تونل‌های زیرزمینی که معمولاً در زیر

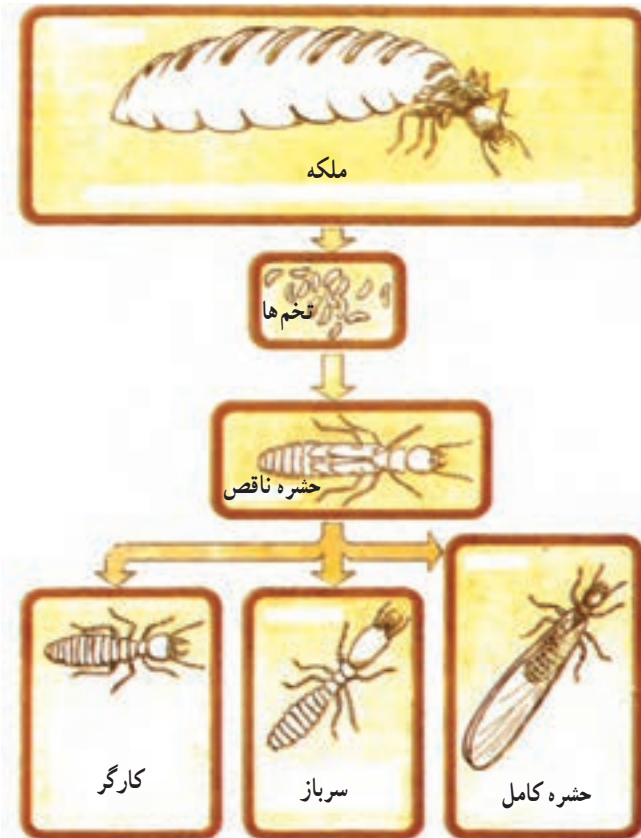
ساختمان حفر می‌شود، وارد ساختمان می‌شوند و فعالیت تخریبی خود را آغاز می‌کنند.

### چرخه زندگی موریانه‌ها:

چرخه زندگی موریانه‌ها در شکل ۱۲-۵ نشان داده شده است. به طوری که در این شکل می‌بینید، ملکه به دلیل اینکه هزاران تخم در شکم خود دارد، دارای اندامی بسیار درشت‌تر از سایر افراد کلنی است. کارگر کور، عقیم و بدون بال است و در واقع تخریب‌کننده اصلی چوب به‌شمار می‌رود.

سرباز سری بزرگ و فک‌هایی قوی دارد و محافظت

شکل ۱۲-۵- چرخه زندگی موریانه‌ها



سایر افراد کلنی به عهده‌ی اوست (شکل ۱۳-۵).



شکل ۱۳-۵- موریانه‌های کارگر، ملکه، شاه و سرباز

بالاخره، حشره کامل وظیفه تولیدمثل را عهده‌دار است، و به همین دلیل، گاه «تولیدمثل‌کننده» نیز نامیده می‌شود، می‌تواند تولیدمثل کند و کلنی جدیدی به وجود آورد. مجموعه‌ای از موریانه‌ها در شکل ۱۴-۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۵- مجموعه‌ای از موریانه‌ها در حال تخریب چوب

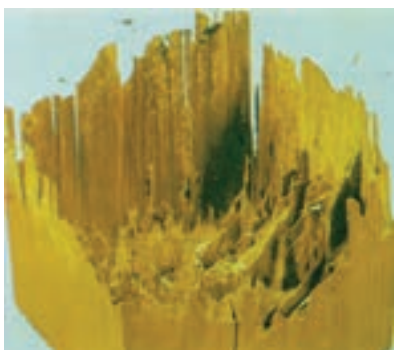
در قاره آسیا، آمریکای جنوبی و سایر مناطق حاره‌ای، موریانه‌ها سالانه خسارت‌های زیادی به بار می‌آورند که از نظر اقتصادی بسیار چشمگیر است.

به طور کلی، بیش از ۲۰۰۰ گونه موریانه وجود دارد که حدود ۸۰۰ گونه آن‌ها چوبخوار هستند. در ایران دو گونه موریانه شناخته شده است: یکی در منطقه شمال به نام «هودوترمس<sup>۱</sup>» و دیگری در جنوب به نام «آناکانتوترمس<sup>۲</sup>». موریانه‌ها عامل مهمی در تخریب چوب‌های ساختمانی و تراورس‌های راه‌آهن تشخیص داده شده‌اند. نمونه‌ای از تخریب موریانه در شکل ۱۵-۵ نشان داده شده است.

۱- *Hodotermes turkestanicus*

۲- *Anacanthotermes Vagens*





شکل ۱۵-۵- انتهای یک تیر ساختمانی که مورد حمله موریانه قرار گرفته است.

**اصول مبارزه با موریانه‌های چوبخوار:** موریانه‌های زیرزمینی معمولاً به وسیله حمل چوب به درون ساختمان انتقال نمی‌یابند بلکه بعد از ساخته شدن بنا از راه زمین به ساختمان راه می‌یابند؛ بنابراین، باید ساختمان‌های چوبی به نحوی طراحی و ساخته شوند که در آن‌ها کلیه اصول پیشگیری رعایت گردد. چند روش متداول مبارزه با موریانه را در زیر شرح می‌دهیم.

— در محل‌هایی که خطر حمله موریانه زیرزمینی وجود دارد، عملی‌ترین و مناسبترین روش حفاظت از چوب، بستن راه‌های مخفی ورود آن‌ها به داخل ساختمان است. فونداسیون‌های ساختمان باید از بتون یا سایر مصالح ساختمانی مانند آجر، سنگ یا بلوک‌های سیمانی که برای موریانه‌ها نفوذناپذیر است، ساخته شود. در صورتی که، ساختمان دارای زیرزمین است، کف زیرزمین باید با بتون ساخته شود. پایه‌های چوبی که در زیرزمین نصب می‌شود، باید داخل بتون و چند سانتیمتر بالاتر از کف کار گذاشته شود. اتصالات و فاصله بین تخته‌ها باید به نحوی ساخته شود که عمل تهویه به نحو مطلوب انجام گیرد و از جمع شدن رطوبت جلوگیری شود و شرایط لازم برای رشد و نمو قارچ‌ها و موریانه‌ها فراهم نگردد.

— بعد از ساخته شدن اسکلت، خاک باید با محلول‌های شیمیایی مانند کلردین ضد عفونی شود، این عمل زمانی مؤثرتر خواهد بود که عملیات ضد عفونی بعد از ساخته شدن فونداسیون انجام گیرد.

— استفاده از چوب‌های اشباع شده با محلول‌های شیمیایی ضد قارچ و ضد حشره و با استفاده از یکی از روش‌های اشباع فشاری بهترین نتیجه را داده است. با این حال، روش‌های خیساندن چوب در محلول‌های سرد و گرم، اسپری کردن و سایر روش‌های ساده نیز تا اندازه‌ای در محافظت از چوب مؤثرند.

— خودداری از به کار بردن چوب‌های اشباع نشده در قسمت‌های پی و سایر قسمت‌های مجاور

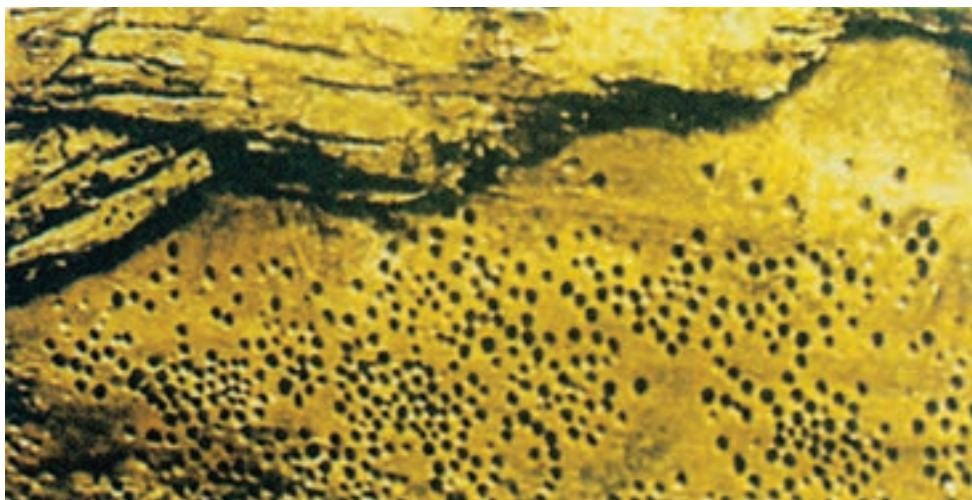
خاک.

– پیش‌بینی وسایلی برای ایجاد موانع در مقابل هجوم موربانه به چوب.  
– کلیه مواد و مصالح زاید، چوب‌های اضافی و مازاد بریده‌های چوب را باید از اطراف ساختمان دور کرد.

سوسک‌های چوبخوار: این نوع حشره‌ها هم به چوب‌های تازه قطع‌شده و هم به چوب‌های خشک سوزنی‌برگان و پهن‌برگان حمله می‌کنند. درختان معمولاً تا زمانی که زنده هستند و قطع نشده‌اند، از حشره‌ها صدمات زیادی نمی‌بینند ولی پس از قطع، نسبت به عوامل بیولوژیکی مخرب حساس‌تر و آسیب‌پذیرتر می‌شوند. به این دلیل، معمولاً، چون درختان پس از قطع مدتی در جنگل یا کارخانه می‌مانند، در صورتی که در این مدت گرده‌بینه‌ها حفاظت نشوند (شکل ۱۶-۵)، ممکن است توسط حشراتی مانند سوسک‌های شاخک‌دراز و سوسک‌های آمبروزیا<sup>۱</sup> مورد حمله قرار گیرند. حشرات بالغ گروه دوم معمولاً، تنه را سوراخ‌سوراخ می‌کنند و سوراخ‌های آن‌ها محل مناسبی برای رشد قارچ‌هاست (شکل ۱۷-۵). این گونه حشرات را «حشرات چوب‌های تازه» نیز می‌نامند.



شکل ۱۶-۵- سمپاشی گرده‌بینه‌های تازه قطع‌شده در جنگل برای جلوگیری از حمله قارچ‌ها و حشرات چوبخوار



شکل ۱۷-۵ - اثر حمله حشرات به روی گرده‌بینه‌های تازه قطع شده

پس از مدتی که گرده‌بینه‌ها خشک شدند و رطوبت آن‌ها به حد معینی رسید، چوب آن‌ها برای تغذیه گروه دیگری از حشرات مانند لیکتوس‌ها<sup>۱</sup> و بوستریکیدها<sup>۲</sup> مناسب می‌شود و مورد توجه لارو آن‌ها قرار می‌گیرد.

معمولاً هر دو گروه از حشرات درون آوندهای درشت پهن‌برگان تخم‌ریزی می‌کنند و پس از مدتی لاروهای آن‌ها دالان‌هایی به قطر ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر در داخل چوب ایجاد می‌کنند و فواصل معین دالان‌ها را با پودر نرم چوب پر می‌کنند. سفیره این نوع حشرات تا اواخر تابستان در دالان‌ها باقی می‌ماند تا به حشره کامل تبدیل شود و سوراخ‌هایی به قطر ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر در سطح چوب تعبیه کند و از راه آن‌ها خارج شود؛ از این رو، در سطح چوب‌های آلوده‌شده سوراخ‌هایی دیده می‌شود. مهم‌ترین حشرات چوبخوار که خسارت‌های قابل توجهی به چوب وارد می‌سازند، عبارتند از:

**سوسک‌های معمولی مبلمان یا آنوبیوم<sup>۳</sup>**: این نوع سوسک غالباً، در مبلمان‌های نو و کهنه، پله‌های چوبی و وسایل تزئینی چوبی و در شرایط آب‌وهوایی سرد و مرطوب زندگی می‌کنند. چرخه زندگی این نوع حشرات در شکل ۱۸-۵ نشان داده شده است. به شکل ۱۹-۵ نگاه کنید؛ در این شکل، پایه میزی که مورد حمله این نوع سوسک قرار گرفته است، مشاهده می‌شود.

۱- Lyctidae

۲- Bostrychidae

۳- Anobium Punctatum



سوسك كامل



تخمها



لارو



نشفيره



حشره كامل

شكل ۱۸-۵ - چرخه زندگي سوسك معمولي مبلمان



۱۷- Ambrosia

شكل ۱۹-۵ - پايه يك ميز پس از حمله سوسك معمولي مبلمان (آنابيوم)

چرخه زندگی: حشره ماده روی سطح ناصاف چوب خشک، حدود ۴۰ تخم می‌گذارد. تخم‌ها بعد از ۵ هفته به لارو تبدیل می‌شوند. لاروها ۳ تا ۵ سال در همین حالت درون چوب زندگی می‌کنند و به فعالیت خود ادامه می‌دهند و در پایان، در نزدیکی سطح چوب به شفیره تبدیل می‌گردند. شفیره‌ها بعد از ۶ تا ۸ هفته به حشره کامل تبدیل می‌شوند و از راه سوراخ‌هایی که در سطح چوب تعبیه می‌کنند، خارج می‌گردند (شکل ۱۸-۵).

سوسک‌های پودرکننده چوب: نمونه‌ای از این نوع سوسک‌ها لیکتوس برونئوس<sup>۱</sup> نام دارد که غالباً در مناطق گرمسیر به برون چوب حمله می‌کند و بسته به ارزش غذایی چوب و نوع آب‌وهوا، لارو آن از چند ماه تا دو سال زنده می‌ماند و به فعالیت خود ادامه می‌دهد. این نوع سوسک‌ها معمولاً فقط به چوب پهن‌برگان حمله‌ور می‌شوند. چرخه زندگی و نوع تخریبی که این نوع سوسک در چوب ایجاد می‌کند، در شکل ۲۰-۵ نشان داده شده است.



شکل ۲۰-۵ - چرخه زندگی و اثر تخریب سوسک پودرکننده چوب



اثر تخریب این نوع سوسک‌ها در چوب پهن‌برگ



<sup>۱</sup> - Lyctus brunneus

چرخه زندگی این نوع سوسک چوبخوار فقط یک سال به طول می انجامد؛ بدین ترتیب که سوسک ماده در درون آوندهای چوب پهن برگان حدود ۵ تخم می گذارد. لاروها پس از سه هفته از تخم ها خارج می شوند و فعالیت خود را آغاز می کنند و معمولاً برای مدت ۱۰ تا ۱۱ ماه زنده می مانند. در طی این دوره، فقط از نشاسته چوب تغذیه می کنند و با سلولز کاری ندارند. مرحله شفیرگی آنها ۲ تا ۴ هفته طول می کشد و سوسک کامل بین اواخر اردیبهشت تا مهرماه به وجود می آید.

**سوسک شاخدار خانگی:** این نوع سوسک که متعلق به خانواده سرامبیوسیدهاست، به مهمان موزی خانه معروف است. نوعی از آن که بیشتر در کشورهای اروپایی، آفریقایی جنوبی و آمریکا فعالیت دارد، «هیلوتروپس»<sup>۱</sup> نام دارد که خسارات و صدمات ناشی از آن بیش از دو نوع سوسک قبلی است. حشره ماده در هر چرخه زندگی حدود ۲۰۰ تخم در درزها و شکاف های چوب می گذارد. لارو آن نسبتاً بزرگ است و حدود ۳۰ میلی متر طول دارد. نمونه ای از لارو این نوع سوسک و حشره کامل آن را در شکل های ۲۱-۵ و ۲۲-۵ می بینید. لاروهای این نوع سوسک از ۳ تا ۶ سال زنده می مانند و به فعالیت خود ادامه می دهند.



شکل ۲۱-۵ - لارو یا کرم سوسک شاخدار



شکل ۲۲-۵ - سوسک چوبخوار هیلوتروپس

زنبور چوبخوار: این نوع حشره که «سیرکس<sup>۱</sup>» نام دارد نه تنها توسط لارو خود چوب را تخریب می‌کند بلکه خود حشره کامل نیز می‌تواند خسارات چشمگیری به چوب وارد سازد. این نوع حشره نه تنها چوب را می‌خورد بلکه پوشش یا پولیش روی چوب را (از هر نوعی باشد) از بین می‌برد. تصویر این نوع حشره و نوع صدماتی که به چوب وارد می‌سازد؛ در شکل ۲۳-۵ نشان داده شده است.



شکل ۲۳-۵ - زنبور چوبخوار و اثر تخریبی آن روی چوب کاج

اصول مبارزه با سوسک‌های چوبخوار: چوب‌های حساس به این نوع سوسک‌ها که برای ساخت پایه‌های چوبی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بلافاصله بعد از قطع باید با محلول‌های شیمیایی مخصوص سمپاشی شوند. حتی اگر این نوع چوب‌ها پس از خشک‌شدن سمپاشی شوند، ممکن است مؤثر باشد.

رعایت اصول بهداشتی در کارخانه‌های چوب‌بری و مبلسازی می‌تواند از حمله این نوع حشرات تا اندازه‌ای جلوگیری کند. در صورت رعایت نکردن اصول بهداشتی، ممکن است چوب در کارخانه به این نوع حشره‌ها آلوده شود که در این صورت، حتی در بازار فروش یا محل مصرف، لاروهای موجود در چوب (حتی اگر با رنگ یا سایر مواد پولیش شده باشد) به فعالیت خود ادامه خواهند داد.

استریل یا ضد عفونی کردن چوب‌آلات تازه قطع شده با بخار آب در ۱۳۰ درجه فارنهایت تحت شرایط رطوبت نسبی قابل کنترل برای مدت ۲ ساعت، روش مناسبی برای کنترل آلودگی چوب‌هایی با قطر تا ۲۵ سانتیمتر است. بدیهی است چوب‌های با ضخامت بیشتر به زمان بخاردهی بیشتری نیاز دارند. همچنین قرار دادن چوب‌آلات با ضخامت کم در محلول‌های نفتی حاوی ماده حشره‌کش برای

۱- Sirex juvencus

مدت ۳ دقیقه در جلوگیری از آلودگی مؤثر خواهد بود.

حتی اگر این نوع حشرات قبلاً در آوندها تخمگذاری کرده باشند، چوب‌های آلوده را می‌توان با رنگ کردن یا پولیش مناسب و در نهایت جلوگیری از به وجود آمدن شرایط مناسب برای رشد لاروها و تبدیل شدن آن‌ها به حشره کامل حفاظت کرد.

بعضی از سوسک‌های پودرکننده چوب از خانواده انوبیده<sup>۱</sup> بسته به گونه مربوط ممکن است هم به چوب سوزنی‌برگ و هم به چوب پهن‌برگ حمله کنند. دوره زندگی آن‌ها ۲ سال یا بیشتر است و برای زنده ماندن و فعالیت به حدود ۱۵ درصد رطوبت نیاز دارند؛ بنابراین، در بیشتر ساختمان‌های مدرن که رطوبت چوب زیر ۱۵ درصد است، شرایط زندگی برای فعالیت این نوع حشرات مناسب نخواهد بود. با این حال، در مناطق گرم و مرطوب و همچنین در محل‌هایی که عمل تهویه به نحو مطلوب انجام نمی‌شود، ممکن است شرایط رطوبتی زندگی این نوع حشرات فراهم شود.

ج – باکتری‌ها: باکتری‌ها موجودات تک‌سلولی هستند که فقط با میکروسکوپ دیده می‌شوند و در هوا، آب، خاک، روی گیاهان زنده و تنه درختان افتاده یافت می‌گردند. این گونه موجودات کلروفیل ندارند و به صورت ساپروفیت<sup>۲</sup> (گندروی) روی چوب یا مواد غذایی زندگی می‌کنند. باکتری‌ها معمولاً به چوب‌هایی حمله می‌کنند که در آب غوطه‌ور هستند یا برای چندین هفته یا چند ماه در معرض آبیایی قرار گرفته‌اند یا در تماس مستقیم با خاک‌های مرطوب هستند. در مجموع محیط مطلوب آن‌ها جاهایی است که فاقد اکسیژن باشد. در بعضی موارد باکتری‌ها ممکن است نفوذپذیری چوب سوزنی‌برگان را افزایش دهند. باکتری‌ها به دلیل تأثیر اندک بر کیفیت چوب، نسبت به سایر عوامل بیولوژیکی مخرب چوب، از اهمیت کمتری برخوردارند؛ از این رو، از توضیح بیشتر در این مورد خودداری می‌کنیم.

د – موجودات چوبخوار دریایی: چوب‌هایی که در آب رودخانه‌های مشرف به دریا، دریا و آب‌های شور مورد استفاده قرار می‌گیرند (مانند پایه‌های اسکله، کشتی، بندرگاه و غیره) ممکن است مورد حمله و آسیب موجودات چوبخوار دریایی واقع شوند.

موجودات چوبخوار دریایی را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد:

– نرم‌تنان سوراخ‌کننده کشتی که عمدتاً از خانواده‌ی صدف‌ها هستند؛

– خرچنگ‌های چوبخوار که عمدتاً متعلق به خانواده خرچنگ‌ها هستند.

به‌طور کلی، میزان خسارت و گسترش فعالیت این گونه موجودات به شوری آب، مقدار اکسیژن



موجود در آب و درجه حرارت آب بستگی کامل دارد.

نرم تنان سوراخ کننده چوب گونه های مختلفی دارند که همگی دارای شکلی کشیده و شبیه کرم هستند. مهمترین گونه های آنها «تردو» و «بانکیا» هستند که به کرم های سوراخ کننده کشتی نیز معروفند و بیشترین خسارت را به چوب وارد می سازند. شکل تردو، مارتزیا و نمونه تخریبی که در چوب ایجاد می کنند، در شکل ۲۴-۵ نشان داده شده است.



شکل ۲۴-۵ - نمونه ای از نرم تنان سوراخ کننده چوب و اثر تخریبی آن روی چوب

خرچنگ های چوبخوار از نظر اندازه و شکل و اینکه خیلی نزدیک تر به سطح چوب فعالیت می کنند، با نرم تنان سوراخ کننده کشتی تفاوت دارند. این نوع جانوران دارای اندامی کوچک (حدود ۳ تا ۴ میلیمتر) هستند و دالان های متعددی درون چوب ایجاد می کنند که به وسیله دیواره های نازکی از یکدیگر جدا می شوند. گونه مهم شناخته شده خرچنگ های چوبخوار «لیمنوریا» نام دارد که به خانواده میگوها متعلق است. شکل این جانور و اثر تخریبی آن در شکل ۲۵-۵ نشان داده شده است.

۱- Teredo

۲- Bankia

۳- Limnoria



شکل ۲۵-۵- لیمنوریا و اثر تخریبی آن روی پایه‌ای چوبی

**اصول مبارزه با موجودات چوبخوار دریایی و حفاظت چوب :** استفاده از روش‌های فشاری اشباع چوب<sup>۱</sup> با محلول‌های کرئوزوت یا مخلوط کرئوزوت و قطران زغال‌سنگ، مخلوط نیدروکربن‌ها ، باتری بیوتیل‌تین و نفتنات‌مس نتایج مطلوبی داشته است. به‌طور کلی، موفقیت در امر استفاده از روش‌های شیمیایی برای جلوگیری از حمله موجودات دریایی بستگی کامل به درجه حرارت آب دریا، گونه‌های مختلف موجودات دریایی، گونه چوب، غلظت محلول شیمیایی مورد استفاده و میزان نفوذ محلول شیمیایی در چوب دارد.

– استفاده از چوب‌های با دوام طبیعی زیاد نیز از راه‌های مبارزه بر علیه این نوع موجودات چوبخوار است ؛ زیرا، برخی از چوب‌ها به‌طور طبیعی حاوی مواد استخراجی از جمله آلکالوتیدها هستند که در برابر موجودات دریایی مانند سم عمل می‌کند و باعث می‌شود که این گونه موجودات به چوب نزدیک نشوند ؛ به‌علاوه، وجود ترکیبات سیلیسی در چوب سبب می‌شود که دوام طبیعی آن‌ها در برابر موجودات دریایی مخرب چوب افزایش یابد. از جمله چوب‌هایی که به‌دلیل دوام طبیعی خوبی که دارند می‌توانند در برابر موجودات چوبخوار دریایی مقاومت بیشتری از خود نشان دهند، گونه تیک، بعضی از اوکالیپتوس‌ها، ترمینالیا، برخی از کاج‌ها و ... را می‌توان نام برد.

۱- در مورد روش‌های فشاری اشباع چوب در فصل ششم سخن خواهیم گفت.

## ۲-۲-۵- عوامل فیزیکی تخریب چوب: از جمله عوامل فیزیکی که باعث تخریب چوب

می شوند، می توان آتش سوزی و هوادیدگی را نام برد که در این قسمت به طور مختصر در مورد آن ها سخن می گوئیم.

**الف - آتش سوزی:** عوامل بیولوژیکی مخرب چوب (قارچ ها، حشرات، موجودات دریایی چوبخوار و باکتری ها) به آرامی چوب را تخریب می کنند ولی آتش این کار را بسرعت انجام می دهد. هر ساله، مساحت زیادی از جنگل های دنیا و ساختمان های چوبی بی شماری در اثر آتش سوزی از بین می روند.

چوب نیز مانند سایر مواد آلی اگر در معرض حرارت زیاد قرار گیرد، تجزیه شیمیایی می شود و بخار آب، گازهای قابل احتراق و گازهای غیر قابل احتراق از آن متصاعد می گردد و زغال به دست می آید که زغال نیز بتدریج می سوزد و به خاکستر تبدیل می شود. در صورتی که، طی این مراحل، در مجاورت گازهای متصاعد شده شعله ای وجود داشته باشد، این گازها با اکسیژن هوا مخلوط می شوند، شعله ور می گردند و در نتیجه، حرارت، گاز کربنیک و بخار آب آزاد می کنند.

تجزیه شیمیایی چوب معمولاً در حرارت ۶۶ درجه سانتیگراد آغاز می شود و تا زمانی که به رنگ قهوه ای تیره (رنگ زغال) درآید، ادامه می یابد و ممکن است ساعت ها و بلکه روزها طول بکشد تا چوب کاملاً به زغال تبدیل شود. در این مرحله، تغییراتی که در چوب به وجود می آید عمدتاً شامل: کاهش وزن، قابلیت جذب و دفع رطوبت و همکشیدگی است. در حرارت زیر ۱۲۰ درجه سانتیگراد، چوب هنوز شکل ظاهری خود را حفظ می کند؛ از این درجه بالاتر، زغال شروع به سوختن می نماید و در اثر اکسید شدن کامل (در حرارت ۵۰۰ درجه سانتیگراد)، چوب به خاکستر تبدیل می شود. هنگامی که چوب می سوزد، ترکیب پیچیده ی سلولز، هما سلولز، لیگنین و مواد استخراجی به خاکستر تبدیل می شوند.

با اطلاع از اینکه چوب در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد بر اثر اکسید شدن به خاکستر تبدیل می شود، جالب است ببینیم چرا اجازه ی استفاده از چوب آلات در ساختمان ها داده می شود در حالی که می بینیم دمای آتش ظرف ۱۰ دقیقه ی نخست به ۵۰۰ درجه بالغ می گردد. دلیل این است که وقتی چوب آلات با ضخامت بیش از ۱۵ میلی متر در آتش قرار می گیرند، نمی توانند به سوختن ادامه دهند مگر گرمای اضافی به کار گرفته شود و این امر خود به این دلیل است که بر روی سطح چوب زغال تشکیل می شود که به عنوان عایقی برای لایه های زیرین نسبت به گرما عمل می کند. این اثر عایق بندی به توضیح اینکه چرا تیرهای چوبی ستمبر از آتش سوزی در امان می مانند، کمک می کند

(شکل ۲۶-۵-الف)، در حقیقت در ایالات متحده یک ساختمان با چوب آلات ستبر و سنگین به یک اسکلت حفاظت نشده ترجیح داده می‌شود (شکل ۲۶-۵-ب). شرکت‌های بیمه نیز برای خانه‌های چوبی احتمال خطر آتش‌سوزی کمتری نسبت به مواد جایگزین در نظر می‌گیرند.



شکل ۲۶-۵-الف - این تیرهای چوبی در یک انبار نگهداری چوب آلات، پس از یک آتش‌سوزی شدید سالم ماندند چرا که لایه‌ی عایقی از زغال بر روی سطح آن ایجاد شده بود.



شکل ۲۶-۵-ب - سازه‌ای از تیر حمل فولادی که در آتش‌سوزی از بین رفته است (بریتانیای کبیر).

روشهای حفاظت چوب در برابر آتش‌سوزی: عبارت ضدآتش کردن چوب که غالباً در این رشته به کار می‌رود، درست نیست؛ زیرا اکثر عملیاتی که به این منظور روی چوب انجام می‌گیرد، چوب را ضد آتش نمی‌کند بلکه تا اندازه‌ای توسعه و گسترش شعله و سوختن چوب را به تأخیر می‌اندازد؛

بنابراین، عبارت «ضد آتش کردن» به معنی کندکننده‌ی آتش سوزی است.

مواد شیمیایی زیادی وجود دارند که برای حفاظت چوب در برابر آتش مورد استفاده قرار می‌گیرند. مهمترین آن‌ها عبارتند از: فسفات‌ها، سولفات آمونیوم، اسید بوریک، کلریدها و یا مخلوطی از آن‌ها. بیشتر این‌گونه مواد معمولاً به صورت مایع و با استفاده از یکی از روش‌های فشاری در چوب تزریق می‌شوند. تعداد محدودی از این مواد به صورت اندود، آغشته کردن یا اسپری کردن به کار می‌روند. این مواد اغلب از نوع نمک‌های محلول در آب هستند و فقط برای مصارف داخلی همچنین جاهایی که در معرض عوامل جوی قرار نمی‌گیرند، مورد استفاده واقع می‌شوند.

آغشته کردن چوب با مواد حفاظتی یا رنگ کردن با رنگ‌های کندکننده آتش تا اندازه‌ای از چوب حفاظت می‌کند. میزان تأثیر این گونه مواد به ترکیبات ماده حفاظتی، ضخامت لایه آن‌ها روی چوب و شدت آتش سوزی بستگی کامل دارد. اکثر کف‌های (فووم‌ها) مخصوص اندود کردن چوب هنگامی که در معرض حرارت قرار می‌گیرند، لایه‌ای عایق روی چوب ایجاد می‌کنند که از شدت آتش سوزی می‌کاهد و از سرعت تخریب چوب جلوگیری می‌کند. در مورد مواد حفاظتی کندکننده آتش در درس‌های دیگر بیشتر سخن خواهیم گفت.

ب- هوادیدگی: رنگ و شکل ظاهری چوب‌هایی که در درون ساختمان مصرف می‌شوند، ممکن است برای سال‌ها بدون تغییر باقی بماند ولی در خارج از ساختمان، چوب رنگ نشده یا حفاظت نشده در صورتی که برای مدتی در معرض عوامل جوی قرار گیرد، تغییر رنگ می‌دهد، سطح آن زبر می‌شود، ترک می‌خورد و یا شکاف برمی‌دارد. این گونه کاهش کیفیت در نتیجه تغییرات درجه حرارت، خشک و مرطوب شدن، یخبندان، تابش نور خورشید و اکسیژن هوا پدید می‌آید که در اصطلاح به «هوادیدگی» معروف است. در چنین مواردی معمولاً، اگر رنگ چوب روشن باشد، تیره می‌شود و در صورت تیره بودن، به رنگ روشن تغییر می‌یابد.

روش‌های جلوگیری از هوادیدگی: روش معمولی برای جلوگیری از بروز هوادیدگی، اندود کردن سطح چوب با رنگ‌های شیمیایی است. سایر روش‌های متداول حفاظت چوب از هوادیدگی شامل: پوشش کاغذی یا پلاستیکی، اشباع با مواد حفاظتی حل‌شده در آب و به کاربردن محلول‌های ضدآب ساخته شده از روغن‌های معدنی و پارافین است.

۳-۲-۵- عوامل شیمیایی تخریب‌کننده‌ی چوب: به طور کلی، چوب برخلاف بیشتر فلزات، در مقابل تعدادی از ترکیبات شیمیایی مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهد. در مورد اسیدها، چوب در مقایسه با بیشتر فلزات مقاومت بیشتری دارد؛ به عنوان مثال، آهن در پ- هاش ۵ شروع

به تجزیه و تخریب می‌کند؛ در حالی که، چوب، می‌تواند تا پ-هاش زیر ۲ را بخوبی تحمل کند یا در مقابل اسید استیک که سرعت بیشتر فلزات را تجزیه می‌کند، پایداری ویژه‌ای از خود نشان می‌دهد. در مورد قلیایی‌ها، چوب نسبت به فلزات از مقاومت کمتری برخوردار است؛ به این ترتیب که فقط تا پ-هاش ۱۱ را تحمل می‌کند و از این حد بیشتر، لیگنین و همی سلولز چوب با سرعت تخریب می‌شود و الیاف آن از یکدیگر جدا می‌گردد (شکل ۲۶-۵-ج).



شکل ۲۶-۵-ج - چوبی که در اثر یک قلیایی تخریب شده است.

۲-۴-۵- عوامل مکانیکی تخریب‌کننده‌ی چوب: چوب و وسایل چوبی که به گونه‌ای در محیط رفت‌وآمد شدید مردم یا در وسایل نقلیه مورد استفاده قرار می‌گیرند یا دسته ابزارهایی که زیاد از آن‌ها استفاده می‌شود، در اثر مرور زمان بتدریج فرسوده می‌شوند، تخریب مکانیکی در آن‌ها پدید می‌آید و از بین می‌روند. این گونه تخریب مکانیکی ممکن است در تراورس‌های راه‌آهن، کف چوبی کارخانه‌ها، پارکت سالن‌های عمومی یا ابزاری مانند خط‌کش‌های چوبی، ابزار کشاورزی، دسته ابزار مورد استفاده در آشپزخانه، ماکو و ماسوره مصرفی در صنایع نساجی و غیره ایجاد گردد. در بعضی موارد، چوب ممکن است فقط در اثر فرسودگی تخریب شود و غیر قابل استفاده گردد. در حالیکه، در مواردی دیگر ممکن است پس از فرسودگی، حمله قارچ‌های نرم‌کننده چوب به قسمت‌های فرسوده شده، تخریب مکانیکی چوب را سرعت بخشد.

روش‌های جلوگیری از تخریب مکانیکی چوب: برای جلوگیری از تخریب مکانیکی چوب یا کاهش آن، روش‌های زیادی پیشنهاد شده است ولی تاکنون هیچ‌یک نتوانسته است به‌طور کامل از تخریب مکانیکی چوب جلوگیری کند. برخی از این روش‌ها که بیش از همه مؤثر بوده‌اند و تا

اندازه‌ای تخریب مکانیکی چوب را کاهش می‌دهند، به اختصار عبارتند از :  
- عایق کردن سطح چوب با استفاده از رنگ‌ها، مواد پولیش، رزین‌های مصنوعی و رنگ‌های متالیک ؛

- اشباع چوب با مواد شیمیایی مانند فنل فرم‌آلدئید، پلی‌اتیلن گلیکول و غیره ؛  
- اشباع چوب با مونومرهای نظیر متیل متا کریلات یا استیرن و سپس پلی‌مریزاسیون آن‌ها در اثر حرارت یا تابش اشعه رادیواکتیو (تهیه چوب - پلاستیک).

### پرسش و تمرین

- ۱- عوامل بیولوژیکی تخریب چوب را نام ببرید.
- ۲- چگونه قارچ‌ها چوب را تخریب می‌کنند؟
- ۳- کدام یک از عوامل بیولوژیکی خسارت بیشتری به چوب وارد می‌کنند؟
- ۴- چرا موربانه‌ها برای ساختمان‌های چوبی خطرناک هستند؟
- ۵- چگونه می‌توان چوب‌های پوسیده را تشخیص داد؟
- ۶- آتش‌سوزی جزء کدام دسته از عوامل تخریب چوب به‌شمار می‌آید؟
- ۷- مهمترین قارچ‌های رنگ‌کننده چوب چه نام دارند؟
- ۸- در چه حالتی چوب نرم می‌شود و حالت پنبیری شکل پیدا می‌کند؟
- ۹- تاکنون چند گونه موربانه مهم در ایران شناخته شده است؟ نام آن‌ها چیست؟
- ۱۰- عوامل فیزیکی و شیمیایی تخریب‌کننده چوب کدامند و چگونه باعث تخریب چوب

می‌شوند؟

## حفاظت شیمیایی چوب





### حفاظت شیمیایی چوب

- هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:
- ۱- هدف از حفاظت شیمیایی چوب را توضیح دهد؛
  - ۲- تقسیم‌بندی مواد حفاظتی را شرح دهد؛
  - ۳- ویژگی‌های یک ماده حفاظتی مطلوب و ایده‌آل را شرح دهد؛
  - ۴- انواع روش‌های آغشته کردن چوب را شرح دهد؛
  - ۵- روش‌های مهم و متداول فشاری آغشته کردن چوب را توضیح دهد؛
  - ۶- انواع روش‌های ساده غیرفشاری آغشته کردن چوب را بیان کند.

زمان تدریس: ۴ ساعت

#### ۱-۶- مقدمه

اصطلاح حفاظت شیمیایی چوب عبارت است از: آغشته کردن یا اشباع چوب با محلول‌های شیمیایی به منظور مقاوم کردن آن در برابر عوامل مخرب به ویژه قارچ‌ها، حشرات، موجودات دریایی چوبخوار و آتش‌سوزی. میزان موفقیت در این امر به دو عامل عمده یعنی عمق نفوذ و میزان جذب ماده حفاظتی در چوب بستگی کامل دارد.

به‌طورکلی، اگر ماده حفاظتی تا عمق مناسب و به میزان لازم در چوب نفوذ کند، چوب به‌نحو مطلوبی در مقابل عوامل مختلف حفاظت می‌شود و عمر مفید آن ۵ تا ۱۰ برابر افزایش می‌یابد. نتایج مطالعات انجام‌شده نشان داده است که عوامل متعددی می‌توانند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم روی این دو عامل مهم (عمق نفوذ و میزان جذب ماده حفاظتی) تأثیر گذارند. تعدادی از این عوامل که از اهمیت بیش‌تری برخوردار هستند، عبارتند از: گونه چوب، رطوبت چوب، ضخامت برون چوب و

درون چوب، روش آماده‌سازی چوب، ویژگی‌های ماده حفاظتی و روش آغشته کردن یا اشباع چوب. در سال‌های آینده در مورد هریک از عوامل گفته شده به تفصیل بحث خواهیم کرد. در این فصل تنها، ویژگی‌های ماده حفاظتی و روش‌های آغشته کردن چوب را به اختصار بیان می‌کنیم.

## ۲-۶- ویژگی‌های ماده حفاظتی

مواد شیمیایی حفاظتی مختلف، ویژگی‌های متفاوتی دارند. به‌طور کلی، یک ماده حفاظتی مطلوب و ایده‌آل باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

**الف - بی‌خطر باشد:** ماده حفاظتی نباید برای سلامت انسان، حیوانات و محیط زیست خطرناک باشد. بعضی از مواد حفاظتی در انسان و حیوانات مسمومیت ایجاد می‌کنند و باعث آلودگی محیط زیست می‌شوند؛ بنابراین، از این نوع مواد حفاظتی نباید استفاده کرد.

**ب - مؤثر باشد:** ماده حفاظتی باید توان کافی برای حفاظت چوب در برابر حمله قارچ‌ها، حشرات، موجودات چوب‌خوار دریایی یا آتش‌سوزی داشته باشد.

**ج - بدون بو و رنگ نامطلوب باشد:** در مواردی که از ماده حفاظتی برای آغشته کردن چوب‌های ساختمانی محل سکونت انسان، حیوانات، انبارهای مواد غذایی یا کالاهایی استفاده می‌شود که بسادگی بو می‌گیرند، باید بدون هرگونه بوی نامطبوع و رنگ باشد و قابلیت رنگ‌پذیری مناسبی داشته باشد.

**د - بادوام باشد:** برخی از مواد حفاظتی، در اثر تبخیر، شست‌وشو با آب باران یا فعل‌وانفعالات شیمیایی به مرور اثر حفاظتی خود را از دست می‌دهند؛ از این‌رو، ماده حفاظتی مورد مصرف، باید دارای اثر حفاظتی طولانی مدت بوده و در اثر باران یا برف شسته نشود.

**ه - ارزان و در دسترس باشد:** ماده حفاظتی باید ارزان بوده و به‌آسانی در دسترس باشد. و - غیرقابل اشتعال باشد: مواد حفاظتی نباید قابلیت شعله‌ور شدن چوب را افزایش دهد بلکه باید از این قابلیت بکاهد.

**ز - قابلیت نفوذ آن زیاد باشد:** ماده حفاظتی باید به‌آسانی در چوب نفوذ کند و حداقل انرژی و هزینه را برای این کار مورد استفاده قرار دهد.

**ح - با چسب‌ها همسویی داشته باشد:** یعنی باعث تجزیه چسب‌ها نشود و هیچ‌گونه تأثیر منفی روی مقاومت اتصال چسب‌ها نداشته باشد.

### ۳-۶- طبقه‌بندی مواد حفاظتی

به‌طور کلی، مواد حفاظتی چوب به سه دسته عمده تقسیم می‌شوند: روغن‌ها یا مواد حفاظتی روغنی، مانند کروتوزوت، مواد حفاظتی حل‌شونده در روغن‌ها مانند پنتاکلروفنل و بالاخره مواد حفاظتی حل‌شونده در آب مانند نمک‌های روی، مس و غیره.

#### ۱-۳-۶- مواد حفاظتی روغنی (روغن‌ها): یکی از متداول‌ترین و مؤثرترین مواد حفاظتی

از این دسته «کروتوزوت» نام دارد که از تقطیر قطران زغال‌سنگ به‌دست می‌آید. کروتوزوت کم‌فرار است و از چوب در مقابل قارچ‌ها، حشرات، موجودات دریایی چوب‌خوار و هوادیدگی به‌خوبی حفاظت می‌کند ولی، رنگ‌پذیری، تمیزی و بوی چوب را تغییر می‌دهد؛ به‌علاوه، در چوب‌های تازه اشباع‌شده، قابلیت اشتعال را افزایش می‌دهد. نمونه‌ای از چوب آغشته‌شده با کروتوزوت در شکل‌های ۱-۶ و ۲-۶ نشان داده شده است.



شکل ۱-۶- تراورس راه آهن اشباع‌شده با کروتوزوت



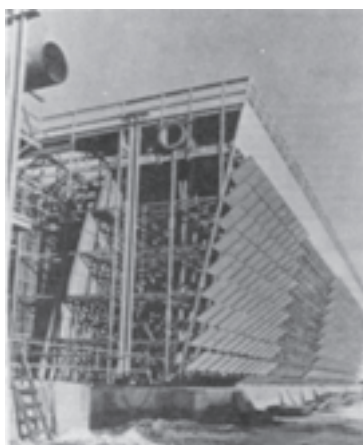
شکل ۲-۶- تیرهای تونلی اشباع شده با مواد حفاظتی روغنی

۲-۳-۶- مواد حفاظتی حل شونده در روغن ها: مهم ترین این دسته مواد حفاظتی پنتاکلروفنل است که ترکیبی حل شدنی در روغن بوده و با حلال هایی با خواص مختلف مانند الکل، نفت سفید و غیره رقیق می شود. محلول های پنتاکلروفنل که برای اشباع چوب مورد استفاده قرار می گیرند، معمولاً حاوی ۷/۵ درصد (وزنی) از این ماده شیمیایی هستند ولی محلول های با حلال های فرار ممکن است حاوی درصد بیش تر یا کم تری از این ماده باشند.

۳-۳-۶- مواد حفاظتی حل شونده در آب<sup>۱</sup>: مواد حفاظتی استاندارد که به صورت محلول در آب مصرف می شوند، اغلب شامل اسید کرمات مس، آرسنات آمونیاکی مس، کلرید کروماتی روی و کروم فلئوئور هستند. امروزه استانداردهای اروپایی استفاده از کلیه ترکیبات آرسنیک دار را ممنوع کرده اند. این مواد غالباً، هنگامی که تمیزی و رنگ پذیری چوب مورد توجه است، به کار می روند ولی در مقایسه با دو گروه قبلی، نسبت به آبشویی مقاومت چندانی ندارند و به این جهت، بیش تر برای مصارف سبک، داخلی و دور از خاک و سطح زمین مورد استفاده قرار می گیرند (شکل ۳-۶).

۱- از جمله مواد حفاظتی محلول در آب که از سال ۲۰۱۰ در مقیاس صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند، می توان به

CCB (ترکیبات مس، کرم و برم) و ترکیبات اسیدبوریک اشاره کرد.



شکل ۳-۶- چوب‌های مصرفی در این برج خنک‌کننده با مواد حفاظتی کندکننده آتش اشباع شده است.

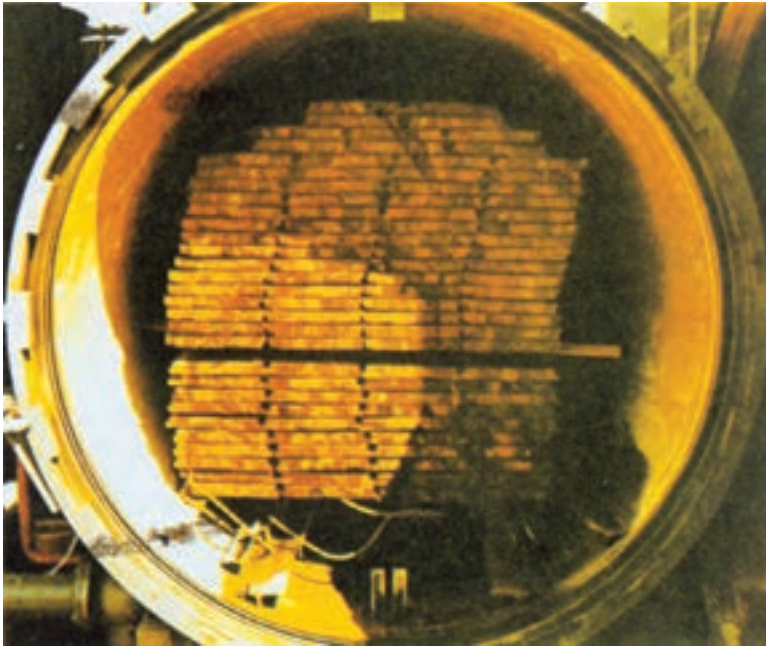
#### ۴-۶- روش‌های آغشته‌کردن (اشباع) چوب

به‌طور کلی، روش‌های اشباع چوب با مواد حفاظتی به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند: روش‌های فشاری و روش‌های غیرفشاری.

۱-۴-۶- روش‌های فشاری: مهم‌ترین و متداول‌ترین روش‌های صنعتی اشباع چوب، روش‌های فشاری است. اصول کار در این روش‌ها به این صورت است که ابتدا چوب‌ها در داخل سیلندر اشباع چیده شده و پس از بستن در آن و وارد کردن محلول اشباع، تحت فشار زیاد اشباع می‌گردند (شکل‌های ۴-۶، ۵-۶ و ۶-۶).



شکل ۴-۶- چوب‌های مختلف آماده برای اشباع

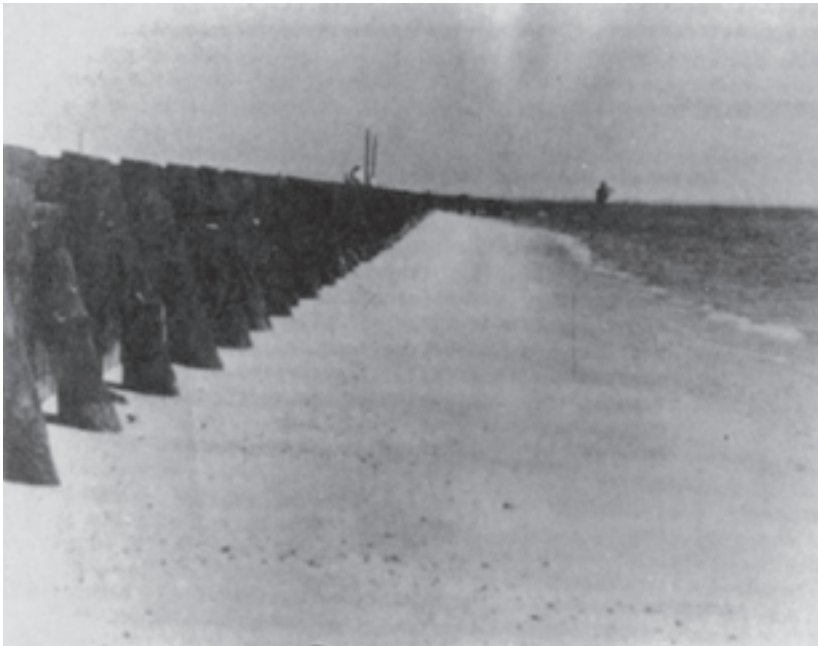


شکل ۵-۶- سیلندر اشباع بارگیری شده



شکل ۶-۶- سیلندر در بسته آماده اشباع کردن چوب

معمولاً در مواردی که میزان جذب و نفوذ بیش تر مواد حفاظتی به داخل چوب مورد نظر است، به عنوان مثال اشباع تراورس های راه آهن، تیرهای ارتباطات، پایه های اسکله و غیره که باید چوب در برابر حملات قارچ ها، حشرات یا موجودات دریایی مقاومت بیشتری از خود نشان دهند، از روش های فشاری اشباع چوب استفاده می شود (شکل ۶-۷).



شکل ۶-۷- دیواره چوبی کنار دریا که با استفاده از روش فشاری با کربن دی اکسید اشباع شده است.

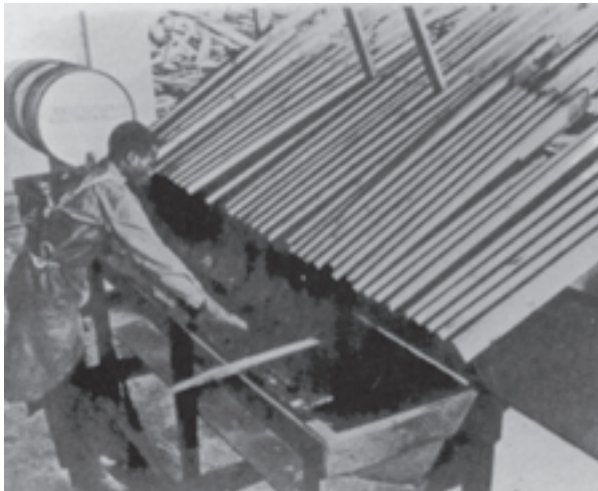
۲-۴-۶- روش های غیر فشاری: در این نوع روش ها، چوب بدون استفاده از فشار مصنوعی و معمولاً با وسایل ساده با مواد حفاظتی آغشته می گردد. در این روش ها، معمولاً عمق نفوذ و میزان جذب مواد حفاظتی در چوب کم تر از روش های فشاری است و به این جهت، چوب هایی که با این روش ها اشباع می شوند، مقاومت کم تری در برابر حمله قارچ ها، حشرات و موجودات دریایی از خود نشان می دهند.

در حال حاضر، روش های غیر فشاری زیادی برای آغشته کردن چوب های مصرفی مورد استفاده قرار می گیرند که مهم ترین آن ها عبارتند از: روش های قلم مو کشیدن و اسپری، غوطه ور کردن، حمام سرد و گرم، روش های دیفیوژن، روش بانداژ کردن و غیره. در شکل های ۸-۶، ۹-۶، ۱۰-۶،

۱۱-۶ چند روش ساده آغشته کردن نشان داده شده است.



شکل ۸-۶ روش ساده آغشته کردن پایه‌های چوبی حصارکشی در داخل بشکه



شکل ۹-۶ روش ساده آغشته کردن چوب‌های بریده‌شده با مواد حفاظتی محلول در آب





شکل ۱۰-۶- روش غوطه‌ور کردن تیرهای ارتباطی در حوضچه‌های فلزی



شکل ۱۱-۶- روش بانداژ کردن برای تیرهای نصب‌شده کهنه

## پرسش و تمرین

- ۱- منظور از حفاظت شیمیایی چوب چیست؟
- ۲- موفقیت در امر حفاظت شیمیایی چوب به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۳- عواملی را که در میزان جذب و نفوذ ماده حفاظتی در چوب مؤثرند، نام ببرید.
- ۴- ویژگی‌های یک ماده حفاظتی خوب و ایده‌آل را شرح دهید.
- ۵- انواع مواد حفاظتی را بنویسید.
- ۶- کدام دسته از مواد حفاظتی بیش‌تر در چوب نفوذ می‌کنند؟
- ۷- کیفیت اشباع در روش‌های فشاری بیش‌تر است یا روش‌های غیرفشاری؟ چرا؟
- ۸- انواع روش‌های غیرفشاری را نام ببرید.
- ۹- کرئوزوت جزء کدام دسته از مواد حفاظتی است؟
- ۱۰- کرئوزوت از تقطیر چه ماده‌ای به دست می‌آید؟

## نمونه سؤال‌های آزمون فصل پنجم و ششم

- ۱- عوامل مختلف تخریب‌کننده چوب را تعریف کنید.
- ۲- اختلاف عمده قارچ‌ها با گیاهان عالی در چیست؟
- ۳- قارچ‌ها از نظر چوبی که روی آن زندگی می‌کنند (میزبان)، به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ شرح دهید.
- ۴- قارچ‌های چوبخوار متعلق به کدام رده از قارچ‌ها هستند؟
- ۵- انواع قارچ‌های چوبخوار را شرح دهید.
- ۶- مشخصات چوبی را که مورد حمله قارچ‌های عامل پوسیدگی قهوه‌ای قرار می‌گیرد، بنویسید.
- ۷- قارچ‌های رنگ‌کننده چوب معمولاً از چه نوع ترکیبات چوب تغذیه می‌کنند؟
- ۸- چرخه زندگی قارچ‌های چوبخوار چگونه است؟
- ۹- شرایط مناسب برای رشد قارچ‌ها را بنویسید.
- ۱۰- مشخصات چوب‌های پوسیده را شرح دهید.
- ۱۱- موربانه‌ها از جهت نحوه‌ی زندگی به چند گروه تقسیم می‌شوند؟
- ۱۲- شباهت موربانه با مورچه بالدار در چیست؟

- ۱۳- موریانه چگونه وارد ساختمان‌های چوبی می‌شود؟
- ۱۴- چرخه زندگی موریانه‌ها را شرح دهید.
- ۱۵- آیا در ایران موریانه چوبخوار وجود دارد؟ نام آن را بنویسید.
- ۱۶- اصول مبارزه برعلیه موریانه‌ها را شرح دهید.
- ۱۷- چند نوع سوسک چوبخوار و چگونگی حمله به چوب را شرح دهید.
- ۱۸- انواع موجودات چوبخوار دریایی را شرح دهید.
- ۱۹- تجزیه شیمیایی چوب درجه حرارتی آغاز می‌گردد؟
- ۲۰- چرا در آتش‌سوزی‌ها معمولاً ساختمان‌های چوبی دیرتر از ساختمان‌های فلزی فرو

می‌ریزند؟

- ۲۱- ترکیبات شیمیایی مهمی که برای جلوگیری از آتش‌سوزی به کار می‌روند، کدامند؟
- ۲۲- تأثیر مواد حفاظتی کندکننده آتش بستگی به چه عواملی دارد؟ آن‌ها را نام ببرید.
- ۲۳- پدیده‌ی هواپدیدی چوب را تعریف کنید.
- ۲۴- تخریب مکانیکی چوب چگونه پدید می‌آید؟
- ۲۵- چند روش حفاظت چوب در برابر عوامل مکانیکی را نام ببرید.
- ۲۶- عوامل شیمیایی مخرب چوب را شرح دهید.
- ۲۷- اسیدها بیش‌تر چوب را تخریب می‌کنند یا قلیایی‌ها؟
- ۲۸- روش‌های عمده حفاظت شیمیایی چوب کدامند؟
- ۲۹- یک ماده شیمیایی حفاظتی ایده‌آل باید دارای چه ویژگی‌هایی باشد؟
- ۳۰- کدام یک از روش‌های شیمیایی حفاظت چوب مؤثرتر است؟
- ۳۱- چند روش ساده‌ی آغشته‌کردن چوب با مواد حفاظتی را نام ببرید.

## فهرست منابع مورد استفاده

- ۱- ابراهیمی، قنبر، ۱۳۶۲. چوب خشک کنی در هوای آزاد (ترجمه). انتشارات علمی و فنی - تهران
- ۲ - Haygreen, S. G. and J. L. Bowyer, 1982. Forest Products and Wood Science, An Introduction. The Iowa State University Press. Ames, Iowa, U. S. A.
- ۳- Kollman, F. F. P. and W. A. Cote, Jr. 1968. Principles of Wood Science and Technology. I. Solid Wood. Springer -Verlag, Berlin.
- ۴ - Hunt, G. and G. A. Grratt. 1968. Wood Preservation. 3rd. Ed. Mc graw-Hill, New York .
- ۵- Nickolas, D. D. and J. F. Siau -1973. Wood Deterioration and Its Prevention By Preservative Treatments. Vol. I and II. Syracuse University Press. Syracuse, NewYork - U. S. A .
- ۶- Rasmussen, E. F. 1961. Dry Kiln Operator manual. Agriculture Handbook No. 188. Forest Service, U. S. Department of Agriculture. Washing on D. C. ,U. S. A.
- ۷- Wilkinson, J. C. 1979. Industrial timber Preservation, Assoeiated Business Press, London.

