

## پودمان ۳

# خشک کردن و حفاظت صنعتی چوب



## چوب‌شناسی

چوب یکی از قدیمی‌ترین موادی است که انسان از آن استفاده می‌کند. قدمت مصرف چوب به بیش از ۷۰۰۰ سال می‌رسد. نخستین کاربردهای چوب به ساخت سلاح، مسکن، شناورها و پل‌ها اختصاص داشته است. با توجه به آرایش شکل‌های گونه‌های چوبی و این حقیقت که چوب همیشه بخشی از زندگی انسان بوده و خواهد بود، به راحتی می‌توان تصور کرد افرادی که با چوب سروکار دارند همیشه با مشکلات شناسایی چوب روبه‌رو خواهند بود.

### تعریف چوب

چوب ماده‌ای است که از ساقه گیاهان چوبی به دست می‌آید و از سلول‌های عمدتاً دوکی شکل و توخالی تشکیل شده است که به موازات یکدیگر و در راستای طول درخت قرار دارند. این سلول‌ها از طریق منافذی که به آنها «حفره» می‌گویند به هم مرتبط می‌شوند. سلول‌ها، که برحسب عمل و نقش‌شان شکل‌های متنوعی دارند، استحکام مکانیکی درخت را تأمین می‌کنند، و انتقال مایعات و ذخیره‌سازی مواد غذایی را نیز برای درخت میسر می‌سازند.

چند نمونه چوب با گونه‌های مختلف تهیه کنید و به کمک هنرآموز خود خواص ظاهری آنها را بررسی کنید.

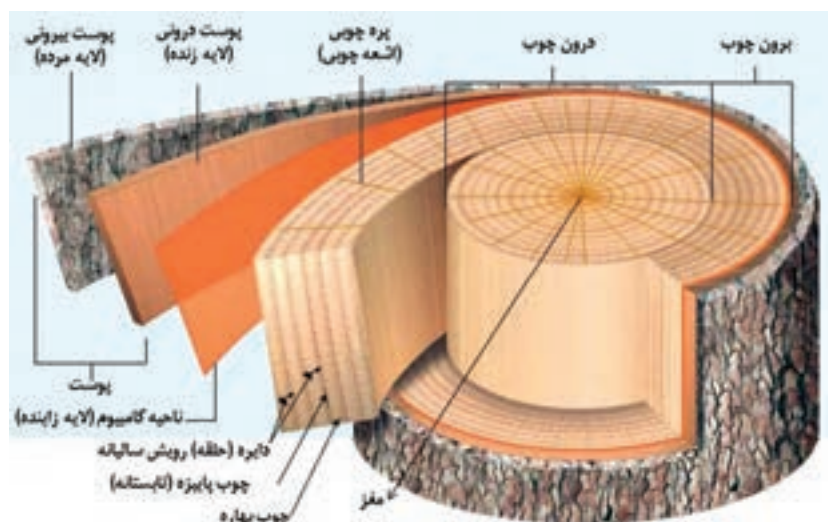
تحقیق علمی



شناسایی چوب در وهله اول بر اساس ساختار ظاهری (آناتومیکی) چوب مانند رنگ، نقش و خطوط دوایر سالیانه می‌باشد، اگرچه ویژگی‌های فیزیکی خاص نظیر بو و دانسیته نیز گاهی سودمند خواهد بود.

## ساختمان ماکروسکوپی چوب

در ارزیابی هر تکه شناسایی نشده چوب، معمولاً باید ویژگی‌های آناتومیکی بارزتر و بزرگ‌تر را بررسی کرد؛ شکل ۱ ساختمان ماکروسکوپی چوب را به گونه‌ای که با چشمان غیرمسلح دیده را نشان می‌دهد.



شکل ۱- اجزای اصلی تنه درخت



به کمک هنرآموز خود در کارگاه مقطعی از یک گونه چوبی مثلاً راش را به صورت شکل صفحه قبل تهیه نموده و قسمت‌های مختلف روی شکل را بر روی آن ببینید و بررسی کنید.

در شکل صفحه قبل از طرف بیرون به سمت مغز این قسمت‌ها مشاهده می‌گردد:

**الف) پوست:** این قسمت از دو لایه زیر تشکیل شده است:

**پوست بیرونی (لایه مرده):** مرکب از سلول‌ها و بافت‌های مرده است که ضخامت آن بسته به گونه و سن درخت متغیر بوده و حفاظت تنه را به عهده دارد.

**پوست درونی (لایه زنده):** مرکب از بافت‌های زنده، نرم و مرطوب است که مواد غذایی تهیه شده را به نقاط مختلف درخت هدایت می‌کند.

**ب) ناحیه کامبیوم (لایه زاینده):** این لایه، در قسمت درون پوست داخلی قرار دارد و از خارج، سلول‌های پوست و از طرف داخل، سلول‌های تشکیل‌دهنده چوب را تولید می‌کند. بنابراین چوب مجموعه‌ای از انواع متعددی از سلول‌ها است که به وسیله تقسیم در لایه زاینده تولید می‌شود.

**پ) چوب:** بخش عمده حجم تنه درخت را چوب تشکیل می‌دهد. در بیشتر گونه‌ها، خود چوب به دو بخش متمایز زیر تقسیم می‌شود.

**چوب برون:** این قسمت از چوب، بلافاصله بعد از لایه زاینده قرار دارد، رنگ آن روشن و حاوی سلول‌های زنده و فعال است و شیرابه را از ریشه به برگ‌ها انتقال می‌دهد.

**چوب درون:** بخش میانی تنه درخت به درون چوب معروف است. سلول‌های این قسمت غیرفعال بوده، با تغییر تدریجی چوب برون تشکیل می‌شود. در بیشتر گونه‌ها، رنگ آن تیره‌تر از برون چوب است و کار آن ذخیره مواد استخراجی و تأمین مقاومت مکانیکی درخت است.

**ت) مغز:** مغز دارای بافت نرمی است که در مرکز تنه و شاخه‌ها قرار دارد.

**پره‌های چوبی (پارانیشیم):** پره‌های چوبی نوارهایی هستند متشکل از یک یا چند ردیف سلول‌های شعاعی که از پوست تا مرکز درخت و عمود بر دوایر سالیانه امتداد دارند و کار آنها عمدتاً انتقال و ذخیره مواد غذایی است. **چوب بهاره و چوب تابستانه (دایره رویش سالیانه):** چوبی که در آغاز فصل رویش تشکیل می‌شود معمولاً حاوی سلول‌هایی درشت با دیواره سلولی (غشا) نازک است رنگ آن روشن بوده و اصطلاحاً به آن **چوب بهاره** یا **چوب آغاز** می‌گویند. چوبی که در پایان دوره رویش به وجود می‌آید، به دلیل کم بودن جریان آب، سلول‌هایی با حفره‌های سلولی تنگ‌تر و غشای سلولی ضخیم‌تر دارد و رنگ آن تیره‌تر از چوب بهاره است و اصطلاحاً به آن **چوب تابستانه** یا **چوب پایان** گفته می‌شود.

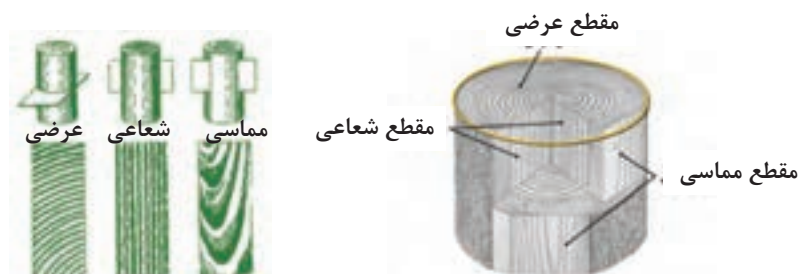
به مجموع چوب بهاره و چوب تابستانه که در یک دوره رویش تولید می‌شوند، دایره (حلقه) رویش سالیانه می‌گویند.

سن چوبی را که مورد بررسی و تحلیل قرار دادید مشخص نموده و به هنرآموز خود اعلام کنید. آیا درست حدس زدید؟



## مقاطع چوب

بیشتر بررسی‌های چوب روی مقاطع سه‌گانه عرضی، شعاعی و مماسی انجام می‌شود. مقطع عرضی، با قطع تنه عمود بر محور طولی درخت به دست می‌آید. مقطع شعاعی و مماسی هر دو طولی و عمود بر مقطع عرضی هستند و با برش تنه درخت موازی با محور طولی درخت به دست می‌آیند؛ با این تفاوت که برش مماسی در جهت مماس بر دوایر سالیانه و برش شعاعی در جهت موازی با پره‌های چوبی است. شکل ۲



شکل ۲- مقاطع مختلف تنه درخت (چپ)، نقش چوب در برش‌های سه‌گانه (راست)

یک قطعه چوب به ابعاد ۳×۱۵×۱۵ سانتی‌متر تهیه نموده و مقاطع آن را با توجه به شکل فوق مشخص کنید.

فعالیت علمی



## چوب خشک‌کنی

به‌طور کلی چوب دارای مقادیر چشمگیری رطوبت بوده، و 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. از این گذشته خشک کردن، رنگ‌آمیزی و تغییر شکل چوب، تحت تأثیر شدید مقدار رطوبت آن می‌باشند. به هر حال به دلیل مطرح بودن مسائل اقتصادی چون حمل و نقل چوب و انبار کردن آن که به جرم مخصوص و در نهایت به رطوبت آن بستگی دارد، و همچنین با در نظر گرفتن کلیه موارد مذکور، ضرورت بیان مقدار رطوبت چوب و قوانین مربوط به آن به شدت احساس می‌شود و از اهمیت زیادی برخوردار است.

دانستن میزان رطوبت چوب برای کاربرد آن بسیار مهم است زیرا برای مصارف داخلی ساختمان، این رطوبت حدود ۶ تا ۸٪ و برای مصارف بیرونی ساختمان، بیشتر است.

نکته



در فناوری چوب معمولاً رطوبت چوب نسبت به جرم کاملاً خشک بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$۱۰۰ \times \frac{\text{وزن چوب خشک} - \text{وزن چوب مرطوب}}{\text{وزن چوب خشک}} = \text{درصد رطوبت چوب}$$

فرمول درصد رطوبت چوب بر مبنای وزن خشک

در کارخانه‌های مربوط به تولید مواد سلولزی (از جمله کاغذسازی) و نیز تولید انرژی حرارتی مقدار رطوبت چوب نسبت به جرم مرطوب آن اندازه‌گیری و تعیین می‌شود.

نکته



## آشنایی با رطوبت‌سنج‌ها و کاربرد آنها

روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری رطوبت چوب (تعیین مقدار رطوبت در چوب) وجود دارد که از میان آنها سه روش زیر کاربرد گسترده‌تری دارند:

### ۱- روش آزمایشگاهی

در این روش، باید وزن نمونه کوچکی از چوب را به وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت  $0.01$  گرم (شکل ۳)، اندازه‌گیری کرد، که بدین ترتیب وزن مرطوب چوب به دست می‌آید.



شکل ۳- وزن نمونه به وسیله ترازو با دقت  $0.01$  گرم



شکل ۴- دستگاه اتوو آزمایشگاهی

سپس همان نمونه چوب مرطوب را باید داخل اتوو (شکل ۴) که درجه حرارت آن در  $103 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد تنظیم شده به مدت ۲۴ ساعت قرار داد. پس از خروج از اتوو، نمونه مذکور را باید دوباره توسط همان ترازوی دیجیتالی وزن کرد تا وزن خشک آن به دست آید با توجه به مقدار وزن مرطوب و خشک چوب، و با استفاده از فرمول درصد رطوبت، مقدار رطوبت چوب به دست می‌آید.

اگر وزن مرطوب یک نمونه چوب راش  $50$  گرم و وزن خشک آن پس از قرار دادن در اتوو  $40$  گرم باشد، درصد رطوبت این چوب را محاسبه کنید؟

تمرین



روش خش کردن در اتوو از دقیق‌ترین روش‌هاست، ولی زمان انجام آن طولانی و مستلزم جدا ساختن قطعه نمونه از چوب است. برای سریع تعیین کردن درصد رطوبت چوب، می‌توان از روش‌های دیگر استفاده نمود.

### ۲- روش هیگرومتریک

برای اندازه‌گیری درصد رطوبت چوب از دستگاهی به نام هیگرومتر استفاده می‌شود. در این روش، باید سوراخی به قطر  $6$  و عمق  $95$  میلی‌متر در چوب ایجاد کرد میله دستگاه را داخل آن قرار داد و میزان رطوبت چوب را از روی صفحه دستگاه قرائت نمود. شکل ۵



شکل ۵- دستگاه رطوبت سنج نوع هیگرومتریک

محدوده رطوبتی قابل اندازه گیری با هیگرومتر، بین ۳ تا ۲۵ درصد است و زمان لازم برای انجام این روش ۱۰ تا ۱۵ دقیقه.

درباره مزایا و معایب استفاده از روش هیگرومتریک نسبت به روش آزمایشگاهی (خشک کردن در اتوو)، با دوستان خود بحث کنید؟

بحث کنید



### ۳- روش رطوبت سنج های الکتریکی

روش کار رطوبت سنج الکتریکی، بر اساس تغییرات ویژگی های الکتریکی چوب در اثر تغییرات رطوبت چوب است، که خود دارای دو نوع زیر می باشد؛ الف) رطوبت سنج نوع دی الکتریک: این نوع رطوبت سنج، رطوبت را از طریق تماس دستگاه (قسمت حساس دستگاه) با چوب، تعیین می کند. این دستگاه هیچ گونه الکترودی نداشته و در نتیجه باعث تخریب چوب نمی شود. شکل ۶



شکل ۶- دستگاه رطوبت سنج نوع دی الکتریک

ب) رطوبت سنج نوع مقاومت الکتریکی: متداول ترین نوع رطوبت سنج است که در آن، مقاومت در مقابل جریان الکتریسیته بین دو الکتروود یا سوزن نفوذ کرده و میزان رطوبت چوب را نشان می دهد (شکل ۷). همان طور که در شکل مشخص است، سوزن های این دستگاه در داخل چوب فرو رفته و صفحه دیجیتالی آن، مقدار رطوبت را نشان می دهد.



شکل ۸- روش کار رطوبت سنج های الکتریکی



شکل ۷- دستگاه رطوبت سنج نوع مقاومت الکتریکی

شاید بتوان گفت که رطوبت‌سنج‌های الکتریکی از نظر کاربردی، از مناسب‌ترین انواع رطوبت‌سنج و کمترین روش اندازه‌گیری رطوبت است.

## رطوبت چوب هنگام مصرف

رطوبت چوب در شرایط متفاوت آب و هوایی (رطوبت نسبی و درجهٔ حرارت) متغیر است. این تغییرات در شرایط آب و هوایی باعث پدیدهٔ هم‌کشیدگی و واکشیدگی در چوب می‌گردد. در واقع اگر صندلی، میز یا هر محصول چوبی که در مناطق شمال ایران ساخته می‌شود (که دارای رطوبت نسبی بالا است)، به مناطق خشک‌تر کشور انتقال داده شود، اتصال‌های آن باز می‌شود. دلیل باز شدن اتصال‌ها هم‌کشیده شدن چوب در اثر انتقال از یک منطقهٔ مرطوب به منطقه‌ای خشک‌تر است. 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.

## خشک کردن چوب

خشک کردن چوب یعنی «انتقال آب از درون چوب به سطح آن، و سپس تبخیر آب». سرعت خشک شدن چوب به سرعت جداسازی آب از سطح چوب، سرعت حرکت تودهٔ آب به سطح چوب و پدیدهٔ انتشار پخشندگی بستگی دارد. سرعت حرکت رطوبت در داخل چوب به عوامل زیر بستگی دارد:

- رطوبت نسبی هوای اطراف چوب

- شدت تغییرات یا اختلاف رطوبت در قسمت‌های مختلف چوب

- درجهٔ حرارت چوب

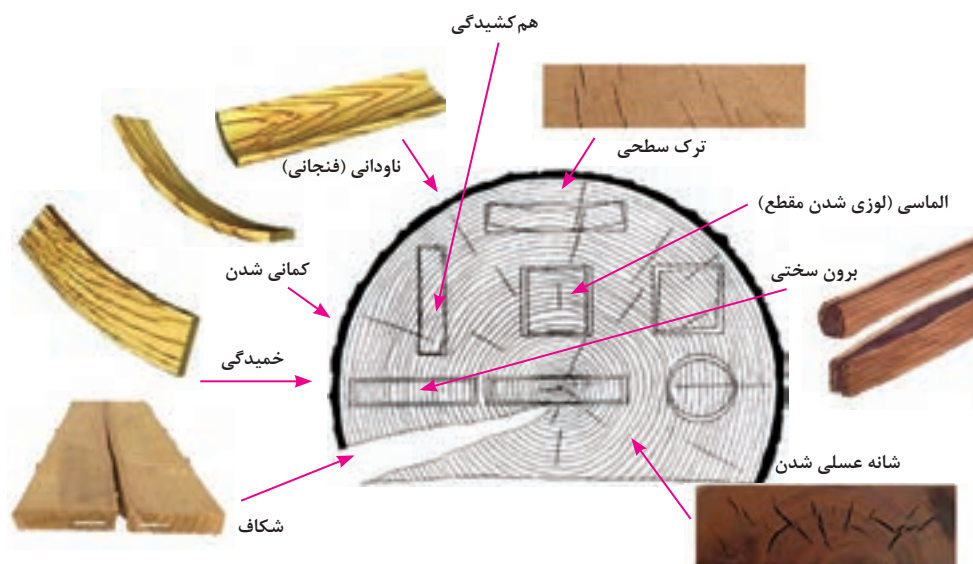
هر چه درجه حرارت چوب زیادتر باشد، سرعت حرکت رطوبت از قسمت مرطوب داخلی چوب به سطح خشک‌تر سریع‌تر است. وجود درجه حرارت خیلی زیاد، باعث عیب‌هایی مانند: چین‌خوردگی، شانه‌عسلی شدن و کم شدن مقاومت چوب می‌شود.

## معایب خشک کردن چوب

عیب‌هایی که از کیفیت و ارزش چوب می‌کاهند، اغلب در هنگام بهره‌برداری، ازه‌کشی، خشک کردن، پرداخت و جابه‌جایی مکانیکی به وجود می‌آیند. در هنگام خشک کردن، هدف اصلی به حداقل رساندن معایب ناشی از خشک کردن است.

عیب‌های خشک کردن چوب را می‌توان 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 می‌آیند. این عیب‌ها شامل ترک، چین‌خوردگی، پیچیدگی و شانه‌عسلی شدن است. شکل ۹



شکل ۹- عیب‌های ناشی از جمع شدن چوب در قسمت‌های مختلف چوب

۲- عیب‌های ناشی از رشد قارچ‌ها.

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

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، و اگر رطوبت بیش از مقدار مناسب باشد، معمولاً مورد حمله قارچ‌ها و عوامل پوسیدگی قرار می‌گیرد؛ بنابراین چوب باید با روش مناسبی خشک شود.

چکیده



چوب را می‌توان در هوای آزاد (به صورت طبیعی) یا در کوره (به صورت صنعتی) خشک کرد.

## خشک کردن طبیعی چوب

خشک کردن چوب در هوای آزاد که یکی از روش‌های متداول در کارخانه‌های کوچک صنایع چوب و کارگاه‌های درودگری است، دارای فواید و عیب‌هایی به شرح زیر می‌باشد:

● فواید خشک کردن چوب در هوای آزاد

الف) استفاده از انرژی خورشید و جریان باد در خشک کردن طبیعی، باعث کاهش زیاد هزینه‌های خشک کردن در مقایسه با روش صنعتی می‌شود.

ب) خشک کردن طبیعی، تجهیزات سنگین کوره‌ها را ندارد.

● معایب خشک کردن چوب در هوای آزاد

الف) مدت زمان خشک کردن، طولانی بوده و در نتیجه ماندگاری سرمایه از یک سو و تخریب و پوسیدگی چوب از سوی دیگر افزایش می‌یابد.

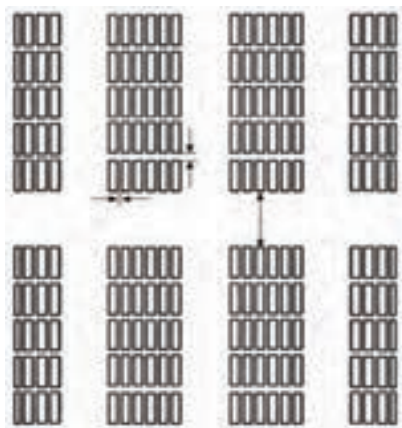
ب) برای بعضی از مصارف چوب مانند استفاده از چوب در محصولات قابل استفاده در داخل ساختمان، میزان خشک شدن چوب کافی نخواهد بود. (رطوبت نهایی چوب به شرایط آب و هوایی بستگی دارد).



### یارد چوب خشک‌کنی در هوای آزاد

برای خشک کردن چوب به‌طور طبیعی در کارگاه‌های کوچک، معمولاً الوارها را ایستاده به دیوار تکیه داده و قطعات کوچک‌تر را در دسته‌بندی‌های مناسب قرار می‌دهند، تا به مرور زمان خشک شوند؛ اما در کارخانجات بزرگ یا واحدهای چوب خشک‌کنی مکانیزه، به منظور استفادهٔ بهینه از جریان هوا و تجهیزات یارد، به ماشین‌آلات جابه‌جایی دسته‌بندی‌ها نیاز است. یارد چوب خشک‌کنی، باید شرایط زیر را داشته باشد:

- محل یارد، به کارخانهٔ چوب بری یا مصرف‌کنندهٔ چوب نزدیک باشد.
- یارد باید دارای فضای کافی بوده و جریان هوا در آن امکان‌پذیر باشد.
- زمین یارد باید تقریباً مسطح، با شیب کم، تمیز و از وجود علف‌ها پاک شده باشد.
- بهترین کف‌سازی یارد از نوع سنی و بدترین آن از نوع خاکی است.



شکل ۱۰- ترتیب یارد ردیفی و خطی

در یارد، باید جریان غالب باد در نظر گرفته شود. هوا در یارد مستطیل شکل و با طول زیاد، در مقایسه با یاردهای مربع، بهتر جریان می‌یابد. شکل ۱۰ در یارد چوب خشک‌کنی، واحدهای دسته‌بندی به‌طور ردیفی یا خطی مرتب می‌شوند و کوچه‌های عرضی، عمود بر کوچه‌های اصلی بوده، عرض آنها ۷ تا ۹ متر در نظر گرفته می‌شود. به‌طور کلی، پهناي کوچه‌ها به شرایط آب و هوایی و جریان هوا در یارد بستگی دارد.

در شکل ۱۱ خیابان اصلی در یک یارد چوب خشک‌کنی نشان داده شده است.



شکل ۱۱- نحوهٔ قرارگیری دسته‌بندی‌ها و خیابان‌های یارد

در شکل ۱۲ تصویر دسته‌های چوب در یک یارد چوب خشک‌کنی دیده می‌شود. با توجه به شکل، دسته‌بندی‌های کنار یارد، سریع‌تر از دسته‌های وسطی خشک می‌شوند. دسته‌بندی‌ها از نظر ارتفاع، به ضخامت چوب‌ها و ظرفیت حمل وسیلهٔ نقلیهٔ بستگی دارد؛ و ارتفاع متداول دسته‌ها ۱۲۰ سانتی‌متر می‌باشد که ممکن است ۳ تا ۴ دسته را در مواردی، روی هم قرار دهند.



شکل ۱۲- چوب‌های با ضخامت یکنواخت در یک دسته قرار می‌گیرند.

### چوب‌دستک گذاری

اگر در دسته‌بندی‌ها، چوب‌ها را روی هم قرار دهند، اولاً جریان هوا برقرار نشده و زمان خشک شدن طولانی می‌گردد، و ثانیاً زمینه لازم برای فعالیت قارچ‌ها و پوسیدگی چوب فراهم می‌شود؛ بنابراین قطعاتی از چوب با سطح مقطع  $2/5 \times 2/5$  یا  $2/5 \times 1/5$  سانتی‌متر با طول مورد نیاز که به عرض دسته‌بندی بستگی دارد، به‌عنوان زیر سری در بین تخته‌ها قرار داده می‌شود. در تکنولوژی جدید، چوب‌دستک پلاستیکی نیز ساخته شده است. چوب‌دستک باید در هوای آزاد خشک شده باشد و از عیب‌هایی مانند گره، چوب واکنشی، الیاف پیچی (چرخشی) که قادر به معیوب کردن چوب هستند، عاری باشند. از آنجایی که چوب‌دستک‌ها به‌طور دائمی استفاده می‌شوند، باید آنها را به روش‌های حفاظتی اشباع نمود که ساده‌ترین راه، رنگ کردن آنها با رنگ روغنی است. همچنین در دسته‌بندی باید از چوب‌دستک‌هایی با ضخامت یکسان استفاده کرد. شکل ۱۳



شکل ۱۳- روش چوب‌دستک‌گذاری در دسته‌های چوب

برای کاهش سطح تماس چوب‌دستک با چوب، و کاستن از احتمال اثرگذاری چوب‌دستک روی چوب، سطح مقطع آنها را فرم‌دار انتخاب می‌کنند. شکل ۱۴



شکل ۱۴- انواع فرم‌های چوب‌دستک برای جلوگیری از اثر احتمالی روی چوب



به نظر شما از چه مواد دیگری برای جنس چوب دستک می توان استفاده کرد؟ با دوستان خود مشورت کرده و معایب و مزایای آنها را بررسی نمایید.

### پی واحدهای دسته بندی

برای تسهیل در جریان هوا و جلوگیری از تماس چوب های زیرین دسته بندی با زمین، که موجب جذب رطوبت و تجمع حشرات و پوسیدگی چوب می شود، از پی یا پایه هایی مناسب از جنس چوب، بتون یا قطعات آهنی استفاده می شود. شکل ۱۵



شکل ۱۵- انواع پی واحد دسته بندی

از مهم ترین ویژگی های پی ها، می توان به موارد زیر اشاره کرد:  
- پی، باید وزن واحد دسته بندی را تحمل کند. همچنین سطح بالایی پایه ها باید کمی شیب دار باشد.  
- فاصله بین پایه ها باید ۲۵ تا ۱۵۰ سانتی متر (معمولاً ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی متر) باشد؛ که این فاصله به ضخامت و گونه چوبی بستگی دارد.  
- ارتفاع اولین ردیف تخته ها از زمین باید ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر باشد تا از جریان هوا در زیر دسته بندی ها جلوگیری نکند.

### روش های حمل و نقل در یارد

حجم تولید و ظرفیت چوب خشک کنی یک یارد تعیین کننده روش حمل و نقل است. وسایل حمل و نقل در یارد، به مکانیزه یا غیرمکانیزه بودن یارد بستگی دارد. در یارد مکانیزه، برای جابه جایی دسته بندی ها از جرثقیل یا لیفت تراک، ولی اگر یارد مکانیزه نباشد از گاری یا واگن ریلی استفاده می کنند. شکل ۱۶



در صورتی که از تجهیزات چرخ دار یا گاری برای جابه جا کردن دسته ها استفاده شود، مسیر حرکت باید صاف بوده و دست انداز نداشته باشد؛ زیرا در اثر وجود دست انداز و ایجاد تکان هایی در هنگام حمل و نقل، چوب دستک ها می لغزند و از ردیف خارج می شوند.



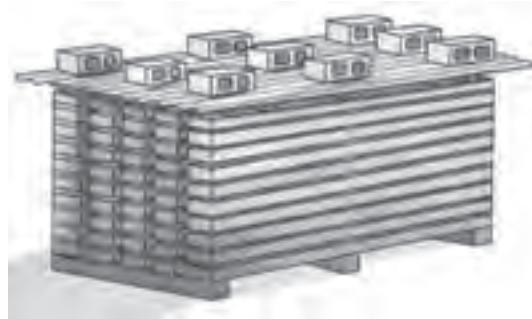
شکل ۱۶- جابه جا کردن واحد دسته بندی به وسیله لیفتراک (سمت چپ) و جرثقیل (سمت راست)



به نظر شما در کدام روش حمل و نقل در یارد به کف مسطح نیاز نمی باشد؟

### محافظت و نگهداری از چوب در یارد

برای جلوگیری از بروز معایب خشک کردن چوب و صدمات ناشی از تابش مستقیم آفتاب و برف و باران، باید از پوشش یا آفتاب گیر، و اگر از نظر اقتصادی ممکن باشد از هانگار استفاده کرد. شکل ۱۷



شکل ۱۷- پوشش واحد دسته بندی به وسیله پوشش یا آفتاب گیر

هانگار، دارای سقف دائمی بوده و از ریزش برف و باران، و تابش مستقیم نور خورشید روی چوب ها جلوگیری می کند. به این ترتیب چوب خشک شده در هانگار، دارای رنگ روشن بوده و عاری از ترک و معایب دیگر است. شکل ۱۸

ساخت، طراحی و موقعیت هانگار به عوامل جوی مرتبط است.



شکل ۱۸- هانگار چوب خشک کنی

به جای هانگار می توان، روی دسته بندی های چوب را به وسیله ایرانیت، صفحات پلاستیک و یا فلزی پوشاند.



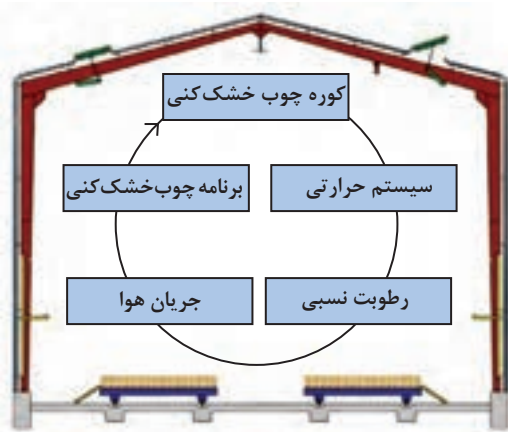
## خشک کردن صنعتی چوب

در بسیاری از موارد از جمله استفاده چوب‌آلات در قسمت‌های داخلی ساختمان، خشک کردن چوب‌های گران‌قیمت (تازه بریده شده)، کاهش احتمالی عیب‌ها و روش خشک کردن چوب در هوای آزاد رطوبت را تا مقدار مورد نیاز کاهش می‌دهند؛ بنابراین در چنین مواردی از تجهیزات یا کوره‌های چوب خشک‌کنی استفاده می‌شود.

### تعریف کوره چوب خشک‌کنی

کوره چوب خشک‌کنی اتاقکی است که در آن درجه حرارت، رطوبت نسبی و جریان هوا به وسیله برنامه چوب خشک‌کنی قابل کنترل بوده و تحت این شرایط چوب خشک می‌شود.

با توجه به اینکه معمولاً برای خشک کردن صنعتی 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 نیست که خشک کردن چوب در کوره در مقیاس کوچک و کارگاهی قابل استفاده نخواهد بود. امروزه تجهیزاتی در مقیاس کارگاهی ساخته شده که از طریق کنترل درجه حرارت و رطوبت نسبی داخل کوره قادر به خشک کردن چوب هستند. شکل ۱۹



شکل ۱۹- نمایی کلی از کوره چوب خشک‌کنی

### ویژگی‌های کوره‌های چوب خشک‌کنی

خشک کردن چوب به صورت صنعتی، دارای مزایا و معایبی به شرح زیر است:

#### مزایای خشک کردن چوب در کوره:

- مدت خشک کردن چوب در کوره در مقایسه با خشک کردن چوب در هوای آزاد بسیار کوتاه است و در نتیجه، سرمایه در زمان کمتری معطل می‌شود.
- چوب خشک شده با این روش، روشن‌تر و عاری از پوسیدگی و حشره‌زدگی است.
- به دلیل امکان کنترل دقیق شرایط خشک کردن تولید چوب بدون پیچیدگی، ترک و گسیختگی خواهد بود.
- خشک کردن چوب تا مقدار رطوبت مورد نظر امکان‌پذیر است.
- به حمل‌ونقل و جابه‌جایی کمتر دسته‌های چوب در مقایسه با روش خشک کردن در هوای آزاد نیاز است.
- کارکردن با چوب خشک شده در کوره آسان‌تر است.

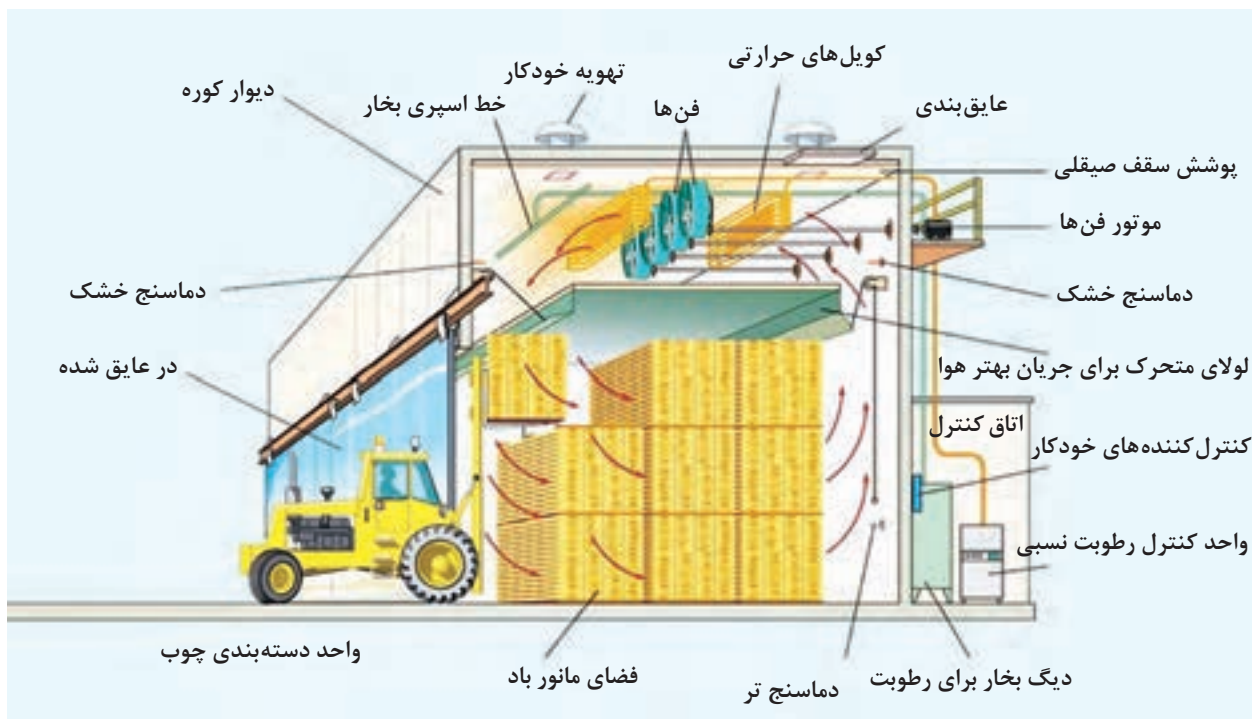
- قابلیت چسبندگی چوب و رنگ پذیری چوب خشک شده در کوره بیشتر و سریع تر است.

### معایب خشک کردن چوب در کوره:

- نیاز به خرید تجهیزات گران قیمت دارد.
- نیاز به تجهیزات گرم کردن کوره مانند گازوئیل، گاز طبیعی یا ضایعات چوب دارد.
- مصرف انرژی بالایی دارد.

### مکانیسم کار کوره‌های چوب خشک‌کنی

کار با کوره‌های چوب خشک‌کنی به مهارت و تخصص نیاز دارد. کوره چوب خشک‌کنی از یک یا چند محفظه، اتاقک یا تونل تشکیل شده 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 همراه مولکول‌های هوا به خارج از چوب انتقال داده می‌شود. شکل ۲۰ با توسعه کوره چوب خشک‌کنی، طرح‌های آن در زمینه تأمین گرما، ترتیب قرار گرفتن پنکه‌ها، کنترل رطوبت نسبی یا اختلاف دمای خشک و تر و مصالح مختلف برای ساختمان کوره، تغییر کرده است. طرح کوره در عملکرد آن بسیار مؤثر است. اگر کوره درست طراحی شود با آن می‌توان بیشتر گونه‌های چوب یا فراورده‌های آن را تا حد رطوبت مورد نظر (۱۹٪-۳) در فاصله زمانی نسبتاً کوتاه و بدون افت، که در اثر



شکل ۲۰- شماتیک کلی یک کوره چوب خشک‌کنی

عیب‌های خشک کردن پیش می‌آید، خشک کرد. در خشک کردن چوب در کوره با تنظیم درجه حرارت و رطوبت نسبی هوای درون کوره پس از مدتی به تدریج رطوبت چوب کم می‌شود. برای افزایش رطوبت نسبی از اسپری بخار آب و برای کاهش رطوبت نسبی از دریچه بالای کوره (تخلیه هوای مرطوب) استفاده می‌شود. وظیفه هوای درون کوره جذب رطوبت چوب است. پس از گذشت مدت زمانی، رطوبت نسبی هوای درون کوره خیلی زیاد شود و قادر به جذب بیشتر رطوبت از چوب نخواهد بود. در چنین شرایطی مقداری از هوای درون کوره تخلیه شده و هوای تازه وارد آن می‌گردد. 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 خشک‌تر می‌گردد (قسمت بالای شکل ۲۰ کویل‌های حرارتی را نشان می‌دهد).

### انواع کوره‌های چوب خشک‌کنی

کوره‌های چوب خشک‌کنی را بر اساس شرایط مختلف از جمله تکنیک اجرایی، سیستم‌های رطوبت‌رسانی، سیستم حرارتی، سیستم جریان اجباری هوا و سیستم‌های کنترل در کوره تقسیم‌بندی می‌کنند.



نمودار ۱- تقسیم‌بندی کوره‌های چوب خشک‌کنی

## الف) تکنیک اجرای کوره‌های چوب خشک‌کنی

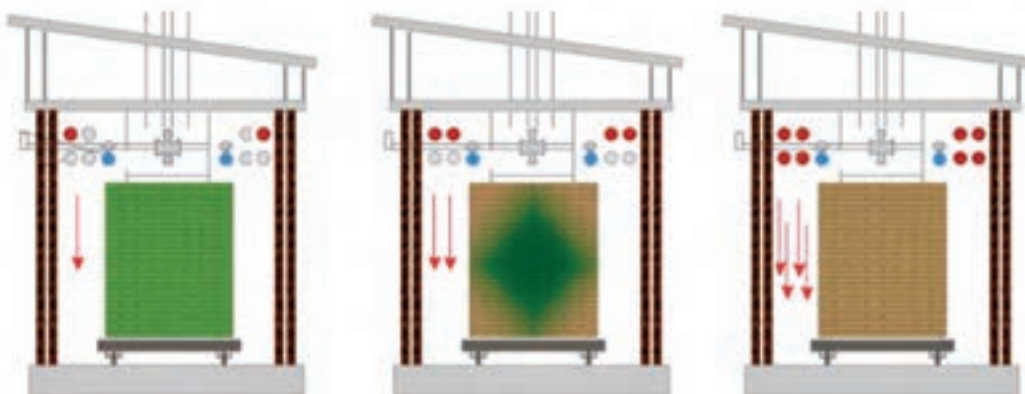
رده‌بندی با تکنیک اجرای کوره‌ها، چهار نوع کوره‌های حجره‌ای، تونلی، خورشیدی و خشک‌کن با روش خلأ است. که دو نوع کوره حجره‌ای و تونلی را از هم تفکیک می‌کند. نوع حجره‌ای بیشتر رایج است. در کوره‌ها از سیستم جریان طبیعی یا جریان اجباری هوا می‌توان استفاده نمود.

**۱- کوره‌های حجره‌ای (اتاقکی):** کوره‌های حجره‌ای (اتاقکی) در اندازه‌های مختلف وجود دارند. در شکل ۲۱ چند نوع از این کوره‌ها نشان داده شده است. ظرفیت خشک کردن این کوره‌ها از ۷ تا ۱۰۰۰ مترمکعب چوب در هر بارگیری است. البته کوره‌های با ظرفیت بارگیری کمتر حتی تا ۱ مترمکعب نیز وجود دارد.



شکل ۲۱- اندازه‌های مختلف کوره حجره‌ای (اتاقکی)

در کوره‌های حجره‌ای (اتاقکی) چوب خشک‌کنی، بارگیری چوب به‌طور همزمان انجام می‌گیرد و چوب در طی مدت خشک شدن در درون کوره، به حالت ثابت خواهد ماند. شکل ۲۲



شکل ۲۲- ثابت ماندن دسته‌بندی‌های چوب تا خشک شدن نهایی

دما و رطوبت نسبی هوای داخل کوره تا حد مقدور در تمام نقاط، یکنواخت نگهداری می‌شود و این دو پارامتر در دامنه نسبتاً وسیعی قابل کنترل هستند. دما و رطوبت نسبی کوره، همراه با خشک شدن چوب به‌ترتیبی که برنامه خشک کردن چوب ایجاد کند، تغییر می‌یابند. برنامه خشک کردن چوب بر حسب گونه، ضخامت، درجه کیفیت و مورد مصرف چوب پس از خشک شدن متغیر خواهد بود.

کوره‌های حجره‌ای (اتاقکی) را می‌توان بر اساس سیستم بارگیری به چند دسته تقسیم کرد. شاید بتوان گفت که اغلب کوره‌ها با سیستم ریل و واگن، بار زده می‌شوند. چوب روی واگن ساده دسته‌بندی شده و سپس با



هدایت روی ریل، به داخل کوره هدایت می‌رود. در روشی دیگر واحدهای دسته‌بندی چوب را با لیفت‌تراک به داخل کوره می‌برند. به این کوره‌ها، کوره‌های بارگیر از بغل یا بارگیری بسته‌ای هم می‌گویند. شکل ۲۳ و ۲۴



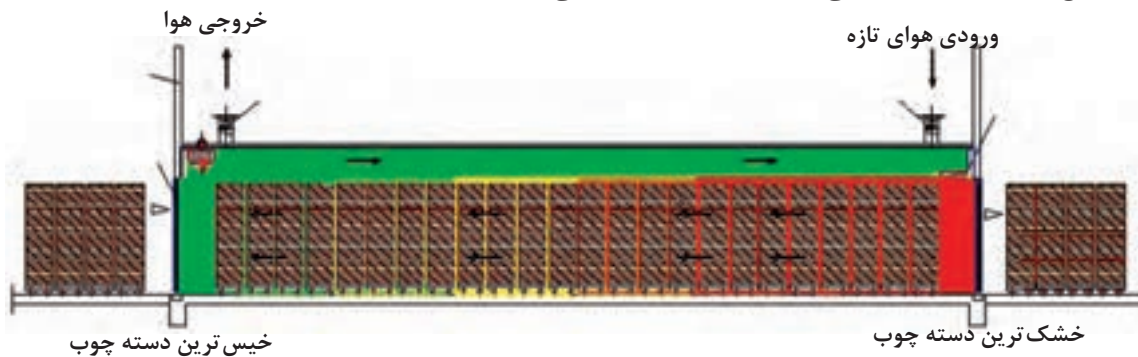
شکل ۲۴- سیستم بارگیری کوره به وسیله ریل و واگن



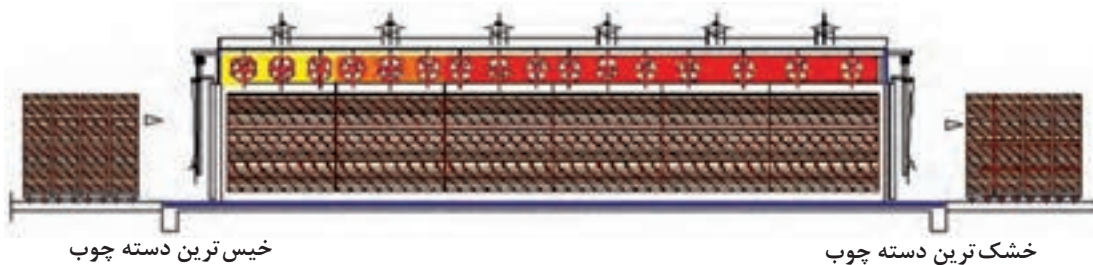
شکل ۲۳- سیستم بارگیری کوره به وسیله لیفت‌تراک

کوره‌های ریل‌دار، معمولاً در یک انتها دارای در هستند ولی در نوعی دیگر، هر دو انتها به در مجهز می‌باشند تا زمان تخلیه و بار زدن کوره، به کوتاه‌ترین زمان برسد.

۲- کوره‌های تونلی (پیوسته): در کوره پیوسته یا تونلی، چوب دسته‌بندی شده روی واگن قرار گرفته و هر دسته چوب در یکی از مراحل خشک کردن قرار دارد. کوره‌های پیوسته، به دو در بارگیری و تخلیه مجهز هستند. خیس‌ترین دسته چوب روی واگن در ورودی و خشک‌ترین چوب، روی واگن در انتهای خروجی واقع است. روش جابه‌جایی در این کوره، همواره ریلی است. شکل ۲۵ و ۲۶



شکل ۲۵- کوره پیوسته چوب خشک‌کنی مجهز به جریان طبیعی هوا

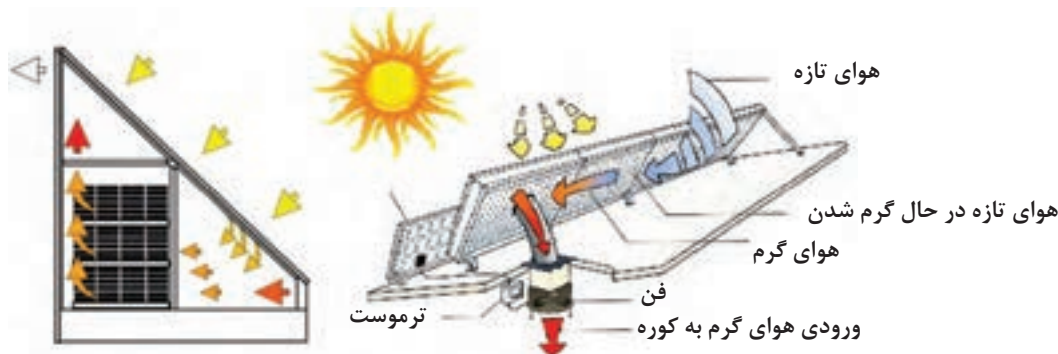


شکل ۲۶- کوره پیوسته چوب خشک‌کنی مجهز به سیستم جریان اجباری هوا

در کوره‌های تونلی انعطاف تغییر نوع گونه، ابعاد یا رطوبت چوب وجود ندارد. در این نوع کوره‌ها کنترل دقیق شرایط خشک کردن (که معمولاً برای پهن‌برگان لازم است) مقدور نخواهد بود.

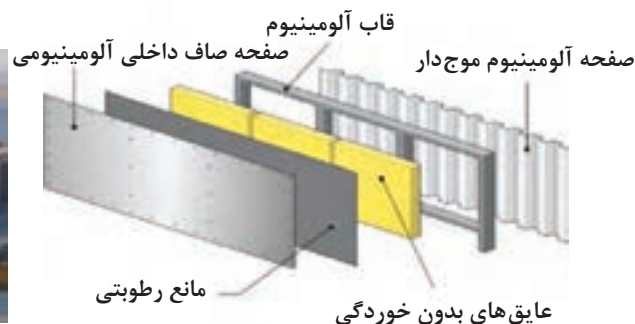


**۳- کوره‌های خورشیدی:** تا ظهور بحران انرژی، به کوره‌های خورشیدی توجهی نمی‌شد. امتیاز کوره‌های خورشیدی، انرژی مجانی و فراوان آن است، ولی جمع‌آوری این انرژی هزینه در بردارد و همین مسئله از معایب کوره خورشیدی به حساب می‌آید. انرژی ارزان خورشید شدت چندانی ندارد و اغلب ظرفیت حرارتی کوره را به ۵۰ درجه سانتی‌گراد محدود می‌سازد، مگر اینکه از جمع‌کننده قوی استفاده شود. طرح ساختمانی کوره خورشیدی با عایق کاری، تا کنون در دو حالت توسعه یافته است. شکل ۲۷



شکل ۲۷- کوره پیوسته چوب خشک‌کنی با جریان مصنوعی هوا

**ساختمان کوره:** کوره‌های چوب خشک‌کنی در معرض شرایط نامساعد قرار دارند. این کوره‌ها اغلب در فضایی واقع‌اند و نه تنها شرایط نامساعد آب و هوایی، بلکه باید تغییرات زیاد رطوبت نسبی و درجه حرارت داخل اتاقک را نیز تحمل کنند. ساختمان یا اسکلت اصلی کوره چوب خشک‌کنی را از مواد ساختمانی زیادی از جمله بتون، آجر، تخته چندلایه، پانل‌های پیش‌ساخته و ورقه‌های فلزی مخصوصاً آلومینیوم یا ترکیبی از این مواد می‌سازند. برای جلوگیری از نفوذ بخار آب در ساختمان کوره که سبب تخریب مصالح آن خواهد شد، از مواد اندودکننده متنوعی استفاده می‌شود. از طرفی برای بازدهی کوره لازم است اتلاف حرارت از آن، به حداقل برسد. شکل ۲۸ و ۲۹



شکل ۲۹- کوره‌های چوب خشک‌کنی ساخته شده با آلومینیوم

شکل ۲۸- نمونه دیواره کوره (پانل پیش‌ساخته آلومینیوم)

بسیاری از کوره‌های چوب خشک‌کنی در دههٔ اخیر را با پانل پیش‌ساخته از جنس آلومینیوم و فایبرگلاس یا پلیمرهای عایق درست کرده‌اند. اتصالات این قبیل اعضا باید طوری طراحی شوند که افت حرارت کوره، حداقل گردد و انقباض و انبساط قطعات فلزی در اثر تغییر دمای کوره ممکن باشد. وجود این انعطاف در آلومینیوم، سبب شده که این ماده برای ساخت کوره مطلوب به شمار آید.

### انواع در کوره چوب خشک‌کنی

**درهای کوره:** در کوره‌های چوب خشک‌کنی اغلب بزرگ است و در انتها یا کنارهٔ اتاقک کوره قرار می‌گیرد. در کوره اغلب فلزی بوده و برای باز و بسته کردن آن از روش‌های مختلف استفاده می‌کنند. شکل‌های ۳۰ تا ۳۳



شکل ۳۱- در تاشو برای کوره‌های بزرگ‌تر تا پهنا ۱۳ متر



شکل ۳۰- در بادبزی تکی یا دوتایی برای کوره‌های کوچک با پهنا ۵ تا ۳ متر



شکل ۳۲- در ریلی برای کوره‌های با پهنا ۱۳ متر



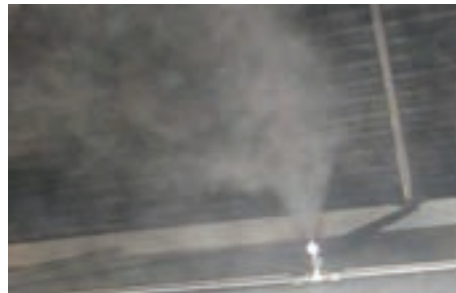
شکل ۳۳- در با حرکت عمودی برای کوره‌های بزرگ تا پهنا ۱۴ متر

### ب) سیستم‌های رطوبت‌رسانی

**اسپری با بخار:** رطوبت نسبی مطلوب هوای کوره را تأمین می‌نماید؛ و بخار اشباع برای این منظور دارای برتری است و فشار آن باید کم باشد تا حالت اشباع پیدا کند. جریان اسپری بخار با شیرهای خودکار یا دستی کنترل شده و نیازهای نگهداری آنها تفاوتی با سیستم بخار تأمین گرمای کوره ندارد. بازرسی سیستم اسپری بخار به‌طور جداگانه و تنظیم کردن آن به‌دفعات، برای زیر نظر داشتن وضعیت سوراخ‌های ریز و لوله ضرورت دارد تا روی چوب یا ادوات کنترل دما (دماسنج) قطرات آب نریزد. شکل ۳۴ و ۳۵

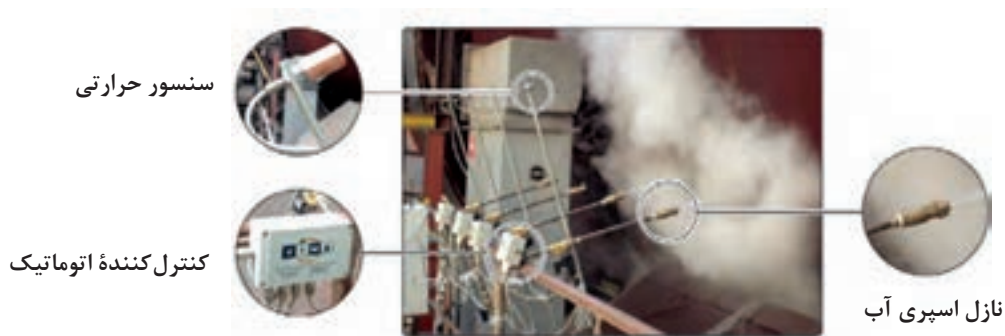


شکل ۳۵- محل قرارگیری اسپری بخار در کوره



شکل ۳۴- نازل اسپری بخار

**اسپری با آب:** گاهی برای تأمین رطوبت لازم در کوره، سیستم اسپری آب نصب می‌شود. به‌طور کلی اسپری آب نمی‌تواند بخار آب مطلوب را در کوره تأمین کند. در صورت نصب سیستم اسپری آب، باید بازرسی جریان آب به‌طور منظم انجام شده و تعمیرات مورد نیاز به‌موقع اجرا گردد. شکل ۳۶



شکل ۳۶- اسپری آب در کوره

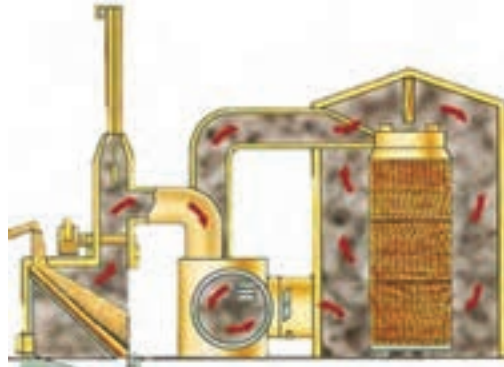
### ج) سیستم حرارتی

در یک کوره چوب خشک‌کنی، به چهار دلیل به حرارت نیازمندیم؛ این دلایل عبارت‌اند از:

- گرم کردن چوب و آب درون آن
- تبخیر رطوبت چوب
- گرم کردن هوای تازه ورودی به کوره
- جبران حرارت از دست رفته

سیستم گرمادهی درست طراحی شده و خوب نگهداری شده شرایط خشک کردن یکنواخت در کوره را فراهم می‌آورد. حرارت دادن در کوره به دو طریق، حرارت دادن مستقیم و حرارت دادن غیرمستقیم انجام می‌گیرد.

**- روش حرارت دادن مستقیم:** در این روش، کوره چوب خشک‌کنی گازهای گرم را که از احتراق گاز طبیعی، سوخت مایع یا ضایعات چوب به‌وجود می‌آیند، با هوای کوره مخلوط می‌کنند و از بین چوب می‌گذرانند. در بعضی از انواع خشک‌کن‌ها، هوای گرم را به کانال‌هایی هدایت می‌کنند و از این کانال‌ها به درون محفظه خشک‌کن انتقال می‌دهند. در انواع دیگر شعله‌های حاصل از احتراق، به سطح فلزی برخورد کرده و آن را گرم می‌کنند؛ سپس هوای خشک‌کن در تماس با این سطح گرم می‌شود و به داخل دسته چوب انتقال می‌یابد. شکل ۳۷



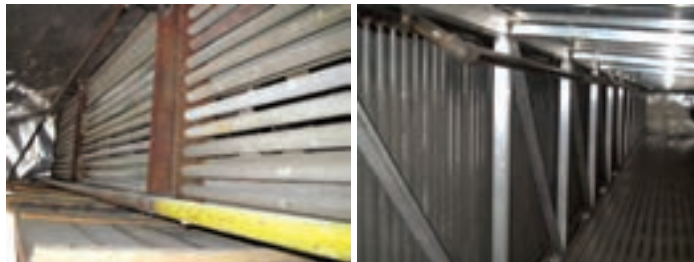
شکل ۳۷- گازهای گرم مستقیماً به داخل کوره فرستاده می‌شود.

در این کوره‌ها مبدل‌های حرارتی وجود ندارد. **روش حرارت دادن غیرمستقیم:** در این روش از منابع حرارتی مختلف مانند گازهای گرم، هوای گرم، الکتریسیته و بخار آب استفاده می‌شود، ولی گرم کردن هوای درون کوره از طریق مبدل‌های حرارتی انجام می‌گیرد.

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، 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. شکل‌های ۳۸ تا ۴۱



شکل ۳۹- کویل حرارتی



شکل ۳۸- نحوه قرارگیری کویل‌های حرارتی



شکل ۴۱- انتقال حرارت کویل‌ها با هوای اطراف خود



شکل ۴۰- انتقال حرارت کویل‌ها به وسیله فن‌ها

### د) سیستم هوای خشک

سیستم هوای خشک کن در حقیقت نحوه دمیدن و به جریان درآوردن هوای داخل محفظه یا اتاقک خشک‌کن

را تعیین می‌کند. برای این منظور از چند سیستم هوا استفاده می‌شود:

**سیستم جریان طبیعی هوا:** در این سیستم، هوا به‌طور طبیعی در بین دسته‌بندی‌های چوب به جریان در می‌آید. در واقع هوا در قسمت پایین کوره به وسیله تعدادی کویل حرارتی (گرم‌کننده)، گرم شده و چون هوای گرم سبک‌تر است، به سوی بالا به جریان در می‌آید سپس در اثر تماس هوای گرم با رطوبت چوب، هوا خنک می‌شود و در اثر خنک‌شدن سنگین‌تر می‌گردد و به طرف پایین به جریان خواهد افتاد.

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. شکل ۴۲



شکل ۴۲- دریچه‌های ورود هوای تازه در قسمت پایین کوره

**سیستم جریان اجباری هوا:** در تمام کوره‌های مدرن از جریان مصنوعی هوا استفاده می‌شود. در این جریان، هوا از بین طبقات چوب‌های دسته‌بندی شده در جهت عمود بر طول چوب و به موازات چوب‌دستک‌ها، عبور می‌کند.

در کوره‌های چوب خشک‌کنی، برای انتقال حرارت از کویل‌های حرارتی یا گرم‌کننده به چوب، مخلوط کردن هوا و 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 به‌وجود آوردن جریان اجباری هوا دمنده‌هایی به کار گرفته می‌شود که روش نصب آنها به دو طریق انجام می‌گیرد:

**الف) سیستم جریان اجباری هوا با دمنده خارجی:** در این سیستم، هوا به کمک دمنده که در خارج از کوره نصب شده، از قسمت زیر دسته چوب‌ها به داخل و وسط دسته چوب دمیده می‌شود و از طریق دودکش وسط، به طرف بالا به جریان در می‌آید. شکل ۴۳ و ۴۴



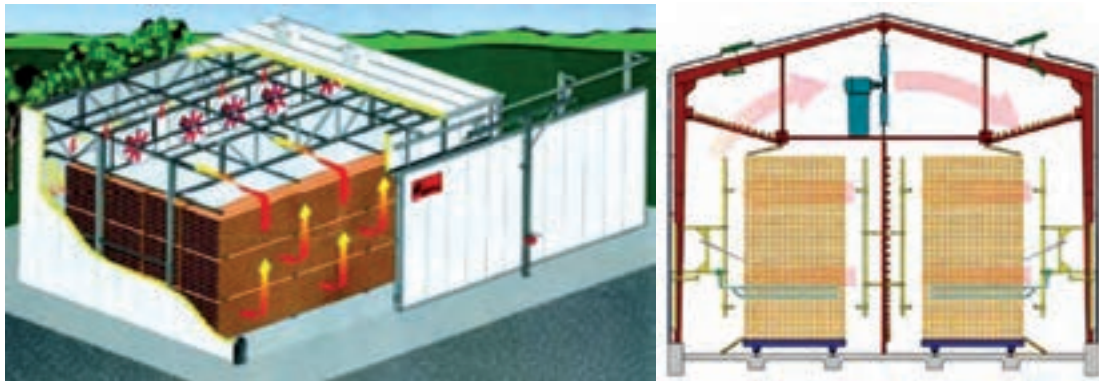
پودمان ۳: خشک کردن و حفاظت صنعتی چوب



هوا در هنگام 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 از دو طرف کوره جمع می‌شود و در معرض کویل‌های حرارتی قرار می‌گیرد. هوای مرطوب پس از گرم شدن، مجدداً از طریق شیارهای ورودی به درون کوره و داخل دسته چوب انتقال داده می‌شود. هوای گرم و مرطوب از طریق دریچه‌های تخلیه هوا خارج و هوای تازه از کنار دمنده وارد می‌شود. شکل ۴۵

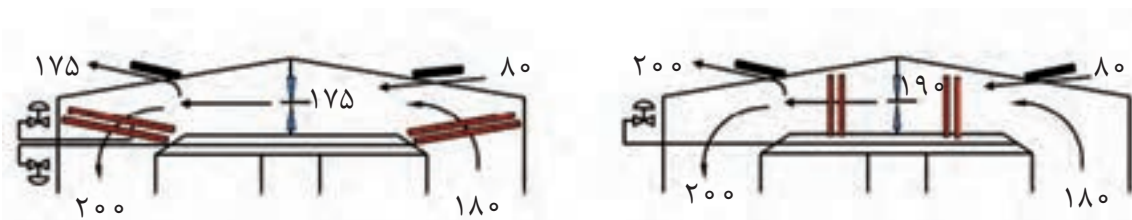
شکل ۴۵- کوره چوب خشک‌کنی مجهز به سیستم جریان اجباری هوا با دمنده خارجی

(ب) سیستم جریان اجباری هوا با دمنده داخلی: در این سیستم، دمنده‌ها در درون اسکلت کوره قرار می‌گیرند و هوا را به جریان درمی‌آورند. شکل ۴۶



شکل ۴۶- روش‌های نصب دمنده در کوره مجهز به سیستم جریان اجباری هوا با دمنده داخلی

اغلب اگر هدف، تبدیل کوره‌های مجهز به سیستم جریان طبیعی هوا به سیستم جریان اجباری با دمنده داخلی باشد، دمنده در زیر کوره نصب می‌شود ولی در دیگر سیستم‌ها دمنده در بالای کوره نصب خواهد شد. در این سیستم، کویل‌های حرارتی در دو طرف فن دمنده قرار گرفته و هوای مرطوب، قبل یا بعد از دمنده گرم می‌شود. شکل ۴۷



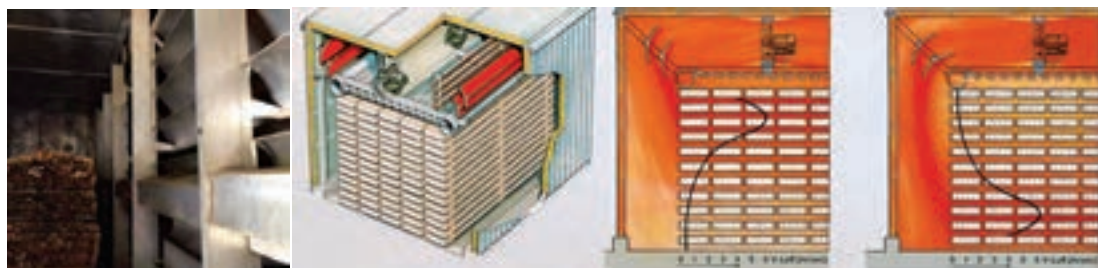
شکل ۴۷- محل قرارگیری کویل‌های حرارتی در بالای کوره

در این خشک‌کن‌ها، هوا از بالای کوره به جریان در می‌آید و از سمت چپ (سمتی که لیفت‌تراک قرار دارد) وارد دسته چوب می‌گردد؛ سپس هوا از بین چوب‌ها عبور کرده و پس از جذب رطوبت چوب، از طرف راست کوره به بالا جریان می‌یابد. در مسیر برگشت گرم و خشک‌تر شده، و مجدداً به اطراف چوب انتقال می‌یابد؛ سرانجام مقداری هوای گرم و مرطوب از طریق دریچه‌های تخلیه واقع در بالای کوره، خارج خواهد شد. برای اطمینان یافتن از جریان هوا از بین چوب‌ها مانع‌هایی (سپرهایی) در بالای چوب و زیر سقف کاذب نصب شده‌اند. شکل ۴۸



شکل ۴۸- مانع (سپر) در بالای کوره و روی چوب‌ها برای اطمینان یافتن از جریان هوا

همچنین زبانه‌های متحرکی نیز در کوره تعبیه می‌شوند که باعث جریان بهتر هوا و توزیع حرارت میان لایه‌های الوار هستند. این کار به کاهش تغییرات عمودی رطوبت میان الوار منجر می‌شود. شکل ۴۹



شکل ۴۹- زبانه‌های متحرک برای جریان بهتر هوا

### ه) سیستم‌های کنترل

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.

– **ابزار دستی کنترل:** ابزار دستی کنترل بیشتر در واحدهای کوچک چوب خشک‌کنی مورد استفاده قرار می‌گیرد و معمولاً یک نفر تمام وقت در این گونه واحدها برای خشک کردن چوب مشغول خواهد بود. در انجام درست چوب خشک‌کنی با لوازم دستی کنترل، دمای تر و خشک باید معلوم باشد. اگر این دماها با مقدار رطوبت تفاوت داشته باشند، باید از طریق تکرار تنظیم شیرهای حرارت و رطوبت‌رسانی، به مقادیر مورد نظر دست یافت. مقدار تهویه نیز باید به‌طور تجربی به‌دست آید. برای رسیدن به دمای مطلوب، زمان زیادی صرف ثبت مشاهدات و تنظیم‌های لازم خواهد شد. شکل ۵۰





شکل ۵۰- مشخص کردن دمای تر و خشک با لوازم دستی

- سیستم‌های نیمه خودکار کنترل: کنترل کننده نیمه خودکار به‌طور پیوسته پارامترهای شرایط (رطوبت و دما) هوای کوره را اندازه‌گیری و ثبت می‌کند. تنظیم دما و رطوبت توسط مسئول کوره صورت می‌گیرد. با ادامه خشک شدن چوب در کوره، مسئول مربوطه مراحل متوالی تنظیم دما و رطوبت را برای شرایط مطلوب کوره، در دستگاه انجام می‌دهد.

دمای تر در تمام نقاط داخل کوره یکی است ولی دمای خشک در طول و ارتفاع کوره نوسان دارد. دستگاه اندازه‌گیری شرایط، داخل کوره را با آنچه که روی کنترل کننده تنظیم شده است، مقایسه می‌کند. کنترل کننده تغییر شرایط هوای کوره را از طریق فرمان به باز یا بسته شدن شیرها، تهویه و سیستم حرارتی، انجام می‌دهد تا هوای کوره را به شرایط مطلوب تنظیم برساند. شکل ۵۱ و ۵۲



شکل ۵۲- تنظیم شرایط کوره



شکل ۵۱- تنظیم کنترل کننده

- سیستم‌های تمام خودکار: سیستم تمام خودکار بدین مفهوم است که در شروع کار کوره در خشک کردن هر بار، کلیه اطلاعات مربوط به کنترل به دستگاه داده می‌شود و کنترل کننده هر نوع تغییر لازم دما یا رطوبت را طی خشک کردن چوب‌ها، خود انجام می‌دهد. این تغییرات ممکن است تعیین رطوبت نهایی و خاموش کردن کوره را نیز شامل شود. در سیستم خودکار، ممکن است تنظیم‌های دستی نیز انجام شود ولی به ندرت اتفاق می‌افتد.

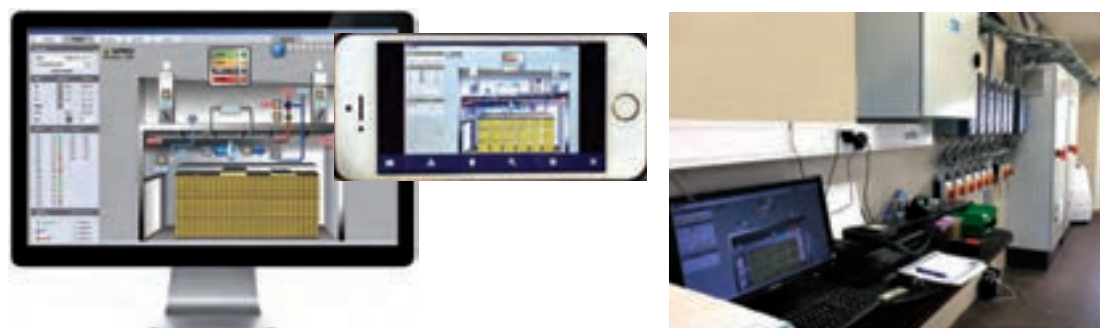
از اواسط دهه ۱۹۸۰ استفاده از رایانه در کوره‌های چوب خشک کنی (سوزنی برگان و پهن برگان) رایج گردید که سبب بهبود سیستم‌های کنترل در کوره شده است.

در واقع فناوری، رشد سریعی دارد و همراه با افزایش معلومات انسان در اندازه‌گیری یا برآورد متغیرهایی مانند هم‌کشیدگی، تنش، دمای چوب و رطوبت آن، دقت کار بیشتر خواهد شد؛ بنابراین کنترل کننده‌های رایانه‌ای چوب را مطلوب‌تر خشک می‌کنند. شکل ۵۳



شکل ۵۳- کنترل کننده‌های رایانه‌ای

عوامل حساس جمع‌آوری اطلاعات کوره چوب خشک‌کنی شامل موارد زیر است:  
 ۱- پردازش اطلاعات به وسیله نرم‌افزار گوشی و پردازش اطلاعات توسط رایانه. شکل ۵۴



شکل ۵۴- سخت‌افزارهای پردازش اطلاعات

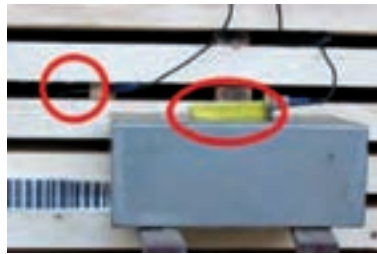
۲- تشدیدکننده یا آمپلی‌فایر که اطلاعات جمع‌آوری شده را با قدرت بیشتری به تابلوی کنترل انتقال می‌دهد. تابلوی کنترل می‌تواند چند محفظه کوره را به‌طور هم‌زمان کنترل و تنظیم کند. شکل ۵۵ و ۵۶



شکل ۵۶- تابلوی کنترل

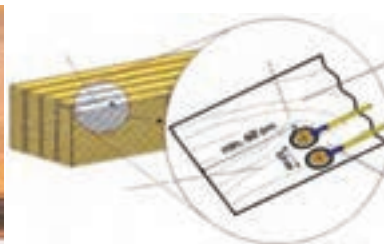
شکل ۵۵- تشدیدکننده یا آمپلی‌فایر

۳- اندازه‌گیری درجه حرارت هوای درون کوره که به وسیله دماسنج و اندازه‌گیری رطوبت نسبی هوای درون کوره که از طریق اندازه‌گیری درجه حرارت خشک و تر انجام می‌گیرد. شکل ۵۷



شکل ۵۷- اندازه‌گیری رطوبت نسبی و درجه حرارت درون کوره

۴- اندازه‌گیری رطوبت چوب در حال خشک شدن که از روش‌های مختلف از جمله کوبیدن الکتروود رطوبت‌سنج‌های الکتریکی در یک تا چند نقطه از یک دسته چوب انجام خواهد گرفت. در مواردی تا هشت محل اندازه‌گیری انتخاب می‌شود. شکل ۵۸



شکل ۵۸- نحوه قرار گرفتن الکتروود رطوبت‌سنج چوب در واحد دسته‌بندی



شکل ۵۹- نمونه کنترل در کوره

همچنین می‌توان از نمونه کنترل در کوره برای اندازه‌گیری رطوبت چوب استفاده کرد.  
۵- شیرهای کنترل بخارزنی برای تنظیم مقدار رطوبت نسبی درون خشک‌کن در مواقع لازم و شیرهای کنترل درجه حرارت و میزان گرم شدن هوای داخل خشک‌کن. این شیر میزان بخار آب وارد شده به کویل حرارتی را تنظیم می‌کند. شکل ۵۹ تا ۶۱



شکل ۶۱- کویل‌های حرارتی برای گرم کردن هوای کوره



شکل ۶۰- شیرهای کنترل بخارزنی

۶- دستگاه کنترل دریچه تخلیه هوای مرطوب و گرم. شکل ۶۲



شکل ۶۲- دریچه‌های تخلیه هوا

۷- سنسورهای اندازه‌گیری جریان هوا در میان ردیف‌های الوار، برای نمایش دادن و کنترل کردن. شکل ۶۳



شکل ۶۳- سنسورهای اندازه‌گیری جریان هوا و موقعیت آنها در کوره

تجهیزات کنترل باید برای تنظیم شرایط خشک کردن، اجزای مورد نیاز را فعال کرده یا متوقف کنند. این اجزا عبارت‌اند از:

۸- کویل‌های حرارتی که با استفاده از بخار آب یا منبع انرژی دیگری ایجاد گرما می‌کنند.

۹- دمنده که کنترل آن ضروری نیست.

۱۰- دریچه تخلیه هوای مرطوب.

۱۱- لوله پخش بخار آب برای مرطوب کردن هوای درون کوره و افزایش رطوبت نسبی آن.

### بارگیری، خشک کردن و تخلیه کوره

#### الف) بارگیری کوره چوب خشک‌کنی

اصول دسته‌بندی چوب در کوره، شبیه دسته‌بندی چوب در هوای آزاد است؛ به علاوه، باید دقت شود که شرایط خشک کردن در کوره شدیدتر از هوای آزاد است و در نتیجه، هر گونه اشکال در دسته‌بندی چوب باعث



شکل ۶۴- اصول دسته‌بندی چوب روی واگن

تخریب خواهد شد. اگر انتهای تخته‌ها از دسته‌بندی خارج شده باشند، بر سرعت هوای خشک‌کن تأثیر می‌گذارند و باعث تغییر جهت آن و به وجود آمدن عیب‌هایی مانند معوج شدن، ترک و غیریکنواختی در خشک کردن می‌شود. شکل ۶۴

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

برای جلوگیری از معوج شدن تخته‌های بالای دسته‌بندی، لازم است وزنه‌هایی بتونی یا چوبی روی دسته‌بندی قرار داده شود یا اینکه دسته‌ها به نحوی مهار گردند.

**چوب دستک گذاری:** انتخاب و استفاده مناسب از چوب دستک به کم شدن معایب و معوج شدن چوب‌ها می‌انجامد و ما را از خشک کردن سریع و یکنواخت مطمئن می‌کند. مهم‌ترین عوامل در چوب دستک شامل اندازه، محل قرار گرفتن در دسته، گونه و کیفیت چوب آن است.

ضخامت متداول چوب دستک بین حدود ۱۶ تا ۳۲ میلی‌متر و طول آن برابر پهنای دسته‌بندی است. پهنای مناسب چوب دستک در خشک کردن چوب پهن‌برگان معمولاً ۳۳ میلی‌متر است و نباید از ۳۸ میلی‌متر تجاوز کند. در مورد سوزنی‌برگان، از چوب دستک تا پهنای ۵ سانتی‌متر و حتی ۱۰ سانتی‌متر نیز می‌توان استفاده کرد.

**بارگیری:** طراحی کوره‌های چوب خشک‌کنی طوری است که هر نوع کوره‌ای با روش خاصی بارگیری می‌شود. شکل ۶۵

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



شکل ۶۵- بارگیری دسته‌بندی‌های چوب به طریق طولی

کوره با دسته‌بندی عرضی یعنی کوره‌ای که در آن دسته‌بندی‌های چوب به روش عرضی بارگیری خواهند شد. شکل ۶۶

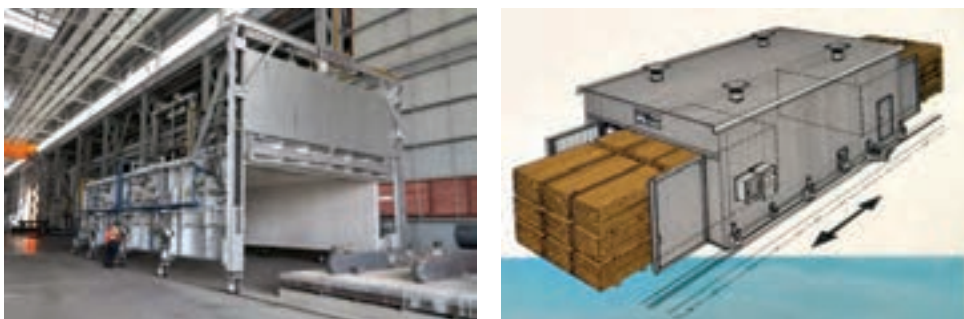


شکل ۶۶- بارگیری دسته‌بندی‌های چوب به طریق عرضی

این دو روش، به‌طور مستقیم بر جهت جریان هوا تأثیر می‌گذارند. بارگیری کم یا بارگیری بیش از ظرفیت بر کیفیت خشک شدن چوب در کوره تأثیرگذار است؛ یعنی زمانی عملیات خشک کردن چوب ایدئال خواهد بود که فضای درون کوره به‌طور کامل از چوب پر شده باشد. روش‌های دسته‌بندی و بار زدن چوب‌آلات در کوره برحسب گونه چوب (پهن‌برگ و سوزنی‌برگ)، طرح

سازمانی کارخانه، نوع چوب‌آلات مورد عمل و کوره و ادوات کار، تفاوت‌هایی دارد ولی روش‌ها در اصول با هم مشترک هستند.

بازدهی مطلوب و عمل کردن کوره، به درست دایر کردن آن بستگی دارد. بار زدن کورهٔ حجره‌ای یکبار انجام می‌شود و بار آن تا رسیدن به رطوبت مورد نظر باقی می‌ماند. در نوع جدید این کوره‌ها از نوع پیش‌ساخته و متحرک استفاده می‌شود که دیگر نیازی به جابه‌جا کردن دسته‌بندی چوب‌ها نیست و احتمال ریزش چوب‌آلات در هنگام حمل‌ونقل به صفر می‌رسد. شکل ۶۷



شکل ۶۷- نمونهٔ کوره‌های متحرک و سیستم عملکرد آن

### ب) خشک کردن

خشک کردن در حقیقت حرارت دادن چوب طبق برنامه‌ای مشخص، تا رسیدن به رطوبت مورد نظر است. برنامهٔ چوب خشک‌کنی ترکیبی است از شرایط «درجه حرارت» و «رطوبت نسبی» و «تغییر رطوبت» به طریقی که چوب به تدریج رطوبت خود را از دست بدهد و خشک شود. برنامهٔ چوب خشک‌کنی گونه‌های مختلف، به‌طور تجربی و آزمایشی تعیین شده و با هدف به حداقل رساندن زمان و معایب خشک کردن به اجرا در می‌آید.

خشک کردن چوب در کوره شامل سه مرحله است:

- مرحلهٔ آماده‌سازی: آماده‌سازی که در حقیقت گرم کردن چوب است. در این مرحله سعی می‌شود به صورت مرحله‌ای ولی خیلی سریع، درجه حرارت به حدود ۴۵-۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش یابد.

- مرحلهٔ دوم: خشک کردن واقعی. در این مرحله، برنامهٔ چوب خشک‌کنی به‌طور دقیق و طبق برنامهٔ چوب خشک‌کنی اعمال می‌شود.

- مرحله سوم: عمل متعادل‌سازی رطوبت چوب با محیط. شکل ۶۸



شکل ۶۸- مراحل مختلف خشک کردن چوب در کوره

### ج) تخلیه کوره

پس از پایان خشک کردن، عملیات تخلیه کوره آغاز می‌شود. پیش از خارج کردن چوب از کوره، باید عملیاتی انجام گیرد که مرحله سوم خشک کردن است.

مرحله سوم اندکی قبل از پایان عمل خشک کردن آغاز می‌شود و هدف آن متعادل‌سازی رطوبت لایه‌های سطحی و مغزی دسته‌بندی چوب است. زمانی که رطوبت نمونه کنترل کوره در حدود ۲ درصد کمتر از رطوبت نهایی مورد نظر است (اگر رطوبت نهایی مورد نظر ۱۰ درصد باشد، باید رطوبت نمونه کنترل چوب به ۸ درصد برسد)، این مرحله آغاز می‌گردد.

شرایط را باید به‌طریقی تنظیم کرد که رطوبت نمونه کوره به ۸ درصد برسد؛ یعنی، درجه حرارت را باید کمی افزایش داد و رطوبت نسبی را کاهش، خشک کردن تا رسیدن رطوبت نمونه تر کوره به ۱۰ درصد ادامه می‌یابد.

دسته‌های چوب خشک را نباید پس از پایان برنامه چوب خشک‌کنی، فوراً از کوره خارج کرد؛ بلکه باید دسته‌بندی‌ها در داخل کوره باقی بمانند تا اختلاف درجه حرارت آنها با خارج، حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد شود. در این حالت، می‌توان دسته‌بندی‌ها را از کوره تخلیه نمود. خارج کردن چوب از کوره به‌وسیله واگن و ریل یا لیفتراک انجام می‌گیرد. شکل ۶۹ و ۷۰



شکل ۷۰- تخلیه واحدهای دسته‌بندی پس از پایان خشک کردن



شکل ۶۹- خروج چوب‌های خشک شده از کوره

یکی از دلایل اهمیت و توسعه روزافزون دانش نانو فناوری، پیدایش راه‌حل‌های بسیار ساده و راحت‌تر در حل مشکلات است، به عنوان مثال به کمک نانو فناوری می‌توان استفاده از حفاظت‌کننده‌های شیمیایی چوب را که جزء آلاینده‌های زیست‌محیطی نیز به شمار می‌روند متوقف نموده و از مواد طبیعی در مقیاس نانو جهت حفاظت از چوب استفاده نمود که علاوه بر حل مشکل آلاینده‌گی ارزان‌تر نیز می‌باشند. فناوری نانو، علاوه بر این در افزایش دوام طبیعی چوب، کاهش سرعت اشتعال چوب، افزایش چسبندگی رنگ و بهبود سایر خواص چوب کاربرد دارد. برای درک بهتر این فناوری ابتدا باید با یکسری مفاهیم اولیه آشنا گردید:

### تعریف علم و فناوری نانو

احتمالاً تا به امروز نام نانو یا فناوری نانو را شنیده‌اید و همچنین با برخی از کاربردهای آن در صنایع مختلف آشنا شده‌اید. در نتیجه حتماً این سؤالات برای شما پیش آمده است که نانو چیست؟ آیا علم نانو، علم جدیدی است؟ فناوری نانو به چه فناوری‌ای گفته می‌شود؟ به چه دردمان می‌خورد؟ در قدم اول اجازه دهید شما را با تعریف علم نانو آشنا کنیم. تا به امروز تعریف‌های مختلفی از علم نانو (nanoscience) ارائه شده است. یکی از بهترین تعریف‌های علم نانو که به صورت بسیار مختصر شما را با جهان نانو آشنا می‌کند بدین گونه است: علم نانو مطالعه پدیده‌ها و دستکاری مواد در مقیاس‌هایی در ابعاد اتمی، مولکولی و ماکرومولکولی است که منجر به تغییر شدید خواص مواد (نسبت به مواد در ابعاد بزرگ) می‌شود.

همان‌گونه که متوجه شده‌اید، علم نانو به پدیده‌هایی اشاره می‌کند که در مقیاس‌های مشخص و احتمالاً بسیار کوچک رخ می‌دهد. مواد توده‌ای (تکه‌ای بزرگ از مواد؛ همانند آنچه که اطراف ماست) خواص فیزیکی مشخص و پیوسته‌ای دارند. به عبارت دیگر خواص فیزیکی آنها جدای از ابعادشان برای ما شناخته شده بوده و تغییر نمی‌کند. حال اگر یک ماده را کوچک کنیم، خواص آن ماده در ابعاد کوچک‌تر و میکرومتری (به عنوان مثال به اندازه یک ذره شن) نیز تقریباً مشابه همان تکه توده‌ای اولیه است ولی هنگامی که آن ماده به ابعاد بسیار کوچک‌تر و به اندازه ابعاد نانومتری برسد، خواص ماده به گونه‌ای تغییر می‌کند که دیگر قوانین فیزیک معمول و کلاسیک توانایی توضیح دادن آن را ندارد. آن ماده (به عنوان مثال طلا) در ابعاد نانومتری ممکن است خواص (به عنوان مثال خواص الکتریکی، نوری یا مکانیکی) بسیار متفاوتی نسبت به اندازه توده‌ای خود داشته باشد.

حال با درک اولیه از تعریف علم نانو می‌توانیم فناوری نانو یا نانوفناوری (nanotechnology) را نیز این گونه تعریف نماییم: فناوری نانو طراحی، مطالعه، تولید و کاربرد ساختارها، ابزارها و سیستم‌ها از طریق کنترل شکل و اندازه آنها در مقیاس نانومتری است. سؤالی که مطمئناً برایتان پیش آمده است این است که کلماتی همچون میکرومتری، نانومتری یا ابعاد نانو دقیقاً به چه معنا است و به چه ابعادی اشاره می‌کند. پس بهتر است نگاهی دقیق‌تر به کمیت‌های اندازه‌گیری بیندازیم.

یک نانومتر چقدر کوچک است؟



متر، یکی از شناخته‌شده‌ترین واحدهای اندازه‌گیری طول است. این اندازه به حدی شناخته شده است که به راحتی می‌توان با طول یک گام بلند آن را نشان داد. بیشتر آنچه که انسان‌ها به‌طور روزمره با آن مواجه هستند، اندازه‌ای بین صد متر تا یک صد متر (سانتی‌متر) دارند. در حقیقت زندگی معمول انسان‌ها در اندازه بزرگی متر (مقیاس ماکرو) می‌گذرد. اما این محدوده، بخش بسیار بسیار کوچکی از اندازه‌های موجود در طبیعت پیرامون زندگی انسان است. او بر روی کره زمین زندگی می‌کند که قطری معادل  $12760000$  متر ( $12760$  میلیون متر) دارد و موجودات کوچکی (مانند باکتری) به اندازه  $1000000000$  متر (یک میلیونیم متر) می‌توانند به آسانی سلامت و حتی حیات و بقای او را تحت تأثیر قرار دهند. به نظر می‌رسد تصور کردن این اندازه‌ها کار مشکلی است.

اگر پشت یک میز و روبه‌روی نمایشگر یک رایانه نشسته‌اید، احتمالاً می‌زی که رایانه شما بر روی آن قرار دارد طولی حدود یک متر دارد. اگر طول این میز را  $10$  بار کوچک کنید، برابر قطر یک سی‌دی (لوح فشرده) می‌شود. اگر قطر لوح فشرده را  $10$  بار کوچک کنید، برابر قطر یک تپاله می‌شود و اگر تپاله را  $10$  بار کوچک کنید، به اندازه یک دانه نمک درمی‌آید شکل ۷۱. حالا اگر دانه نمک را سه مرتبه و هر مرتبه  $10$  بار بزرگ کنید، می‌توانید از آن به عنوان میز استفاده نمایید.

			
$10^{-2}$ متر (۱ میلی‌متر)	$10^{-2}$ متر (۱ سانتی‌متر)	$10^{-1}$ متر (۱ دسی‌متر)	۱ متر
			

شکل ۷۱- نمایش کوچک‌سازی، از راست به چپ در هر مرحله، جسم  $10$  بار کوچک شده است.

لازم به ذکر است دانشمندان برای بعضی اندازه‌ها نام مشخصی تعیین کرده‌اند. به‌طور مثال اندازه‌هایی را که  $1000$  برابر بزرگ‌تر از متر هستند، کیلومتر نامیده‌اند و اندازه‌هایی را که هزار برابر کوچک‌تر از متر هستند، میلی‌متر می‌خوانند.

در میان اندازه‌های کوچک، نانومتر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که یک میلیاردم یک متر است. پیشوند

نانو از واژه یونانی نانوس به معنای کوتاه قد یا کوتوله استخراج شده است. نانو هم‌اکنون واژه‌ای شناخته شده برای بیشتر علوم پیشرفته است و بسیاری از نانوواژه‌ها (واژه‌های مربوط به نانو) اخیراً در فرهنگ لغات وارد شده‌اند. واژه‌هایی مانند نانومتر، نانومقیاس، نانو فناوری، نانو ساختار، نانولوله، نانوسیم و نانوروبات از این قبیل هستند.

به چه موادی نانو مواد می‌گویند؟

سؤالی که ممکن است به ذهنتان خطور کرده باشد این است که به چه موادی نانومواد می‌گوییم؟ آیا تنها برای موادی که به اندازه یک نانومتر کوچک شده باشند، پیشوند نانو اطلاق می‌شود؟ تغییر خواص از چه ابعادی شروع می‌شود؟

دانشمندان برای تعریف علم و فناوری نانو، به صورت قراردادی محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانومتر را به عنوان محدوده نانومتری تعریف کرده‌اند.

همان‌طور که می‌دانید هر ماده‌ای از سه بعد تشکیل شده است. اگر حداقل یکی از این ابعاد در مقیاس نانو باشد (بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر) به این ماده، یک ماده نانو ساختار یا در اصطلاح نانو مواد گفته می‌شود.

## کاربرد فناوری نانو در صنایع چوب و مبلمان

نانوتکنولوژی دارای استفاده‌های فوق‌العاده زیادی در زندگی امروز ماست. این علم ارزش افزوده زیادی در صنعت چوب ایجاد نموده و موادی با خواص و کیفیت جدید تولید می‌نماید. نانو ذرات باعث کندسوز شدن و ضدقارچ نمودن چوب و فراورده‌های آن، افزایش دوام طبیعی چوب، افزایش چسبندگی رنگ و سایر پوشش‌های چوب و... می‌شود. کاربرد نانوذرات از سویی هزینه حفاظت چوب را کاهش داده و از سوی دیگر با حذف مواد شیمیایی آلاینده از فرایند حفاظت چوب، خدمات شایانی به حفاظت از محیط زیست می‌کنند. یکی از مقوله‌های بسیار مهم و با اهمیت در صنایع چوب و مبلمان، بررسی وضعیت دوام چوب، استفاده بهینه از چوب و محصولات چوبی و لیگنوسلولزی است. مواد لیگنوسلولزی در معرض تخریب عوامل بیولوژیک و زنده بوده و استفاده نامناسب بر شدت آن می‌افزاید. هدف اصلی از حفاظت و اصلاح چوب، افزایش بهره‌وری در صنایع چوب و کاغذ، کاهش ضایعات، استفاده صحیح و اصولی از منابع چوبی موجود و افزایش عمر مفید چوب می‌باشد. با پیدایش علوم جدیدی مانند «نانوفناوری»، استفاده از این علوم در تحقیقات مرتبط با صنایع چوب و کاغذ و به خصوص در ارتباط با حفاظت و اصلاح چوب گسترده‌تر شد. یکسری از نانو فلزات دارای خواص منحصر به فردی در حفاظت از چوب در مقابل عوامل مخرب آن، مانند: قارچ‌ها، حشرات، هوازدگی و... می‌باشند. امروزه ترکیبات شیمیایی جهت حفاظت چوب مورد استفاده قرار می‌گیرند که عموماً باعث آلودگی‌های زیست محیطی می‌شوند. بنابراین دانشمندان به دنبال به کارگیری سایر مواد با ضرر و زیان کمتر و تأثیر بیشتر بر روی مخرب‌های شیمیایی، مکانیکی، اقلیمی و بیولوژیکی چوب هستند. در این راه به کار بردن نانو ذراتی مانند اکسید روی، دانشمندان را یاری می‌کند.

**۱- کاربرد نانو مواد در افزایش عمر مفید مواد چوبی:** از هزاران سال پیش که حضرت نوح علیه السلام کشتی خود را با ماده‌ای شبیه قیر تیمار کرد، حفاظت چوب کاربرد داشته است. هنر حفاظت چوب در بسیاری از تمدن‌های باستان نیز وجود داشته، ولی در واقع در طول قرن نوزدهم میلادی بود که حفاظت علمی چوب پا به عرصه وجود گذاشت. صنعت حفاظت چوب در انگلستان شروع شد و مقادیر متنابهی تراورس و تیر بسیار



بادوام برای گسترش راه آهن و سیستم‌های تلگراف فراهم کرد.

با افزایش دوام چوب، نیاز به قطع درختان کاهش می‌یابد و این امر نقش مهمی در مراقبت منابع طبیعی ایفا می‌کند. هر تکه از چوب‌آلات حفاظت شده، به کاهش تعداد درختانی که باید قطع شوند کمک می‌کند. استفاده از الوار تیمارشده برای مصارف مسکونی ممنوع شده و صنعت تولیدکننده آن، برای یافتن جایگزینی مناسب برای آن تلاش می‌کند. شواهد بسیاری مبنی بر توانایی فناوری نانو در تولید محصولات مؤثرتر، بادوام‌تر و با خواص ضد میکروبی

شکل ۷۲- نمونه چوب ضدآب شده با کمک نانوذرات

به ویژه برای مصارف خارجی وجود دارد. نانوذرات با روش‌های اشباع مناسب، قادراند به درون ساختار چوب نفوذ کنند و این در حالی است که تأثیر وجود نانوذراتی مانند دی‌اکسید تیتانیوم، اکسید روی و یا اکسید مس در نگهدارنده‌های چوب، در افزایش دوام آن اثبات شده است. شکل ۷۲ در واقع از نانو ذرات نقره برای افزایش دوام طبیعی چوب صنوبر دلتوئیدس استفاده شد؛ و تحقیقات نشان داد که در اثر تیمار نانو ذرات نقره، دوام چوب صنوبر دلتوئید از گروه چوب‌های بی‌دوام به گروه چوب‌های کم دوام ارتقا یافت.

**ممانعت از تکثیر میکروب‌ها:** چوب و کامپوزیت‌های چوبی، به ویژه در مصارف بیرونی، اغلب در معرض تهاجمات باکتریایی مانند لکه‌های آبی، کپک‌ها و قارچ‌های نابودکننده چوب قرار دارند. جلوگیری از تماس باکتری‌ها با سطح چوب می‌تواند روش مناسبی برای به حداقل رساندن تکثیر کلونی‌های میکروبی یا تشکیل کپک در چوب باشد. اصلاح سطح چوب با استفاده از نانو ذرات سیلیکا، تکثیر باکتری‌ها و کلونی‌های قارچ‌ها را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد. ذرات کروی سیلیکا، با قطر در حدود ۱۰ نانومتر، از طریق یک لایه اتصال پلی کاتیونی و با استفاده از یک فرایند غرقابی ساده به سطوح شیشه‌ای متصل می‌شوند. از این روش می‌توان برای ساخت روکش‌های نانو کامپوزیتی پلیمری با خاصیت خود پالایی و حذف آلاینده‌های میکروبی استفاده نمود.

**۲- کاربرد نانومواد در کندسوز کردن چوب و صفحات چوبی:** چوب ماهیت بیولوژیکی داشته و مواد سازنده آن در زمره مواد سوختنی به شمار می‌روند، لذا در اثر عوامل شیمیایی که یکی از مهم‌ترین آنها آتش است، تخریب می‌شوند. چوب را نمی‌توان نسوز کرد ولی با استفاده از تزریق موادی به نام کندسوزکننده‌ها به درون چوب می‌توان زمان آتش‌گیری چوب را افزایش داد، و مدت زمان ماندگاری آتش در چوب و گسترش آتش یا شعله‌ور شدن چوب را نیز افزایش داد. به عبارت بهتر زمان شروع به واکنش سوختن چوب و دمای مورد نیاز برای آغاز فرایند اشتعال چوب را افزایش داده و شدت سوختن چوب را کاهش داد.

کاربرد کندسوزکننده‌ها در چوب، از حدود چهار دهه پیش در دنیا آغاز شده و طی این سال‌ها از مواد طبیعی و شیمیایی مختلفی استفاده شده است. امروزه استفاده از مواد طبیعی به سبب ملاحظات جنبه‌های زیست‌محیطی فرایند، افزایش پیدا کرده است. همچنین در روش‌های جدید هزینه تولید آن که تیمار چوب گفته می‌شود نیز کاهش پیدا کرده است. از چوب‌های کندسوز شده می‌توان در بسته‌بندی‌های تسلیحات و

مواد منفجره استفاده کرد.

بررسی‌های صورت گرفته بر روی چوب اشباع شده با نانولاستونیت به عنوان کندسوزکننده برای افزایش مقاومت به آتش و بهبود ثبات ابعاد چوب نشان داد که با افزایش غلظت نانولاستونیت مصرفی، مقاومت به آتش در نمونه‌های اشباع شده با این ماده افزایش و واکنش‌دهی حجمی کاهش می‌یابد. همچنین بررسی اثر نانولاستونیت بر روی خواص فیزیکی حرارتی و ریخت‌شناسی چندسازه چوب پلاستیک نشان داد که با افزایش درصد نانولاستونیت در چندسازه مقاومت در برابر آتش چندسازه افزایش می‌یابد.

چوب اشباع شده با نانوذرات دارای هدایت حرارتی بیشتری است. در نتیجه، وقتی در معرض گرمای زیاد یا شعله مستقیم آتش قرار گیرد، گرما در یک نقطه تجمع نمی‌کند و به حد آتش‌گیری چوب نمی‌رسد و یا دیرتر می‌رسد. از این رو فرایند آتش‌گیری جسم چوبی به تأخیر افتاده و در واقع چوب کندسوز می‌شود.

**۳- کاربرد نانومواد در محافظت از چوب در برابر اشعه فرابنفش:** سطح چوب ماسیو در برابر عوامل مخربی مانند تابش (اشعه فرابنفش و نور مرئی) بسیار آسیب‌پذیر است و عموماً نیاز به حفاظت در برابر این قبیل عوامل دارد. اصلاح سطح چوب با استفاده از نانو مواد می‌تواند پیشرفتی غیرمنتظره و بسیار با اهمیت در راستای افزایش دوام و عملکرد، به همراه حفظ ظاهر زیبای چوب، بدون استفاده از روکش باشد. به منظور افزایش دوام شیمیایی و مکانیکی و بهبود شکل ظاهری معمولاً رنگدانه‌های معدنی مانند دی‌اکسید تیتانیم ( $\text{TiO}_2$ ) و اکسید روی ( $\text{ZnO}$ ) را به مواد با ساختار پلیمری اضافه می‌کنند. اضافه کردن تنها ۵٪ از نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیم به چوب آن را در برابر تابش اشعه فرابنفش محافظت نموده و از سرایت پوسیدگی به لایه‌های مختلف چوب جلوگیری می‌کند و علاوه بر آن ظاهر چوب را نیز زیباتر می‌کند.

**۴- کاربرد نانومواد در رنگ‌کاری چوب:** مقاومت چوب در مقابل عوامل محیطی توسط مواد حفاظتی بر پایه مس و نیز استفاده از پوشش‌های سطحی برای عملکرد طولانی مدت آن در شرایط سرویس یک موضوع مهم و امری ضروری است.

در تحقیقی که در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت گرفت، اثر تیمار با نانوذرات اکسید مس بر خصوصیات چسبندگی رنگ‌های پلی‌اورتان آلکیدی / آکرلیک بر پایه آب، و رزین نیمه شفاف روی سطح چوب مورد ارزیابی قرار دادند. برای این منظور نمونه‌هایی از چوب برون صنوبر با ابعاد  $5 \times 5 \times 2$  میلی‌متر به صورت کاملاً مماسی تهیه شدند. نمونه‌ها با سه غلظت ۵/۰ و ۱ و ۱/۵ درصد تحت خلأ و فشار اتمسفر اشباع و سپس توسط رنگ‌های ذکر شده توسط دستگاه لایه‌کش پوشش داده شدند. نتایج تست چسبندگی نشان داد که بیشترین و کمترین مقاومت به چسبندگی برای نمونه‌های تیمار شده با نانو اکسید مس در ماندگاری ۹/۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب برای رنگ رزین و رنگ آلکیدی به دست آمد. نتایج نشان داد که اثر متقابل رنگ و ماندگاری نانو اکسید مس بر روی چسبندگی پوشش‌ها معنی‌دار بوده است.

چوب به علت متخلخل بودن و داشتن ترکیبات آب‌دوست همی سلولز و سلولز به شدت نم‌پذیر بوده و در اثر جذب رطوبت دچار واکنش‌دهی می‌شود. جذب رطوبت، چوب را تبدیل به محیط مناسب فعالیت برخی عوامل مخرب قارچی می‌کند. تلاش‌های بسیاری شده تا با روش‌ها و تیمارهای مختلف، مقاومت به جذب آب چوب بهبود یابد. تحقیقات محققین ایرانی نشان داد که با پوشش‌دهی سطح چوب به وسیله رنگ‌های سیلر و کیلر و نیم پلی استر براق و نانوذرات زایکوسیل و زایکوفیل می‌توان نفوذپذیری گازی و مایعی را در سطح چوب کاهش داد.

## مبلان پلیمری

### پلیمر چیست؟ مبل پلیمری کدام است؟

تصاویر سمت چپ چه تفاوتی با تصاویر سمت راست دارند؟ غیر از رنگ و مدل آیا از لحاظ جنس با هم تفاوت دارند؟



شکل ۷۳- انواع مبلمان مختلف از لحاظ جنس مواد اولیه

در کتاب‌های درسی این رشته، با جنس انواع مبلمان آشنا شدید از مبلمان فلزی و پلاستیکی نام برده شد و نحوه ساخت مبلمان از چوب و صفحات فشرده چوبی را فرا گرفتید. در این قسمت از کتاب با مبلمان پلیمری آشنا می‌شوید که جنس جدیدی در ساخت مبلمان است و با توجه به مزایایی که دارد شناخت این نوع مبلمان برای هنرجویان خالی از لطف نیست.

ابتدا بهتر است با پلیمر آشنا شوید و در ادامه مبلمان پلیمری شرح داده می‌شود و در انتها مزایا و معایب این نوع مبلمان نسبت به مبلمان چوبی ارزیابی می‌گردد.

## پلیمر

پلیمر یا بسیار (polymer) ماده‌ای شامل مولکول‌های بزرگی است که از به هم پیوستن واحدهای کوچک تکرارشونده که مونومر یا تکپار نامیده می‌شود، ساخته شده است. واژه «پلیمر» از دو بخش یونانی «پلی» به معنای بسیار و «مر» به معنی قسمت، پاره یا قطعه گرفته شده است. واژه «بسیار» فارسی است و از دو بخش «بس (بسیار)» و «پار (پاره، قطعه)» ساخته شده است.

بسیارها به دو دسته بسیارهای طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند و بیشتر مواد اساسی همچون چوب، پروتئین، کتین، لاستیک خام (کائوچو) و رزین‌ها بسیار هستند. بسیاری از مواد مصنوعی همچون پلاستیک‌ها، الیاف مصنوعی (نایلون، ریون و...)، چسب‌ها، شیشه و چینی مواد پلیمری هستند ولی در اصطلاح عامیانه اکثراً به پلیمرهای مصنوعی، «پلیمر» گفته می‌شود.

## مبلمان پلیمری

مبلمانی هستند که در ساخت آنها به جای چوب یا مواد چوبی از پلیمر مصنوعی استفاده شده است. در ایران فقط یک کارخانه اقدام به تولید این محصول در سبک مبلمان کلاسیک می‌نماید که پس از رنگ کاری هیچ تفاوتی با مبلمان چوبی ندارد و فقط از روی وزن و نگاه به زیرکار و همچنین بررسی کارشناسانه می‌توان متوجه این موضوع گردید. همچنین با جست‌وجو در فضای اینترنت نیز کارخانه مشابه‌ای در جهان یافت نشد. پلیمرهای مورد استفاده در ساخت این نوع مبل، پلی پروپیلن (PP)، ای بی اس (ABS)، پلی استایرن (PS) است.

**روش تولید مبلمان پلیمری:** پس از مهندسی معکوس مبلمان یا انواع صندلی‌های ساخته شده از چوب، طراحی آنها با نرم‌افزار اتوکد صورت گرفته و نقشه و طرح و قطعات مدل مورد نظر به قالب‌ساز داده می‌شود. قالب‌ساز بر روی صفحات فلزی فولادی، قطعات مدل مورد نظر را به کمک دستگاه‌های CNC ایجاد می‌کند. مثلاً برای یک مدل صندلی میز ناهارخوری، سه قالب زیر ساخته شده و به کارخانه تحویل می‌شود.

۱- پشتی که با دوتا پایه سرهم و یک تکه هستند. شکل ۷۴

۲- پایه جلو که یک نمونه قالب ساخته شده و در مونتاژ تکرار می‌شود.

۳- کفی صندلی که یک فریم یک پارچه و سرهم بوده و قیدها و کفی به هم چسبیده هستند.

در کارخانه از طریق دستگاه تزریق پلاستیک مواد پلیمری ABS به داخل قالب تزریق و پس از حدود ۱۰



شکل ۷۴- قالب‌های مورد استفاده در ساخت مبل پلیمری

دقیقه از آن خارج و سریعاً داخل حوضچه آب کنار دستگاه تزریق انداخته می‌شود. تا تحت تأثیر هوای محیط قرار نگرفته و خاصیت فشردگی و استحکام قالب را از دست ندهد. سپس قطعات توسط کارگران مجرب سنباده‌زنی و پرداخت شده و به قسمت رنگ‌کاری منتقل می‌گردد. شکل‌های ۷۵ تا ۷۷



شکل ۷۷- پرداخت کاری

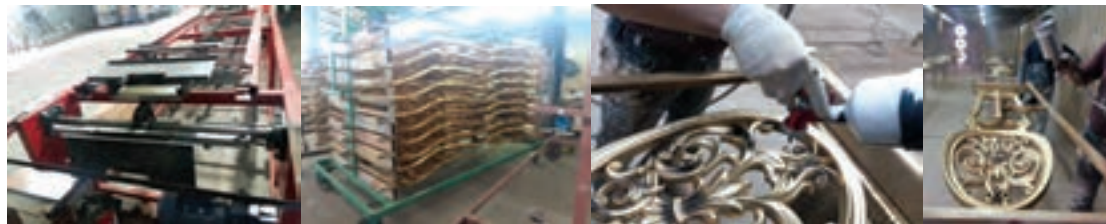


شکل ۷۶- سنباده‌زنی



شکل ۷۵- حوضچه آب کنار دستگاه تزریق

در قسمت رنگ‌کاری بنا به سلیقه مشتری و نیاز بازار، مبل‌ها به رنگ‌های فندقی، گردویی، طوسی، صدفی، سفید، صدفی یا طلایی درمی‌آیند که خود مراحل رنگ‌کاری شامل مراحل متعددی از قبیل زیرسازی، پرداخت، بتونه هم‌رنگی، رنگ اصلی و نهایی، سیلرکاری، پتینه‌کاری، کیلرکاری می‌باشد. شکل ۷۸



شکل ۷۸- مراحل رنگ‌کاری

سپس همه قطعات رنگ شده به کوره خشک‌کن منتقل و قطعات رنگ شده در مدت زمان ۳۰ دقیقه از داخل کوره با درجه حرارت ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد عبور می‌کند. و به قسمت بسته‌بندی و رویه‌کوبی انتقال داده می‌شود. پایه‌ها و کلاف پشتی درون کارتن بسته‌بندی و قالب کف و پشتی به قسمت رویه‌کوبی می‌رسند. شکل ۷۹



شکل ۷۹- مراحل بسته‌بندی

رویه کوبی باتوجه به درخواست مشتری نسبت به نوع رنگ پارچه، و با استفاده از اسفنج و فوم سرد رویه کوبی شده و داخل کارتن‌های بسته‌بندی قرار داده می‌شود. شکل ۸۰



شکل ۸۰- مراحل رویه کوبی

این محصول پس از خرید مشتری توسط خود خریدار یا نصاب مجرب در منزل مونتاژ و تحویل مصرف کننده می‌شود و تمامی اتصالات این نوع مبلمان، پیچ و مهره فلزی است. شکل‌های ۸۱



شکل ۸۱- مراحل مونتاژ مبلمان پلیمری



مزایا و معایب مبل پلیمری در مقایسه با مبل چوبی به شرح زیر بیان می‌شود.

#### مزایا:

- ۱- از قطع بی‌رویه درختان جنگل جلوگیری می‌شود.
- ۲- در حفظ محیط‌زیست و جنگل‌ها مؤثر است.
- ۳- مانع حذف سفره‌های زیرزمینی و فرسایش خاک با عدم قطع درختان می‌گردد.
- ۴- باتوجه به ضد رطوبت بودن در تمام مناطق کشور قابل استفاده می‌باشد.
- ۵- باتوجه به قالب‌سازی و نمونه اولیه مدل‌ها، نیاز به هزینه مثبت کاری و کار با دستگاه CNC ندارد.
- ۶- مبل‌های پلیمری کاملاً با آب و کف قابل شست‌وشو هستند.
- ۷- تولید این نوع مبل‌ها ۱۰۰ درصد داخلی و ایرانی بوده و از وابستگی به سایر کشورها جلوگیری می‌کند.
- ۸- موربانه و حشرات به آن نفوذ نکرده و در نتیجه از دوام و بقای بیشتر و طولانی‌تری برخوردار است.
- ۹- پس از سال‌ها استفاده مفید مجدداً به چرخه تولید به عنوان مواد بازیافتی برمی‌گردد.
- ۱۰- باتوجه به استفاده از پیچ و مهره برای انجام اتصالات قابلیت مونتاژ و دیمونتاژ داشته و جابه‌جایی و اسباب‌کشی را آسان می‌کند.

#### معایب:

- ۱- وزن آن نسبت به چوب سنگین‌تر است (تقریباً ۲ برابر).
  - ۲- بیشترین استفاده از مبل‌های پلیمری در تالارهای پذیرایی و رستوران‌ها و محیط‌های اداری بوده و با توجه به مشکلات جابه‌جایی در محیط منازل کمتر از آن استفاده می‌شود.
  - ۳- پلیمرها آلاینده محیط‌زیست می‌باشند.
- در مجموع به منظور حفظ محیط‌زیست و جلوگیری از تخریب جنگل‌ها و با توجه به سایر مزایای گفته شده و از همه مهم‌تر با عنایت به توصیه و تأکید مقام معظم رهبری در استفاده و حمایت از کالای ۱۰۰ درصد ایرانی، تولید هر چه فراوان‌تر و استفاده از انواع محصولات پلیمری به عنوان یک وظیفه ملی توصیه می‌گردد.

## چوب صندل



صندل، یکی از درختان خوشبوی جنس صندل می‌باشد. گونه‌های این درخت در نپال، جنوب هند، سریلانکا، هاوایی، جزایر اقیانوس آرام جنوبی و استرالیا یافت می‌شود. از چوب صندل هم به‌عنوان ماده خوشبوکننده و هم در نجاری استفاده می‌شود. در هند معابدی از چوب صندل ساخته شده که بعد از گذشت قرن‌ها عطر و بوی خود را حفظ کرده‌اند. جعبه‌های جواهرات، بادبزن‌های دستی و چوب‌بری‌های زیبا هنوز در قسمت‌هایی از آسیا به‌خصوص در هند از چوب صندل ساخته می‌شوند.

یکی از مواد غذایی که شاید کمتر نام آن را شنیده باشید **چوب صندل** است اما جالب است بدانید



این گیاه که در واقع به‌صورت درختی می‌روید، از آن در طب سنتی و درمان بیماری‌ها استفاده می‌شود. این نوع کاربرد درمانی در چین و شرق هند بیشتر مصرف داشته زیرا این مردمان روش‌های سنتی و گیاهی را از روش‌های شیمیایی و صنعتی برتری می‌دهند. چوب صندل به‌صورت روغن کاربرد دارد.

■ از ویژگی‌های درمانی این روغن معجزه‌آسا می‌توان به درمان اختلال‌های روانی، سرماخوردگی معمولی، بیماری‌های کبدی و کیسه صفرا اشاره کرد. البته برای درمان این بیماری‌ها از روغن چوب صندل به‌صورت خوراکی استفاده می‌شود.

■ حتی استفاده دیگر این روغن به‌صورت به‌کار بردن آن در اسانس‌ها و عطرها که به این نوع درمان، **رایحه درمانی** گویند. رایحه درمانی چوب صندل برای درمان مشکلات روانی و جسمی و همچنین کاهش اضطراب کاربرد دارد.

■ علاوه بر رایحه درمانی و استفاده خوراکی این ماده می‌توان از آن به‌صورت موضعی برای درمان زخم و ترمیم پوست استفاده نمود زیرا این روغن به‌راحتی جذب پوست می‌شود.

■ در بهداشت پوست نیز برای برطرف کردن خشکی، ترک پوست، جوش‌های ریز و آکنه، از آن استفاده می‌شود. پودر و روغن چوب صندل یک ماده طبیعی است که به شیوه‌های مختلفی برای درمان و زیباسازی پوست استفاده می‌شود.

■ پیشگیری از سرطان پوست یکی دیگر از خواص چوب صندل است.

چوب صندل یکی از خوشبوترین چوب‌های جهان است و یکی از دلایل قیمت بالای آن علاوه بر زیبایی، بو و عطر و طعم مناسب آن است. جالب است که در هنگام سوزاندن این چوب نیز، بوی خوبی از آن متصاعد می‌گردد و حتی شاعر شیرین سخن، شیخ اجل سعدی نیز در باب این چوب شاه بیت زیبایی دارد بدین صورت:

چوب صندل بو ندارد، هیزم است

آدمی را آدمیت لازم است

دیدگاه ایشان در این بیت را دقت فرمایید که نفس آدمی را به آدمیت چگونه فرموده است و انسان بدون کمالات و خصوصیات والای انسانی را فردی بدون ارزش خطاب نموده است.

### ارزشیابی

ارزشیابی در این درس براساس شایستگی است. برای هر پودمان یک نمره مستمر (از ۵ نمره) و یک نمره شایستگی پودمان (نمرات ۲، ۱ یا ۳) با توجه به استانداردهای عملکرد جدول ذیل برای هر هنرجو ثبت می‌گردد. امکان جبران پودمان‌ها در طول سال تحصیلی برای هنرجویان و براساس برنامه‌ریزی هنرستان وجود دارد.

### الگوی ارزشیابی پودمان (۳) خشک کردن و حفاظت صنعتی چوب

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)
۳	- انواع چوب و کاربرد آنها را توضیح داده و انتخاب کند. - قسمت‌های تشکیل دهنده چوب را شناسایی کند. - یکی از روش‌های خشک کردن چوب را انتخاب و روش کار با آن را تشریح کند.	بالاتر از حد انتظار	- انواع چوب، قسمت‌های تشکیل دهنده چوب، رطوبت چوب، یکی از روش‌های خشک کردن چوب را براساس استاندارد ملی انتخاب و روش کار با آن را تشریح کند.	- شناسایی قسمت‌های تشکیل دهنده چوب - انتخاب انواع چوب سوزنی برگ و پهن برگ - تعیین رطوبت چوب
۲	- انواع چوب و کاربرد آنها را توضیح دهد. - قسمت‌های تشکیل دهنده چوب را نام ببرد.	در حد انتظار (کسب شایستگی)		- روش خشک کردن چوب در هوای آزاد - روش خشک کردن چوب در کوره - انتخاب روش خشک کردن طبیعی و مصنوعی
۱	- تعدادی از چوب‌ها را فقط توضیح دهد. - قسمت‌های تشکیل دهنده چوب را نام ببرد.	پایین تر از حد انتظار (عدم احراز شایستگی)		
				نمره مستمر از ۵
				نمره شایستگی پودمان از ۳
				نمره پودمان از ۲۰