بسم الله الرحمن الرحیم

خواص فیزیکی و مکانیکی چوب

رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس ۱۹۴۷

۶۷۴
خ ۵۶۵ ح
۱۳۹۵

حسین‌زاده، عبدالرحمن

خواص فیزیکی و مکانیکی چوب/ مؤلفان : عبدالرحمن حسین‌زاده، احمد جهان‌لتیباری.ــ[ویرایش دوم]/ بازسازی و تجدیدنظر : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ. ــ تهران : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵.

۱۵۸ص. : مصور.ــ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۱۹۴۷)

متون درسی رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ، زمینهٔ صنعت.

برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ دفتر تألیف کتابهای درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.

۱. چوب ــ خواص. الف. جهان لتیباری، احمد. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۹۵

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

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

پیام‌نگار(ایمیل) **info@tvoccd.sch.ir**

وب‌گاه (وب‌سایت) **www.tvoccd.sch.ir**

این کتاب در سال ۱۳۸۸در کمیسیون تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ صنایع چوب‌وکاغذ بازسازی و به‌وسیله آقایان نوری و رامک فرح‌آبادی تجدیدنظر 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 : **خواص فیزیکی و مکانیکی چوب ـ ۴۶۳**

مؤلفان : **عبدالرحمن حسین‌زاده، احمد جهان‌لتیباری**

اعضای کمیسیون تخصصی : **محمد غفرانی، محمدعلی نیکنام، محمد لطفی‌نیا، امیرنظری و حبیب نوری**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : **طرفه سهائی**

طراح جلد : **محمّدحسن معماری**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**

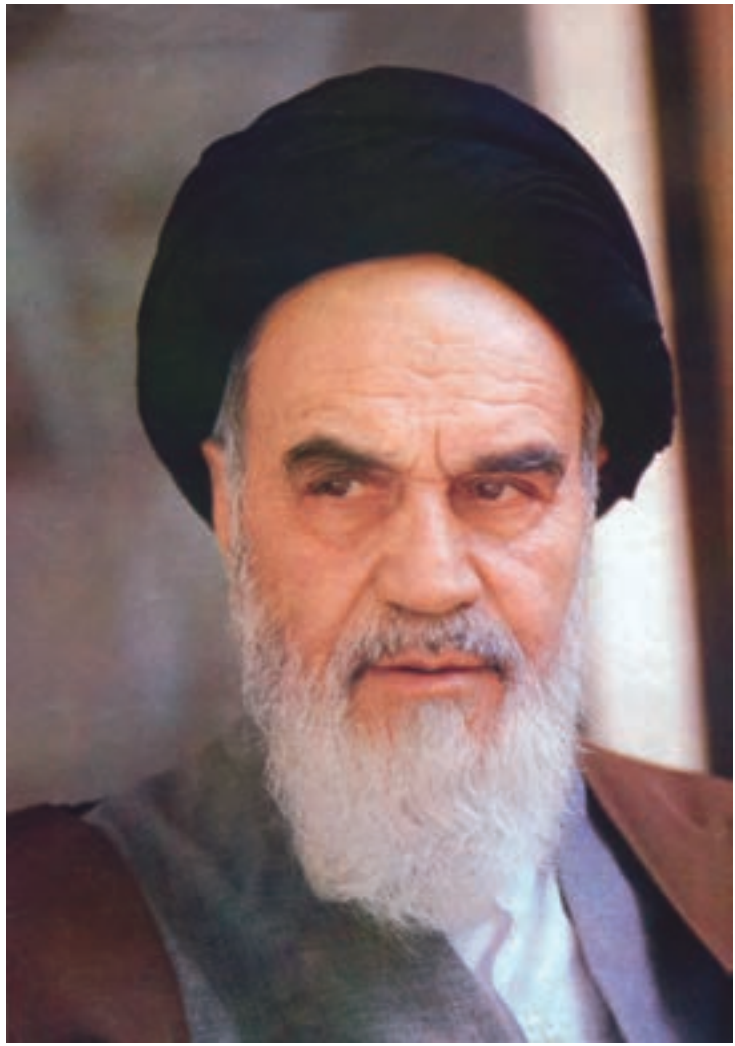
تلفن : ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»**

سال انتشار : **۱۳۹۵**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۴-۰۶۲۱-۰۵-۹۶۴ **ISBN 964-05-0621-4**



اول باید اخلاصتان را قوی بکنید، ایمانتان را قوی بکنید،... و این اخلاص و ایمان، شما را تقویت می‌کند و روحیهٔ شما را بالا می‌برد و نیروی شما جوری می‌شود که هیچ قدرتی نمی‌تواند (با شما) مقابله کند.

امام خمینی (ره)

فهرست مطالب

بخش اول
خواص فیزیکی چوب

فصل اول : تعاریف ۲
۱ـ۱ـ ساختمان ماکروسکوپی چوب ۳
الف) پوست ۳
ب) کامبیوم (لایه‌ی زاینده) ۴
ج) چوب ۴
د) برون چوب ۴
هـ) درون چوب ۴
و) مغز ۴
ز) پره‌های چوبی (اشعه‌های چوبی) ۴
ح) چوب بهاره و چوب تابستانه ۴
۲ـ۱ـ ویژگی‌های اختصاصی چوب ۵
۳ـ۱ـ پهن برگان و سوزنی برگان ۸
۴ـ۱ـ مقاطع چوب ۸
۵ـ۱ـ چوب‌های غیرطبیعی یا واکنشی ۹

فصل دوم : آشنایی با رنگ، بو و طعم چوب ۱۲
۱ـ۲ـ رنگ چوب ۱۳
۱ـ۱ـ۲ـ نقش رنگ در دوام طبیعی چوب ۱۶
۲ـ۱ـ۲ـ نقش رنگ در زیبایی چوب ۱۷
۳ـ۱ـ۲ـ نقش رنگ در تشخیص چوب ۲۰
۲ـ۲ـ بو و طعم چوب ۲۱
۱ـ۲ـ۲ـ نقش بو در تشخیص چوب ۲۱
۲ـ۲ـ۲ـ تأثیر بوی چوب در کاربرد آن ۲۲
۳ـ۲ـ۲ـ تأثیر بو در دوام طبیعی چوب ۲۴
۴ـ۲ـ۲ـ کاربرد طعم در شناسایی و مصارف چوب ۲۴

فصل سوم : رطوبت، همکشیدگی و واکشیدگی چوب ۲۶
۱ـ۳ـ تعریف رطوبت چوب ۲۷
۲ـ۳ـ حالات مختلف آب در چوب ۲۸
الف) آب آزاد ۲۸
ب) آب آغشتگی ۲۸
ج) آب نهادی ۲۹
۳ـ۳ـ مقدار رطوبت چوب در حالات مختلف ۲۹
۴ـ۳ـ همبستگی رطوبت با عوامل مختلف ۳۰
۵ـ۳ـ تعریف همکشیدگی و واکشیدگی ۳۰

۱ـ۵ ـ۳ـ اشکال مختلف همکشیدگی و واکشیدگی ۳۱
۲ـ۵ ـ۳ـ تأثیر همکشیدگی و واکشیدگی ۳۲
۳ـ۵ ـ۳ـ تفاوت همکشیدگی و واکشیدگی با انقباض و انبساط فلزات در اثر حرارت ۳۳
۴ـ۵ ـ۳ـ روش‌های پیشگیری از همکشیدگی و واکشیدگی ۳۳
۵ـ۵ ـ۳ـ روش‌های اندازه‌گیری رطوبت چوب در آزمایشگاه ۳۴

فصل چهارم : جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی ۴۰
۱ـ۴ـ جرم مخصوص (دانسیته) ۴۰
۲ـ۴ـ جرم ویژه نسبی ۴۱
۱ـ۲ـ۴ـ جرم ویژه نسبی دیواره سلولی وخاصیت تخلخل چوب ۴۲
۲ـ۲ـ۴ـ تغییرات جرم مخصوص ۴۳
۳ـ۲ـ۴ـ اهمیت وزن مخصوص و همبستگی آن با عوامل مختلف ۴۵
۴ـ۲ـ۴ـ روش‌های اندازه‌گیری جرم مخصوص در آزمایشگاه ۴۵
الف) اندازه‌گیری حجم نمونه آزمونی ۴۵
۱ـ استفاده از کولیس ۴۵
۲ـ استفاده از روش شناوری در آب ۴۶
۳ـ استفاده از استوانه‌ی مدرج ۴۷
۴ـ استفاده از حجم‌سنج جیوه‌ای ۴۸
ب) اندازه‌گیری جرم نمونه آزمونی ۴۸

فصل پنجم : مقاومت و هدایت الکتریکی، حرارتی و صوت در چوب ۵۰
۱ـ ۵ـ مقاومت و هدایت الکتریکی چوب ۵۰
۲ـ ۵ ـ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی چوب ۵۱
الف) درصد رطوبت ۵۱
ب) حرارت ۵۲
ج) دانسیته ۵۲
د) جهت الیاف ۵۲
۳ـ ۵ـ ضریب نگهداری الکتریکی چوب ۵۲
۴ـ ۵ ـ ویژگی‌های حرارتی چوب ۵۳
۱ـ۴ـ ۵ـ انبساط حرارتی چوب ۵۳
الف) همکشیدگی چوب ۵۳

ب) ضریب انبساط حرارتی ۵۳
۲ـ۴ـ۵ـ ضریب گرمای ویژه چوب ۵۴
۵ـ۵ـ قابلیت هدایت حرارتی چوب ۵۴
۶ـ۵ـ قابلیت سوخت و قدرت گرمازایی چوب ۵۶
۷ـ۵ـ مقاومت و هدایت صوت در چوب ۵۷
الف) خاصیت طنین چوب ۵۷
ب) خاصیت اکوستیک چوب ۵۸
ج) عوامل مؤثر در سرعت انتشار صوت در چوب ۵۹

بخش دوم
خواص مکانیکی چوب

مقدمه ۶۴

فصل ششم : ویژگی‌های مقاومتی چوب ۶۷
۱ـ۶ـ تعاریف ۶۸
۱ـ۱ـ۶ـ حالت الاستیکی ۶۸
۲ـ۱ـ۶ـ حالت پلاستیکی ۶۸
۳ـ۱ـ۶ـ تنش، تغییر طول نسبی ۷۰
۴ـ۱ـ۶ـ قانون هوک ۷۱
۲ـ۶ـ ویژگی‌های مقاومتی چوب ۷۲

فصل هفتم : مقاومت خمشی چوب ۷۷
۱ـ۷ـ مفهوم مقاومت خمشی چوب ۷۸
۲ـ۷ـ محاسبه مقاومت خمشی قطعه کوچک ۸۰
۳ـ۷ـ محاسبه مدول الاستیسیته ۸۳
۴ـ۷ـ عوامل مؤثر بر مقاومت خمشی چوب ۸۶

فصل هشتم : مقاومت چوب در برابر کشش ۹۱
۱ـ۸ـ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف ۹۱
۱ـ۱ـ۸ـ اندازه‌گیری مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف ۹۳
۲ـ۸ـ مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف ۹۶
۳ـ۸ـ عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف ۱۰۱

فصل نهم : مقاومت چوب در برابر فشار ۱۰۶
۱ـ۹ـ مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب ۱۰۷
۲ـ۹ـ مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب ۱۱۲
۳ـ۹ـ عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر فشار موازی الیاف ۱۱۵

فصل دهم : مقاومت برشی و مقاومت در برابر ضربه چوب ۱۲۱
۱ـ۱۰ـ مقاومت برشی چوب ۱۲۱
۲ـ۱۰ـ مقاومت در برابر ضربه چوب ۱۲۵

۱ـ۲ـ۱۰ـ روش اندازه‌گیری مقاومت در برابر ضربه ۱۲۵
۲ـ۲ـ۱۰ـ عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر ضربه به چوب ۱۲۸

فصل یازدهم : سختی چوب ۱۳۲
۱ـ۱۱ـ روش اندازه‌گیری سختی چوب ۱۳۳
۲ـ۱۱ـ عوامل مؤثر بر سختی چوب ۱۳۵
۳ـ۱۱ـ مقاومت در برابر ساییده شدن چوب ۱۳۷

فصل دوازدهم : تغییرات مقاومت‌های چوب ۱۳۹
۱ـ۱۲ـ رابطه مقاومت با جرم مخصوص ۱۴۱
۲ـ۱۲ـ عوامل مؤثر بر مقاومت‌های چوب ۱۴۳
۱ـ۲ـ۱۲ـ رطوبت چوب ۱۴۳
۲ـ۲ـ۱۲ـ عمر مصرف چوب ۱۴۵
۳ـ۲ـ۱۲ـ درجه حرارت ۱۴۶
۳ـ۱۲ـ عوامل مؤثر بر مقاومت الوار چوبی ۱۴۷
۱ـ۳ـ۱۲ـ گره‌ها ۱۴۷
۲ـ۳ـ۱۲ـ کج تاری (الیاف مورب) ۱۴۸

منابع مورد استفاده ۱۵۰

نمونه سؤال‌های آزمونی ۱۵۱

مقدمه

هنرجوی گرامی : جوامع بشری در حال رشد و توسعه هستند و در این مسیر افراد جامعه از طریق یادگیری علوم جدید و افزودن بر دانش خود تأثیری بنیادی و اساسی در توسعه دارند. در کشور اسلامی ایران نیز توسعه کشاورزی و صنعتی در سر لوحه فعالیت‌ها قرار گرفته است که این خود سبب موفقیت‌های بسیاری شده است. یکی از این موفقیت‌ها، توسعه صنایع چوب است، زیرا چوب از اولین مواد در دسترس بشر بوده است و استفاده‌های بی‌شمار از آن موجب تأمین نیازهای بشری شده است. توسعه صنایع چوب و کاغذ از زمینه‌های مهم صنعتی است که اغلب جوامع توجه ویژه‌ای به آن دارند. در کشور ما بیش از صد کارخانه بزرگ تولید محصولات چوبی و هزاران کارگاه کوچک در حال فعالیت هستند که برای احداث و تجهیز آن سرمایه‌گذاری بسیاری شده است. البته این واحدهای تولیدی کوچک و بزرگ، تنها هنگامی قادر به فعالیت اقتصادی بوده، هم‌چنین هنگامی می‌توانند نیازهای جامعه اسلامی ما را تأمین کنند که ماشین‌آلات و سیستم آن به‌وسیله نیروی انسانی دانش‌آموخته هدایت شود. خوشبختانه ماده اولیه صنایع چوب و کاغذ از جنگل و از منابع تجدید شونده، تأمین می‌شود و استفاده علمی و مطلوب از آن می‌تواند ما را در تداوم تولید و حفظ منابع جنگلی برای نسل‌های آینده به موفقیت برساند. شایان ذکر است که این مهم فقط با دانش مربوط به خصوصیات چوب امکان‌پذیر است.

در نیل به خودکفایی و توسعه اقتصادی ــ صنعتی ــ اجتماعی کشور وظیفه خطیر تربیت، آموزش و تأمین نیروی انسانی کارآمد به وزارت آموزش و پرورش محول شده است. در این زمینه برنامه‌ریزی اصولی و علمی تربیت نیروی انسانی فنی صنایع چوب و کاغذ با درنظر گرفتن ویژگی‌های فرهنگی ــ اجتماعی و توسعه صنعتی به اجرا درآمده است. کتاب‌های متعددی با خصوصیات کاربردی ــ صنعتی برای کارگاه‌های کوچک تا بزرگ صنایع چوب تدوین شده است که کتاب «خواص فیزیکی و مکانیکی چوب» یکی از این کتاب‌ها است. امید است هنرجویان گرامی با جدیّت و کوشش نسبت به فراگیری این حرفه کهن ــ که امروزه مجهز به مدرن‌ترین و پیشرفته‌ترین تجهیزات است ــ همت گمارند و به حرکت درآوردن چرخ این صنعت عظیم را هدف خود قرار دهند تا از این طریق نیازهای جامعه تأمین شود و نیز رسیدن به خودکفایی و بی‌نیازی از بیگانگان میسر گردد.

در این کتاب ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب آموزش داده می‌شود. در بخش اول مسائل مربوط به خواص فیزیکی چوب شامل رنگ، بو و طعم، رطوبت و همکشیدگی و واکشیدگی چوب و عکس‌العمل چوب در مقابل وضعیت و عوامل محیط مصرف، وزن مخصوص و در پایان، خواص مربوط به صوت، طنین، الکتریسیته، حرارت و عایق بودن چوب در مقابل این عوامل مورد بحث قرار می‌گیرد و موارد کاربردی آن ذکر می‌گردد. بخش دوم کتاب به مسائل مربوط به خواص مکانیکی چوب، هم‌چنین مقاومت چوب در مقابل نیروهای خمشی، کششی، فشاری، برشی وضربه و روش‌های اندازه‌گیری آن اختصاص دارد. البته مثال‌هایی، در خصوص موارد استفاده از این مقاومت‌ها در استفاده از چوب، ذکر شده است. افزون بر این، تأثیر عوامل مختلف مربوط به چوب و نیز محیط مصرف آن بر مقاومت‌های چوب بیان شده است.

لازم است مطالب کتاب مورد مطالعه دقیق قرار گیرد و در هر مورد، پس از حل مسائل و پاسخ به پرسش‌ها، مثال‌های مشابهی نیز ذکر شود؛ هم‌چنین به تمرین‌ها و پرسش‌های پایان هر فصل پاسخ داده، مسائل را با استفاده از شکل‌ها حل کنید. در پایان کتاب نمونه سؤال‌های امتحانی آورده شده است که باید در طی سال و پس از اتمام هر فصل به این سؤال‌ها پاسخ دهید و آن‌گاه در پایان سال آن را مجدداً مطالعه کنید تا بتوانید به سؤالات مشابه امتحانی پاسخ دهید.

ان‌شاءاللّه هنرآموزان گرامی با طرح سؤال‌های مشابه پایان هر فصل به توانایی هنرجویان خواهند افزود.

مؤلفان

هدف کلی

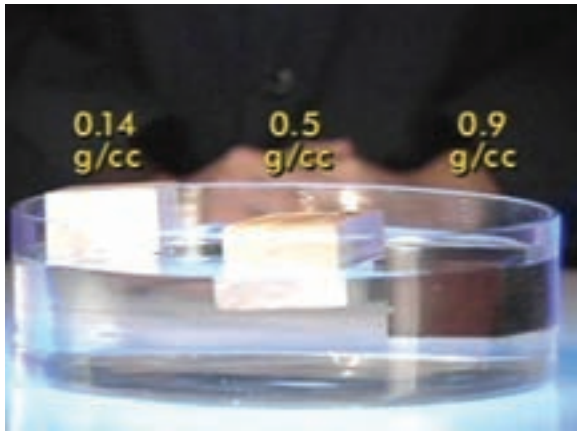
پس از پایان این درس و کتاب از فراگیر انتظار می‌رود به دو هدف کلی زیر دست یابد.

۱ــ خواص فیزیکی چوب را بداند، هم‌چنین رنگ، بو، طعم، رطوبت چوب، چگونگی واکشیده و همکشیده شدن چوب، وزن مخصوص، صوت، الکتریسیته و حرارت در چوب را شرح داده، نقش هر یک از این خواص را در استفاده از چوب شرح دهد.

۲ــ خواص مکانیکی و مقاومتی چوب را بداند و بتواند مقاومت‌های چوب را اندازه‌گیری و محاسبه کند؛ هم‌چنین اهمیت مقاومت‌های مختلف چوب را در کاربرد آن بیان کرده، چوب مناسب را انتخاب کند.

بخش اول

خواص فیزیکی چوب



فصل اول

تعاریف

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

۱ــ ساختمان ماکروسکوپی (شکل ظاهری) چوب را تشریح کند.

۲ــ پوست، چوب، برون چوب و درون چوب، مغز، پره‌های چوبی(اشعه‌های چوبی) را تعریف کند.

۳ــ اختلاف چوب بهاره و چوب پاییزه را بیان نماید.

۴ــ تفاوت «سوزنی برگان» و «پهن برگان» را توضیح دهد.

۵ــ مقاطع مختلف چوب را تعریف کند.

۶ــ تفاوت چوب‌های غیر طبیعی و چوب‌های نرمال (طبیعی) را بیان کند.

زمان تدریس: ۲ ساعت

مقدمه

در مبحث خواص فیزیکی چوب، عمدتاً صفات توارثی چوب، مانند : شکل ظاهری (نقش)، رنگ، بو و طعم، جرم ویژه نسبی، میزان رطوبت و . . . ، هم‌چنین عکس‌العمل چوب در برابر صوت، حرارت، الکتریسیته و غیره مورد بحث قرار می‌گیرند. این‌گونه صفات با آن دسته خصوصیاتی که در اثر نیروهای مکانیکی خارجی و واکنش‌های شیمیایی پدید می‌آیند کاملاً متفاوتند. خواص فیزیکی چوب در اکثر موارد به صورت پایه و اساس تعیین کاربرد یا مصارف چوب مورد استفاده قرار می‌گیرند ؛ از این‌رو، اطلاعات مربوط به فیزیک چوب از نظر طراحی سازه‌های چوبی و حداکثر استفاده از چوب‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و همواره مورد توجه صاحبان صنایع و متخصصان علوم چوب و کاغذ می‌باشد.

۱ــ تعاریف

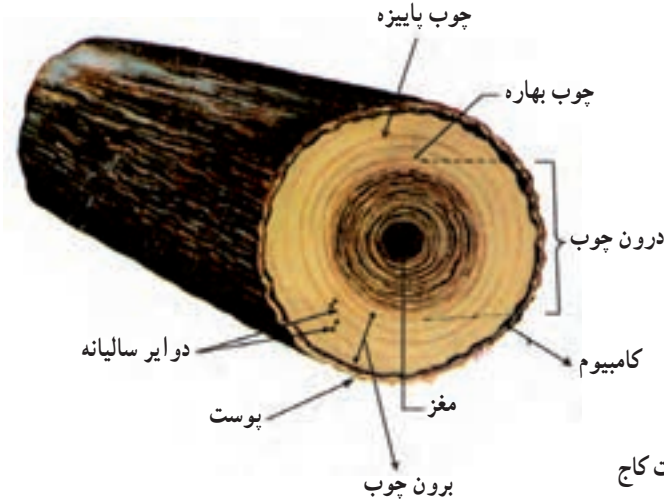
چوب ماده‌ای لیگنوسلولزی است که از ساقه، شاخه و ریشه گیاهان چوبی به‌دست می‌آید و از سلول‌های عمدتاً دوکی شکل و توخالی تشکیل شده است که به موازات یکدیگر و در راستای طول درخت قرار دارند.[۱] این ساختمان ویژه، روی خواص و کاربرد نهایی چوب تأثیر فراوان دارد ؛ بنابراین، هنگام تبدیل تنه درخت به چوب‌های بریده شده، خصوصیات آناتومیکی (تشریحی) الیاف، و یا سلول‌های تشکیل‌دهنده چوب و طرز قرار گرفتن آن‌ها، روی خواص فیزیکی، مکانیکی و شکل ظاهری چوب تأثیر می‌گذارند ؛ از این رو، دراین فصل، سعی خواهد شد، بعضی از قسمت‌ها و عناصر تشکیل دهنده ساختمان چوب ــ که درتشریح وبیان خواص فیزیکی ومکانیکی چوب نقش مهمی دارند ــ به‌طور اختصار تعریف گردد.

۱ــ۱ــ ساختمان ماکروسکوپی[۲] چوب

به شکل ۱ــ۱ توجه کنید. این شکل مقطع عرضی تنه یک درخت را نشان می‌دهد.

الف) پوست: این قسمت خود شامل دو لایه است :

لایه‌ی مرده یا پوست بیرونی: مرکب از سلول‌ها و بافت‌های مرده و ضخامت آن بسته به‌گونه و سن درخت متغیّر است. پوست بیرونی معمولاً خشک و چوب پنبه‌ای می‌باشد و حفاظت تنه را به عهده دارد.



شکل ۱ــ۱ــ مقطع عرضی تنه درخت کاج

۱ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۴

۲ــ قابل رؤیت با چشم غیرمسلح.

لایه‌ی زنده یا پوست درونی: مرکب از بافت‌های زنده، نرم ومرطوب است که مواد غذایی تهیه شده را به نقاط مختلف درخت هدایت می‌کند.

ب) کامبیوم (لایه‌ی زاینده): این لایه، بین پوست و چوب قرار دارد و از خارج، سلول‌های پوست (بافت آبکش) و از طرف داخل، سلول‌های تشکیل دهنده چوب (بافت چوب) را تولید می‌کند.

ج) چوب: بافت لیگنوسلولزی ساقه، شاخه و ریشه گیاهان چوبی که در حد فاصل بین مغز و لایه زاینده قرار دارد و وظیفه آن انتقال آب، ذخیره مواد غذایی و تأمین مقاومت مکانیکی است و خود به دو بخش متمایز برون چوب یا چوب برون، و درون چوب یا چوب درون تقسیم می‌شود.[1]

د) برون چوب: این قسمت از چوب بلافاصله بعد از لایه زاینده قرار دارد ؛ رنگ آن معمولاً روشن‌تر از قسمت مرکزی شاخه و حاوی سلول‌های زنده و فعال است و شیرابه را از ریشه به‌برگ‌ها انتقال می‌دهد.

هـ) درون چوب: بخش میانی تنه درخت به درون چوب معروف است، سلول‌های این قسمت غیرفعال بوده، با تغییر تدریجی چوب برون تشکیل می‌شود. در اکثر گونه‌ها، رنگ آن تیره‌تر از برون‌چوب است و کار آن ذخیره مواد استخراجی و تأمین مقاومت مکانیکی درخت می‌باشد.[2]

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

ز) پره‌های چوبی (اشعه‌های چوبی) : 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.[3]

ح) چوب بهاره و چوب تابستانه: چوبی که در آغاز فصل رویش به خصوص در چوب‌های مناطق معتدله و سردسیری تشکیل می‌شود معمولاً حاوی سلول‌هایی درشت با دیواره سلولی (غشاء) نازک است. رنگ آن روشن است و اصطلاحاً به آن «چوب بهاره» یا «چوب آغاز» می‌گویند. در حالی که چوبی که در پایان دوره‌ی رویش به‌وجود می‌آید، به دلیل کم بودن جریان آب، سلول‌هایی با حفره‌های سلولی تنگ‌تر و غشای سلولی ضخیم‌تر دارند و رنگ آن تیره‌تر از چوب بهاره است و اصطلاحاً به آن «چوب تابستانه» گفته می‌شود. به مجموع چوب بهاره وچوب تابستانه که در یک دوره رویش تولید می‌شود، «دایره (حلقه) رویش سالیانه» گویند.

۲،۱ و۳ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۴

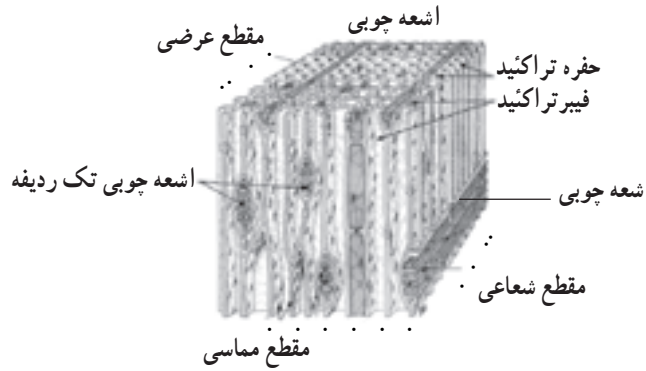
۲ ــ ۱ــ ویژگی‌های اختصاصی چوب

چوب یک ماده طبیعی با منشأ بیولوژیک (زنده) است ؛ بنابراین، در مورد چوب باید به دو خاصیت بنیادی و انحصاری توجه کرد :

الف) از آن جا که دو فرد هرگز یکسان نیستند و یا دو سیب از یک درخت و حتی یک شاخه نیز هرگز کاملاً مشابه و یکسان نمی‌باشند.[۱] خصوصیات و ویژگیهای دو قطعه چوب حتی از ساقه یک درخت نیز کاملاً یکسان نخواهند بود. شایان ذکر است که این عدم یکنواختی محدود به ظاهر چوب نیست، بلکه باعث به‌وجود آمدن خواص متفاوتی می‌گردد.

ب) چوب از سلول‌هایی تشکیل شده که این سلول‌ها زمانی زنده بوده و نقش بیولوژیکی را ایفا می‌کرده‌اند. ساختمان این سلول‌ها ــ با توجه به وظیفه‌ای که داشته‌اند ــ متفاوت است، به دلیل این که از کنار یکدیگر قرار گرفتن این سلول‌های متنوع، چوب به وجود آمده است. چوب ماده‌ای «هرسو نایکسان» است بدین‌معنی که خواص آن در جهت‌های مختلف متفاوت است.

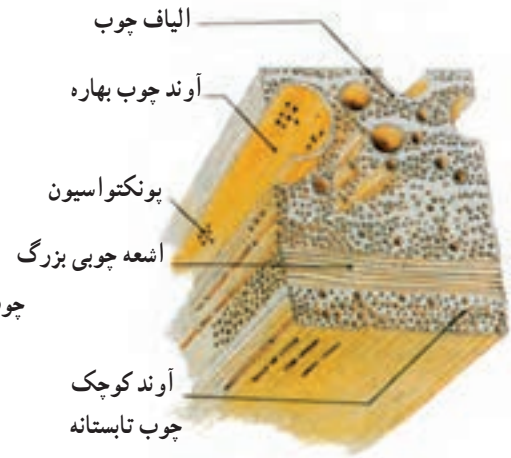
اغلب سلول‌های چوب به شکل لوله‌های بلند و باریک هستند که در جهت محور ساقه درخت و به‌طور موازی قرار گرفته‌اند. در شکل ۲ــ۱یک قطعه چوب سوزنی برگ نشان داده شده است که در آن قرار گرفتن موازی سلول‌های بلند قابل رؤیت است. در چوب پهن برگان نظیر راش، بلوط و... تنوع سلول‌ها زیادتر است و چندین نوع سلول با وظیفه‌های بیولوژیک متفاوت وجود دارد، ولی در چوب سوزنی برگان نظیر «نراد»، «نوئل»، «کاج» تنوع سلولی کم‌تر بوده و در آن میان، تراکئید از همه واضح‌تر است.



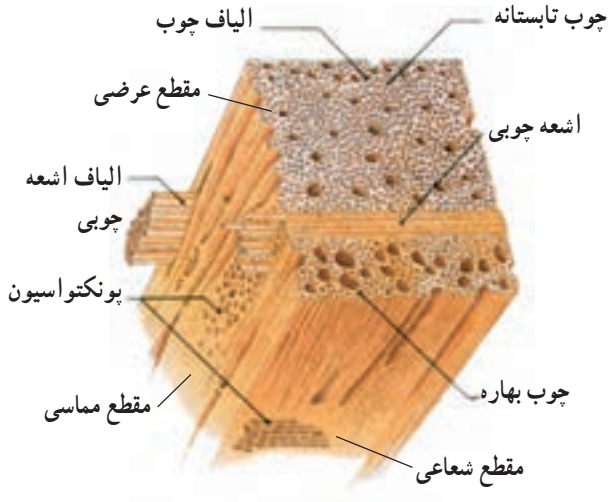
شکل ۲ــ۱ــ طرز قرار گرفتن سلول‌ها در یک قطعه چوب سوزنی برگ

۱ــ به عنوان مثال مشاهده تغییرات وزن مخصوص بین گونه‌ها تا حد سی برابر و بین چوب درختان یک گونه تا حد شش برابر و نیز سه برابر در یک دایره رویش طبیعی می‌باشد.

هم‌چنین، درخت همانند انسان هر ساله رشد طولی و قطری دارد. رشد قطری درخت به‌صورت دایره‌های هم مرکزی قابل رؤیت است که در درختان با رویش قطری بهاره و تابستانه مجزا، هر «دو دایره» و در درختانی که رویش قطری بهاره و تابستانه مجزا ندارند هر «یک دایره» نشان‌دهنده رشد قطری سالیانه است. اگر درخت دارای چوب پراکنده آوند باشد مرز مشخصی بین رویش بهاره و تابستانه وجود نداردشکل(۳ــ۱ــالف). ولی در درختان بخش روزنه‌ای، در فصل بهار که مواد غذایی بیشتری در دسترس درخت است میزان رویش زیادتر بوده به دلیل نیاز به انتقال مواد غذایی بیشتر در درخت، حفره سلولی بزرگ‌تر و ضخامت دیواره سلول کمتر است و در نتیجه رنگ چوب روشن‌تر خواهد بود، اما در فصل تابستان که از میزان مواد غذایی درخت کم می‌شود حفره سلولی کوچک‌تر شده، سلول‌ها دارای دیواره ضخیم‌تر هستند ؛ بدین ترتیب، چوب تیره‌تر است. در این حالت هر دو دایره رویش (یکی بهاره روشن و دیگری تابستانه تیره) نشان‌دهنده رویش قطری یک سال است که در شکل (۳ــ۱ــ ب) نشان داده شده است.

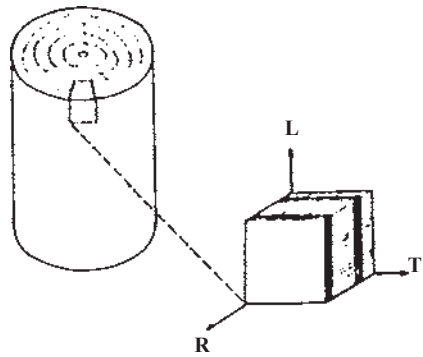


شکل ۳ــ۱ــ الف ــ یک قطعه چوب پراکنده آوند



شکل ۳ــ۱ــ ب ــ یک قطعه چوب بخش روزنه‌ای

«هرسونایکسانی» در چوب: برای روشن شدن ساختمان چوب در خصوص مقاومت‌های مکانیکی آن یک قطعه چوب را از یک قسمت ساقه درخت طبق شکل ۴ــ۱در نظر بگیرید. طرز قرار گرفتن سلول‌ها و اجزای تشکیل‌دهنده چوب در جهت‌های مختلف باعث به وجود آمدن خواص متفاوت در آن جهت‌ها خواهد شد.



شکل ۴ــ۱ــ جهت‌های سه‌گانه در یک قطعه چوب

در چوب سه جهت اصلی را می‌توان مشخص کرد :

الف)جهت طولی یا محوری (L): که موازی با محور اصلی درخت است و اغلب سلول‌های چوب موازی با این محور قرار گرفته‌اند. در شکل ۴ــ۱جهت طولی با حرف L[1] نشان داده شده است.

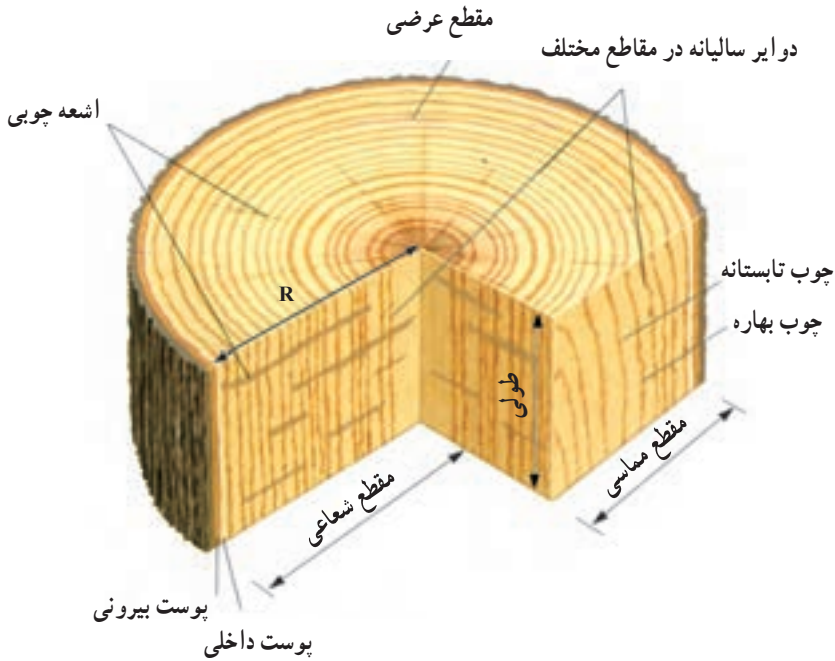
ب) جهت مماسی (T): که جهت مماس بر دایره‌های رویش سالیانه است. در شکل ۴ــ۱ جهت مماسی ؛ با حرف T[2] نشان داده شده است.

ج) جهت شعاعی (R): جهت شعاعی عمود بر جهت مماسی (دایره‌های رویش سالیانه) و در جهت شعاع دایره‌های سطح مقطع درخت است. جهت شعاعی دایره‌های رویش سالیانه را قطع کرده و در شکل‌های۴ــ۱ و ۵ــ۱با حرف R[3] نشان داده شده است.

۱ــ L، مخفف کلمه انگلیسی «Longitudinal»، به معنی طولی یا محوری است ؛ که اصطلاحاً به آن در ستون عرضی گفته می‌شود.

۲ــ T، مخفف کلمه انگلیسی Tangential، به معنی مماسی است.

۳ــ R، مخفف کلمه انگلیسی Radial، به معنی شعاعی است.



شکل ۵ــ۱ــ مقاطع مختلف و بخشی از عناصر ساختمانی از جمله اشعه چوبی در یک قطعه چوب

۳ــ۱ــ پهن برگان و سوزنی برگان

معمولاً گونه‌های درختی چوبده بـه دو گروه بزرگ «پهن بـرگان» و «سوزنی برگان» تقسیم می‌شوند. پهن برگان، اکثراً سخت چوب، نقش‌دار، دارای برگ‌های درشت و پهنی هستند و در مناطق معتدله خـزان‌کننده‌اند مـانند بلوط، راش، افرا و ... ؛ در حالی‌که سوزنی برگان اکثراً نرم چوب، بدون نقش و دارای برگ‌های سوزنی شکل می‌باشند که به جز چند گونه مانند لاریکس خزان نمی‌کنند، مانند کاج، سرو، نراّد و... .

۴ــ۱ــ مقاطع چوب

معمولاً، مطالعات مربوط به خواص و شناسایی چوب درسه برش یا مقطع : عرضی، شعاعی و مماسی انجام می‌شود، زیرا اغلب خصوصیات چوب در این سه مقطع متفاوت هستند. مقطع عرضی با قطع تنه عمود بر محور طولی درخت به‌دست می‌آید. مقطع شعاعی و مماسی هر دو طولی و عمود بر مقطع عرضی هستند و با برش تنه درخت در جهت 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 یا عمود بر دوایر سالیانه می‌باشد. در درختان پس از سپری شدن مدت زمانی از عمر آنها چوب برون و چوب درون مشخص و یا نامشخص تشکیل می‌گردد که در مقطع تنه،چوب درون به رنگ تیره در قسمت داخلی و چوب برون به رنگ روشن در قسمت بیرونی قابل رؤیت می‌باشد. این سه مقطع در شکل ۶ــ۱ نشان داده شده است.

شکل ۶ــ۱ــ مقاطع مختلف تنه درخت و چوب برون و چوب درون و مغز چوب

۵ــ۱ــ چوب‌های غیرطبیعی یا واکنشی

معمولاً درقسمت‌های خمیده‌ی تنه و قسمت فوقانی و زیرین شاخه‌های درخت، چوبی تشکیل می‌شود که خصوصیات آن با چوب طبیعی یا نرمال کاملاً فرق دارد[۱]. این گونه چوب‌ها در سوزنی‌برگان به «چوب فشاری» و در پهن برگان به «چوب کششی» معروف است.[۲] بسیاری از ویژگیهای فیزیکی، مکانیکی و ... واکنشی با چوب نرمال فرق دارد.علت اصلی این تغییرات را می‌توان دانسیته بالای چوب واکنشی نسبت به چوب نرمال دانست(شکل‌های ۷ــ۱ و ۸ــ۱).

چوب فشاری که در قسمت زیرین تنه خمیده و شاخه‌های درختان سوزنی برگ به‌وجود می‌آید و وضعیّت برون مرکزی را در مقطع عرضی بوجود می‌آورد (شکل ۷ــ۱).

۱ــ پیدایش این نوع بافت عکس‌العمل درخت برای برگشت به وضعیّت عادی خود می‌باشد و بنابراین نام این بافت را غیر نرمال یا واکنشی گذارده‌اند.

۲ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۴

شکل ۷ــ۱ــ برش عرضی درخت سوزنی برگ: چوب نرمال در قسمت فوقانی و چوب فشاری در قسمت تحتانی دیده می‌شود.

چوب کششی در قسمت فوقانی تنه خمیده و شاخه‌های درختان پهن برگ تشکیل می‌شود و ازخصوصیات بارز آن این است که هنگام بریده شدن، به‌ویژه در چوب‌های‌تر، چوب به شکل کرکدار درمی‌آید که در نتیجه اره‌کشی آن بسیار دشوار می‌شود. در مقاطع عرضی این چوب نیز برون مرکزی مشاهده می‌گردد.

شکل ۸ــ۱ــ برش عرضی درخت پهن برگ: چوب کششی در قسمت فوقانی قرار دارد وچوب نرمال در قسمت پایین قرار دارد.

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ در شکل ۹ــ۱ که یک برش عرضی تنه درخت است قسمت‌های مختلف قابل تشخیص را مشخص کنید :

شکل ۹ــ۱ــ برش عرضی تنه یک درخت

۲ــ لایه زاینده (کامبیوم) را تعریف کنید.

۳ــ اختلاف برون چوب و درون چوب را تشریح کنید.

۴ــ تفاوت بین سوزنی برگان و پهن برگان را بیان کنید.

۵ــ چوب بهاره و چوب پاییزه را تعریف کنید.

۶ــ چوب‌های غیرطبیعی یا واکنشی چه نوع چوب‌هایی هستند؟ در شکل ۱۰ــ۱ چوب واکنشی و چوب نرمال را مشخص کنید.

۷ــ تفاوت چوب کششی وچوب فشاری را بیان کنید.

۸ــ نمونه‌هایی از مقاطع مختلف گونه‌های چوبی را در محل زندگی خود تهیه کرده و عناصر ساختمانی آن‌را مشخص کنید.

۹ــ در قطعه‌ای از چوب شاخه سوزنی‌برگ و پهن برگ، چوب واکنشی را نشان دهید.

شکل ۱۰ــ۱ــ برش عرضی تنه خمیده یک سوزنی‌برگ

فصل دوم

آشنایی با رنگ، بو و طعم چوب

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

۱ــ علت بروز رنگ‌های مختلف را در چوب بیان کند.

۲ــ کاربرد رنگ چوب را درتشخیص چوب‌های مختلف بیان کند.

۳ــ تأثیر رنگ چوب را در دوام طبیعی آن تعریف کند.

۴ــ نقش رنگ را در زیبایی چوب بیان کند.

۵ــ علت بوی چوب را بیان کند.

۶ــ نقش بو را در تشخیص چوب تعریف کند.

۷ــ تأثیر بوی چوب را درکاربرد آن شرح دهد.

۸ــ تأثیر بو را در دوام طبیعی چوب بیان نماید.

۹ــ کاربرد طعم را در شناسایی و مصارف چوب شرح دهد.

زمان تدریس : ۴ ساعت

مجموعه‌ای از رنگ‌های زیبای طبیعی چوب

۲ــ رنگ، بو و طعم چوب

۱ــ۲ــ رنگ چوب

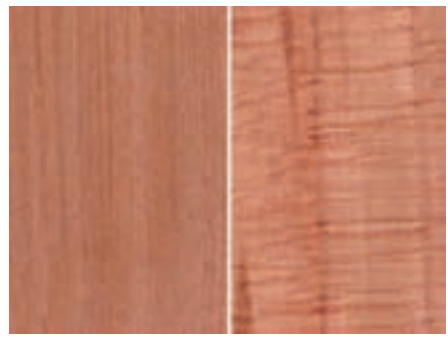
چوب گونه‌های مختلف دارای رنگ‌های طبیعی گوناگونی از سفید (در برون چوب اکثر گونه‌ها) تا زرد لیمویی (شمشاد)، کرم تا صورتی (راش)، خاکستری تا قهوه‌ای مایل به سیاه (گردو) و سیاه (آبنوس) و سایر رنگ‌های بینابین آن‌ها می‌باشد. حتی در یک قطعه چوب ممکن است اختلاف رنگ وجود داشته باشد ؛ مانند اختلاف رنگ درون چوب و برون چوب، چوب بهاره و چوب تابستانه، بافت پره‌های چوبی و بافت‌های مجاور آن. اختلاف رنگ بیشتر در چوب درون وجود دارد. حال آن که، چوب برون در اکثر گونه‌ها به رنگ سفید روشن است.

به طور کلی، رنگ چوب یکی از خصوصیات بارز در اکثر گونه‌های چوبی است، اما تشریح و بیان آن با کلمات مشکل به نظر می‌رسد. معمولاً رنگ چوب با مشاهده‌ی ظاهر آن تشخیص داده می‌شود ؛ بدین ترتیب که چوب مانند سایر اجسام در برابر روشنایی، بخشی از طیف‌های مرئی نور طبیعی را به خود جذب می‌کند و بقیه را منعکس می‌سازد و این نور منعکس شده روی حس بینایی اثر می‌گذارد و رنگ چوب مشخص می‌گردد.[1] به شکل‌های ۱ــ۲، ۲ــ۲، ۳ــ۲، ۴ــ۲، ۵ــ۲ و ۶ــ۲ نگاه کنید. دراین شکلها رنگ‌های گوناگون درمقاطع متفاوت چند گونه مختلف نشان داده شده است.

شکل ۱ــ۲ــ رنگ سفید مایل به کرم درچوب خانواده کاج

۱ــ علاوه بر خاصیت انعکاس نور توسط چوب، رنگ چوب به‌وجود مواد استخراجی و زاویه تابش نیز بستگی دارد. (استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۳)

شکل ۲ــ۲ــ رنگ زرد لیمویی درچوب شمشاد



شکل ۳ــ۲ــ رنگ کرم تا صورتی درچوب راش

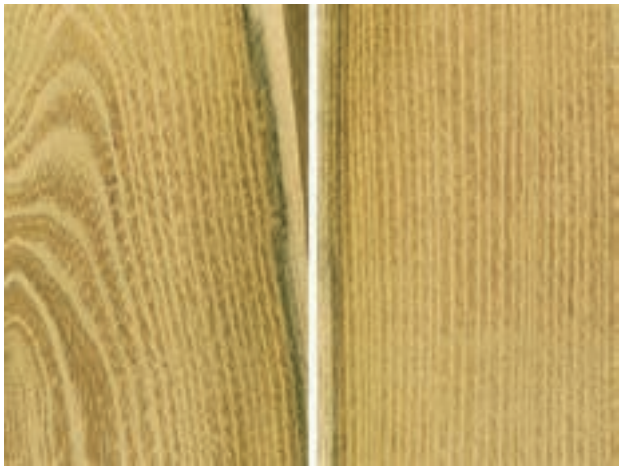
شکل ۴ــ۲ــ رنگ خاکستری تا قهوه‌ای تیره درچوب گردو

شکل ۵ــ۲ــ رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز در چوب اوکالیپتوس

شکل ۶ــ۲ــ رنگ تیره چوب در گونه آکاسیا

معمولاً چوبی که در معرض هوای آزاد قرار می‌گیرد، اغلب تیره رنگ می‌شود و این تغییر رنگ غالباً در برون چوب پدید می‌آید. چنین تغییر رنگی منشأ شیمیایی داشته، در نتیجه‌ی اکسیده شدن ترکیبات معدنی موجود درچوب به‌وجود می آید. تغییر رنگ، ممکن است بلافاصله پس از قطع

درخت در جنگل و یا بعد از تبدیل تنه به چوب آلات مورد نظر به‌وجود آید ؛ مثلاً رنگ چوب «توسکا»، پس از بریده شدن به‌سرعت از سفیدی به قرمزی و بعد به قهوه‌ای مایل به زرد تغییر می‌یابد و یا رنگ درون چوب «اقاقیا» به سبز روشن تا قهوه‌ای تیره، تغییر می‌کند(شکل ۷ــ۲).



شکل ۷ــ۲ــ چوب اقاقیا

چنان‌چه چوب‌های با رنگ روشن در معرض نور خورشید، به‌ویژه در ارتفاعات قرار گیرند، رنگ آن‌ها به قهوه‌ای تبدیل می‌شود ؛ درحالی که اگر در معرض باران و یا رطوبت زیاد قرارگیرند، رنگ خاکستری تیره پیدا می‌کنند.

در برخی از چوب‌ها، مواد رنگی ممکن است آن‌قدر زیاد باشد که بتوان آن را استخراج نموده و به‌عنوان رنگ مورد استفاده قرار داد. در گذشته و قبل از متداول شدن رنگ‌های مصنوعی، از بعضی چوب‌های مخصوص، رنگ استخراج می‌شده است.

به علاوه، چوب بعضی از گونه‌ها مانند اقاقیا و تعدادی از گونه‌های مناطق استوایی دارای خاصیت «فلورسنت» هستند ؛ بدین معنی که در اثر تابش نور ماورای بنفش، رنگی می‌شوند که دراین حالت، چوب درون معمولاً به رنگ زرد براق و چوب برون به رنگ سایه روشن درمی‌آید.

ذخیره شدن بیش از حد مواد رنگی در چوب، ممکن است موجب تغییر رنگ موضعی گردد. تغییر رنگ همچنین ممکن است دراثر حمله قارچ‌ها، باکتری‌ها و یا سایر عوامل خارجی دیگر پدید آید (شکل ۸ــ۲).

شکل ۸ــ۲ــ تغییر رنگ چوب دراثر حمله قارچ‌ها

۱ــ۱ــ۲ــ نقش رنگ در دوام طبیعی چوب: معمولاً، رنگ تیره نشان‌دهنده‌ی دوام زیاد چوب است. به طورکلی، رنگ چوب ناشی از وجود مواد شیمیایی، مانند تانن‌ها، رزین‌ها، روغن‌ها، اسیدهای آلی، مواد رنگی و غیره است که غالباً در چوب درون و به نسبت کمتری در چوب برون ذخیره می‌شوند و به آن‌ها «مواد استخراجی» (Extractives) می‌گویند. این‌گونه مواد در مقابل حمله‌ی قارچ‌های عامل پوسیدگی چوب و حشرات، مانند سم عمل کرده، از پوسیدن چوب جلوگیری می‌نمایند. وجود این‌گونه مواد شیمیایی در چوب گونه‌هایی، مانند : گردو، سکویا، سرو، سدر، ارس، بلوط و اقاقیا، سبب بادوام بودن آن‌ها می‌شود. بر این اساس، درون چوب این‌گونه چوب‌ها و سایر گونه‌هایی، مانند : کاج‌ها، بادوام‌تر از برون چوب آن‌ها بوده و چوب‌هایی مانند : صنوبرها، بیدها و نمدار کم دوام محسوب می‌شوند (شکل‌های ۹ــ۲ و ۱۰ــ۲).

شکل ۹ــ۲ــ میز تحریر ساخته شده از چوب ماهاگونی مربوط به قرن هجدهم میلادی

شکل ۱۰ــ۲ــ رنگ سفید مایل به کرم درچوب کم دوام بید

لازم است یادآوری شود که رنگ روشن چوب همیشه نمی‌تواند دلیل برکم دوام بودن چوب باشد، زیرا گونه‌هایی مانند دارتالاب و بعضی از سدرها دارای رنگ روشن هستند ؛ در حالی که دوام طبیعی آن‌ها زیاد است (شکل ۱۱ــ۲).

شکل ۱۱ــ۲ــ رنگ قهوه‌ای روشن در چوب بادوام سدر

۲ــ۱ــ۲ــ نقش رنگ درزیبایی چوب: رنگ طبیعی چوب تعداد زیادی از گونه‌ها بسیار زیبا است و اکثراً کاربرد تزیینی و دکوراتیو دارند. شکل ۱۲ــ۲ دو دست لباس مردانه و زنانه ساخته شده از چوب با مجموعه‌ای از رنگ‌های زیبای چندین گونه را نشان می‌دهد. در شکل ۱۳ــ۲ میز تحریری می‌بینید که به سبکی زیبا ساخته و تزیین شده است.

شکل ۱۲ــ۲ــ مجموعه‌ای از رنگ‌های چوب

شکل ۱۳ــ۲ــ میزتحریر ساخته شده از چوب شیشم

این میز تحریر زیبا ازچوب «شیشم» یا «دالبرجیا» ساخته شده است. درون چوب اغلب گونه‌های خانواده شیشم دارای رنگ‌های متفاوتی از جمله : قهوه‌ای طلایی، قهوه‌ای شکلاتی، قهوه‌ای مایل به بنفش، نارنجی متمایل به لیمویی و غیره می‌باشد. به دلیل رنگ‌های متنوع و زیبا، چوب این گونه‌ها غالباً در ساخت مبلمان گران قیمت، پیانو و وسایل تزیینی و تجملی مورد استفاده قرار می‌گیرند. وسایل تزیینی دیگری که به دلیل زیبایی ظاهری و رنگ‌های دلپذیر از چوب گونه‌های مختلف ساخته شده‌اند در شکل‌های ۱۴ــ۲، ۱۵ــ۲، ۱۶ــ۲، ۱۷ــ۲ و ۱۸ــ۲ نشان داده شده است.

شکل ۱۴ــ۲ــ صندلی با رویه‌کوبی ساخته شده از چوب پهن‌برگ

شکل ۱۵ــ۲ــ کنده‌کاری روی چوب شمشاد

شکل ۱۶ــ۲ــ ترکیبی از رنگ تیره گردو و رنگ روشن افرا

شکل ۱۷ــ۲ــ رنگ کرم در چوب افرا

شکل ۱۸ــ۲ــ گلدان زینتی ساخته شده از چوب توس

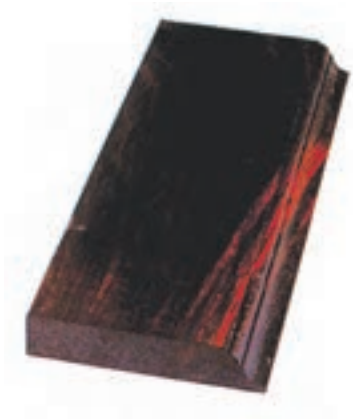
رنگ بعضی از چوب‌ها ثابت است ؛ مثلاً برخی گونه‌های خانواده مرکبات دارای رنگ زرد روشن ثابتی هستند و در خاتم‌کاری مورد استفاده قرار می‌گیرند ؛ در حالی که رنگ بیشتر چوب‌ها، پس از مدتی که در معرض نور قرار می‌گیرند تغییر رنگ می‌دهند ؛ مانند چوب توت که دارای رنگ زرد نارنجی است، ولی پس از مدتی ابتدا به رنگ طلایی درمی‌آید و بعد دراثر تابش نور، به رنگ حنایی تغییر می‌یابد.

برای جلوگیری از تغییر رنگ چوب، می‌توان از موادی نظیر «پلی‌استر» استفاده کرده و برای مدتی رنگ آن را حفظ کرد و هم‌چنین به کمک روکش کردن از مواد طبیعی و مصنوعی می‌توان رنگ آن‌ها را تغییر داد. تغییر رنگ طبیعی با عملیات بخار دادن و یا رطوبت دادن امکان‌پذیر است ؛ برای مثال، چوب بلوط هرگاه برای مدتی نسبتاً طولانی در معرض باران یا رطوبت قرار گیرد کاملاً سیاه رنگ می‌شود و یا در مبل‌سازی به منظور دستیابی به رنگ مناسب و زیبا، چوب راش را بخار می‌دهند. چوب گردو و عنبرسائل اگر در معرض بخار آب قرار گیرند، رنگ روشن برون چوب آن‌ها به تیرگی رنگ چوب درون تغییر می‌یابد. در مبل‌سازی هنگام ساختن مبل‌های ارزان قیمت اغلب ممکن است چوب‌های ارزان قیمت را با رنگ‌های مصنوعی به شکل ظاهری چوب‌های گران قیمت رنگ‌آمیزی کنند.

۳ــ۱ــ۲ــ نقش رنگ در تشخیص چوب: علی‌رغم تشابه زیادی که درساختمان چوب برخی از گونه‌ها وجود دارد، در بعضی موارد، رنگ چوب ممکن است در تشخیص ماکروسکپی چوب مورد استفاده قرار گیرد ؛ برای مثال، «چنار» از رنگ صورتی مایل به قرمز(شکل۱۹ــ۲) «گلابی» از رنگ زرد مایل به‌قرمز (شکل۲۰ــ۲) و «شیشم آفریقایی» از روی رنگ سیاه چوب درون آن‌ها (شکل ۲۱ــ۲) به‌خوبی قابل تشخیص وشناسایی هستند ؛ ولی باید توجه داشت که چوب بعضی از گونه‌ها فاقد رنگ مشخصی هستند و یا اگر درمعرض هوای آزاد قرار گیرند به‌سرعت تغییر رنگ می‌دهند ؛ ازاین‌رو تشخیص و شناسایی ظاهری (ماکروسکپی) کلیه چوب‌ها از روی رنگ آن‌ها امکانپذیر نیست.

شکل ۱۹ــ۲ــ رنگ صورتی مایل به قرمز در چوب چنار

شکل ۲۰ــ۲ــ رنگ زرد مایل به قرمز در چوب گلابی



شکل ۲۱ــ۲ــ رنگ سیاه درچوب شیشم آفریقایی

۲ــ۲ــ بو و طعم چوب

بوی چوب نیز ناشی از وجود مواد استخراجی فرّار در چوب است. در مواردی که چنین موادی در چوب وجود دارد، اکثراً، در دیواره سلول‌های چوب درون ذخیره می‌شوند. با توجه به این که این‌گونه مواد استخراجی معمولاً فرّار هستند، از این‌رو چوب تازه قطع شده در ابتدا، معطر است و پس از مدتی که در معرض هوای آزاد قرارگرفت، بوی خود را به‌تدریج از دست می‌دهد ؛ به همین دلیل در چوب‌های تازه قطع شده، بوی چوب محسوس‌تر می‌باشد ؛ هم‌چنین در برخی موارد حمله قارچ‌های چوبخوار و یا باکتری‌ها ممکن است باعث تجزیه دیواره سلولی شده، ایجاد بو در چوب کنند.

۱ــ۲ــ۲ــ نقش بو در تشخیص چوب: تشریح و بیان بوی چوب مانند رنگ، آسان نیست، ولی بعضی از چوب‌ها به کمک بوی مخصوص آن‌ها شناسایی می‌شوند. چوب سدرها و سروها دارای بوی مطبوعی هستند و انواع کاج نیز بوی رزین می‌دهد. در بین سایر گونه‌ها، «چوب دار تالاب»، «**ساسافراس**[۱]» و «بداغ» بعضی مواقع دارای بوی نامطبوعی می‌باشند و چوب درون «**کاتالپا**[۲]» بوی نفت می‌دهد. چوب یکی از گونه‌های **افرا**[۳] هنگامی که گرم و مرطوب است بوی مربای توت‌فرنگی می‌دهد. **چوب تیک**[۴] ، بوی چرم سوخته و چوب گونه «**سراتوپتانوس**[۵]» بوی کارامل می‌دهد. چوب بعضی از گونه‌های مناطق استوایی نیز بوهای مختلفی دارند و برحسب بویی که دارند با نام‌های

۱ــ Sassaferas album
۲ــ Catalpa specigera
۳ــ Acer pseudoplatanus
۴ــ Tectona grandis
۵ــ Ceratopetanus apetalum

چوب «کافور»، چوب «سیر»، چوب «تمشک»، چوب «عطسه» و غیره معروف می‌باشند. از چوب‌های داخلی ایران، زربین که از خانواده سروهاست دارای بوی مطبوع و سرخدار دارای بوی نامطبوعی است. با این وجود، به دلیل این که بعضی از چوب‌ها فاقد بوی به‌خصوصی هستند و به‌علاوه، بوی چوب‌ها در اثرگذشت زمان و تأثیر عوامل خارجی به‌تدریج کاهش می‌یابد ؛ بنابراین، تشخیص چوب با استفاده از بو،همیشه میسر نیست، اما در شناسایی چوب مؤثراست.

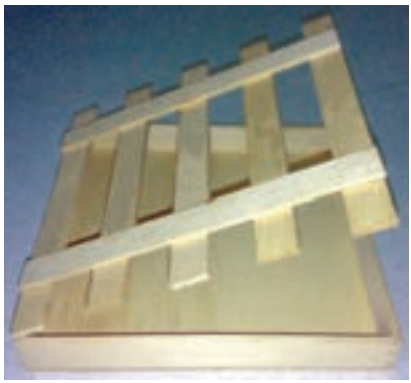
۲ــ۲ــ۲ــ تأثیر بوی چوب درکاربرد آن: بوی چوب، ممکن است از جمله محاسن آن محسوب شود و در تعیین کاربرد آن تأثیر به‌سزایی داشته باشد ؛ برای مثال، چوب سدر اسپانیایی[۱] که نوعی درخت پهن‌برگ است، به دلیل بوی مطبوعی که دارد، برای ساخت جعبه تزیینی (شکل۲۲ــ۲) و برخی دیگر از سدرها و سروها برای ساخت کمد لباس مورد استفاده قرار می‌گیرند. چوب بعضی از گونه‌ها مانند «صندل[۲]»، برخی از «اکالیپتوس‌ها». سدرها و سدر اسپانیایی به خاطر بوی معطر مخصوصی که دارند برای ساخت وسایل تزیینی و تجملی مانند، گلدان، مجسمه، مهره شطرنج و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند و یا اغلب مدادهای مرغوب به دلیل خوشبویی از چوب گونه‌های مختلف سروها و یا

شکل ۲۲ــ۲ــ جعبه‌ی تزیینی ساخته شده از چوب توس

۱ــ Cedrela odorata

۲ــ Santalum album

«ارس» ساخته می شود ؛ در حالی که در صنعت سبدسازی و جعبه‌های حمل و نقل و بسته‌بندی موادغذایی، بوی چوب جزء معایب محسوب می‌شود، زیرا بوی چوب ممکن است روی بوی مواد غذایی تأثیر بگذارد. در این‌گونه موارد، استفاده از چوب‌های بدون بو ارجحیت دارد، در شکل ۲ــ۲۳ که یک پالت چوبی مشاهده می‌شود. در شکل ۲ــ۲۴ تصویر یک دراور از چوب گردو و در شکل ۲ــ۲۵ ظروف چوبی آشپزخانه نشان داده شده است.



شکل ۲ــ۲۳ــ پالت چوبی مورد استفاده برای حمل بار

شکل ۲ــ۲۴ــ دراور ساخته شده از چوب گردو مربوط به قرن هیجدهم

شکل ۲ــ۲۵ــ ظروف چوبی آشپزخانه

۳ــ۲ــ۲ــ تأثیر بو در دوام طبیعی چوب: بعضی از چوب‌ها دارای بوی مخصوصی هستند که حشرات چوبخوار را از خود دور می‌سازند و یا به عبارت دیگر «حشره‌گریز» هستند و به‌همین دلیل، دوام طبیعی آن‌ها زیادتر از چوب‌های بی‌بو است ؛ برای نمونه در شمال ایران، اغلب کمدهای لباس را از چوب «زربین» می‌سازند، زیرا چوب زربین دارای بوی مخصوصی است که باعث می شود حشرات چوبخوار به آن نزدیک نشوند و در نتیجه برای سال‌ها دوام پیداکرده، سالم می‌ماند ؛ البته گفتنی است که فقط داشتن بوی حشره گریز دلیل بادوام بودن چوب نیست، زیرا برخی از چوب‌ها وجود دارند که دارای دوام طبیعی زیادی هستند، ولی فاقد هرگونه بوی مخصوص هستند.

۴ــ۲ــ۲ــ کاربرد طعم درشناسایی و مصارف چوب[1]: طعم چوب نیز ناشی از وجود مواد استخراجی درچوب است که در بعضی موارد می‌تواند در شناسایی و مصارف چوب مؤثر واقع شود. طعم معمولاً در چوب‌های تازه قطع شده محسوس‌تر است که البته در چوب درون آن را بهتر می‌توان تشخیص داد. چوب‌هایی مانند بلوط و شاه بلوط که حاوی مقداری مواد استخراجی هستند طعم تلخ دارند. معمولاً طعم چوب عاملی عمده در تشخیص و شناسایی چوب محسوب نمی‌شود، اما ممکن است در بعضی موارد در تشخیص چوب‌های مختلف که از نظر ساختمان ماکروسکپی تشابه زیادی دارند، مورد استفاده قرارگیرد ؛ برای مثال، چوب گونه «لیبوسدروس[2]» و درخت «نوش[3]» از لحاظ ساختمان ظاهری بسیار شبیه هستند، اما «لیبوسدروس» دارای طعمی گس و طعم نوش تلخ است.

طعم چوب‌ها در تعیین کاربرد آن‌ها، از جمله در ساخت ظروف غذاخوری، قاشق چوبی، چوب بستنی و غیره بسیار با اهمیت است (شکل۲۶ــ۲).

شکل ۲۶ــ۲ــ ظرف منبت‌کاری شده از چوب ون

۱ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۳

۲ــ Libocedrus decurrens

۳ــ Thuya plicata

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ دلیل تیره رنگ شدن چوب در مجاورت هوا چیست؟
۲ــ چرا چوب‌های تیره رنگ معمولاً دوام بیشتری دارند؟
۳ــ لزوم آشنایی بارنگ، بو و طعم چوب چیست؟
۴ــ تأثیر بوی چوب را در کاربرد آن با چند مثال بیان کنید.
۵ــ چرا تشخیص و شناسایی ماکروسکپی کلیه چوب‌ها از روی رنگ آنها میسر نمی‌باشد؟
۶ــ پنج نمونه چوب تهیه کرده رنگ، بو و... آن‌را تعیین کنید.
۷ــ درتصاویر زیر نوع چوب‌ها را از روی رنگ آن‌ها شناسایی کنید.

فصل سوم

رطوبت، همکشیدگی و واکشیدگی چوب

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

۱ــ رطوبت چوب را تعریف نماید.

۲ــ مقدار رطوبت چوب را محاسبه کند.

۳ــ همبستگی رطوبت با عوامل مختلف را بیان کند.

۴ــ حالات مختلف آب را در چوب تعریف کند.

۵ــ مقدار رطوبت چوب را در حالات مختلف شرح دهد.

۶ــ پدیده همکشیدگی و واکشیدگی چوب را تعریف کند.

۷ــ تأثیر همکشیدگی و واکشیدگی را در چوب توضیح دهد.

۸ ــ تفاوت همکشیدگی و واکشیدگی چوب را با انقباض وانبساط فلزات در اثر حرارت شرح دهد.

۹ــ روش‌های پیشگیری از همکشیدگی و واکشیدگی را بیان کند.

۱۰ــ روش‌های اندازه‌گیری رطوبت چوب را در آزمایشگاه توضیح دهد.

۱۱ــ نحوه‌ی اندازه‌گیری درصد رطوبت چوب، همکشیدگی و واکشیدگی چوب را توضیح دهد.

زمان تدریس: ۸ ساعت

۳ــ رطوبت چوب، همکشیدگی و واکشیدگی

۱ــ۳ــ تعیین رطوبت چوب

تعریف رطوبت چوب: میزان آب و بخار آبی است که به صورت آزاد در حفرهٔ سلول و یا جذب شده توسط غشای سلول‌ها و اجزای تشکیل‌دهنده چوب وجود دارد. رطوبت یک قطعه چوب معمولاً نسبت به وزن خشک آن سنجیده می‌شود ؛ بنابراین، طبق تعریف :

$$\text{درصد رطوبت چوب} = \frac{\text{وزن آب موجود در چوب}}{\text{وزن خشک چوب}} \times ۱۰۰$$

با توجه به این فرمول : وزن خشک چوب – وزن تر چوب = وزن آب موجود در چوب

می‌توان فرمول محاسبه درصد رطوبت چوب را به‌شکل زیر نوشت :

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

چنان‌چه دررابطه فوق علایم اختصاری به کاربرده شود، می‌توان فرمول محاسبه درصد رطوبت چوب را با بیان ریاضی به‌صورت زیر نوشت[۱] :

$$M.C.\text{-} = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times ۱۰۰\cdot$$

که در آن :

$M.C.$ = مقدار رطوبت چوب (برحسب درصد)

W_m = وزن تر چوب

W_{OD} = وزن چوب کاملاً خشک

با توجه به این که در فرمول فوق، مخرج کسر، وزن خشک نمونه است، نه وزن کل نمونه (وزن خشک + وزن آب)، از این‌رو، میزان رطوبتی که بدین ترتیب به‌دست می‌آید، می‌تواند بیش‌از ۱۰۰ درصد باشد.

در بعضی موارد که اندازه‌گیری مقدار رطوبت چوب‌های با حجم زیاد مدنظر است، مانند چوب‌های هیزمی و یا چوب‌های گرد (مورد استفاده در صنایع خمیر کاغذ و یا تخته‌خرده چوب و

۱ــ طبق استاندارد ملّی ایران به شماره ۲۸۹۵ برای تعیین میزان رطوبت چوب از نمونه‌هایی به شکل مکعب مستطیل با قاعده‌ای به ضلع ۲۰ میلی‌متر و طول ۵ ۲۵. میلی‌متر که در امتداد الیاف چوب باشند، باید استفاده گردد.

*OD : مخفف کلمه‌ی Oven-dry به معنی کاملاً خشک است. m : مخفف کلمه‌ی moist به معنی مرطوب است.

غیره) ممکن است، درصد رطوبت چوب نسبت به‌وزن کل (وزن چوب تر) سنجیده شود که دراین حالت فرمول محاسبه به‌صورت زیر می‌باشد :

$$M.C.- = \frac{W_m - W_{OD}}{W_m} \times ۱۰۰$$

باید توجه داشت که مقدار رطوبتی که بدین‌ترتیب به‌دست می‌آید با درصد رطوبتی که نسبت به‌وزن خشک سنجیده می‌شود فرق دارد ؛ برای مثال، فرض کنید وزن «تر» یک قطعه چوب ۳۰۰ نیوتن و وزن خشک آن ۱۰۰ نیوتن است. اگر درصد رطوبت نسبت به وزن خشک سنجیده شود، خواهیم داشت :

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{۳۰۰-۱۰۰}{۱۰۰} \times ۱۰۰ = ۲۰۰-$$

در صورتی که، طبق فرمول دوم، مقدار درصد رطوبت آن برابر :

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{۳۰۰-۱۰۰}{۳۰۰} \times ۱۰۰ = ۶۶-$$

خواهد بود اما در عمل، اکثراً از فرمول اول استفاده می‌شود ؛ یعنی درصد رطوبت برحسب وزن خشک محاسبه می‌گردد.

۲ــ۳ــ حالات مختلف آب در چوب

به‌طور کلی، آب به سه حالت در چوب وجود دارد :

الف) آب آزاد*: آب آزاد به آبی گفته می‌شود که به صورت مایع یا بخار در داخل حفره سلول‌های چوبی یافت می‌شود. با توجه به این که این آب توسط نیروی «کاپیلاریته[۱]» نگهداری می‌شود و در حالت گرم و خشک به‌سهولت از چوب خارج می‌شود و یا به‌عبارت دیگر، در فرآیند خشک‌کردن چوب، در مراحل اولیه این آب از چوب خارج می‌شود ؛ از این رو، به‌آن اصطلاحاً «آب آزاد» گفته می‌شود.

ب) آب آغشتگی*: این‌نوع آب در داخل دیواره‌ی سلول‌های چوبی و به‌کمک نیروهای جذب سطحی به‌حالت چسبیده با مولکول‌های زنجیر سلولز قرار دارد و در مقایسه با آب آزاد، جدا کردن آن از چوب به انرژی بیشتری نیاز دارد ؛ از این‌رو، چوب هنگام خشک شدن، ابتدا، آب

---

* استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۳

۱ــ کاپیلاریته یا نیروی موئی نیرویی است که در لوله‌های کم‌قطر باعث بالا آمدن آب می‌شود.

آزاد و بعد آب آغشتگی را از دست می‌دهد.

ج) آب نهادی*: آب نهادی عبارت از آبی‌است که در ساختمان مولکولی غشای سلولی وجود دارد و جدا کردن آن از چوب ساده نبوده و مستلزم تجزیه چوب است. این آب در اندازه‌گیری مقدار رطوبت چوب تأثیری ندارد.

۳ــ۳ــ مقدار رطوبت چوب در حالات مختلف

هنگامی که آب آزاد و آب آغشتگی در چوب وجود دارند (مثلاً در چوب‌های تازه قطع‌شده) اصطلاحاً به‌آن چوب، «چوب تر» و یا «چوب سبز» گفته می‌شود. در این حالت، مقدار رطوبت چوب زیادبوده و مقدارآن به عوامل مختلفی نظیر گونه‌درخت، قسمت‌های مختلف درخت (ساقه، شاخه، درون‌چوب و برون‌چوب و غیره)، سن‌درخت، جرم مخصوص، میزان مواد (استخراجی)، نوع خاک و برخی دیگر از عوامل متغیر بستگی دارد ؛ برای مثال، در گونه‌هایی که چوب آن‌ها سبک است، مانند، «صنوبر»، «بید»، «توسکا» و غیره، مقدار رطوبت بیش‌از ۱۰۰درصد است. در کاج بین ۶۰ تا ۱۰۰درصد و در گونه‌هایی نظیر «راش»، «بلوط» و «ممرز» بین ۵۵ تا ۸۰ درصد و در بعضی چوب‌های سنگین مناطق گرمسیری بین ۳۰ تا ۶۰ درصد است یا چوب‌هایی‌که مقدار زیادی صمغ دارند و یا سن آن‌ها زیاد است «چوب‌درون» و یا چوب قسمت‌های نزدیک به‌بن‌درخت، مقدار رطوبت کمتری دارند.

چنان‌چه چوب به‌نحوی خشک شود که تمامی آب آزاد از چوب خارج شود و فقط آب‌آغشتگی در چوب باقی‌مانده باشد، گفته می‌شود که رطوبت چوب درحد «نقطه اشباع الیاف» (F.S.P[1]) است ؛ بنابراین، نقطه‌ی اشباع الیاف، حد رطوبتی‌است‌که درآن حفره سلول‌های چوب از آب آزاد خالی است، ولی غشای سلول‌ها از آب اشباع می‌باشد*. مقدار رطوبت چوب دراین نقطه حدود ۳۰ درصد است، اما مقدار واقعی آن در چوب‌های مختلف بین ۲۵ تا ۳۰ درصد میزان رطوبت براساس وزن خشک متغیر است که این تغییر به گونه‌چوب بستگی دارد. نقطه‌ی اشباع الیاف، یک نقطه‌ی بحرانی بوده، آگاهی از آن در کاربرد چوب بسیار حائز اهمیت است، زیرا کاهش رطوبت از این میزان باعث بروز پدیده همکشیدگی و تغییر در مقاومت‌های چوب می‌گردد. به‌طور کلی، رطوبت چوب‌هایی که در شرایطی مورد استفاده

---

* استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۳

۱ــ Fiber Saturation Point

*استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۴

قرار می‌گیرند که مستقیماً با آب در تماس نیستند کمتر از نقطه‌ی اشباع فیبرهاست ؛ مثلاً، رطوبت چوب‌هایی که در قسمت‌های بیرونی ساختمان به‌کار می‌روند معمولاً بین ۱۰ تا ۱۲درصد، چوب‌های مصرفی در قسمت‌های درونی ساختمان و مبلمان‌های داخلی بین ۶ تا ۷ درصد است ؛درحالی‌که،رطوبت چوب‌های مصرفی در ساختمان‌های ساحلی و بدنه‌ی کشتی ممکن است تا ۱۰۰درصد برسد.

۴ــ۳ــ همبستگی رطوبت با عوامل مختلف

چوب ماده‌ای است «هیگروسکوپیک[۱]» (آبدوست) و به رطوبت در حالت‌های مایع و بخار کاملاً حساس است ؛ بدین‌معنی که وقتی قطعه چوب‌خشک در محیط مرطوب قرار گیرد، رطوبت را جذب می‌کند و اگر چوب مرطوب در محیط خشک قرار گیرد، رطوبت خودرا از دست می‌دهد.

رطوبت یکی از عوامل محیطی مهم برای چوب به‌شمار می‌رود، زیرا تقریباً روی تمامی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چوب تأثیرمی‌گذارد ؛ بدین‌ترتیب که با زیادشدن رطوبت جرم ویژه نسبی چوب زیاد می‌شود، ابعاد چوب افزایش می‌یابد، مقاومت‌های مکانیکی در بیشتر موارد کاهش می‌یابد و قابلیت هدایت حرارتی و الکتریکی آن زیاد می‌شود. این تغییرات معمولاً تا نقطه اشباع الیاف قابل‌توجه بوده و ادامه دارد ولی، از آن نقطه به‌بعد، تغییرات خواص به غیر از جرم مخصوص، بسیار اندک و غیر محسوس می‌باشد.[۲]

رطوبت چوب یکی از عوامل مهم مورد نیاز برای رشدو فعالیت عوامل بیولوژیکی مخرب چوب (حشرات و قارچ‌ها) است ؛ بنابراین، وجود رطوبت در چوب، سبب رشد و فعالیت آن‌ها شده در نتیجه، باعث پایین‌آوردن دوام طبیعی و کیفیت چوب می‌گردد ؛ هم‌چنین، سایر خصوصیات چوب مانند قابلیت رنگ‌پذیری، چسب‌خوری و ماشین‌کاری چوب نیز با افزایش مقدار رطوبت تغییر می‌یابد.

۵ــ۳ــ تعریف همکشیدگی و واکشیدگی*

هرگاه قطعه‌چوبی را که کاملاً از رطوبت اشباع شده به‌تدریج خشک کنیم، ابتدا، آب‌آزاد موجود در حفره سلول‌های چوبی به‌تدریج بخارشده از چوب خارج می‌شود، تا این زمان تغییری در ابعاد حجم چوب دیده نمی‌شود، ولی بعد از آن‌که چوب به‌تدریج رطوبت موجود در دیواره‌های سلول آب آغشتگی را از دست بدهد، کم‌کم غشای سلول‌های چوبی همکشیده شده، ابعاد و یا در نتیجه

۱ــ Hygroscopic

۲ــ از این نقطه به بعد تنها وزن چوب افزایش یافته و در حجم آن تغییری ایجاد نمی‌شود.

حجم چوب کاهش پیدا می‌کند ؛ سرانجام، هنگامی فرا می‌رسد که تمامی آب‌آغشتگی از چوب خارج گردد. این پدیده‌ی کاهش ابعاد چوب را اصطلاحاً «همکشیدگی» می‌گویند. حال اگر، همین قطعه‌چوب را مجدداً در معرض رطوبت قرار دهیم، غشای سلول‌ها به‌تدریج رطوبت جذب نموده، منبسط می‌گردد و درنتیجه افزایش در ابعاد یا حجم چوب ایجاد می‌شود تا این‌که کاملاً از رطوبت اشباع شود (نقطه اشباع فیبرها) و از آن نقطه به‌بعد با کم‌و زیادشدن رطوبت، ابعاد چوب ثابت می‌ماند. این پدیده‌ی افزایش ابعاد یا حجم چوب را در اثر جذب رطوبت (تا نقطه‌ی اشباع فیبر) اصطلاحاً «واکشیدگی» می‌گویند.

معمولاً میزان همکشیدگی و واکشیدگی، برحسب درصد تغییرات ابعاد نسبت به اندازه‌ی اولیه، سنجیده می‌شود، بنابراین طبق تعریف می‌توان نوشت[1] :

$$\text{درصد همکشیدگی} = \frac{\text{کاهش ابعاد از حالت واکشیده}}{\text{ابعاد درحالت واکشیده}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد واکشیدگی} = \frac{\text{افزایش ابعاد از حالت خشک}}{\text{ابعاد درحالت خشک}} \times ۱۰۰$$

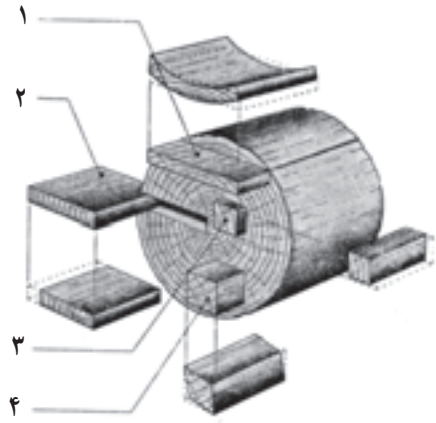
۱ــ۵ــ۳ــ اشکال مختلف همکشیدگی و واکشیدگی: میزان همکشیدگی در چوب گونه‌های مختلف متفاوت است و حتی در یک گونه نیز در جهات مختلف (طولی، شعاعی و مماسی) یکسان نیست. تغییر ابعاد در جهات شعاعی، مماسی و طولی را به‌ترتیب همکشیدگی یا واکشیدگی «شعاعی»،«مماسی» و «طولی» گویند. به مجموع همکشیدگی یا واکشیدگی طولی، شعاعی و مماسی، «همکشیدگی یا واکشیدگی حجمی» گفته می‌شود.

همکشیدگی طولی یا محوری که معمولاً با حرف l نشان داده می‌شود اغلب، هنگام خشک‌کردن چوب در کوره از حالت «تر» به «خشک» پدید می‌آید و مقدار آن بین ۰/۱ تا ۰/۲ درصد است، ولی در چوب‌های غیرطبیعی[2]، ممکن است به‌میزان زیادی افزایش یابد. بدین‌سبب، در اکثر موارد، مقدار این‌نوع همکشیدگی به‌علت ناچیزبودن قابل اغماض می‌باشد.

۱ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۲۸۹۸ ۲ــ چوب‌های کششی و فشاری

همکشیدگی در جهت مماسی معمولاً بیشتر از سایر جهات و در اکثر گونه‌ها دو برابر همکشیدگی شعاعی است. علت نامساوی بودن همکشیدگی در جهات مختلف عمدتاً مربوط به خصوصیات آناتومیکی (تشریحی) نظیر وجود پره‌های چوبی، فراوانی روزنه[1] در سطح شعاعی دیواره سلولی، فزونی چوب‌پاییزه در جهت شعاعی و اختلاف بین مقدار ماده چوبی موجود در دیواره یا غشای سلولی در جهت شعاعی و مماسی است[2].

۲ــ۵ــ۳ــ تأثیر همکشیدگی و واکشیدگی: همکشیدگی چوب یکی از معایب چوب است که هنگام خشک‌شدن چوب پدید می‌آید. چنانچه فشارهای حاصل از همکشیدگی (حین خشک‌شدن)، از مقاومت چوب زیادتر شود، عدم تحمل چوب سبب پیدایش معایبی نظیر ترک‌های سطحی، ترک‌های مقطعی، شکاف، چین‌خوردگی، تاب‌برداشتن و غیره می‌شود که در نتیجه کیفیت چوب را پایین آورده خسارات مالی زیادی به‌بار می‌آورد به شکل ۱ــ۳ توجه کنید، دراین شکل، برخی معایب و تغییرشکل‌هایی که در نتیجه همکشیدگی ممکن است در جهات مختلف چوب به‌وجود آید، نمایش داده‌شده است.



شکل ۱ــ۳ــ تغییر شکل ابعاد چوب در روش‌های مختلف در اثر همکشیدگی

۱ــ در تخته پهن، همکشیدگی در پهنا زیادتر از طول یا ضخامت آن است و نسبت به محور درخت تاب برمی‌دارد.

۲ــ در حالتی که دو ایر رویش سالیانه عمود بر سطح برش باشد، میزان همکشیدگی به حداقل می‌رسد.

۳ــ دراین حالت نیز حداقل همکشیدگی پدید می‌آید.

۴ــ دراین‌حالت که دو ایر رویش سالیانه به‌صورت مایل هستند مقطع تخته به صورت لوزی همکشیده می‌شود.

۱ــ پونکتواسیون

۲ــ به کتاب فیزیک چوب دکتر عنایتی از انتشارات دانشگاه تهران مراجعه شود.

بنابراین، آگاهی از میزان همکشیدگی در چوب‌های مختلف و در جهات مختلف چوب یک «گونه» از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در موارد زیر می‌تواند مؤثر واقع شود :

ــ در تهیه تخته‌ها و قطعات مناسب برای کاربردهای بخصوص به‌نحوی که همکشیدگی به‌حداقل برسد ؛

ــ در تهیه برنامه چوب‌خشک‌کنی به منظور به‌کاربردن تدابیر لازم جهت جلوگیری از بروز معایب ناشی از همکشیدگی ؛

ــ در تعیین کاربرد چوب‌آلات بریده‌شده برای مصارف بخصوص ؛

ــ در صنایعی نظیر تخته چندلا و یا روکش‌سازی و تخته خرده چوب آگاهی از میزان همکشیدگی می‌تواند کمک مؤثری در نحوه‌ی قرارگرفتن لایه‌ها روی یکدیگر باشد.

۳ــ۵ــ۳ــ تفاوت همکشیدگی و واکشیدگی با انقباض و انبساط فلزات در اثر حرارت:

ــ افزایش بُعد طولی چوب در اثر افزایش درجه‌حرارت نسبت به فلزات بسیارکم است. در سوزنی‌برگان ضریب انبساط در جهت طولی به ازای هریک درجه فارنهایت حرارت، حدود $۱/۸\times۱۰^{-۶}$ و در پهن‌برگان حدود $۲/۵\times۱۰^{-۶}$ است که در مقایسه با ضریب انبساط آهن و آلومینیم که به‌ترتیب ۷×۱۰^{-۶} و ۱۳×۱۰^{-۶} است حدود چهارتا هفت برابر کمتر است.

ــ پدیده همکشیدگی و واکشیدگی در اثر تغییر رطوبت در چوب ایجاد می‌شود ؛ حال آن که انقباض و انبساط فلزات در اثر تغییر درجه حرارت است.

ــ همکشیدگی و واکشیدگی در جهات مماسی، شعاعی و طولی چوب متفاوت است و در جهت محوری (طولی) بسیاراندک و قابل اغماض است ؛ درحالی‌که در فلزات انقباض و انبساط در جهات مختلف یکسان است.

ــ در فلزات، تغییرات درجه‌حرارت مستقیماً روی فلزات اثر گذاشته، سبب انقباض و انبساط می‌شود ؛ حال‌آن‌که درچوب درجه‌حرارت روی رطوبت هوایی که چوب در آن قرار گرفته اثر می‌گذارد و بعد موجب ایجاد تغییراتی در رطوبت چوب می‌شود و در نتیجه باعث پدیدآمدن واکشیدگی یا همکشیدگی می‌شود.

۴ــ۵ــ۳ــ روش‌های پیشگیری از همکشیدگی و واکشیدگی: به‌منظور پیشگیری و یا کاهش میزان همکشیدگی و واکشیدگی چوب روش‌های متعددی ابداع و پیشنهاد شده‌است، اما با هیچ‌یک از این روش‌ها از تغییرات ابعاد چوب، به‌نحو مطلوب و کامل جلوگیری نشده‌است. برخی از این روش‌ها که بیش از همه مؤثر واقع شده به‌طور اختصار در این‌جا ذکر می‌گردد :

ــ عایق‌کردن چوب در برابر جذب رطوبت از طریق استفاده از رنگ‌ها، مواد پولیش، رزین‌های مصنوعی و رنگ‌های متالیک ؛

ــ جلوگیری از تغییر ابعاد از طریق مهارکردن[1]، به‌نحوی که حرکت بخارآب مشکل یا غیرممکن گردد ؛

ــ اشباع چوب با مواد شیمیایی که قادر باشد جایگزین تمامی یا دست‌کم بخشی از آب‌آغشتگی موجود در غشای سلول‌های چوبی بشود، مانند : آغشته‌کردن با فنل فرم آلدئید و یا پلی‌اتیلن گلیکول[2] ؛

ــ انجام عملیاتی که ضمن آن تغییرات فیزیکی و شیمیایی در گروه‌های هیدروکسیل[3] موجود درچوب که در خاصیت جذب رطوبت، نقش دارند، ایجاد نموده، این خاصیت را کاهش دهد ؛

ــ اشباع چوب با مونومرهایی[4]، مانند «متیل متاکریلات[5]» یا «استایرن[6]» و بعد «پلی‌مریزاسیون[7]»آن‌ها در اثر حرارت یا تابش اشعه رادیواکتیو (تهیه چوب ــ پلاستیک) ؛

ــ علاوه براین روش‌ها، موارد دیگری مانند انتخاب چوب‌ها و یا برش‌های مناسب برای کارهای بخصوص و با دقت در برش و انتخاب چوب‌آلات بریده شده در جهات مناسب می‌تواند از بروز همکشیدگی و واکشیدگی، تا اندازه‌ای جلوگیری نموده یا آن‌را به‌حداقل برساند. در صنایع تخته چندلا به‌منظور کاهش همکشیدگی، معمولاً لایه‌ها را به‌نحوی روی‌هم می‌چسبانند تا همکشیدگی در جهات مختلف یکدیگر را خنثی نماید.

۵ــ۵ــ۳ــ روش‌های اندازه‌گیری رطوبت چوب در آزمایشگاه: در آزمایشگاه رطوبت چوب را می‌توان به چند روش به این شرح اندازه‌گیری نمود :

الف) روش خشک‌کردن در اتو: دراین‌روش که یکی از متداول‌ترین روش‌های استاندارد اندازه‌گیری رطوبت چوب است،قطعه‌ای را از چوب موردنظر در اتو در درجه حرارت ۱۰۳ ± ۲

۱ــ مهار کردن : به‌کارگیری روش‌هایی مانند اندود کردن دو سر چوب به‌منظور جلوگیری از خروج رطوبت از دو انتهای چوب.

۲ــ پلی‌اتیلن گلیکول = Polyethylene glycol.

۳ــ گروه‌های هیدروکسیل = گروه‌های OH که بر روی مواد آلی وجود دارند.

۴ــ مونومر = Monomer ماده اولیه‌ای که از آن پلی‌مر درست می‌کنند.

۵ــ متیل متاکریلات = Methyl Methacrylate.

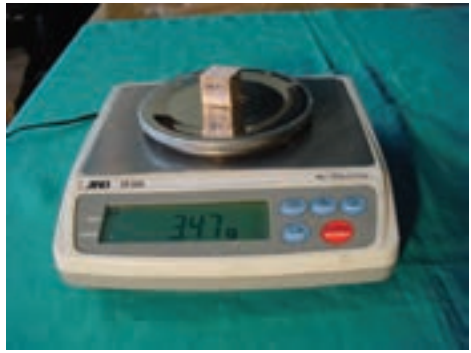
۶ــ استایرن = Styrene.

۷ــ پلی‌مریزاسیون = Polymerization به معنی پلی‌مر شدن یا سخت شدن که طی آن تعداد زیادی مولکول‌های کوچک به یکدیگر متصل شده، مولکول‌های خیلی بزرگ را درست می‌کنند.

درجه سانتی‌گراد خشک می‌کنند. مراحل کار در این روش بدین‌شرح است :

ــ نمونه‌ای با ابعاد ۵ .۲۵×۲۰×۲۰ میلی‌متر[۱] در جهت الیاف از چوب موردنظر و با فاصله حداقل ۳۰ سانتی‌متری از انتهای تخته اصلی قطع می‌شود.

ــ بلافاصله وزن تر نمونه (W_m) با ترازو با دقت ۰/۰۱ نیوتن تعیین می‌شود[۲]. در شکل‌های ۲ــ۳، ۳ــ۳ و ۴ــ۳ چند نمونه ترازوی آزمایشگاهی نشان داده شده است.



شکل ۲ــ۳ــ ترازوی دیجیتال برای وزن‌کردن نمونه

شکل ۳ــ۳ــ ترازوی سرپوش‌دار برای جلوگیری از تبخیر رطوبت

شکل ۴ــ۳ــ نوعی دیگر از ترازوی سرپوش‌دار برای جلوگیری از تبخیر رطوبت

۱ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۲۸۹۵

۲ــ در ترازو معمولاً جرم نمونه اندازه‌گیری می‌شود که می‌بایست با استفاده از فرمول ذیل به محاسبه وزن پرداخت :

وزن (N) = جرم (kg) × شتاب جاذبه ($۹/۸۱ m/s^۲$)

ــ نمونه را بلافاصله در اتو با دمای ۱۰۳ ± ۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا به وزن ثابت[1] برسد (شکل ۵ــ۳).

شکل ۵ــ۳ــ نوعی اتو[2] برای خشک‌کردن چوب

ــ پس از خشک شدن نمونه (رسیدن به وزن ثابت) با استفاده از ترازو وزن خشک آن (W_{OD}) تعیین می‌گردد.

ــ در این مرحله، با دردست‌داشتن وزن تر(W) و وزن خشک (W_{OD})، با استفاده از فرمول اندازه‌گیری رطوبت، نسبت به هدف مورد نظر، رطوبت چوب محاسبه می‌گردد.

مثال : وزن یک قطعه چوب تازه قطع‌شده از گونه راش ۴۰۰ نیوتن بوده است. این قطعه چوب در کوره چوب خشک‌کنی خشک شده و وزن آن به ۲۵۰ نیوتن تنزل پیدا کرده است. درصد رطوبت این قطعه چوب قبل از خشک شدن چه‌قدر بوده است؟

حل:

با استفاده از فرمول اندازه‌گیری درصد رطوبت خواهیم داشت :

۱ــ وزن ثابت نمونه زمانی تعیین می‌شود که کاهش وزنی نمونه در فاصله ۶ ساعت بین دو توزین متوالی برابر یا کمتر از ۰/۵ درصد وزن نمونه باشد، استاندارد ملّی ایران شماره ۲۸۹۵

۲ــ اتو : یک کوره چوب خشک‌کنی کوچک آزمایشگاهی می‌باشد.

$$M.C.- = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times ۱۰۰$$

جواب $= \frac{۴۰۰ - ۲۵۰}{۲۵۰} \times ۱۰۰ = \frac{۱۵۰}{۲۵۰} \times ۱۰۰ = ۶۰$- درصد رطوبت قطعه چوب

ب) روش تقطیر: چوب برخی از گونه‌ها حاوی مقداری رزین است که حتی در درجه حرارت کم به‌سرعت تبخیر می‌شوند. بدین سبب رطوبت این قبیل چوب‌ها را با استفاده از روش تقطیر اندازه‌گیری می‌نمایند. دراین روش، نمونه آزمونی چوب مورد نظر را طبق روش قبلی تهیه و بعد در محلول تولوئن می‌جوشانند و بخار آب به‌دست‌آمده را در دستگاه تقطیر جمع‌آوری و آن‌را وزن می‌کنند ؛ همچنین وزن چوب خشک عاری از آب را با ترازو اندازه می‌گیرند. دراین مرحله با داشتن وزن آب و وزن چوب خشک و استفاده از فرمول تعیین درصد رطوبت نمونه آزمونی را تعیین می‌نمایند.

ج) روش الکتریکی[۱]: در این روش به‌منظور اندازه‌گیری درصد رطوبت چوب ازخاصیت مقاومت چوب در مقابل جریان الکتریسیته استفاده می‌شود. بدین‌ترتیب که با استفاده از رطوبت‌سنج‌های الکتریکی بدون تهیه نمونه، مستقیماً رطوبت چوب مورد نظر را اندازه‌گیری می‌نمایند. اندازه‌گیری درصد رطوبت با رطوبت‌سنج الکتریکی سریع بوده و تا حدود ۷ تا ۲۵ درصد دقت دارد. معمولاً اندازه‌گیری با این نوع دستگاه درچند نقطه انجام می‌شود و بعد میانگین درصد رطوبت محاسبه می‌گردد. لازم به‌یادآوری است که دراین روش، باید گونه مورد نظر، دمای چوب، جهت برش نمونه و ضخامت نمونه مورد توجه قرار گیرد. یک نمونه رطوبت‌سنج الکتریکی و روش استفاده از آن در شکل ۶ــ۳ نشان داده شده است.

شکل ۶ــ ۳ــ طرز کار با رطوبت‌سنج الکتریکی

۱ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۳

از انواع دیگر رطوبت‌سنج الکتریکی، نوع تماسی است که برای تعیین درصد رطوبت روکش‌های نازک چوبی به‌کار می‌رود. این رطوبت‌سنج‌ها قادرند رطوبت تا عمق ۳۰ میلی‌متر را در چوب اندازه‌گیری کنند (شکل ۷ــ۳). به‌دلیل کوچکی ابعاد و جابه‌جایی آسان، این دستگاه‌ها و سرعت اندازه‌گیری، در هنگام خرید چوب نیز وسیله مناسب و قابل استفاده می‌باشند.

شکل ۷ــ ۳ــ رطوبت‌سنج تماسی

به‌این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ حالات مختلف آب داخل چوب را نام‌برده، شرح دهید.

۲ــ میزان رطوبت چوب به‌چه عواملی بستگی دارد؟ شرح دهید.

۳ــ نقطه‌ی اشباع الیاف را تعریف کنید.

۴ــ همکشیدگی و واکشیدگی چوب را در اثر تغییرات رطوبت شرح دهید.

۵ــ دلیل نامساوی‌بودن همکشیدگی و واکشیدگی چوب را در جهات مختلف، بیان کنید.

۶ــ تفاوت همکشیدگی و واکشیدگی چوب با انقباض و انبساط فلزات را در اثر حرارت شرح دهید.

۷ــ روش‌های پیشگیری از همکشیدگی و واکشیدگی را بیان کنید.

۸ــ روش‌های مختلف تعیین درصد رطوبت چوب را شرح دهید.

۹ــ اگر وزن آب موجود در قطعه‌چوبی ۰/۱۸ نیوتن و وزن تر آن ۰/۷۸ نیوتن باشد، درصد رطوبت این قطعه‌چوب چقدر خواهد بود؟

۱۰ــ اگر نمونه‌ی چوبی از محیط مرطوب به محیط خشک منتقل گردد و پس از مدتی حجم آن از ۳ سانتی‌مترمکعب به ۲/۵ سانتی‌مترمکعب برسد، درصد همکشیدگی آن چقدر خواهد بود؟

فصل چهارم

جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :
۱ــ جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی را تعریف کند.
۲ــ جرم ویژه نسبی دیواره سلول‌ها و خاصیت تخلخل چوب را بیان‌کند.
۳ــ تغییرات جرم ویژه نسبی یا جرم مخصوص را شرح دهد.
۴ــ اهمیت جرم مخصوص و همبستگی آن‌را با سایر عوامل شرح دهد.
۵ــ طرز کار با اتو، کولیس، ترازو و حجم‌سنج جیوه‌ای را بیان کند.
۶ــ جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی را محاسبه کند.

زمان تدریس: ۶ ساعت

۴ــ جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی

به‌منظور بیان جرم ماده چوبی در واحد حجم معمولاً از دو خاصیت فیزیکی جرم مخصوص (دانسیته) و جرم ویژه نسبی استفاده می‌شود.

۱ــ۴ــ جرم مخصوص (دانسیته)[۱]

جرم مخصوص یا دانسیته‌چوب عبارت‌است از نسبت «جرم‌نمونه» به «حجم آن»، اما با توجه به‌این‌که چوب و فرآورده‌های چوبی خاصیت جذب و دفع رطوبت دارند، ازاین رو، جرم مخصوص آن‌ها بستگی کامل به میزان رطوبت آن‌ها دارد ؛ بدین‌معنی که جرم و حجم با تغییر میزان رطوبت، تغییر

۱ــ Density

می‌یابند. به‌همین‌دلیل، معمولاً، جرم و حجم، هردو در حالتی معین ومشخص اندازه‌گیری می‌شوند ؛ بنابراین طبق تعریف :

$$\text{جرم مخصوص} = \frac{\text{جرم چوب در حالت آزمایش}}{\text{حجم چوب در حالت آزمایش}}$$

و یا با بیان ریاضی :

$$D = \frac{M}{V}$$

D = جرم مخصوص

M = جرم چوب در حالت آزمایش به گرم

V = حجم چوب در حالت آزمایش به cm^3

واحدهایی که برای سنجش جرم مخصوص به‌کار می‌روند عبارتند از :

ـ گرم بر سانتی‌متر مکعب $(\frac{g}{cm^3})$

ـ کیلوگرم بر متر مکعب $(\frac{kg}{m^3})$

۲ـ۴ـ جرم ویژه نسبی[۱]

جرم ویژه نسبی چوب عبارت‌است‌از نسبت «جرم خشک چوب» به «جرم آب هم‌حجم آن»[۲] ؛ بنابراین طبق تعریف :

$$\text{جرم ویژه نسبی} = \frac{\text{جرم خشک چوب}}{\text{جرم آب هم‌حجم نمونه}}$$

و یا با بیان ریاضی :

$$S_G = \frac{M}{M_W}$$

که در آن :

SG = جرم ویژه نسبی

M = جرم خشک چوب

M_W = جرم آب جابه‌جا شده در رطوبت معین

۱ـ Specific Gravity

۲ـ حرارت استاندارد آب ۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد(استاندارد ملّی ایران، شماره ۳۰۴۲).

به‌تعبیری دیگر، جرم ویژه نسبی چوب عبارت‌است از جرم خشک چوب تقسیم بر جرم آب هم‌حجم آن.

$$\text{جرم ویژه نسبی} = \frac{\text{جرم خشک چوب}}{\text{جرم آب هم‌حجم}}$$

با وجودی که هم جرم ویژه نسبی و جرم مخصوص هردو در حالت خشک از لحاظ مقدار باهم برابرند، اما در عمل، استفاده از جرم ویژه نسبی این مزیت را دارد که اغلب در محاسبه آن از جرم خشک نمونه استفاده می‌شود و این موضوع مانع از ایجاد سردرگمی در اساس محاسبه می‌شود.

با دانستن جرم ویژه نسبی و میزان رطوبت چوب، می‌توان جرم هر متر مکعب آن را در رطوبت‌های مختلف محاسبه نمود.

۱۰۰(درصد رطوبت چوب + ۱۰۰) جرم ویژه نسبی = جرم هر متر مکعب چوب در رطوبت‌های مختلف

مثلاً اگر جرم ویژه نسبی چوبی براساس حجم در صفر درصد رطوبت برابر ۰/۵ باشد، جرم هر متر مکعب آن در صفر درصد رطوبت ۵۰۰ کیلوگرم خواهد بود و در ۲۰ درصد رطوبت، هر متر مکعب آن ۶۰۰ کیلوگرم جرم خواهد داشت.

همان‌گونه‌که اشاره شد، در سیستم متریک، محاسبه جرم ویژه نسبی ساده‌تر است، زیرا در این سیستم، جرم یک سانتی‌مترمکعب آب دقیقاً مساوی با یک گرم است ؛ بنابراین، می‌توان، جرم ویژه نسبی را با تقسیم جرم (بر حسب گرم)، بر حجم (برحسب سانتی‌متر مکعب) محاسبه نمود که در این‌صورت، جرم مخصوص (D) و جرم ویژه نسبی (SG) باهم برابرند، اما باید توجه داشت که جرم ویژه‌نسبی، یک کمیت نسبی است و یا به‌عبارت دیگر، از نسبت دو جرم بر یکدیگر به‌دست می‌آید و در نتیجه فاقد هرگونه «واحد» است.

۱ــ۲ــ۴ــ جرم ویژه نسبی دیواره سلولی و خاصیت تخلخل چوب: جرم ویژه نسبی دیواره سلولی (غشای سلولی) عبارتست از میانگین جرم ویژه نسبی ماده چوبی موجود در دیواره سلول‌های چوبی که معمولاً با اندازه‌گیری جرم خشک و حجم ماده چوبی و با استفاده از فرمول جرم ویژه نسبی محاسبه می‌گردد. جرم ویژه نسبی ماده چوبی تقریباً برای تمامی گونه‌ها ثابت است و مقدار آن بسته به‌روش اندازه‌گیری حجم مورد استفاده، بدین شرح است :

چنانچه حجم ماده چوبی با روش جابه جایی آب اندازه‌گیری شود، جرم ویژه نسبی ماده چوبی برابر با ۱/۵۳ و هرگاه با جابه جایی گاز هلیوم اندازه‌گیری شود، جرم ویژه نسبی ماده چوبی برابر با

۱/۴۶ خواهد بود که علت این اختلاف، قابلیت نفوذ بیشتر ملکول کوچکتر هلیوم ونشان‌دادن تخلخل بیشتر چوب است.

چوب ماده‌ای است سلولی که دارای ساختمانی متخلخل می‌باشد. این ساختمان متخلخل، خصوصیات ویژه‌ای را به چوب می‌دهد. جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی مستقیماً به تخلخل و یا حجم فضای خالی داخل چوب بستگی دارد. اگر جرم ویژه نسبی دیواره سلول‌های یک چوب سبک، مانند صنوبر با جرم ویژه نسبی دیواره‌ی سلولی یک چوب سنگین، مانند راش با یکدیگر مقایسه شود، نتیجه‌ی آن، برابر بودن جرم ویژه نسبی هردو است ؛ بنابراین، می‌توان گفت که جرم ویژه نسبی دیواره سلولی در تمام چوبها ثابت است و مقدار آن معمولاً ۱/۵۳ فرض می‌شود، زیرا در محاسبه جرم ویژه نسبی دیواره سلول‌ها، حجم فضای خالی از حجم ظاهری نمونه چوب کسر می‌شود. حال، اگر فرض شود، قطعه چوبی به‌طور کلی، فاقد هرگونه فضای خالی یا خلل‌وفرج باشد، جرم ویژه نسبی آن نیز ۱/۵۳ و یا جرم مخصوص آن برابر با ۱/۵۳ گرم‌برسانتی‌متر مکعب است ؛ درصورتی‌که حدود ۵۰ درصد حجم آن چوب را خلل و فرج تشکیل دهد، جرم ویژه نسبی آن ممکن است از ۱/۵۳ به ۰/۷۵ کاهش پیدا کند.

۲ــ۲ــ۴ــ تغییرات جرم مخصوص: جرم مخصوص (دانسیته) در گونه‌های مختلف متفاوت است. حتی در بین درختان یک‌گونه و یا در قسمت‌های مختلف یک درخت ممکن است جرم مخصوص متفاوت باشد. این اختلاف ممکن است ناشی از خصوصیات ژنتیکی گونه‌های مختلف و یا در اثر عوامل بسیاری باشد که از جمله عبارتند از : وضعیت رویش بیولوژیکی، خصوصیات آناتومیکی متفاوت، طول، قطر و ضخامت دیواره‌ی سلولی الیاف، درصد سلول‌های مختلف تشکیل‌دهنده چوب، عوامل جوّی مانند میزان بارندگی، درجه‌حرارت‌محیط، باد و به‌علاوه، عوامل دیگری مانند،سن درخت، محل قرارگرفتن چوب در درخت (درچه ارتفاعی از تنه و یا در چه فاصله‌ای از مغز) و موقعیت جغرافیایی مانند ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی.

چوب گونه‌های مختلف ممکن است حاوی مقداری مواد استخراجی باشد که درون حفره‌های سلولی و یا در داخل دیواره سلول‌ها قرار داشته باشد که در هر دو حالت،جزء ساختمان دیواره سلول‌ها به‌حساب نمی‌آیند. این گونه مواد ممکن است شامل روغن‌های معطر، رزین‌ها، چربی‌ها، تانن‌ها، موادرنگی و کربوهیدرات‌ها باشند و مقدار آن‌ها می‌تواند تا ۲۰درصد جرم چوب را به‌خود اختصاص دهد.

وجود این‌گونه مواد می‌تواند سبب به‌وجود آوردن تغییرات زیادی در جرم مخصوص گونه‌های

مختلف گردند. این‌قبیل مواد، ممکن است در تمام قسمت‌های درخت وجود داشته باشد، ولی مقدار آن معمولاً در درون چوب بیشتر از برون چوب است. به‌همین دلیل، جرم مخصوص درون چوب در اکثر گونه‌ها بیشتر از جرم مخصوص برون چوب است.

به‌منظور آشنایی بیشتر با حدود تغییرات جرم مخصوص، طبقه بندی چوب‌ها از لحاظ جرم مخصوص در جدول ۱ــ۴ ذکر می‌گردد.

جدول ۱ــ۴ــ طبقه‌بندی گونه‌های مختلف براساس جرم ویژه نسبی[۱]

گونه	جرم مخصوص	گروه	
کاج زرد	کمتر از ۰/۴۰	بسیار سبک	سوزنی برگان
چوب نراد و نوئل	۰/۴۰ــ۰/۵۰	سبک	
کاج جنگلی، کاج دریایی و لاریکس	۰/۵۰ــ۰/۶۰	نیمه سنگین	
سرخدار، سرو خمره‌ای و کاج سیاه	۰/۶۰ــ۰/۷۰	سنگین	
ــ	بیشتر از ۰/۷۰	بسیار سنگین	
صنوبرها و بالزا	۰/۲۰ــ۰/۵۰	بسیار سبک	پهن‌برگان
نمدار و غان	۰/۵۰ــ۰/۶۵	سبک	
راش، بلوط و زبان گنجشک	۰/۶۵ــ۰/۸۰	نیمه سنگین	
شمشاد، انجیلی و ممرز	۰/۸۰ ــ ۱	سنگین	
بعضی چوب‌های مناطق استوایی و از چوب‌های ایران کهور (D = ۱/۱۷۵)	۱ــ۱/۲۰	بسیار سنگین	

همان‌گونه‌که گفته شد، جرم مخصوص در قسمت‌های مختلف یک درخت نیز فرق می‌کند ؛ برای مثال، چوب شاخه‌ها معمولاً سنگین‌تر از چوب تنه است و یا این‌که در بعضی سوزنی‌برگان، جرم مخصوص در قسمت‌های پایین تنه بیشتر بوده با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد ؛ به‌علاوه، چوب بهاره معمولاً از چوب پاییزه بمراتب سبک‌تر است، به‌این‌دلیل، چوب پهن‌برگان بخش روزنه‌ای،که دارای دوایر سالیانه پهن هستند، (به‌دلیل این‌که فضای اشغال‌شده توسط چوب بهاره ثابت می‌ماند)، از چوب‌های دیگر که دارای دوایر باریک هستند، سنگین‌ترند و برعکس، در سوزنی‌برگان،درختانی که دارای دوایر سالیانه باریک هستند، دارای چوب سنگین‌تری هستند.

۱ــ صفات سبک و سنگین با توجه به وزن چوب استفاده می‌گردند که حاصل ضرب مقدار عددی جرم چوب در شتاب جاذبه ($۹/۸۱ m/s^2$) بوده و واحد آن نیوتن(N) می‌باشد.

۳ــ ۲ــ ۴ــ اهمیت جرم مخصوص و همبستگی آن با عوامل مختلف: جرم مخصوص یکی از مهمترین خواص فیزیکی چوب به‌شمار می‌رود. اهمیت آن بیشتر در این است که اغلب خواص مکانیکی چوب با آن همبستگی تنگاتنگی دارند ؛ برای مثال، با افزایش جرم مخصوص، خواص مکانیکی، بویژه سختی چوب، افزایش می‌یابد، راندمان یا بازده خمیر کاغذ و تخته فیبر با افزایش جرم مخصوص نسبتاً زیاد می‌شود. مقدار حرارت ناشی از سوختن هر یک واحد حجم چوب نیز بستگی به جرم مخصوص دارد ؛ همکشیدگی و واکشیدگی چوب نیز با جرم مخصوص همبستگی نزدیکی دارد. به‌طورکلی، با دانستن جرم مخصوص و یا جرم ویژه نسبی در مقایسه با سایر خواص چوب، بهتر می‌توان به اطلاعات مربوط به طبیعت چوب پی‌برد و از آن به‌صورتی مخصوص استفاده کرد.

۴ــ ۲ــ ۴ــ روش‌های اندازه‌گیری جرم مخصوص در آزمایشگاه: برای اندازه‌گیری جرم مخصوص، ابتدا باید جرم نمونه آزمونی را در رطوبت مورد نظر و سپس حجم آن را اندازه‌گیری نمود :

الف) اندازه‌گیری حجم نمونه آزمونی: به‌منظور اندازه‌گیری حجم نمونه می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود :

۱ــ *استفاده از کولیس*[1]: برای نمونه‌هایی که اشکال هندسی مناسب و منظم دارند، ساده‌ترین

شکل ۱ــ۴ــ انواع کولیس

۱ــ در اندازه‌گیری ابعاد نمونه‌ها، طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۸۱۲، زاویه کولیس و نمونه باید ۴۵ درجه باشد.

روش اندازه‌گیری ابعاد نمونه با دقت $\frac{۱}{۱۰}$ میلی‌متر به وسیله «کولیس»های دقیق یا میکرومتر است که بعداً با ضرب‌کردن ابعاد اندازه‌گیری‌شده در یکدیگر، حجم نمونه آزمونی محاسبه می‌گردد. در شکل (۱ــ۴)، انواع کولیس نشان داده‌شده است. کولیس دیجیتالی را می‌توان تا $\frac{۱}{۱۰۰}$ میلی‌متر اندازه‌گیری کرد.

۲ــ *استفاده از روش شناوری در آب:* درصورتی‌که نمونه آزمونی دارای شکل نامنظمی باشد می‌توان حجم آن‌را با فروبردن در آب و اندازه‌گیری جرم آب جابه‌جا شده به وسیله ترازو و سپس تبدیل جرم به حجم با استفاده از جرم ویژه آب به‌دست‌آورد. وسایل لازم دراین روش در شکل **۲ــ۴** نشان داده‌شده است.

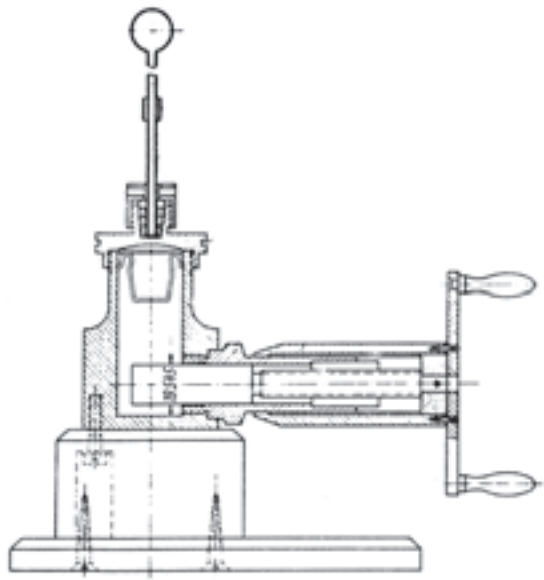
شکل ۲ــ۴ــ روش اندازه‌گیری حجم با توزین آب، قبل و بعد از فروبردن نمونه در آن

این‌روش تعیین حجم برای نمونه‌های «تر» مناسب‌ترین روش است، زیرا دراین حالت، فقط مقدارناچیزی آب به‌وسیله نمونه آزمونی جذب می‌گردد، اما در مواردی که قرار است نمونه‌خشک در آب فروبرده شود، اندود نمودن نمونه‌های آزمونی با پارافین مذاب به‌منظور جلوگیری از نفوذ آب ضرورت دارد.

۳ــ استفاده از استوانه‌ی مدرج: سومین روش تعیین حجم نمونه آزمونی، استفاده از استوانه مدرج است که دراین‌حالت، حجم نمونه آزمونی عبارت است از اختلاف بین سطح آب داخل بشر، قبل و بعد از فروبردن نمونه آزمونی درآب. این روش یکی از ساده‌ترین، سریع‌ترین و رایج‌ترین روش‌های حجم‌یابی نمونه آزمونی به‌شمار می‌رود که در شکل ۳ــ۴ نشان داده شده است.

شکل ۳ــ۴ــ روش تعیین حجم با اندازه‌گیری اختلاف سطح آب در استوانه مدرج

۴ــ استفاده از حجم‌سنج جیوه‌ای[1]: روش دیگری که در آن خطر جذب آب وجود ندارد، استفاده از حجم‌سنج جیوه‌ای است. دراین روش از دستگاهی به‌نام «بروئیل[2]» استفاده می‌شود. نمونه این دستگاه در شکل ۴ــ۴ نشان‌داده شده است. طرز کار با این دستگاه و به‌دست‌آوردن حجم نمونه به‌این‌ترتیب است که تفاضل دو درجه، قبل و بعد از قرارگرفتن نمونه در داخل حجم‌سنج، از روی ورنیه‌ای که متصل به‌حجم‌سنج است، مشاهده می‌شود.



شکل ۴ــ۴ــ دستگاه حجم‌سنج جیوه‌ای Breuil

ب) اندازه‌گیری جرم نمونه آزمونی: برای اندازه‌گیری جرم نمونه‌های آزمونی می‌توان از ترازوهایی که تا $\frac{۱}{۱۰۰}$ گرم دقت دارند استفاده نمود. چنان‌چه نیاز به جرم خشک نمونه آزمونی برای اندازه‌گیری جرم مخصوص خشک باشد، با خشک کردن آن در اتو و به ترتیبی که درفصل سوم شرح داده شد، می‌توان به آن دست یافت. با توجه به این که ممکن است، حین خشک کردن نمونه، مقداری مواد استخراجی، همراه با بخار آب، از نمونه خارج شود، از این‌رو، معمولاً جرم خشک نمونه آزمونی را با استفاده از روش تقطیر و اندازه‌گیری جرم بخار آب خارج شده از چوب اندازه‌گیری می‌کنند.

۱ــ با توجه به سمی بودن جیوه رعایت نکات بهداشتی در هنگام استفاده از این روش ضروری می‌باشد.

۲ــ Breuil

به‌این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ رطوبت چه تأثیری بر جرم مخصوص دارد؟

۲ــ اگر جرم ویژه نسبی چوبی $\frac{۱}{۲}$ باشد، جرم خشک ماده چوبی در واحد حجم چقدر خواهد بود؟

۳ــ با وجود این‌که جرم مخصوص ماده تشکیل دهنده چوب حدود ۱/۵۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب است، چوب زیر آب قرار نمی‌گیرد ؛ به‌چه دلیل؟

۴ــ عوامل مؤثر را در تغییرات جرم مخصوص شرح دهید.

۵ــ یک روش اندازه‌گیری جرم مخصوص را شرح دهید.

۶ــ اگر جرم‌مخصوص چوب صنوبر ۰/۳۶ گرم برسانتی‌مترمکعب باشد، آن‌گاه جرم ۲ مترمکعب از این‌چوب چقدر خواهد بود؟

فصل پنجم

مقاومت و هدایت الکتریکی، حرارتی و صوت در چوب

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

۱ــ عایق بودن چوب را در مقابل جریان الکتریسیته تعریف کند.

۲ــ ارتباط رطوبت چوب را با هدایت جریان الکتریسیته، تشریح کند.

۳ــ قابلیت هدایت حرارت چوب را بیان کند.

۴ــ ضریب رسانایی حرارتی چوب را تعریف کند.

۵ــ گرمای ویژه چوب را تشریح نماید.

۶ــ تغییر ابعاد چوب را در برابر حرارت تعریف کند.

۷ــ قابلیت عایق بودن چوب را در مقابل صوت بیان کند.

۸ــ قابلیت چوب را در ارتباط با تشدید طنین صوت تشریح کند.

۹ــ عوامل مؤثر را در انتشار صوت در چوب بیان کند.

زمان تدریس : ۸ ساعت

۵ــ مقاومت و هدایت الکتریکی، حرارتی و صوت در چوب

۱ــ ۵ــ مقاومت و هدایت الکتریکی چوب

یکی از مهم‌ترین خواص چوب که بیشتر در بخش تأسیسات سازه‌های چوبی، تهیه دسته ابزار الکتریکی و انتقال خطوط نیرو مورد توجه است، عایق‌بودن آن در برابر جریان الکتریسیته است. معمولاً، چوب کاملاً خشک (رطوبت صفردرصد) ماده‌ای عایق الکتریکی محسوب می‌شود، اما هرقدر رطوبت آن زیاد شود، مقاومت الکتریکی آن کاهش می‌یابد و یا به‌عبارت دیگر، قابلیت هدایتی یا

رسانایی الکتریکی چوب با افزایش رطوبت زیاد می‌گردد.

معمولاً، مقاومت الکتریکی یک سانتی‌مترمکعب چوب را اصطلاحاً «مقاومت ویژه الکتریکی[1] چوب» می‌گویند که با استفاده از این رابطه به‌دست می‌آید :

$$r = R \times \frac{A}{D}$$

r = مقاومت ویژه الکتریکی بر حسب اهم سانتی‌متر

R = مقاومت الکتریکی بر حسب اهم

A = سطح مقطع نمونه بر حسب سانتی‌مترمربع

D = فاصله بین الکترودها یا طول نمونه برحسب سانتی‌متر

مقاومت ویژه الکتریکی چوب کاملاً خشک بسیار زیاد است و ممکن است به چندین هزار مگااهم سانتی‌متر برسد ؛ حال‌آن‌که مقاومت ویژه الکتریکی با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد و در چوب تر به چند اهم سانتی‌متر می‌رسد.

عکس مقدار r [2]یا مقاومت ویژه الکتریکی چوب را «هدایت الکتریکی[3] چوب» یا «توان انتقال الکتریکی چوب» می‌نامند که معمولاً برحسب $\frac{1}{\text{اهم سانتی‌متر}}$ بیان می‌گردد.

۲ــ۵ــ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی چوب

مقدار مقاومت الکتریکی چوب به عوامل زیادی بستگی دارد که این عوامل عبارتند از :

الف) درصد رطوبت: همانگونه‌که قبلاً نیز اشاره شده است، چوب کاملاً خشک (درصفردرصد رطوبت)، عایق جریان الکتریسیته است، اما با افزایش رطوبت قابلیت هدایت جریان الکتریسیته به‌شدت بالا می‌رود. مقاومت ویژه الکتریکی چوب‌خشک رقم زیادی است (۳×۱۰^{۱۷} تا ۳×۱۰^{۱۸} اهم‌سانتی‌متر به‌ازای هر سانتی‌متر مکعب) و در ۱۶ درصد رطوبت، به حدود $۱۰^{۸}$اهم سانتی‌متر می‌رسد.

۱ــ Electrical resistivity

۲ــ عکس مقدار r برابر $\frac{۱}{r}$. = است که به آن توان انتقال الکتریکی چوب (رسانایی) و یا هدایت الکتریکی چوب گویند.

۳ــ Conductivity

به‌طور کلی، در رطوبت کمتر از نقطه اشباع الیاف، یک رابطه خطی بین لگاریتم مقاومت ویژه الکتریکی (r) و درصد رطوبت (MC) در چوب وجود دارد. این رابطه به این صورت است :

$$m = ۵۷/۵ - ۵ \log r$$

یا

$$r = ۱۰^{۱۱/۵ - ۰/۲MC}$$

حداکثر مقدار r (مقاومت ویژه الکتریکی) زمانی به دست می‌آید که رطوبت (MC) صفر درصد باشد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که چوب کاملاً خشک یک عایق عالی است ؛ درحالی‌که در رطوبت زیادتر از نقطه‌ی اشباع الیاف، این رابطه خطی نبوده و با افزایش رطوبت تغییرات زیادی در مقاومت ویژه الکتریکی به‌وجود نمی‌آید. مجموع این مطالب در ساخت رطوبت‌سنج‌های الکتریکی استفاده می‌شود.

ب) حرارت: بالارفتن حرارت باعث کاهش مقاومت ویژه الکتریکی چوب‌خشک می‌شود. این تأثیر بر اساس این رابطه می‌باشد :

$$r = ۱۰^{(۰/۸ . \frac{۵۰۰۰}{T})}$$

که درآن، T عبارتست از درجه حرارت مطلق (برابر با ۲۷۳ درجه سانتی‌گراد)، یعنی اگر درجه حرارت محیط ۲۰ درجه سانتیگراد باشد، مقدارT برابر ۲۹۳ است.

ج) دانسیته: تاکنون هیچ‌گونه تأثیر عمده‌ای ناشی از دانسیته روی مقاومت الکتریکی چوب گزارش نشده است و اثرات جزیی موجود بیشتر به‌درصد خاکسترچوب و یا حجم چوب نسبت داده‌شده است ؛ با این‌همه، برخی محققان معتقدند که چوب‌های سنگین (دانسیته زیاد) در مقایسه با چوب‌های سبک (دانسیته‌کم) دارای قابلیت هدایت الکتریکی کمتری هستند.

د) جهت الیاف: مقاومت الکتریکی چوب در جهت موازی با الیاف کمتر از جهت شعاعی و مماسی است. به‌عقیده برخی محققان مقاومت الکتریکی در جهت موازی الیاف تقریباً نصف مقاومت الکتریکی جهت شعاعی و مماسی است.

۳ــ۵ــ ضریب نگهداری‌الکتریکی چوب[۱]

ثابت دی‌الکتریک یا ضریب نگهداری الکتریکی چوب عبارت است از نسبت ظرفیت نگهداری

۱ــ Dielectric Constant

الکتریکی چوب (C_1) به‌ظرفیت نگهداری الکتریکی هوا یا خلأ (C_2) که به این‌صورت بیان می‌گردد :

$$\varepsilon = \frac{C_1 \text{ (چوب)}}{C_2 \text{ (خلأ)}} \quad \text{(ثابت ضریب نگهداری الکتریکی)}$$

مانند سایر خصوصیات چوب، ضریب نگهداری الکتریکی چوب نیز تحت تأثیر عواملی مانند : دانسیته، درصد رطوبت، جهت الیاف و فرکانس جریان الکتریسیته است ؛ بدین‌معنی که هرقدر دانسیته چوب و درصدرطوبت کمتر باشد، ثابت دی‌الکتریک یا ضریب نگهداری الکتریکی چوب پایین‌تر است. با این همه، درمورد فرکانس، جریان الکتریکی هرچه کمتر باشد، ثابت دی‌الکتریک زیادتر خواهد بود. براساس این عوامل که بر ثابت دی‌الکتریک تأثیر می‌گذارند، رطوبت‌سنج‌هایی طراحی و ساخته شده‌اند که درصد رطوبت چوب را در زیر نقطه اشباع الیاف و در محدوده‌های فرکانس مختلف تعیین می‌کنند ؛ برای مثال، ثابت دی‌الکتریک چوب‌خشک‌شده در کوره با دانسیته $0/5 g/cm^3$، حدود ۲ است. برای چوب‌های با دانسیته‌های دیگر، در شرایط نرمال درجه حرارت و رطوبت نسبی، این مقدار بین ۳ تا ۸ در جهت طولی برای ۱۰ کیلوسیکل تا ۱۰۰ مگاسیکل در تغییر می‌باشد.

۴ــ۵ــ ویژگی‌های حرارتی چوب

در این مبحث خاصیت انبساط حرارتی چوب، ظرفیت حرارتی و گرمای ویژه چوب، قابلیت هدایت حرارتی چوب و قابلیت سوخت و قدرت گرمازایی چوب تشریح خواهد شد.

۱ــ۴ــ۵ــ انبساط حرارتی چوب: هنگامی که درجه حرارت قطعه‌چوبی افزایش می‌یابد، انرژی‌درونی در یک حجم معین نیز بالا می‌رود ؛ این‌عمل با افزایش نوسانات مولکول‌ها و طبیعتاً افزایش متوسط فاصله بین آن‌ها همراه است که درنتیجه، ابعاد و حجم آن چوب افزایش پیدا می‌کند. این پدیده، انبساط حرارتی چوب است.

الف)همکشیدگی چوب: در مورد چوب‌های مرطوب، ازدست‌دادن رطوبت در اثر حرارت، باعث همکشیده‌شدن چوب می‌شود. بنابراین، در مواقعی که اندازه‌گیری‌های مربوط به انبساط حرارتی چوب انجام می‌شود، درصد رطوبت چوب معمولاً دریک محدوده حرارتی معین ثابت نگهداشته می‌شود.

ب) ضریب‌انبساط حرارتی: عبارت است از افزایش واحد ابعاد چوب به ازای زیادشدن

یک درجه حرارت، که ضریب انبساطی چوب در سه جهت مختلف آن کاملاً متفاوت می‌باشد، در جهت شعاعی و مماسی، ضریب‌انبساط چوب ۸ تا ۱۲ برابر جهت طولی است. با این وجود میزان انبساط حرارتی خیلی کمتر از همکشیدگی و واکشیدگی در اثر تغییر مقدار رطوبت است و معمولاً در طراحی سازه‌های چوبی در نظر گرفته نمی‌شود. ضریب انبساط حرارتی چوب کاملاً خشک با جرم مخصوص چوب همبستگی ندارد و این ضریب برای گونه‌های مختلف بین ۲×۱۰^{-۶} تا ۴×۱۰^{-۶} به‌ازای افزایش هر درجه حرارت در محدوده‌ی ۵۰− تا ۵۰ . سانتی‌گراد متغیر می‌باشد. در جهت طولی، ضریب انبساط معمولاً به‌اندازه $\frac{۱}{۱۰}$ تا $\frac{۱}{۵}$ ضریب انبساط جهت شعاعی و مماسی می‌باشد.

۲ــ۴ــ۵ــ ضریب گرمای ویژه چوب: ضریب‌گرمای ویژه چوب عبارت از مقدار حرارت لازم برای گرم کردن یک گرم چوب به‌مقدار یک درجه سانتیگراد است که با حرف C نشان داده می‌شود.

گرمای ویژه چوب، عبارت است از مقدار حرارت لازم برای افزایش یک درجه حرارت یک واحد جرم آن که در عمل با استفاده از ضریب‌گرمای ویژه به‌این‌صورت به‌دست می‌آید :

$$C = \frac{Q}{m(t_۲ - t_۱)} \quad \text{و یا} \quad Q = mc(t_۲ - t_۱)$$

که دراین‌صورت :

Q = مقدار گرمای لازم برحسب کیلوکالری جهت افزایش حرارت یک‌کیلوگرم (m) چوب از t درجه‌سانتی‌گراد به t° . ۱ درجه سانتی‌گراد.

آزمایشات مختلف نشان داده‌است که گرمای ویژه چوب‌کاملاً‌خشک با افزایش دما مانند سایر مواد بالا می‌رود، ولی وابسته به‌جرم مخصوص نیست و مقدار آن ۰/۲۲۶ در صفردرجه سانتی‌گراد است که عملاً مشابه سلولز می‌باشد. حرارت ویژه سیمان و آلومینیوم حدود $\frac{۲}{۳}$ حرارت ویژه چوب است و برای فلزات معمولی از $\frac{۱}{۴}$ تا $\frac{۱}{۲}$ گرمای ویژه چوب متغیر است.

۵ــ۵ــ قابلیت هدایت حرارتی چوب

به‌طورکلی، هدایت حرارتی‌چوب بسیارضعیف است و به‌همین‌دلیل از چوب برای ساخت دستگیره‌های وسایل خانگی، اجاق‌گازی و لوازم برقی و غیره استفاده می‌کنند. ضریب‌هدایت‌حرارتی‌چوب (K) عبارت است از مقدار حرارتی که در مدت یک ساعت یا یک ثانیه از قطعه چوبی به مساحت یک

متر مربع به ضخامت یک متر یا یک سانتی‌متر مربع و به ضخامت یک سانتی‌متر می‌گذرد، در صورتی که اختلاف حرارت بین دو سطح یک درجه سانتی‌گراد باشد. هدایت حرارتی چوب با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود[1].

$$Q = \frac{KAT(t_2 - t_1)}{d}$$

که درآن :

Q = مقدار حرارت انتقال یافته برحسب کالری

K = ضریب‌هدایت حرارتی برحسب کیلوکالری بر متر در درجه‌سانتی‌گراد در ساعت یا کالری بر سانتی‌متر در درجه سانتی‌گراد در ثانیه

جدول ۱ــ۵ــ ضریب هدایت حرارتی چوب‌های مختلف، فلزات و سایر مصالح

انواع چوب‌ها	گونه‌ها	ضریب هدایت حرارتی	فلزات و سایر مصالح	ضریب هدایت حرارتی
پهن‌برگان نیمه‌سنگین سوزنی‌برگان خیلی سنگین	بلوط، زبان‌گنجشک راش سنگین کاج آمریکایی	۰/۲	مس آلومینیم	۳۲۰ ۲۰۰
پهن‌برگان سبک و سوزنی برگان نیمه‌سنگین	نمدار، غان، افرا، کاج دریایی، کاج جنگلی	۰/۱۳	آهن چدن	۶۲ ۴۸
پهن‌برگان خیلی سبک سوزنی‌برگان سبک	انواع صنوبر نوئل، نزاد	۰/۱۰	سرب شیشه بتون	۳۰ ۱ ۱/۵ــ۰/۳
سبک‌ترین گونه‌ها	بالزا	۰/۰۴۵	سیمان آجر	۰/۵۵ ۰/۷۵ــ۰/۵
فیبر وتخته خرده چوب	فیبر سبک (عایق) و تخته خرده چوب	۰/۰۵۵ ۰/۱۳	گچ معمولی	۰/۴۰

۱ــ استاندارد ملی ایران، شماره ۱۱۲۳

A = سطح عمود بر جهت جریان حرارت برحسب سانتی‌متر مربع یا متر مربع

t_2 و t_1 = به‌ترتیب حرارت‌های سطح سرد و سطح گرم برحسب درجه سانتی‌گراد

T = زمانی‌که طی‌آن حرارت جریان می‌یابد برحسب ثانیه یا ساعت

d = فاصله بین سطوح برحسب سانتی‌متر یا متر

مانند سایر موارد، قابلیت هدایت حرارتی نیز با جرم مخصوص، درصد رطوبت و جهت قرارگرفتن الیاف بستگی دارد و نسبت به‌این عوامل متغیر می‌باشد ؛ هم‌چنین درصد مواد استخراجی، مقدار درون‌چوب و برون چوب و عوامل دیگری نظیرگره، ترک‌خوردگی و غیره ممکن است بر قابلیت هدایت حرارتی چوب تأثیر بگذارند.

۶ــ۵ــ قابلیت سوخت و قدرت گرمازایی چوب

چوب ماده‌ای سوختنی است و به‌همین‌دلیل برای سوخت خانگی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. منظور از «ماده‌ای سوختنی»، سهولت آتش‌گیری و تداوم احتراق آن تاحد خاکستر شدن است که عامل‌زمان نیز در آن مطرح است.

قدرت گرمادهی یا گرمازایی مطلق **چوب عبارت است از مقدار حرارت تولیدی توسط یک وزن معین چوب درطی روند احتراق که برحسب کالری اندازه‌گیری می‌شود.**[1] عوامل متعددی مانند، هوا (اکسیژن)، درصد رطوبت‌چوب، جرم مخصوص، گونه چوبی و غیره بر احتراق‌پذیری و قدرت گرمازایی تأثیر می‌گذارند ؛ در حالی‌که عوامل مؤثر براحتراق، لزوماً برقدرت حرارت‌دهی به‌یک نسبت تأثیر ندارند ؛بنابراین، «ارزش سوختی»کلی‌چوب بستگی به تلفیق احتراق‌پذیری و قدرت گرمادهی و نیز عواملی نظیر متصاعد شدن دود، جرقه و گازهای سمی دارد.

ارزش حرارتی‌چوب از لحاظ مقداری به‌عنوان تعداد واحدهای حرارتی که در اثر سوختن کامل یک‌واحد از توده چوب تحت شرایط خاص خارجی به‌وجود می‌آید برحسب کالری بیان می‌گردد. معمولاً ارزش حرارتی مواد سوختنی به‌روش‌های مختلفی تعیین می‌گردد، اما اصل مهم در تمام روش‌ها، اندازه‌گیری مقدار حرارت‌تولید شده به‌وسیله یک واحد از توده ماده‌سوختنی تحت شرایط‌خاص است. چون یک کالری قادر است دمای یک گرم آب را یک درجه سانتی‌گراد افزایش

۱ــ قدرت گرمازایی مخصوص چوب عبارت است از میزان گرمایی که واحد حجم چوب برحسب کالری تولید می‌کند. استاندارد ملی ایران ۱۱۲۳

دهد. پس اگر ارزش حرارتی یک‌گونه‌خاص از چوب ۵۰۰۰ کالری باشد، دراین‌صورت یک گرم از آن چوب، تحت احتراق کامل، حرارت ۵۰۰۰گرم آب‌را یک‌درجه سانتی‌گراد بالا خواهد برد ؛ هم‌چنین اگر ارزش حرارتی زغال چوب۷۰۰۰ کالری باشد، یک گرم زغال چوب، حرارت ۷۰۰۰ گرم آب را یک‌درجه سانتی‌گراد بالا خواهد برد.

باتوجه به‌این که، گونه‌های مختلف چوب با مقدار رطوبت برابر، معمولاً، از نظر ترکیبات شیمیایی شبیه هستند. بنابراین، ارزش حرارتی چوب آن‌ها (درحالت خشک شده در هوای آزاد) تقریباً یکسان است و تفاوت فقط بین (۴۳۰۰ و ۵۲۰۰ کالری) است. چوب‌های حاوی مواد استخراجی مانند رزین‌ها،روغن‌ها، صمغ‌ها و غیره معمولاً ارزش حرارتی بالاتری از خود نشان می‌دهند. ارزش حرارتی چوب بعضی‌گونه‌ها همراه با ارزش‌حرارتی بعضی از مواد سوختنی دیگر در جدول ۲ــ۵ نشان داده شده است :

جدول ۲ــ۵ــ ارزش حرارتی بعضی از مواد

نوع ماده سوختنی	ارزش حرارتی کالری بر گرم
زغال سنگ	۷۸۷۵
زغال کک	۶۹۰۰
لیگنیت	۴۰۰۰
کاه و کُلش	۳۳۳۶
باگاس نیشکر (با ۴۵ درصد رطوبت)	۴۷۲۶
چوب سدر بودار	۵۲۹۴
چوب آکاسیای عربی	۴۸۷۰
چوب کازوارینا	۴۹۵۰
چوب بلوط (در ۱۳ درصد رطوبت)	۳۹۹۰

۷ــ۵ــ مقاومت و هدایت صوت در چوب

به‌طورکلی، عکس‌العمل چوب در مقابل صوت را به دوطریق می‌توان بیان نمود :

الف) خاصیت طنین چوب[1]: چوب می‌تواند صدا را تشدید و تقویت نموده، به‌صورت امواج

۱ــ استاندارد ملی ایران ۱۱۲۳

صوتی در هوا منتشر سازد. این خاصیت چوب را اصطلاحاً «خاصیت طنین صوت» می‌گویند. به‌همین‌دلیل چوب بعضی از گونه‌ها درساخت آلات و ابزار موسیقی مانند پیانو، ویلن، گیتار، ویلن سل، کمانچه، تار و سه تار، عود، سنتور و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این‌گونه دستگاه‌ها، معمولاً برای خَرَک یا وسیله اتصال مکانیکی سیم‌ها و صفحه صوتی از چوب استفاده می‌شود.

با توجه به این که، چوب دارای خاصیت ارتجاعی است، از این‌رو، هنگام تحریک مکانیکی سیم‌ها، چوب ارتعاشات آن‌را بسرعت به‌صوت تبدیل کرده، در هوا منتشر می‌سازد.

در بعضی از آلات موسیقی مانند، فلوت، قره‌نی و غیره، صدای ایجاد شده بیشتر بستگی به طول ستون هوا دارد و چوب همان نقش صفحات چوبی صوتی را ایفا می‌کند.

ب) خاصیت اکوستیک چوب: وقتی انرژی صوتی با چوب برخورد می‌کند، چوب قسمتی از انرژی صوتی را در خود جذب نموده و بقیه را در هوا منعکس می‌سازد. این خاصیت ویژه جذب انرژی صوتی و انعکاس صوت را اصطلاحاً «خاصیت اکوستیک چوب» می‌گویند که از لحاظ انتخاب چوب‌های مناسب برای مصارفی مانند استودیوهای رادیو، تلویزیون، سالن‌های سینما، سالن‌های سخنرانی و غیره بسیار با اهمیت است[1]. معمولاً، مقدار انرژی جذب‌شده و یا منعکس شده بستگی به عواملی نظیر، چگونگی پرداخت سطح چوب، جهت الیاف و خصوصیات ذاتی چوب دارد؛ هم‌چنین عواملی دیگر مانند، رطوبت، جرم مخصوص و غیره می‌توانند برمقدار جذب و انعکاس صوت تأثیر بگذارند.

نسبت مقدار انرژی صوتی جذب شده به کل انرژی برخورد کرده با چوب را اصطلاحاً «ضریب جذب صوت» می‌گویند و برای سهولت مقایسه، واحد آن را از روی یک پنجره کاملاً باز با ابعاد مشخص انتخاب می‌کنند؛ پنجره‌ای کاملاً باز با مساحت یک‌مترمربع که قادر به انعکاس انرژی صوتی نیست و همه اصوات از آن عبور می‌کند؛ از این‌رو ضریب‌جذب‌صوت آن‌را «۱» فرض می‌کنند و بعد ضریب جذب سایر مواد را در مقایسه با ضریب‌جذب واحد برای پنجره باز در نظر می‌گیرند. مقادیر تقریبی ضریب جذب صوت برای مواد مختلف در جدول ۳ــ۵ نشان داده شده است:

۱ــ امروزه از صفحات اکوستیک که از انواع تخته فیبر می‌باشند استفاده می‌شود.

جدول ۳ــ۵ــ ضریب جذب صوت مواد مختلف

نوع مواد	ضریب جذب صوت
پنجره کاملاً باز	۱
فرش‌های سنگین	۰/۲۵
دیوارهای چوبی	۰/۲۰
تخته‌های اکوستیک	۰/۹۰ــ۰/۲۰
آجر	۰/۰۳
چوب پرداخت نشده	۰/۰۶
چوب پرداخت شده	۰/۰۳

با داشتن ضریب‌جذب صوت واحد که اصطلاحاً به‌آن «سابین[۱]» نیز گفته می‌شود و با استفاده از رابطه زیر می‌توان کل انرژی صوتی‌جذب شده را برای هر مساحتی از مواد محاسبه نمود :

$$Q = KA$$

که درآن :

Q = مقدارکل انرژی جذب شده

K = ضریب جذب

A = سطح ماده مورد نظر

ج) عوامل مؤثر درسرعت انتشار صوت درچوب: سرعت انتشارصوت عمدتاً به جرم مخصوص و خاصیت ارتجاعی چوب بستگی دارد. رابطه زیر این بستگی را به‌خوبی نشان می‌دهد :

$$V = \sqrt{\frac{E}{D}}$$

که درآن :

V = سرعت انتشار صوت درجهت تقارن محوری چوب

E = مدول الاستیسیته درجهت مورد نظر

D = جرم مخصوص نمونه آزمونی

با توجه به‌این که نسبت E و D در چوب بسیاری از گونه‌ها تقریباً برابرند، بنابراین، اگر سبکی یا سنگینی چوب درنظر گرفته نشود، در رابطه فوق سرعت انتشار صوت باید تقریباً در تمام گونه‌ها

۱ــ Sabine

ثابت باشد. از سوی دیگر، وجود رطوبت در چوب سبب کاهش سرعت انتشار صوت می‌شود، زیرا آب جذب شده توسط چوب، مقدار E را کاهش داده، مقدار D را افزایش می‌دهد.

علاوه بر عوامل ذکرشده، انتشارصوت در چوب در جهات مختلف آن ممکن است متفاوت باشد؛ معمولاً، در جهت موازی الیاف مقدار آن به ۳ تا ۵ برابر جهت عمود بر الیاف می‌رسد.

مقدار تقریبی سرعت انتشارصوت در چوب و برخی مواد دیگر در جدول ۴ــ۵ نشان داده شده است.

جدول ۴ــ۵ــ سرعت انتشار صوت در مواد مختلف

نوع ماده و جهت		سرعت انتشار صوت (برحسب متر بر ثانیه)
چوب	۱ــ درجهت طولی	۴۱۲۰
	۲ــ درجهت شعاعی	۱۶۵۱
	۳ــ درجهت مماسی	۱۲۳۰
آجر		۳۶۰۴
آلومینیم		۵۱۰۲
چوب پنبه		۵۰۰
گرافیت		۱۲۲۷
استیل		۴۹۸۷
آب در ۹/۸ درجه سانتی‌گراد		۱۴۳۵
هوا در صفر درصد (درجه سانتی‌گراد)		۳۳۲

به‌این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ چرا تیرهای انتقال نیرو و دسته ابزارهای برقی را معمولاً از چوب می‌سازند ؟

۲ــ مقاومت الکتریکی چوب را تعریف کنید.

۳ــ مقاومت ویژه الکتریکی چوب چیست ؟

۴ــ عواملی که روی مقاومت الکتریکی چوب تأثیر می‌گذارند شرح دهید. تأثیر کدام عامل بیشتر است ؟

۵ــ ضریب‌هدایت حرارتی چوب را تعریف کنید.

۶ــ ضریب‌هدایت حرارتی چوب چگونه محاسبه می‌شود ؟

۷ــ حرارت ویژه چوب را تعریف کنید.

۸ــ خاصیت طنین صوت را در چوب تعریف کنید.

۹ــ از خاصیت طنین صوت چوب در چه مواردی استفاده می‌شود ؟

۱۰ــ خاصیت اکوستیک چوب چیست و در چه مواردی اهمیت دارد ؟

۱۱ــ ضریب‌جذب صوت در چوب چیست ؟

۱۲ــ ضریب جذب صوت در چوب‌های پرداخت شده بیشتر است یا در چوب‌های پرداخت‌نشده؟

۱۳ــ سرعت‌انتشار صوت در چوب به چه عواملی بستگی دارد ؟

۱۴ــ انتشار صوت در جهات مختلف چوب چگونه است ؟

۱۵ــ سرعت انتشار صوت را چگونه محاسبه می‌کنند ؟

۱۶ــ سرعت انتشار صوت در چوب بیشتر است یا در استیل ؟

بخش دوم

خواص مکانیکی چوب

اسکلت یک گنبد چوبی که سقف یک استادیوم ورزشی را می‌پوشاند.

مقدمه

اگر انسان چوب را به صورت یک ماده صنعتی ــ ساختمانی به کار ببرد، در استفاده از آن به دو پدیده کلی پی می‌برد. بدون شک چوب جزء اولین موادی است که انسان‌های قبل از تاریخ استفاده‌های متعددی از آن می‌کردند، در حالی که به مرور زمان در انواع روش‌های استفاده از چوب تغییراتی به وجود آمده است، ولی در حال حاضر نیز چوب ماده‌ای است که با استفاده‌های گسترده تزیینی، ساختمانی و صنعتی مطرح است.

با توجه به این که چوب یک ماده طبیعی از منابع تجدید شونده است، استفاده از آن در ساخت لوازم روزمره اطراف ما ادامه می‌یابد، اما در مجموعه مواد ساختمانی صنعتی از اهمیت آن کاسته نخواهد شد، بلکه به مرور زمان بر اهمیت آن افزوده می‌شود.

چوب در کلیه موارد مصرف باید تحمل نیروهای اعمال شده را داشته باشد. هنگامی که از چوب برای احداث ساختمان‌های مسکونی، تجاری، خدماتی، ورزشی و یا در ساخت قایق‌های چوبی و یا در ساخت پل‌ها و اسکله‌ها و امثال آن استفاده می‌شود چوب به صورت یک ماده ساختمانی مورد بحث بوده که باید قادر به تحمل مستقیم نیروی وارد بر آن باشد.

در شکل صفحه قبل اسکلت سقف یک استادیوم ورزشی دیده می‌شود. در این ساختمان عظیم اسکلت اصلی و پوشش روی آن از قطعات چوبی ساخته شده بر طبق اصول مهندسی استفاده شده است.

به شکل (الف) توجه کنید. یک طبقه ساختمان چوبی دیده می‌شود که در آن از خرپا و قطعات چوبی به جای خرپای فلزی استفاده شده است.

شکل (الف) نمای داخل یک ساختمان از سازه‌های چوبی

البته ضرورت دانستن قدرت تحمل نیرو به وسیله چوب و محصولات چوبی محدود به موارد ساختمانی فوق نیست، بلکه در ساخت مبلمان منزل، مبلمان دفتری، کابینت و... نیز مقاومت‌های مکانیکی، چوب نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای دارد(شکل ب). اگر از چوب برای کارهای تزیینی نظیر دکوراسیون، مبلمان و غیره استفاده شود، استفاده از چوب با نقوش برتر ترجیح دارد. چنین چوب‌هایی گران هستند و منابع تأمین آن‌ها نیز محدود و در حال از بین رفتن است. در حالی که قیمت چوب در حال زیاد شدن است، وظیفه سازندگان محصولات و مصنوعات چوبی استفاده حداقل از آن در تولید محصول مشخصی است ؛ بدین ترتیب، استفاده از قطعات کوچکتر چوب اجتناب ناپذیر است. بدین طریق در ماده اولیه صرفه جویی شده، به سازه چوبی ظرافت و جذابیت خاصی خواهد داد.

شکل (ب) یک نمونه کار چوبی که باید طبقات آن قادر به تحمل وزن وسایل داخل آن باشد.

اما باید متذکر شد که یک سازه ظریف و جذاب باید بتواند نیروهای احتمالی نظیر : نشستن فرد بر صندلی استیل یا معمولی، قرار دادن تلویزیون سنگین بر روی میز مخصوص آن و نگهداری ظروف سنگین در یک بوفه زیبا را تحمل کند ؛ بر این اساس، با دانستن نیروهای اعمال شده در هر یک از موارد و ویژگی‌های مقاومتی چوب می‌توانیم به طراحی و ساخت یک سازه چوبی با دوام بپردازیم.

در شکل (ب) یک بوفه زیبا و ظریف دیده می‌شود. این بوفه باید قادر به تحمل وزن خود و وزن وسایل داخل آن و روی آن باشد. یا در شکل (ج) یک چهارپایه دیده می‌شود. آیا این چهارپایه قادر به تحمل وزن یک فرد است؟

شکل (ج) یک چهارپایه متداول که مورد استفاده‌ی روزمره است.

حتی در یک چهارپایه ارزان قیمت نیز باید به مقاومت چوب‌های مورد استفاده در آن دقت شود. از این نوع چهارپایه که در شکل (ج) مشاهده می‌گردد اغلب در منازل برای تمیز کردن و برداشتن اشیا از قسمت‌های مرتفع و یا در مغازه‌ها استفاده می‌شود. اگر چهارپایه نتواند فردی که بر روی آن ایستاده است را تحمل کند، در نتیجه بر اثر شکستن چهارپایه فرد سقوط کرده، احتمال خسارت جانی بسیار است. شاید در این مورد چهارپایه ارزش زیادی نداشته باشد، ولی وارد شدن صدمه به افراد و زیان آن بسیار و جبران ناپذیر باشد. در این حالت نیز دانستن مقاومت‌های چوب برای طراحی و ساخت ضروری است.

به سؤال‌هایی که در این قسمت مطرح شد و سؤال‌های متعدد و مشابه که سازندگان و مصرف‌کنندگان هر روزه با آن مواجه هستند در بخش خواص مکانیکی چوب جواب داده خواهد شد.

فصل ششم

ویژگی‌های مقاومتی چوب

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

۱ ــ در چوب حالت الاستیکی و پلاستیکی را شرح دهد.

۲ ــ تنش ــ تغییر طول نسبی را تعریف کند.

۳ ــ «قانون هوک» را بداند.

۴ ــ ویژگی‌های انحصاری چوب را از جنبه‌های مختلف شرح دهد.

۵ ــ اهمیت هر یک از مقاومت‌های چوب را در یک سازه چوبی بداند.

زمان تدریس: ۴ ساعت

۶ ــ ویژگی‌های مقاومتی چوب

به استحکام و مقاومت چوب در مقابل تغییر شکل «ویژگی‌های مقاومتی» گویند. استحکام همان توانایی چوب برای تحمل بار یا نیروی وارده است و مقاومت در برابر تغییر شکل تعیین کننده قابلیت فشرده شدن، تغییر یافتن و یا خمیده شدن یک قطعه چوب است.

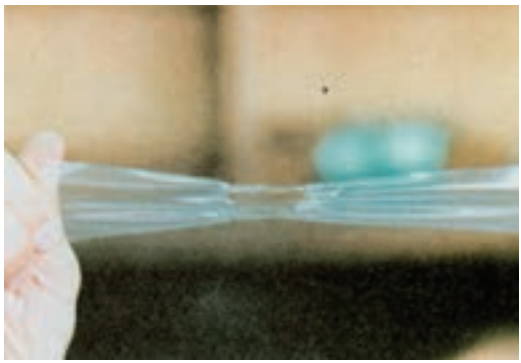
اگر نیرویی، حتی خیلی کم بر یک قطعه چوب وارد گردد تغییر شکل فوری در آن به‌وجود می‌آید. با زیاد شدن مقدار نیروی وارد شده بر چوب میزان تغییر شکل نیز زیادتر می‌شود. به طور کلی در تغییر شکل مواد ــ که چوب نیز جزء آن‌ها می‌باشد ــ دو حالت کلی را می‌توان مشاهده کرد.

۱ ــ ۶ ــ تعاریف

۱ ــ ۱ ــ ۶ ــ حالت الاستیکی[1] (الاستیسیته): اگر بر یک قطعه چوب نیروی معینی وارد شود و در اثر آن نیرو تغییر شکل به وجود آید، اما پس از برداشتن نیرو تغییر شکل از بین رفته و چوب به حالت اول برگردد این تغییر شکل را «تغییر شکل الاستیک» یا «لاستیکی» نامند. این نوع تغییر شکل مشابه کشیده شدن یک قطعه کش نواری یا یک نوار لاستیکی است. به شکل ۱ ــ ۶ دقت کنید. اگر نوار لاستیکی را از حالت کشیده آزاد کنیم به حالت اول برمی‌گردد.

شکل ۱ــ۶ــ یک نوار لاستیکی کشیده شده که نشان دهنده حالت لاستیکی است.

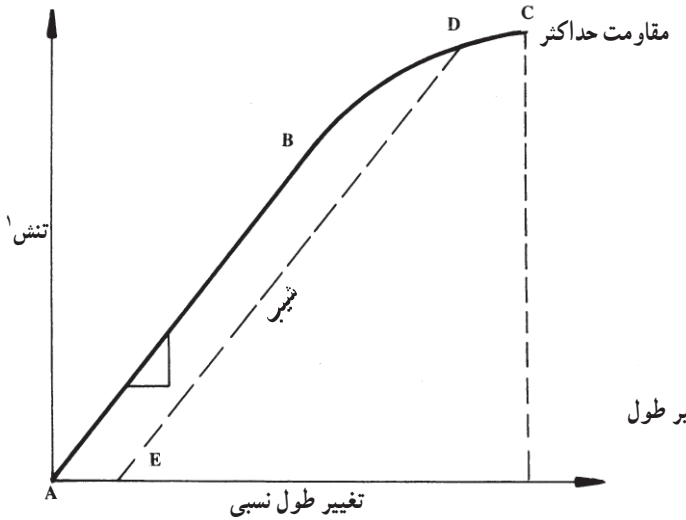
۲ ــ ۱ ــ ۶ــ حالت پلاستیکی (پلاستیسیته): ولی اگر مقدار نیروی وارد شده بر یک قطعه چوب به مقداری باشد که تغییر شکل به وجود آمده دائمی باشد و پس از برداشتن نیرو جسم به حالت اول خود بازنگردد آن را «تغییر شکل پلاستیکی» گویند. این نوع تغییرشکل مشابه کشیدن یک نوار پلاستیکی است (برای این آزمایش می‌توانید از یک کیسه پلاستیکی معمولی استفاده کنید) که پس از کشیده شدن به همان حالت تغییر شکل یافته باقی خواهد ماند. این حالت در شکل ۲ ــ ۶ نشان داده شده است.



شکل۲ــ۶ــ یک نوار پلاستیکی که پس از کشیده شدن در حالت اول برگشت نداشته است.

۱ــ استاندارد ملی ایران ۱۱۲۳

برای نشان دادن دو حالت فوق در یک قطعه چوب از منحنی تنش ــ تغییر طول نسبی استفاده می‌شود که چنین منحنیی که در اثربارگذاری بر یک قطعه چوب تا نقطه شکستن آن ترسیم شده است در شکل ۳ ــ ۶ نشان داده شده است.



شکل ۳ــ۶ــ منحنی تنش ــ تغییر طول نسبی در آزمایش چوب

با زیاد شدن نیرو یا بار اعمال شده یا به عبارت دیگر، مقدار فشار میزان تغییر شکل زیادتر می‌شود. از نقطه A که بارگذاری شروع می‌شود، ابتدا، منحنی به صورت یک خط مستقیم امتداد می‌یابد که زیاد شدن میزان تغییر طول نسبی متناسب با زیاد شدن میزان نیروی اعمال شده است. منحنی تنش ــ تغییر طول نسبی به صورت خط مستقیم تا نقطه B ادامه خواهد یافت. نقطه‌ای که در آن خط مستقیم به منحنی تبدیل می‌شود به حد تناسب[2] موسوم است. محدوده بین دو نقطه A و B در حقیقت محدوده الاستیک است ؛ یعنی هر گاه در بین دو نقطه A و B بارگذاری بر یک قطعه چوب متوقف شده، بار از روی چوب برداشته شود، چوب به حالت اول برمی‌گردد.

از نقطه B حالت پلاستیکی چوب شروع شده تا نقطه C که چوب شکسته می‌شود ادامه خواهد یافت. در این محدوده (B ــ C) اگر بارگذاری متوقف شده، بار از روی قطعه چوب برداشته شود، چوب به حالت اول برگشت نمی‌کند، بلکه یک تغییر شکل دایمی در آن به وجود خواهد آمد ؛ این تغییر شکل به صورت خمیدگی، فشردگی دایمی یا مچاله شدن چوب ظاهر می‌شود. چنانچه منحنی برحسب

۱ــ تنش عبارت است از نیرو تقسیم بر واحد سطح که با پاسکال نشان داده می‌شود. $N/m^2 = 1Pa$

۲ــ Proportional Limit

نیرو و تغییرشکل رسم گردد، میزان تغییر شکل دایمی که پس از برداشتن باراز روی قطعه چوب وجود خواهد داشت ــ از طریق ترسیم یک خط به موازات خط AB از نقطه توقف بارگذاری و برداشتن بار و محل تقاطع این خط با محور x یا محور تغییر شکل ــ تعیین می‌گردد ؛ برای مثال فرض کنید در آزمایش شکل ۳ ــ ۶ بارگذاری در نقطه D که قبل از نقطه شکست C و بعد از حد تناسب B است متوقف شود. اگر بار در این نقطه برداشته شود تغییر شکل دایمی برابر A_E (بر روی محور x نشان داده شده است) می‌باشد.

۳ ــ ۱ ــ ۶ ــ تنش، تغییر طول نسبی: در مبحث مکانیک چوب به دفعات با دو اصطلاح تنش (.) و تغییر طول نسبی (. اپسیلون) مواجه می‌شویم ؛ از این رو به شرح این دو اصطلاح می‌پردازیم :

الف) تنش: تنش مقدار بار وارد شده بر واحد سطح مقطع چوب است.

مثال: در شکل ۴ــ۶ یک قطعه چوب به طول ۱۵ سانتی‌متر و سطح مقطع ۲۵ سانتی‌متر مربع (سطح مقطع مربع به ابعاد ۵×۵ سانتی‌متر) تحت تأثیر نیرویی برابر ۴۰۰۰ نیوتن قرار گرفته است. در این حالت تنش فشاری اعمال شده بر این قطعه چوب برابر :

$$\sigma = \frac{F \quad (\text{نیوتن})}{A \quad (\text{مترمربع})}$$

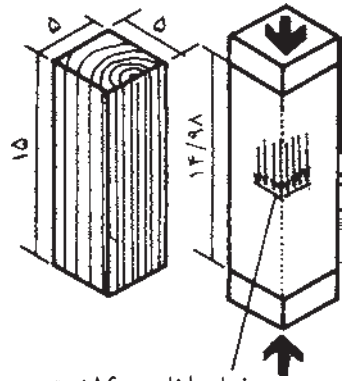
σ : تنش فشاری

F : مقدار نیرو (نیوتن)

A : سطح مقطع (متر یا میلی‌متر مربع)

$$\sigma = \frac{۴۰۰۰(N)}{۰/۰۰۲۵(m^۲)} = ۱۶۰۰۰۰۰(N/m^۲)$$

پاسکال (Pa) یا نیوتن بر متر مربع



شکل ۴ــ۶ــ چگونگی محاسبه تنش و تغییر طول نسبی

ب) تغییر طول نسبی: تغییر طول نسبی یعنی میزان تغییر طول به ازای واحد طول اولیه یک قطعه چوب. به همان شکل (۴ ــ ۶) دقت کنید.

مثال: در اثر وارد آوردن نیرویی برابر ۴۰۰۰ نیوتن بر قطعه چوب، طول اولیه آن که ۱۵ سانتی‌متر بوده است در اثر اعمال نیرو به ۱۴/۹۸ سانتی‌متر خواهد رسید. در این حالت تغییر طول نسبی (ε) برابر با :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L \text{ (سانتی‌متر)}}{L_1 \quad \text{(سانتی‌متر)}}$$

ε : تغییر طول نسبی (بدون واحد)

L_1 : طول اولیه قطعه چوب

ΔL : تغییر طول برابر با طول اولیه منهای طول نهایی $(L_1 - L_2)$ که به صورت دلتا ال تلفظ می‌گردد، تغییر طول نسبی برابر است با :

$$\varepsilon = \frac{۱۵ - ۱۴/۹۸\text{cm}}{۱۵\text{cm}} = ۰/۰۰۱۳$$

۴ ــ ۱ ــ ۶ ــ قانون هوک (تعریف الاستیسیته): قانون هوک یک قانون بنیادی در مقاومت مواد است. این قانون تعیین‌کننده رابطه بین تنش و تغییر طول نسبی است. طبق قانون هوک در چوب این رابطه بین تنش و تغییر طول نسبی وجود دارد :

$$\varepsilon = \alpha\sigma$$

که در آن α ثابت ماده می‌باشد و $E = \frac{۱}{\alpha}$ است و E مدول الاستیسیته یا ضریب ارتجاعی خواهد بود. اختلاف در ضریب ارتجاعی چوب‌های مختلف بدین معنی است که تحت تأثیر نیروی معینی در چوب‌های مختلف به مقدار متفاوت تغییر شکل به وجود می‌آید ؛ بنابراین در چوب :

$$\sigma = E\,\varepsilon$$

تغییر طول نسبی × مدول الاستیسیته = تنش

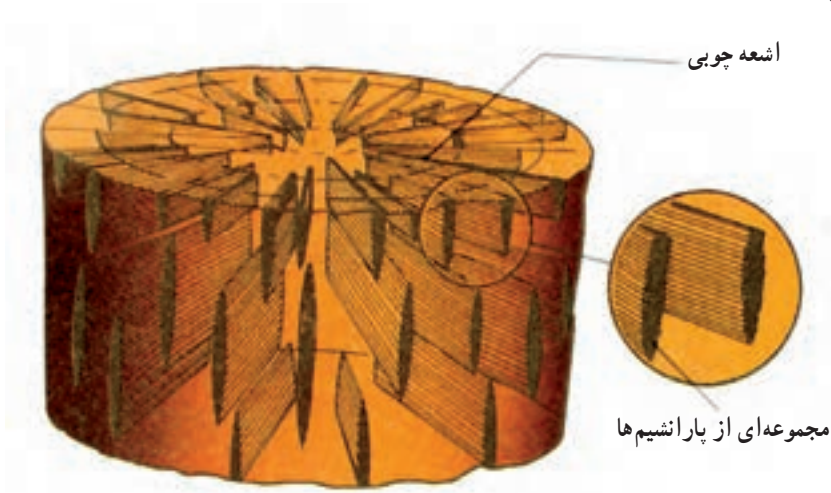
همان گونه که در شکل ۳ ــ ۶ مشخص است منحنی تنش ــ تغییر طول نسبی چوب در ابتدا، به صورت خط مستقیم است(A ــ E)و در این قسمت که حالت لاستیکی چوب نشان داده می‌شود تغییر طول نسبی متناسب با تنش است و نسبت تنش به تغییر طول نسبی مدول الاستیسیته یا ضریب ارتجاعی است.

در مورد مدول الاستیسیته باید یک نکته مهم را متذکر شد : هر چه تنش مورد نیاز برای به‌وجود آوردن تغییر طول نسبی معینی در یک قطعه چوب زیادتر باشد، (چوب در مقابل تغییر شکل پایداری بیشتری نشان دهد) مدول الاستیسیته آن چوب نیز بالاتر است.

۲ــ۶ــ ویژگی‌های مقاومتی چوب

اگر یک قطعه چوب کوچک را از یک گرده بینه بزرگ جدا کرده (نظیر یک تخته یا الوار) و آن را مورد بررسی قرار دهیم مشخص می‌گردد که این قطعه چوب از لایه‌های کنار یکدیگر قرار گرفته چوب بهاره و چوب تابستانه تشکیل شده است. به دلیل مقاومت متفاوت چوب بهاره و چوب تابستانه تغییراتی در مقاومت‌های چوب در جهت‌های مختلف به وجود می‌آید و خاصیت کارکردن با آن نیز متفاوت خواهد بود ؛برای مثال اگر عمل سمباده‌زنی در سطح مماسی انجام گیرد عملیات سمباده زنی ساده و پرداخت سطح آن آسان است، زیرا چوب در این سطح یکنواخت است، اما سمباده‌زنی در سطح شعاعی به علت وجود ورقه یا لایه‌های نرم چوب بهاره و نوارهای سخت چوب تابستانه خیلی مشکل بوده،رسیدن به پرداخت چوب آسان نخواهد بود.

در چوب (مخصوصاً پهن برگان) بعضی از سلول‌ها در جهت شعاعی سطح مقطع درخت شکل گرفته، تشکیل اشعه چوبی می‌دهند که این اشعه‌های چوبی در شکل ۵ــ۶ نشان داده شده است. این اشعه‌های چوبی از پوست به طرف مغز امتداد داشته و قادر به زیاد کردن مقاومت چوب در جهت شعاعی هستند.



شکل ۵ ــ۶ــ یک قطعه چوب که در آن موقعیت اشعه چوبی نشان داده شده است.

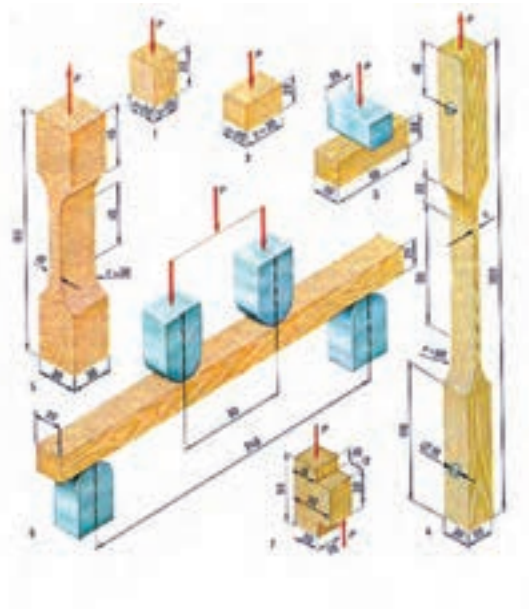
استفاده از اصطلاح مقاومت برای کلیه ویژگی‌ها یا خواص مقاومتی چوب گمراه کننده است، زیرا انواع متفاوتی از مقاومت را می‌توان در یک چوب تشخیص داد ؛ بنابراین لازم است به طور دقیق خاصیت مقاومتی مورد نظر را عنوان کرد، زیرا اگر یک قطعه چوب از خاصیت مقاومتی نسبتاً بالا برخوردار باشد لزوماً دیگر خواص مقاومتی آن نیز زیاد نبوده، بلکه احتمال دارد حتی دیگر خواص مقاومتی آن کم باشد. خواص مختلف مقاومتی چوب و اهمیت کاربردی آن در جدول ۱ــ۶ خلاصه شده است. در شکل ۶ــ۶ به گونه‌ای ساده نقش هر یک از این خواص در یک سازه ساده چوبی (چهارپایه) نشان داده شده است. در یک سازه پیچیده‌تر چوبی نیز این خواص نقش تعیین‌کننده‌ای دارد که می‌توان مشخص کرد.

جدول ۱ــ۶ــ خواص مقاومتی مهم چوب و اهمیت کاربردی آنها

ویژگی مقاومتی	تعیین کننده توانایی
خمشی	تحمل بار تیر چوبی یا قید چوبی
فشاری موازی الیاف	تحمل بار یک ستون یا تیر چوبی
فشاری عمود بر الیاف	چوب در محل اتصال بین قطعات چوبی
کششی موازی الیاف	قطعه چوب در قسمت‌های پایین سازه چوبی
کششی عمود بر الیاف	توانایی تحمل بار تیر چوبی یا قید کوتاه
ضربه‌پذیری	یک قطعه چوب در مقابل ضربه است.
سختی	چوب در مقابل ورود اجسام سخت و سائیده شده
برشی موازی الیاف	چوب در قسمت اتصال
مدول الاستیسیته	مقاومت چوب در برابر نیروهای خمشی و درجه سفتی آن می‌باشد.

شکل ۶ــ۶ــ یک نردبان ساده که در آن نقش مقاومت‌های مختلف مشخص می‌گردد.

ماده‌ای که دارای خواص مکانیکی یکسان در جهت های مختلف باشد، «هرسویکسان» یا ایزوتروپیک[1] نامیده می‌شود. اغلب فلزها، پلاستیک‌ها و محصولات سیمانی خاصیت هرسو یکسانی دارند. با در نظر گرفتن موارد مذکور، چوب از خواص کاملاً متفاوت در جهت الیاف، در مقایسه با جهت عمود بر الیاف برخوردار است که به این دلیل چوب یک ماده «هرسونایکسان» نامیده می‌شود. بطور مشخص چوب را می‌توان اورتوتراپیک[2] در نظر گرفت یعنی چوب در سه جهت عمود بر یکدیگر دارای خواص متفاوتی است. لذا بر خلاف سایر اجسام صلب در چوب نیاز به سنجش خواص فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی در جهات مختلف می‌باشد (شکل ۷ـ۶).



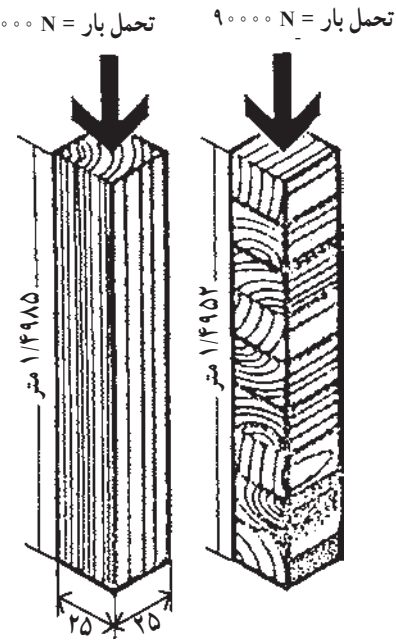
شکل ۷ـ۶ـ چگونگی اندازه‌گیری مقاومت‌های مختلف چوب

مقاومت و خواص الاستیک چوب در جهت‌های محوری، مماسی و شعاعی مختلف بوده ولی اختلاف خیلی زیادی بین جهت مماسی و شعاعی وجود ندارد. بنابراین مقاومت چوب در این دو جهت را یکسان فرض کرده و آن را مقاومت عمود بر الیاف می‌نامند.

۱ـ Isotropic

۲ـ Orthotropic

شکل ۸ ــ ۶را در نظر بگیرید در این شکل دو ستون از چوب سوزنی برگ نشان داده شده است. ابعاد سطح مقطع هر دو ستون ۲۵ سانتی‌متر در ۲۵ سانتی‌متر و طول آن ۱/۵ متر است. ستون سمت چپ که در آن جهت وارد شدن نیرو موازی جهت الیاف است قادر به تحمل نیرویی در حدود ۷۰۰ کیلو نیوتن است. در این مقدار نیرو طول آن (تغییر شکل طولی) فقط به اندازه ۱/۵ میلی‌متر کوتاه می‌شود. ستون سمت راست از روی هم قرار گرفتن قطعات چوب ساخته شده و جهت وارد شدن نیرو عمود بر جهت الیاف است.در این حالت ستون فقط قادر به تحمل نیرویی در حدود ۹۰هزار نیوتن بوده، در این مقدار نیرو کاهش طول آن (تغییر شکل طولی) بالغ بر ۴/۸ میلی‌متر است.



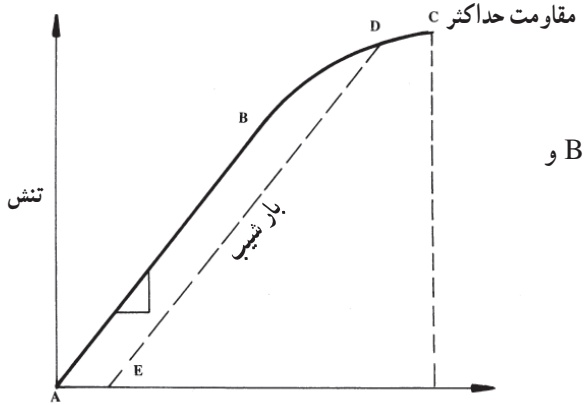
شکل ۸ ــ۶ــ مقایسه مقاومت چوب در جهت موازی و عمود بر الیاف

تمرین

۱ ــ حالت الاستیکی را شرح دهید.

۲ ــ حالت پلاستیکی را شرح دهید.

۳ ــ در شکل ۹ــ۶ مفهوم نقطه‌های B و C را بنویسید.



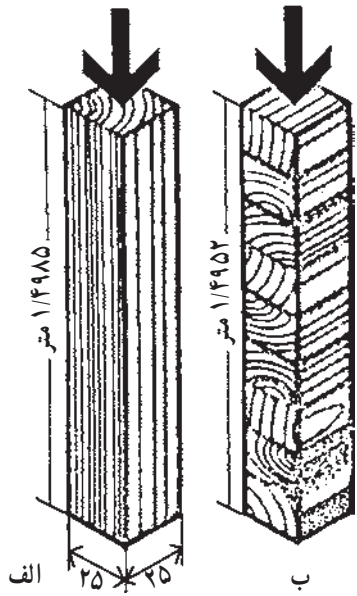
شکل ۹ ــ۶ــ منحنی تنش ــ تغییر طول چوب

۴ ــ بر یک قطعه چوب با ابعاد سطح مقطع $5cm \times 5cm$ نیرویی برابر ۵۰۰۰۰ نیوتن وارد شده است، تنش ایجاد شده در این قطعه چوب چه مقدار است؟

۵ ــ جهت محوری، جهت مماسی و جهت شعاعی را در چوب تعریف کنید.

۶ ــ در شکل ۱۰ــ۶، تحمل نیروی کدام قطعه چوب زیادتر است (الف یا ب)؟ چرا ؟

۷ــ دو قطعه چوب با ابعاد مشخص تهیه نموده و مقاومت خمشی آن‌ها را به صورت مشاهده‌ای در کلاس درس تعیین نمایید.



شکل ۱۰ــ۶ ــ بارگذاری بر روی دو قطعه چوب الف) در جهت الیاف و ب) در جهت عمود بر الیاف

فصل هفتم

مقاومت خمشی چوب

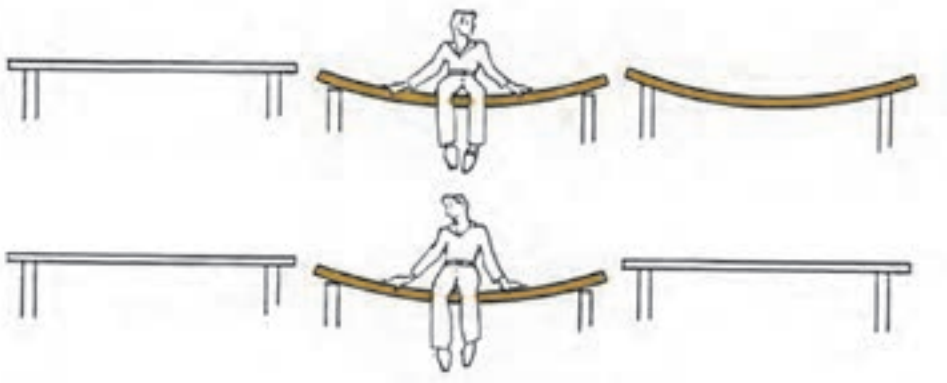
هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ مقاومت خمشی چوب را شرح دهد و آن را محاسبه کند.

۲ــ مدول الاستیسیته چوب را بداند و محاسبه کند.

۳ــ عوامل مؤثر بر مقاومت خمشی چوب را شرح دهد.

زمان تدریس: ۴ ساعت



۷ــ مقاومت خمشی چوب

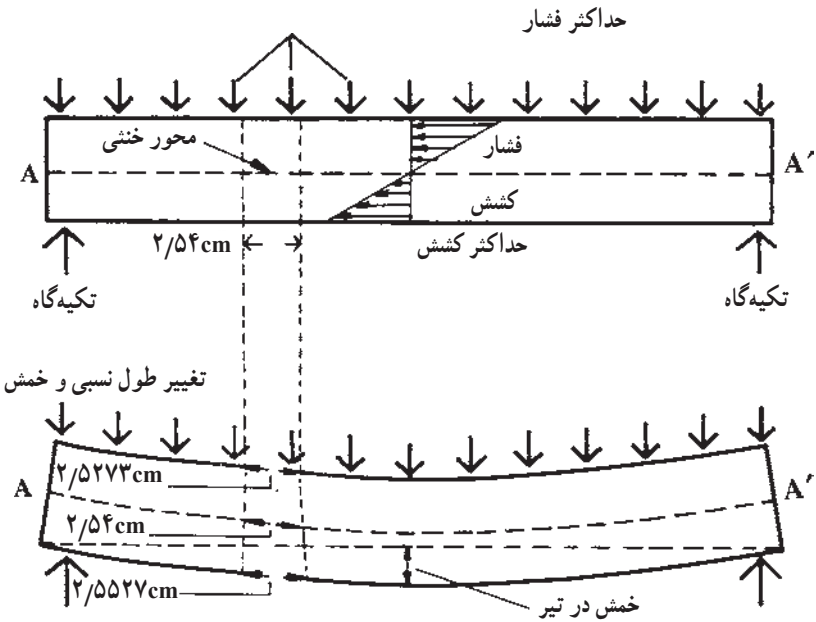
۱ــ۷ــ مفهوم مقاومت خمشی چوب

مقاومت خمشی تعیین کننده توانایی تحمل نیروی یک تیر چوبی یا یک قید چوبی است. اگر یک قطعه چوب به صورت قید در بین دو اتصال قرار گیرد (مانند صندلی) و نیرویی بر آن وارد گردد و یا بر یک تیر چوبی که در سقف یک ساختمان به کار رفته است نیرویی وارد گردد آن نیرو می‌تواند موجب تغییر شکل قید یا تیر چوبی شود و آن قطعه چوب تحت تأثیر نیرو خمیده گردد ؛ در این صورت گویند آن قطعه تیر چوبی یا قید چوبی تحت تأثیر «نیروی خمشی» قرار دارد.

مقاومت خمشی یکی از خواص بنیادی در استفاده از چوب در ساختمان سازی، معدن‌کاری و سازه‌های چوبی است. اگر چوب تحت تأثیر بار (نیرو) ساده یک محوری کشش یا فشار قرار گیرد، اصل «تنش ــ تغییر طول نسبی» خیلی ساده است، اما اگر یک قطعه چوب تحت تأثیر نیروهای خمشی قرار گیرد پدیده تنش ــتغییر طول نسبی خیلی پیچیده است ؛ همان‌گونه که از شکل(۱ ــ ۷) مشخص است،هر گاه یک تیر چوبی سقف یا کف ساختمان تحت تأثیر نیرویی که به طور یکنواخت بر روی آن پخش شده است، همچنین هر گاه بر یک قید چوبی نیروی متمرکز (نیرو در یک نقطه اعمال می‌شود) وارد گردد (نظیر موقعی که یک قطعه چوب بر روی دو تکیه‌گاه قرار گرفته و فردی در وسط آن ایستاده است.) نیمه‌ی بالایی تیر چوبی یا قید تحت تأثیر نیروی فشاری واقع شده و نیمه‌ی پایین تحت تأثیر نیروی کششی قرار می‌گیرد. در چنین حالتی فشردگی و کشیدگی حداکثر در سطح بالا و پایین قطعه چوبی به وجود می‌آید و به طور ساده می‌توان فرض کرد که تغییر در میزان نیروی فشاری یا کششی، از سطح بالا به سطح پایین به صورت خطی خواهد بود (به شکل ۱ــ۷ مراجعه کنید) ؛ یعنی حداکثر نیروی فشاری در سطح بالایی چوب و حداکثر نیروی کششی در سطح پایین چوب واقع شده و در قسمت وسط در حقیقت، هیچگونه نیروی کششی یا فشاری اعمال نشده و خط وسط موسوم به محور «خنثی» است. در این محور نیروی کششی یا فشاری بر چوب وارد نمی‌شود،زیرا چوب در این محور و دیگر محورهای طولی تحت تأثیر نیروی برشی[1] قرار دارد.

با توجه به این که در محور خنثی چوب هیچگونه نیروی فشاری یا کششی وجود ندارد، در این محور که در شکل (۱ــ۷) به صورت خط AA. نشان داده شده است، هیچ‌گونه تغییر طول در اثر

۱ــ در فصل دهم به توضیح این مطلب پرداخته شده است.



شکل۱ــ۷ــ خمش در یک تیر چوبی تحت تأثیر بار یکنواخت گسترده

نیروی خمشی به وجود نخواهد آمد.

در اثر نیروی اعمال شده، سطح بالایی چوب فشرده شده، سطح پایین آن کشیده و طول آن زیاد می‌شود و در اثر تغییر شکل «فشاری ــ کششی» در دو سطح قطعه چوب خمیده می‌شود.

مقدار خمش را در وسط قطعه چوب درصورتی‌که تکیه‌گاه در دو طرف آن قرار گیرد، «خمش حداکثر» گویند و معمولاً ابتدا خمش در این نقطه به وجود می‌آید. مقدار خمش متناسب است با :

ــ محل اعمال نیرو و مقدار نیروی اعمال شده :هر چه مقدار نیرو زیادتر باشد میزان خمش زیادتر است و یا اگر نیرو در وسط قطعه چوبی اعمال شود میزان خمش زیادتر است ؛

ــ فاصله بین دو تکیه‌گاه که چوب بر روی آن‌ها قرار گرفته و اندازه سطح مقطع چوب ؛

ــ میزان مدول الاستیسیته چوب : هر چه میزان مدول الاستیسیته یک چوب زیادتر باشد در یک اندازه معین، در اثر نیروی مشخصی مقدار خمش کمتر است.

مقاومت خمشی چوب و محصولات چوبی را معمولاً به صورت مدول گسیختگی و به صورت ساده شده «MOR[1]» بیان می‌کنند.

۱ــ Modulus of Rupture

مقاومت خمشی را با استفاده از میزان نیروی حداکثر اعمال شده تا نقطه شکست بر چوب (در آزمایش خمش) و اندازه ابعاد قطعه چوبی (فاصله بین دو تکیه‌گاه، پهنا و ضخامت) محاسبه می‌کنند.

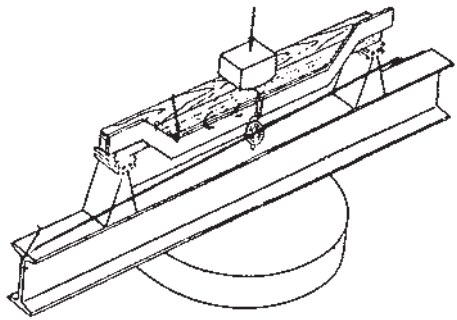
معمولاً از دو روش برای اندازه‌گیری مقاومت خمشی چوب استفاده می‌گردد :

ــ در روش اول که طبق دستور العمل‌های ملی و بین‌المللی انجام می‌گیرد آزمایش بر روی یک قطعه کوچک و بدون عیب چوب انجام می‌گیرد و سپس بر طبق روش‌های متداول مقاومت محاسبه شده به قطعه چوب بزرگتر به اندازه نهایی تعمیم داده می‌شود. عوامل مؤثر در تبدیل مقاومت خمشی قطعه کوچک چوب به قطعه بزرگتر در فصل دوازدهم خلاصه شده است.

ــ روش دیگر، آزمایش نمونه‌ها در اندازه واقعی (کاربردی) است که با این آزمایش‌ها مشاهدات حاصل از آزمایش نمونه‌های کوچک اصلاح می‌شود.

۲ــ۷ــ محاسبه مقاومت خمشی قطعه کوچک

روش اول آزمایش مقاومت خمشی چوب بر طبق شکل (۲ــ۷ــ الف) انجام می‌گیرد. در این روش یک قطعه کوچک چوب بدون عیب بر روی دو تکیه‌گاه شکل (۲ــ۷ــ ب) قرار گرفته و از وسط

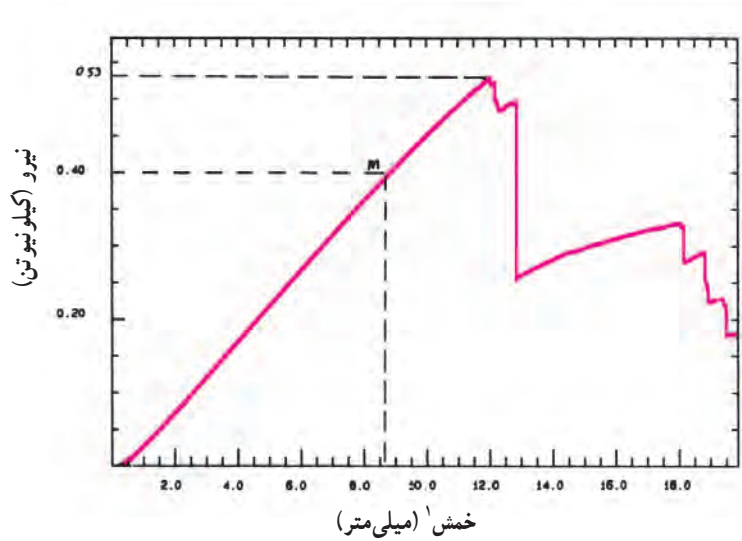


الف

ب

شکل ۲ــ۷ــ نمونه آزمایش خمشی چوب (الف) و دستگاه اندازه‌گیری نیروی خمشی (ب)

نیرویی بر آن اعمال می‌گردد. منحنی مقدار خمش در اثر نیروی وارد شده بر روی رسام دستگاه ترسیم شده و از روی این منحنی که در شکل ۳ــ۷ نشان داده شده است نیرو در نقطه شکست تعیین



شکل ۳ــ۷ــ منحنی نیرو ــ خمش یک قطعه چوب راش

می‌گردد. با در اختیار داشتن ابعاد مقطع عرضی نمونه چوب، فاصله بین دو تکیه‌گاه و نیروی لازم در نقطه شکست مقدار مقاومت خمشی (MOR) با استفاده از این فرمول محاسبه می‌گردد :[2]

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^{۲}}$$

MOR : مقاومت خمشی

F : نیرو در نقطه شکست به نیوتن

L : فاصله بین دو تکیه‌گاه به متر یا میلی‌متر

b : پهنای نمونه به متر یا میلی‌متر

d : ضخامت نمونه به متر یا میلی‌متر

این معادله فقط برای قطعه چوب با سطح مقطع مربع‌ــ مستطیل که آزادانه بر روی دو تکیه‌گاه قرار گرفته باشد و بار در وسط اعمال گردد، استفاده می‌شود.

۱ــ تغییر مکان فک متحرک دستگاه آزمایش خمشی

۲ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۱

مثال ۱: یک قطعه چوب راش با ابعاد سطح مقطع ۵۰×۵۰ میلی‌متر در یک ماشین آزمایش تحت تأثیر نیروی خمشی در وسط قرار گرفته و منحنی نیرو ــ تغییر شکل ۳ــ۷ به دست آمده است. اگر فاصله بین دو تکیه‌گاه ۷۰۰ میلی‌متر باشد، مقاومت خمشی نمونه را محاسبه کنید :

حل: بر طبق منحنی شکل ۳ــ۷ میزان نیروی لازم در نقطه شکست برابر ۵۳۰ نیوتن است. حال اگر مقدار نیروی اندازه‌گیری شده، ابعاد سطح مقطع و فاصله بین دو تکیه‌گاه را در معادله یک قرار دهیم :

$$F = ۵۳۰N \qquad MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^۲}$$

$$L = ۷۰۰mm \qquad MOR = \frac{۱/۵ \times ۵۳۰(N) \times ۷۰۰(mm)}{۵۰(mm) \times ۵۰(mm)^۲}$$

$$b = ۵۰mm \qquad MOR = ۴/۴۵۲ N/mm^۲ \text{ یا } MPa$$

$$d = ۵۰mm$$

پس مقاومت خمشی نمونه چوب مورد آزمایش برابر ۴/۴۵۲ نیوتن بر میلی‌متر مربع است.

تذکر: از سیستم‌های متفاوتی برای بیان ابعاد، نیروها، فشار و غیره استفاده می‌گردد. سیستم متداول و مورد قبول بین‌المللی سیستم SI است که در این سیستم واحد طول متر و واحد نیرو بر حسب نیوتن و واحد فشار پاسکال است. هر یک ۱ نیوتن بر میلی‌مترمربع برابر است با ۱۰۰۰۰۰۰ پاسکال.

مثال ۲: یک قطعه چوب بلوط به ابعاد سطح مقطع ۲۵×۲۵ میلی‌متر در یک ماشین آزمایش تحت نیروی خمشی قرار گرفته و منحنی نیرو ــ تغییر شکل[۱] در شکل ۴ــ۷ به دست آمده است. اگر فاصله بین دو تکیه‌گاه ۳۶۰ میلی‌متر باشد مقاومت خمشی نمونه چوب بلوط را محاسبه کنید :

حل: میزان نیروی لازم در نقطه شکست برابر ۴۴۶ نیوتن است. طبق معادله :

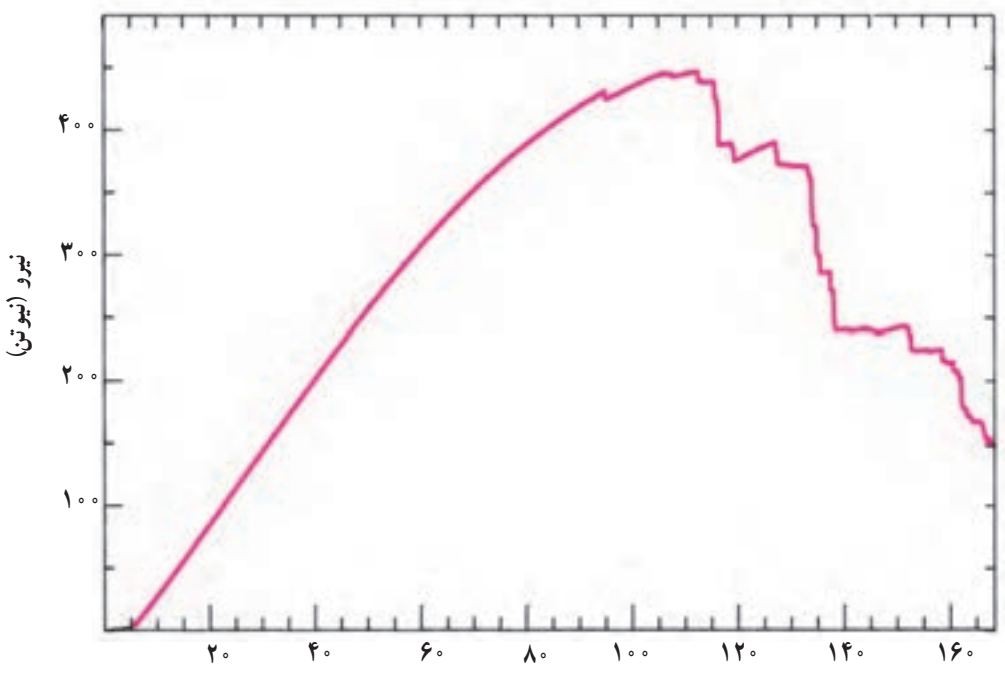
$$F = ۴۴۶N \qquad MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^۲}$$

$$L = ۳۶۰mm \qquad MOR = \frac{۱/۵ \times ۴۴۶N \times ۰/۳۶m}{۰/۰۲۵m \times ۰/۰۰۰۶۲۵m}$$

$$b = d = ۲۵mm \qquad MOR = ۱۵/۴۱ \ Pa(N/m^۲)$$

مقاومت خمشی چوب بلوط مورد آزمایش برابر ۱۵/۴۱پاسکال است.

۱ــ منظور از تغییر شکل در آزمایش خمش، میزان بخش متحرک دستگاه است.



شکل ۴ــ۷ــ منحنی نیرو ــ خمش یک قطعه چوب بلوط

۳ــ۷ــ محاسبه مدول الاستیسیته

برای اندازه‌گیری مدول الاستیسیته در حالت خمش نیز از آزمایش خمشی نمونه چوب استفاده می‌گردد. در این حالت مطابق شکل ۲ــ۷ در یک دستگاه آزمایش نیرویی بر نمونه چوب وارد می‌شود و منحنی شکل۳ــ۷ یا شکل ۴ــ۷ ترسیم می‌گردد. (دقت کنید که نیروی اعمال شده و مقدار خمش به وجود آمده در اثر نیرو، به طور همزمان تعیین می‌گردد.) از طریق اندازه‌گیری میزان خمش قبل از رسیدن به محدوده پلاستیکی شدن (محدوده A ــ B در شکل ۳ــ۶)، نیروی لازم برای به وجود آوردن میزان خمش اندازه‌گیری شده، ابعاد سطح مقطع و فاصله بین دو تکیه‌گاه، مدول الاستیسیته طبق این رابطه محاسبه می‌شود :

$$MOE = \frac{FL^3}{4bd^3D}$$ [1]

۱ــ Modulus of Elasticity

MOE : مدول الاستیسیته (نیوتن بر میلی‌متر مربع یا مگاپاسکال)

F : مقدار نیرو در نقطه‌ای در محدوده A ــ B که درآن نقطه مقدار خمش اندازه‌گیری شده است. (نیوتن)

D : مقدار خمش در نیروی F (میلی‌متر)

L : فاصله بین دو تکیه‌گاه (میلی‌متر)

b : پهنای نمونه (میلی‌متر)

d : ضخامت نمونه (میلی‌متر)

مثال ۳: به مثال ۱ و شکل ۳ــ۷ مراجعه کنید. مدول الاستیسیته چوب راش مورد آزمایش را محاسبه کنید.

حل: مطابق شکل ۳ــ ۷ مقدار خمش در نیروی اعمال شده ۴۰۰ نیوتن در نقطه دلخواه M برابر ۸۷ میلی‌متر است. اگر اطلاعات مربوط به ابعاد نمونه و فاصله دو تکیه‌گاه (طبق مثال ۱)، نیرو و خمش را در معادله قرار دهیم :

$$MOE = \frac{FL^3}{4bd^3D}$$

$F = 400\ N$ $\qquad$ $MOE = \frac{400(N)\times(700mm)^3}{4(50mm)(50mm)^3 87mm}$

$D = 0/087\ m$ $\qquad$ $MOE = 63/08\ \ N/mm^2$ یا MPa[1]

$b = d = 0/05\ \ m = 50mm$

$L = 0/7\ \ m = 700mm$

مدول الاستیسیته چوب راش مورد آزمایش برابر ۶۳۰۸۰۰۰۰ پاسکال است.

چند نکته مهم را باید متذکر شویم :

ــ معمولاً مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته چوب‌های صنعتی تعیین شده و به صورت جدول‌هایی وجود دارد. در جدول ۱ــ۷ مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته چند نوع چوب صنعتی مهم آورده شده است.

ــ با در اختیار داشتن مقاومت خمشی چوب می‌توان تحمل نیروی یک قطعه چوب را به ابعاد معین محاسبه کرد.

۱ــ $1\ N/mm^2 = 1000000\ N/m^2(Pa) = 1\ MPa$

مثال ۴: طبق جدول ۱ــ۷ مقاومت خمشی چوب راش برابر ۸۷×۱۰^{۶} نیوتن برمتر مربع است. تحمل نیروی متمرکز F در وسط یک الوار چوب راش به پهنای ۴ سانتی‌متر و ضخامت ۸ سانتی‌متر که بین دو تکیه‌گاه به فاصله ۲ متر قرار گرفته است محاسبه کنید (فرض کنید چوب بدون عیب است).

جدول ۱ــ۷ــ مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته چند چوب مهم[۱]

نام چوب	مقاومت خمشی نیوتن بر مترمربع (پاسکال)	مدول الاستیسیته نیوتن بر مترمربع (پاسکال)	نام چوب	مقاومت خمشی نیوتن بر مترمربع (پاسکال)	مدول الاستیسیته نیوتن بر مترمربع (پاسکال)
ملچ	۸۹×۱۰^{۶}	۱۱۰۰۰×۱۰^{۶}	افرا چناروش	۱۳۷×۱۰^{۶}	۱۱۳۰۰×۱۰^{۶}
ممرز	۱۶۰×۱۰^{۶}	۱۶۲۰۰×۱۰^{۶}	بلوط (بلند بازو)	۱۱۰×۱۰^{۶}	۱۱۷۰×۱۰^{۶}
نمدار	۱۰۶×۱۰^{۶}	۷۴۰۰×۱۰^{۶}	تبریزی (شالک)	۳۷×۱۰^{۶}	۷۲۰۰۰×۱۰^{۶}
نراد	۷۳×۱۰^{۶}	۱۱۰۰۰×۱۰^{۶}	توسکا قشلاقی	۸۵×۱۰^{۶}	۷۷۰۰۰×۱۰^{۶}
نوئل	۷۸×۱۰^{۶}	۱۱۰۰۰×۱۰^{۶}	راش	۸۷×۱۰^{۶}	۱۲۵۰۰×۱۰^{۶}
کاج جنگلی	۱۰۰×۱۰^{۶}	۱۲۰۰۰×۱۰^{۶}	زبان گنجشک	۱۲۰×۱۰^{۶}	۱۳۴۰۰×۱۰^{۶}
			گردو ایرانی	۱۴۷×۱۰^{۶}	۱۲۵۰۰×۱۰^{۶}

حل: طبق رابطه :

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^{۲}}$$

که در این معادله : (نیوتن برمترمربع) $MOR = ۸۷\times۱۰^{۶}\ \frac{N}{m^{۲}}$

$L = ۲۰۰$ سانتی‌متر

$b = ۴cm$ (پهنا)

$d = ۸cm$ (ضخامت)

با قرار دادن ارقام داده‌ها در فرمول مربوطه :

$$۸۷\times۱۰^{۶} = \frac{۱/۵(F)(۲۰۰)}{(۰/۰۴)\times(۰/۰۸)^{۲}}$$

$$۸۷\times۱۰^{۶} = \frac{۳۰۰F}{۲۵۶\times۱۰^{-۶}}$$

$$F = ۷۴/۲۴N$$

۱ــ مأخذ : پارساپژوه، داود. ۱۳۶۷ ــ تکنولوژی چوب

ـ اگر مدول الاستیسیته چوب مشخص باشد به‌سادگی می‌توان مقدار خمش را در اثر بار متمرکز یک نمونه چوب محاسبه کرد.

مثال ۵: قطعه چوب راش مثال ۴ را در نظر بگیرید. تحت تأثیر نیروی برابر ۵۰۰ نیوتن چوب به چه اندازه خمیده می‌شود :

حل: مدول الاستیسیته چوب راش طبق جدول ۱ـ۷ برابر ۱۲۵۰۰×۱۰^{۶} نیوتن بر مترمربع است. اگر اطلاعات مربوط به قطعه چوب مثال ۴ را در رابطه (صفحه۸۳) قرار دهیم :

$$MOE=\frac{FL^{۳}}{۴bd^{۳}D}$$

$$F=۵۰۰N \quad (\text{نیوتن})$$

$$L=۲m \quad (\text{متر})$$

$$b=۰/۰۴m \quad (\text{متر})$$

$$d=۰/۰۸m \quad (\text{متر})$$

$$D=?$$

$$۱۲۵۰۰\times۱۰^{۶}=\frac{۵۰۰\times(۲)^{۳}}{۴(۰/۰۴)(۰/۰۸)^{۳}D}$$

$$۱۲۵۰۰\times۱۰^{۶}=\frac{۵۰۰\times۸}{۸۱/۹۲\times۱۰^{-۶}D}$$

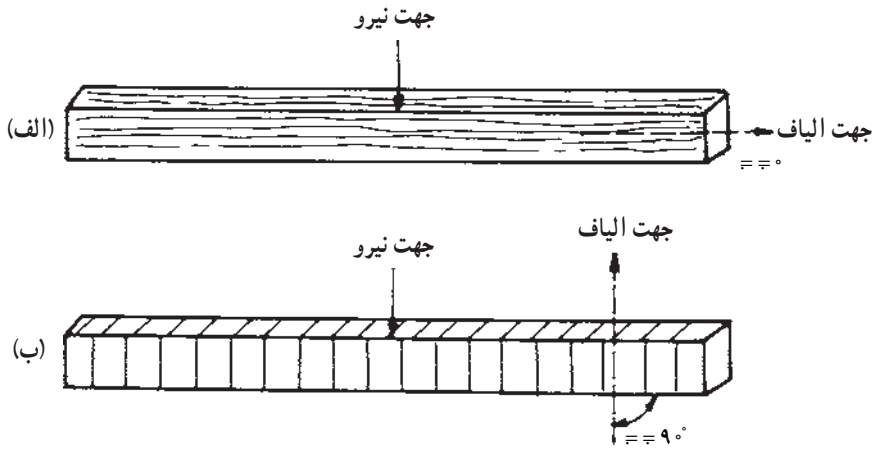
$$D=\frac{۴۰۰۰}{۱۰۲۴۰۰۰}$$

$$D=۰/۰۰۳۹m=۳/۹mm$$

۴ـ۷ـ عوامل مؤثر بر مقاومت خمشی چوب

عوامل متعددی بر مقاومت خمشی چوب تأثیر می‌گذارند. بعضی از این عوامل باعث زیاد شدن مقاومت خمشی و دیگر عوامل به کم شدن آن کمک می‌کند. در این فصل تأثیر این عوامل، به طور خلاصه مورد بررسی قرار گرفته، جهت مطالعه بیشتر به فصل دوازدهم که به طور جامع عوامل مؤثر بر ویژگی‌های مقاومتی چوب را مورد بحث قرار می‌دهد مراجعه شود. عوامل مؤثر بر مقاومت خمشی چوب عبارتند از :

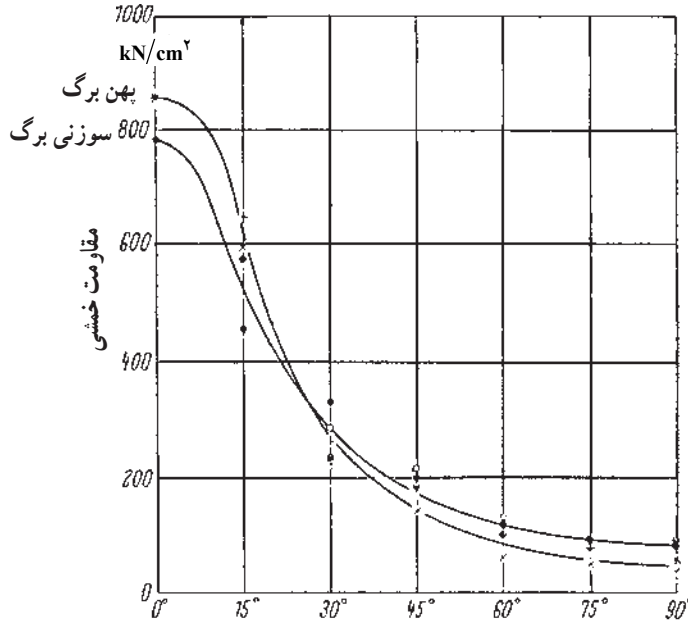
الف) زاویه الیاف: در استفاده از چوب در حالتی که تحت تأثیر نیروهای خمشی قرار دارد سعی می‌شود طول چوب (بزرگترین بُعد) در جهت الیاف باشد، زیرا مقاومت خمشی چوب در این حالت زیادتر است. به شکل ۵ــ۷ توجه کنید. دو حالت اعمال نیروی خمشی نشان داده شده است. واضح است که در حالت «ب» تحمل نیروی چوب کمتر است. برعکس، در حالت «الف» تحمل نیروی چوب زیاد است. در حالت «الف» طول نمونه در جهت موازی با الیاف انتخاب شده و زاویه شیب الیاف (.) را «صفر» فرض می‌کنیم. در حالت «ب»، طول نمونه در جهت عمود بر الیاف است و زاویه شیب الیاف را ۹۰ درجه فرض می‌کنیم.



شکل ۵ــ۷ــ تأثیر زاویه شیب الیاف بر مقاومت خمشی چوب

با زیاد شدن زاویه جهت اعمال نیرو بر چوب مقاومت خمشی مطابق شکل ۶ ــ ۷ کم می‌شود. به طوری که می‌توان گفت نسبت مقاومت خمشی زاویه صفر به زاویه ۹۰ درجه تقریباً ۸ به یک است.

ب) جرم مخصوص چوب: رابطه‌ی بین جرم مخصوص و مقاومت خمشی چوب تقریباً خطی است. یعنی با زیاد شدن جرم مخصوص چوب مقاومت خمشی افزایش می‌یابد.



شکل ۶ ــ۷ــ منحنی تغییرات مقاومت خمشی در اثر تغییر زاویه. . (مربوط به دو گونه سوزنی‌برگ و پهن‌برگ)

ج) رطوبت چوب: در اثر زیاد شدن رطوبت مقدار مقاومت خمشی کم می‌شود، زیرا چوب در اثر جذب آب واکشیده و نرم می‌شود. به همین دلیل است که برای خم کردن چوب در تولیدات قوس‌دار، ابتدا آن را برای مدتی خیس می‌کنند(شکل۷ــ۷).

شکل ۷ــ۷ــ برای خم کردن چوب باید آن را مرطوب کرد.مقاومت خمشی چوب مرطوب کم است.

د) دمای چوب: با زیاد شدن دمای چوب مقاومت خمشی آن کم می‌شود.

هـ) گره: به دلایل زیر وجود گره در چوب باعث کم شدن مقاومت‌های چوب می‌شود :

ــ در اطراف گره الیاف به صورت پیچیده و درهم قرار می‌گیرد.

ــ جهت الیاف در گره تقریباً عمود بر جهت الیاف در چوب است.

ــ در اطراف گره اغلب بریدگی و ترک وجود دارد.

در شکل ۸ــ۷ نکات فوق قابل رؤیت است.

اگر گره در قسمت تحت تأثیر نیروی کششی قرار گرفته باشد باعث کم شدن خیلی زیاد مقاومت خمشی و ایجاد شکستگی در چوب می‌شود ؛ (بخصوص در مواقعی که گره مرده باشد) بنابراین، محل قرار گرفتن گره در چوب تعیین کننده میزان کم شدن مقاومت خمشی است.

گره مرده: گره‌های مرده معمولاً تیره رنگ هستند و به قسمت‌های مجاور خود متصل نیستند و شبیه یک جسم خارجی به شکل میله ای در تنه درخت فرو رفته‌اند.

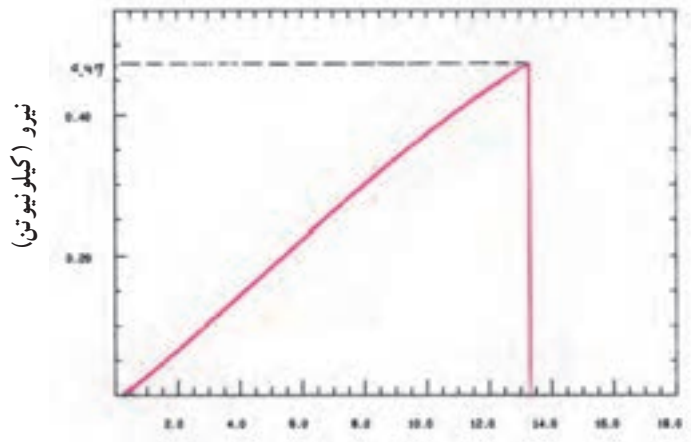
شکل ۸ــ۷ــ شکل دو گره درچوب که نشان دهنده پیچیدگی الیاف و بریدگی و ترک در اطراف آن است.

گره زنده: گره‌های زنده تقریباً هم رنگ چوب هستند و به قسمت‌های مجاور خود متصل‌اند.

تمرین

۱ــ یک قطعه چوب افرا به ابعاد سطح مقطع ۵×۵ سانتی‌متر مورد آزمایش خمشی قرار گرفته و منحنی نیروــ تغییر شکل ۹ــ۷ ترسیم شده است. اگرفاصله بین دو تکیه‌گاه برابر ۷۰ سانتی‌متر باشد محاسبه کنید :۱ــ مقاومت خمشی، ۲ــ مدول الاستیسیته.

۲ــ قدرت تحمل نیروی متمرکز را در وسط یک قطعه چوب ممرز، به پهنای ۵ سانتی‌متر و ضخامت ۶ سانتی‌متر که بر روی دو تکیه‌گاه به فاصله ۱۵۰ سانتی‌متر قرار گرفته است، محاسبه کنید. (برای حل این تمرین به جدول ۱ــ ۷ باید مراجعه کنید.)



شکل ۹ــ۷ــ منحنی نیرو ــ خمش یک قطعه چوب افرا

۳ــ اگر مدول الاستیسیته یک چوب زیادتر باشد در اثر نیروی مشخصی مقدار خمش (تغییر طول) آن ... است (کم‌تر یا بیش‌تر)

۴ــ در رابطه زیر مفهوم هر حرف مشخص شده را بنویسید :

$$MOR = \frac{۱/۵F\ L}{bd^۲}$$

۵ ــ برای خم کردن آسان چوب ابتدا باید آن را مرطوب کرد. چرا؟

۶ــ قطعه چوبی به طول ۳۰ الی ۵۰ سانتی‌متر تهیه شود و با اره در دو طرف تخته شیارهایی ایجاد شود تعدادی میخ در داخل شیار قرار گیرد با اعمال نیرو (خم‌کردن تخته) چه اتفاقی خواهد افتاد؟

۷ــ با توجه به نمودار (شکل ۶ــ۷) مقاومت خمشی چوب تحت زاویه الیاف ۳۰ درجه را با زاویه ۶۰ درجه مقایسه کنید.

فصل هشتم

مقاومت چوب در برابر کشش

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :
۱ــ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب را، شرح دهد.
۲ــ مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب را،شرح دهد.
۳ــ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف و عمود بر الیاف را، محاسبه کند.
۴ــ عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف را، شرح دهد.

زمان تدریس: ۴ ساعت

۸ ــ مقاومت چوب در برابر کشش

مقاومت کششی یا مقاومت چوب در برابر نیروهایی که سعی در کشیده کردن چوب دارند را می‌توان در دو حالت ذیل، مطرح و اندازه‌گیری کرد :

ــ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف یا مقاومت به کشش جهت الیاف ؛

ــ مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف.

۱ــ ۸ــ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف

مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب فوق‌العاده زیاد بوده و در عمل همواره از مقدار مورد نیاز در طراحی زیادتر است. مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب قابل مقایسه با سایر مواد ساختمانی می‌باشد. در جدول ۱ــ ۸ مقایسه‌ای از مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب با فلزات و بعضی از مواد دیگر ارائه شده است.

جدول ۱ــ۸ــ مقایسه مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب با دیگر مواد

ماده	مقاومت در برابر کشش (نیوتن بر مترمربع)
سیم فولادی (حداکثر)	۳۲۰۰×۱۰^{۶}
سیم آهن	$۵۵۰\times۱۰^{۶} - ۸۴۰\times۱۰^{۶}$
فولاد ساختمانی	$۵۲۰\times۱۰^{۶} - ۸۲۰\times۱۰^{۶}$
سیم مسی	$۴۲۰\times۱۰^{۶} - ۴۹۰\times۱۰^{۶}$
الیاف ابریشم	۳۵۰×۱۰^{۶}
الیاف پنبه	$۲۸۰\times۱۰^{۶} - ۸۰۰\times۱۰^{۶}$
چوب سوزنی برگان	$۵۰\times۱۰^{۶} - ۱۵۰\times۱۰^{۶}$
چوب پهن برگان	$۲۰\times۱۰^{۶} - ۲۶۰\times۱۰^{۶}$

مأخذ : پارسا پژوه ــ تکنولوژی چوب

همان‌گونه که از جدول ۱ــ۸ مشخص می‌گردد مقاومت در برابرکشش موازی با الیاف چوب در حدود ۲۰ درصد فولاد ساختمانی است ؛ همچنین تغییرات نسبتاً زیادی در مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب مشاهده می‌گردد ؛ به طوری که بالاترین مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب پهن برگان بالغ بر سیزده برابر کمترین مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف است.

در جدول ۲ــ۸ مقاومت در برابرکشش موازی با الیاف تعدادی از چوب‌های پهن‌برگ خلاصه شده است.

جدول ۲ــ۸ــ جدول مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف[1] چندگونه چوبی پهن‌برگ

نوع چوب	مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف (نیوتن بر مترمربع)
افرا	۱۰۰×۱۰^{۶}
بید	۶۴×۱۰^{۶}
تبریزی	۷۷×۱۰^{۶}
راش (اروپا)	۱۳۵×۱۰^{۶}
زبان گنجشک	۱۶۵×۱۰^{۶}
گردوی ایرانی	۱۰۰×۱۰^{۶}
ملچ (ملج)	۸۰×۱۰^{۶}
ممرز	۱۳۵×۱۰^{۶}
نمدار	۸۵×۱۰^{۶}

مأخذ : پارسا پژوه ــ تکنولوژی چوب

۱ــ این مقاومت همان تنش کششی بوده که با (سیگما) نیز نشان داده می‌شود.

مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب (در ۱۲ درصد رطوبت) شاید به حداکثر ۳۰۰×۱۰^{۶} نیوتن بر مترمربع نیز برسد. همان‌گونه که از جدول ۱ــ۸ مشخص می‌گردد مقاومت در برابر کشش الیاف پنبه بین ۲۸۰×۱۰^{۶} تا ۸۰۰×۱۰^{۶} نیوتن بر مترمربع متغیر است. دقت کنید که ساختمان شیمیایی الیاف چوب سوزنی‌برگان و پهن‌برگان مشابه الیاف پنبه است، اما درجه سازمان‌یافتگی الیاف پنبه بیشتر است و به این دلیل مقاومت در برابر کشش آن نیز بالاتر است.

متأسفانه به چند دلیل ازمقاومت کششی زیاد اعضای چوبی نمی‌توان در ساختمان بهره‌گیری نمود. این دلایل عبارتند از :

ــ مقاومت برشی چوب درجهت الیاف در مقایسه با مقاومت کششی آن درهمین جهت بسیار کم است (فقط ۶ تا ۱۰ درصد) و به همین علت چوب در محل اتصالات خیلی زود شکاف برمی‌دارد.

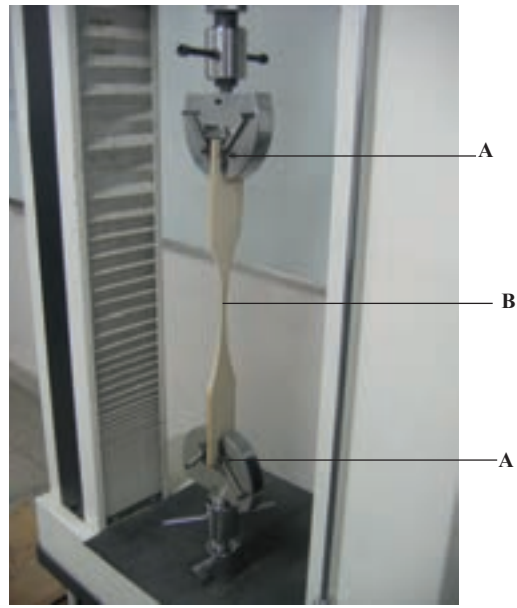
ــ معایب چوب از قبیل گره، الیاف مورب و غیره مقاومت کششی چوب را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند.

ــ انجام‌دادن آزمایش کششی موازی الیاف روی چوب مشکل می‌باشد، زیرا برای تهیه نمونه مربوطه به وجود کارگر ماهر نیاز است و احتمال توسعه تنش عمود بر الیاف و یا اعمال نیروی چرخشی به نمونه در محل گیره‌های اتصال دستگاه خیلی زیاد است.[۱]

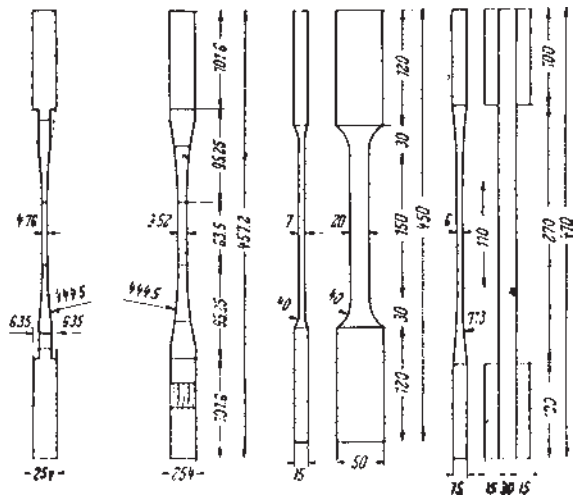
۱ــ۱ــ۸ــ اندازه‌گیری مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف : مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب به‌مراتب بیش از مقاومت به فشار عمود بر الیاف و مقاومت برشی است. هنگامی که برای اندازه‌گیری نیروی لازم برای شکستن نمونه در حالت کشش، نمونه در داخل گیره‌ها قرار گیرد، گیره‌ها بر چوب نیروی فشاری عمود بر الیاف وارد کرده، احتمال لهیده شدن چوب در داخل گیره وجود دارد ؛ بنابراین، اندازه و شکل نمونه چوب باید به طریقی انتخاب گردد که نیروی لازم برای شکستن نمونه در حالت کشش کمتر از مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف و مقاومت برشی چوب باشد. در شکل ۱ــ۸ یک قطعه چوب تحت نیروی کشش موازی با الیاف دیده می‌شود. در نقطه B نمونه تحت تأثیر نیروی کششی و در نقطه A تحت تأثیر نیروی فشار عمود بر الیاف است. برای اطمینان از شکستن چوب در نقطه مورد نظر نمونه چوب را به شکل دمبل (سطح مقطع در قسمت وسط کم) تهیه می‌کنند. این روش را برای اندازه‌گیری دقیق مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب انتخاب می‌کنند، اما در استفاده چوب لازم است سطح مقطع چوب در تمام طول آن یکسان باشد. در شکل ۲ــ۸ چند نمونه استاندارد آزمایش مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف

۱ــ مأخذ : ابراهیمی، قنبر. ۱۳۷۶ــ مقاومت‌های مکانیکی چوب و عناصر آن و تحلیل تاب اوراق مرکب چوبی

چوب نشان داده شده است.



شکل ۱ــ ۸ــ طرز قرار گرفتن نمونه آزمایش کشش چوب در گیره

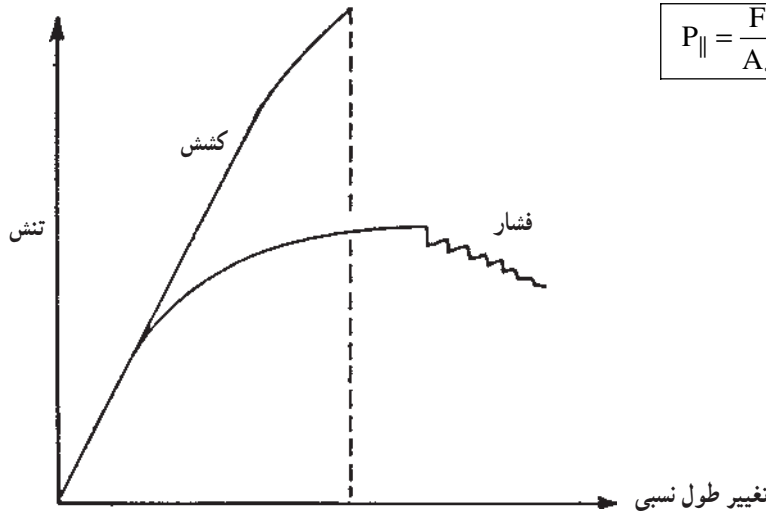


شکل۲ــ۸ــ چند نمونه استاندارد برای تعیین مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب

شکل ۳ــ ۸ــ دستگاه آزمایش برای اندازه‌گیری مقاومت در برابر کشش

برای محاسبه مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب لازم است نیروی لازم برای شکستن چوب در حالت کشیده شدن اندازه‌گیری شود. برای این منظور از دستگاه آزمایش چوب که در شکل ۳ ــ ۸ نشان داده شده است استفاده می‌گردد. مطابق شکل ۱ــ۸ نمونه چوب در داخل گیره‌های دستگاه قرار گرفته و نیرویی در حالت کشش بر آن وارد می‌گردد. دستگاه‌های کشش و فشار امروزی مجهز به رایانه و نرم‌افزارهای ویژه‌ای بوده که قادر می‌باشند منحنی «نیروــتغییر شکل» و یا «تنش ــ تغییر طول نسبی» را به همراه سایر نتایج در حین و پس از پایان آزمایش، در اختیار کاربر قرار دهند (شکل۴ــ۸). پس از اندازه‌گیری نیروی اعمال شده در نقطه شکست و سطح مقطع محل شکست مقاومت دربرابر کشش موازی با الیاف چوب از طریق تقسیم نیرو بر سطح مقطع با استفاده از این رابطه توسط دستگاه و یا کاربر محاسبه می‌شود :

$$P_{\parallel} = \frac{F}{A_{\circ}}$$ [1]



شکل ۴ــ ۸ــ منحنی تنش ــ تغییر طول نسبی چوب در حالت فشار و یا کشش موازی با الیاف

۱ــ P در این فرمول و سایر فرمول‌های مشابه این فصل و فصل بعد، نشان‌دهنده تنش (: سیگما) می‌باشد.

که در آن :

$P_{\parallel}$ ــ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف (نیوتن بر میلی‌متر مربع یا کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر مربع)

F ــ نیروی لازم برای شکستن نمونه (نیوتن یا کیلوگرم نیرو)

A ــ سطح مقطع وسط نمونه (میلی‌متر مربع یا متر مربع)

مثال ۱: مطابق جدول ۲ــ۸ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب زبان گنجشک برابر ۱۶۵×۱۰^{۶} نیوتن بر مترمربع است. تحمل نیرو (بار) در حالت کشش یک قطعه از این چوب به ابعاد سطح مقطع ۵×۵ سانتی‌متر را محاسبه کنید.

حل: سطح مقطع چوب برابر ۰/۰۰۲۵ متر مربع است. اگر مقدار مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف این چوب، یعنی ۱۶۵×۱۰^{۶}نیوتن بر متر مربع را در معادله قرار دهیم :

$$P_{\parallel}=\frac{F}{A_{\circ}}. \quad F=P_{\parallel}\times A_{\circ}$$

$$(F\ \text{نیوتن}) = (۱۶۵\times۱۰^{۶}\ \text{نیوتن بر متر مربع}) \times (۲۵\times۱۰^{-۴}\ \text{مترمربع})$$

$$F = ۴۱۲۵۰۰\ \text{نیوتن}$$

تحمل نیروی این قطعه چوب در برابر کشش موازی با الیاف برابر ۴۱۲۵۰۰ نیوتن است.

۲ــ۸ــ مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف

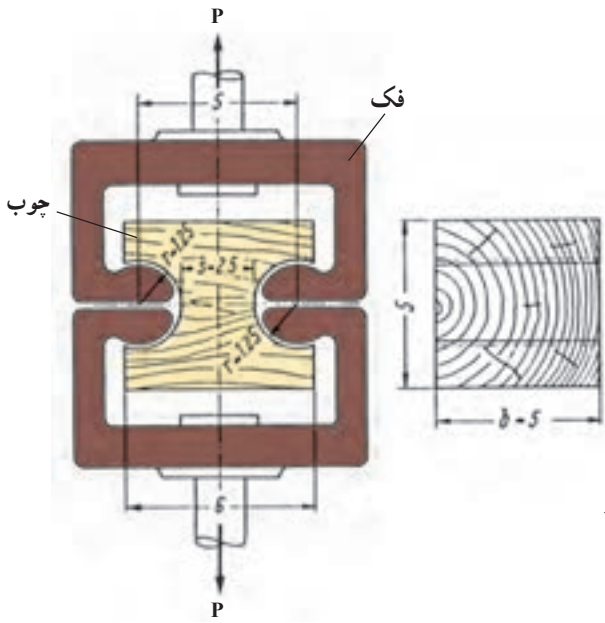
مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف نشان دهنده میزان چسبندگی عرضی بین الیاف یا به عبارت دیگر، چسبندگی جانبی الیاف در چوب است.

در طراحی محصولات چوبی مخصوصاً در سازه‌های چوبی ساختمانی سعی می‌گردد چوب در معرض نیروی کشش عمود بر الیاف واقع نگردد، زیرا مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب خیلی کم است[۱] ؛ همچنین در اثر ترک‌هایی که در چوب وجود دارند (در طی خشک کردن چوب در اثر پدیده همکشیدگی ترک‌های سطحی و داخلی در چوب به وجود می‌آیند.) مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف کم می‌شود.

در عمل به علت کم بودن مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب دقت‌نداشتن اعداد اندازه‌گیری‌شده ضرورتی به اندازه‌گیری این ویژگی نیست، اما برای تکمیل اطلاعات و نیاز احتمالی

۱ــ شکاف خوردن آسان چوب در جهت موازی الیاف مؤید همین مطلب است.

جهت اندازه‌گیری این ویژگی نمونه‌های مختلفی طراحی شده‌اند که یک نمونه آن در شکل ۵ــ۸ آورده شده است.



شکل ۵ــ۸ــ نمونه آزمایش مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب

برای تعیین مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف یک قطعه چوب، ابتدا سطح مقطع تحت تأثیر نیروی کشش عمود بر الیاف نمونه را اندازه‌گیری کرده، پس از قرار دادن در دستگاه آزمایش مطابق شکل ۶ــ۸ و شکستن نمونه در جهت عمود بر الیاف، نیروی لازم اندازه‌گیری می‌گردد. از تقسیم نیرو بر سطح مقطع با استفاده از رابطه قبل مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب محاسبه می‌شود.

شکل ۶ــ۸ــ روش اندازه‌گیری مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب

مثال ۲: نمونه آزمایش تعیین مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف از چوب بلوط تهیه شده و در دستگاه آزمایش چوب مورد آزمایش قرار گرفته است. منحنی شکل ۷ــ ۸ ترسیم شده است.

اگر ابعاد سطح مقطع تحت نیروی کشش برابر ۲/۵ و ۵ سانتی‌متر باشد مقاومت[1] در برابر کشش عمود بر الیاف چوب بلوط را محاسبه کنید.

حل: نیروی حداکثر در نقطه شکست طبق منحنی شکل ۷ــ۸ برابر $F = ۷۶۴۰$ نیوتن است.

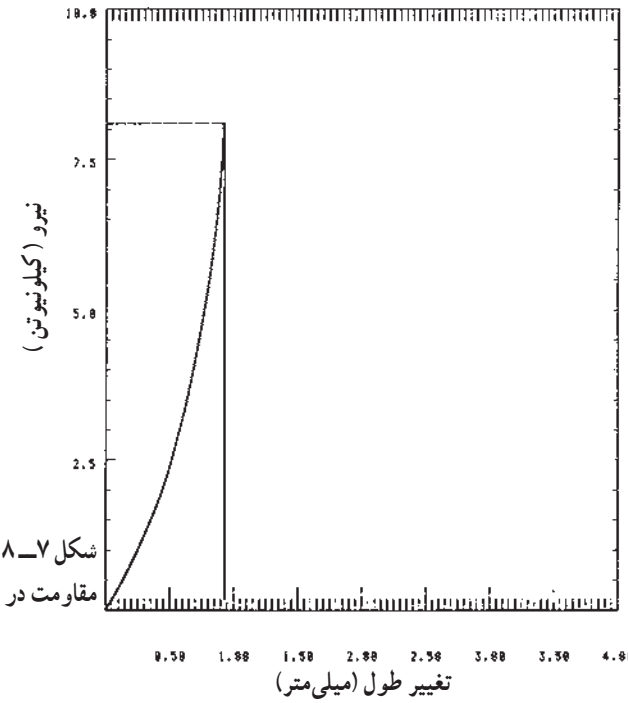
$$A = ۵ \times ۲/۵ = ۱۲/۵$$ سانتی‌متر مربع

$$A = ۱۲۵۰$$ میلی‌متر مربع

$$P_{\perp} = \frac{F\,(\text{نیوتن})}{A_{\circ}\,(\text{میلی‌مترمربع})}$$

$$P_{\perp} = \frac{۷۶۴۰\,(\text{نیوتن})}{۱۲۵۰\,(\text{میلی‌مترمربع})}$$

$$P_{\perp} = ۶/۱۱$$ (نیوتن بر میلی‌مترمربع)



شکل ۷ــ۸ــ منحنی نیرو ــ تغییر شکل در آزمایش مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب بلوط

۱ــ درمقاطع تحصیلی بالاتر به‌جای F (مقاومت) از تنش (: سیگما)، برای نشان دادن نیرو تقسیم بر واحد سطح، استفاده می‌گردد.

تذکر: به علت استفاده از چوب عاری از عیب در آزمایش فوق به مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف بالاتری رسیده‌ایم، اما مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب کمتر از این مقدار است.

مثال ۳: یک قطعه چوب راش مورد آزمایش مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف قرار گرفته و منحنی نیرو ــ تغییر شکل ۸ ــ ۸ ترسیم شده است. اگر سطح مقطع نمونه ۲/۵×۵ سانتی‌متر باشد مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف این قطعه چوب راش را محاسبه کنید.

حل: طبق منحنی شکل (۸ــ۸) :

$F = ۶۷۰۰$ نیوتن

$A_{\circ} = ۲۵ \times ۵۰ = ۱۲۵۰$ میلی‌متر مربع

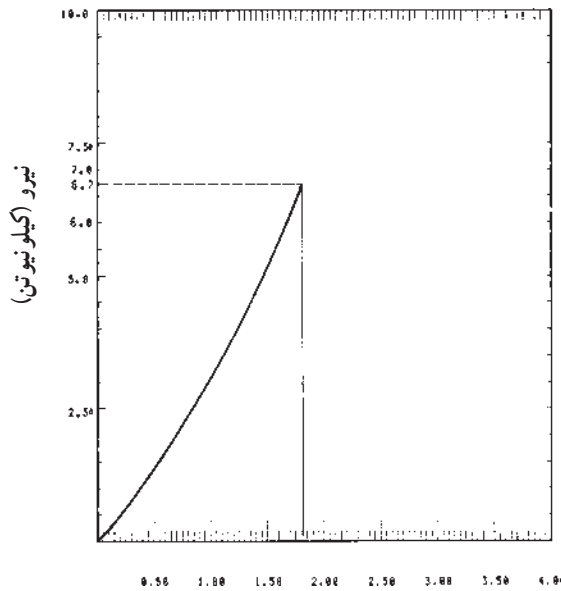
$A_{\circ} = ۱۲۵۰$

$$P_{\perp} = \frac{F}{A_{\circ}}$$

$$P_{\perp} = \frac{۶۷۰۰ \text{ (نیوتن)}}{۱۲۵۰ \text{ (میلی‌متر مربع)}}$$

$P_{\perp} = ۵/۳۶$ نیوتن بر میلی‌مترمربع

رابطه نزدیکی بین مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف با جرم ویژه چوب وجود دارد. این رابطه به این صورت است :



شکل ۸ ــ ۸ ــ منحنی نیرو ــ تغییر شکل چوب راش تحت نیروی کشش عمود بر الیاف

$$P_{\perp} = 600D^{2}$$

$P_{\perp}$ ــ مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف (نیوتن بر سانتی‌متر مربع)[1]

D ــ جرم مخصوص (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

مثال ۴: جرم مخصوص چوب گردو برابر ۰/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. با توجه به معادله فوق مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف این چوب را به طور تقریبی محاسبه کنید.

حل:

$$P_{\perp} = 600D^{2} \qquad P_{\perp} = 600 \times (0/6)^{2}$$

$$P_{\perp} = 600 \times 0/36 \qquad P_{\perp} = 216$$ نیوتن بر سانتی‌مترمربع

دقت کنید که مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب گردو محاسبه شده از معادله فوق با مقدار واقعی دارای اختلاف بوده که نشان دهنده تقریبی بودن مقدار به دست آمده از معادله فوق است.

در جدول ۳ــ ۸، مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف و جرم مخصوص گونه‌های مهم تجارتی مورد استفاده متداول، آمده است.

جدول ۳ــ ۸ــ مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف، جرم مخصوص گونه‌های مهم تجارتی[2]

ویژگی / گونه	مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف N/cm^2	جرم مخصوص g/cm^3	کیفیت	کاربرد
بلوط	۲۶۰/۳	۰/۶۶	متوسط	مصارف معمولی
راش	۳۱۰/۱	۰/۶۹	متوسط	مصارف معمولی
ممرز	۳۰۰/۲	۰/۷۷	متوسط	مصارف معمولی
زبان گنجشک	۳۰۰/۶	۰/۷۶	متوسط	مصارف معمولی
گردو	۲۹۰/۷	۰/۶	خوب	برای کارهای با استحکام
توسکا	۲۵۰/۹	۰/۵۵	خوب	برای کارهای با استحکام
کاج	۱۷۰/۴	۰/۵۵	متوسط	

۱ــ $1\frac{N}{cm^2} = 10000\frac{N}{m^2} = 0/01\frac{N}{mm^2}$

۲ــ مأخذ : پارسا پژوه، تکنولوژی چوب

۳ــ۸ــ عوامل مؤثر بر مقاومت دربرابر کشش موازی با الیاف

الف) زاویه الیاف: همان گونه که گفته شد مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب خیلی زیاد بوده بر عکس، مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب فوق‌العاده کم است. اگر زاویه جهت بارگذاری با جهت الیاف را . فرض کنیم رابطه زیر بین زاویه . و مقاومت در برابر کشش وجود دارد :

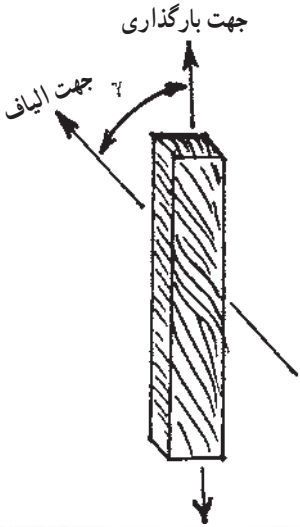
$$P_{.} = \frac{P_{\parallel}.P_{\perp}}{P_{\parallel}.\sin^{n}.. \; P_{\perp}\cos^{n}.}$$

$P_{.}$: مقاومت در برابر کشش در زاویه .

$P_{\parallel}$: مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف

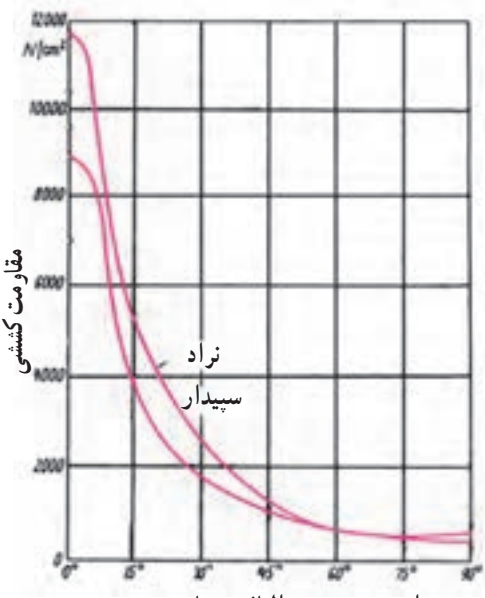
$P_{\perp}$: مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف

n : بین ۱/۵تا ۲



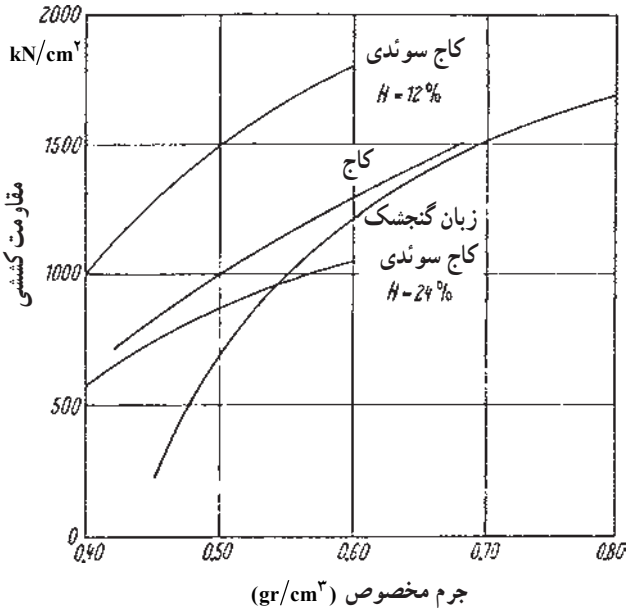
شکل ۹ــ۸ــ زاویه . در یک قطعه چوب

در شکل ۱۰ــ ۸ منحنی تغییرات مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف در اثر تغییر زاویه . نشان داده شده است.



شکل ۱۰ــ ۸ــ منحنی تأثیر زاویه الیاف بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف در دو گونه سوزنی برگ و پهن برگ

ب) جرم مخصوص: رابطه خطی بین جرم مخصوص و مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب سوزنی‌برگان وجود دارد، اما در مورد چوب پهن‌برگان این رابطه به‌صورت خط مستقیم نبوده، تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف به صورت منحنی است. در شکل ۱۱ــ ۸ رابطه بین جرم مخصوص و مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب کاج و زبان‌گنجشک ارائه شده است.



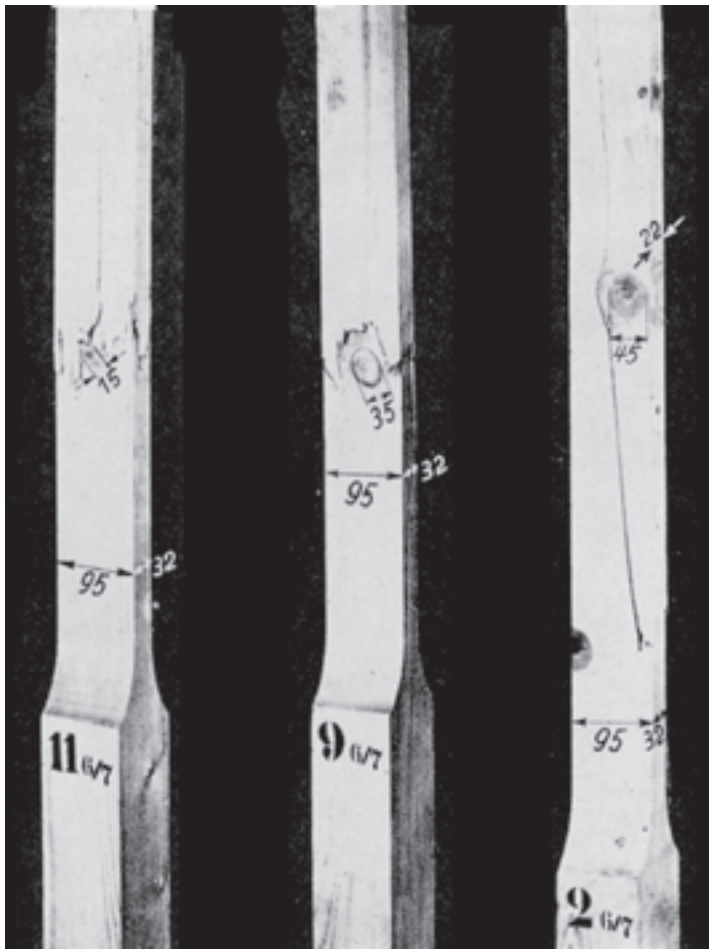
شکل ۱۱ــ۸ــ منحنی تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب

ج) رطوبت چوب: در اثر زیاد شدن رطوبت مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب کم می‌شود ؛ یعنی اگر چوب از حالت کاملاً خشک، رطوبت را جذب کند تا مقدار رطوبت حدود ۳۰ درصد مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف آن کم می‌شود و بعد از این مقدار رطوبت، مقاومت تقریباً ثابت می‌ماند. حداکثر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف در ۸ تا ۱۰ درصد رطوبت به‌دست می‌آید.

د) درجه حرارت محیط: تأثیر درجه حرارت بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب، به شدت دیگر مقاومت‌های چوب نیست.

هـ) گره: وجود گره به کم شدن مقاومت‌های چوب می‌انجامد. این تأثیر در مورد مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف خیلی شدیدتر از دیگر مقاومت‌های چوب است.

به شکل ۱۲ــ۸ دقت کنید. اندازه گره به ترتیب از نمونه «الف» به «ج» بزرگتر می‌شود. مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف نمونه چوب «الف» که در آن گره‌ای به قطر ۱۵ میلی‌متر وجود دارد فقط ۵۰ درصد چوب بدون گره است. (ابعاد سطح مقطع نمونه چوب ۳۲×۹۵ میلی‌متر است). در دو نمونه چوب دیگر کم شدن مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف زیادتر است.



الف ب ج

شکل ۱۲ــ۸ــ اندازه گره در سه قطعه چوب از یک گونه چوبی

چرا گره تأثیر زیادی بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف دارد؟

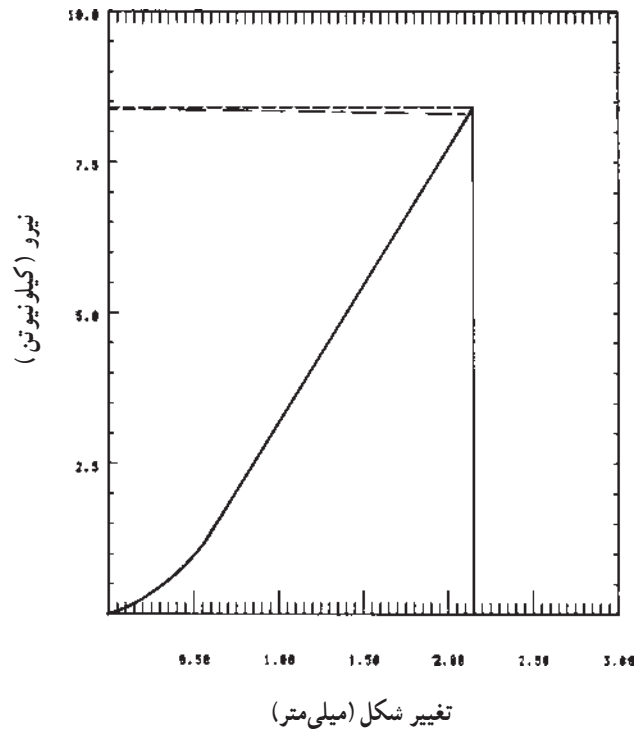
زیرا :

ــ الیاف چوب در اطراف گره دارای انحراف می شوند.

ــ فیبرهای گره بر فیبرهای چوب عمودند.
ــ اغلب گره‌های خشک ترک دارند.
ــ موجب کاهش سطح مقطع چوب تحت تأثیر نیروی کششی می‌شود.

تمرین

۱ــ از یک قطعه چوب «افرا» نمونه آزمایش مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف تهیه شده و مورد آزمایش قرار گرفته است. منحنی نیرو ــ تغییر شکل این نمونه مطابق شکل ۱۳ــ۸ می‌باشد. اگر ابعاد سطح تحت نیروی کشش برابر ۲/۵ × ۵ سانتی‌متر باشد، مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف این قطعه چوب را محاسبه کنید.



شکل ۱۳ــ۸ــ منحنی « نیرو ــ تغییر شکل » یک نمونه چوب افرا که در خصوص مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف، آزمایش‌شده است.

۲ــ جرم مخصوص چوب راش برابر ۰/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. به طور تقریبی با استفاده از معادله $P_{\perp} = ۶۰D^{۲}$ مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب راش را محاسبه و با ارقام جدول ۳ــ ۸ مقایسه کنید.

۳ ــ فرض کنید یک قطعه چوب ممرز باید نیرویی برابر ۱۳۵۰۰ نیوتن را در حالت کشش موازی با الیاف تحمل کند. سطح مقطع چوبی که باید، مورد استفاده قرار گیرد، محاسبه کنید.

۴ ــ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب ..... از مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب است.

۵ ــ چرا برای تعیین مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف، چوب نمونه را به شکل «دمبل» می‌سازند.

۶ ــ در فرمول زیر جای علامت ؟ را پر کنید.

$$P_{\parallel}(?) = \frac{F(N)}{A_{\circ}(cm^{۲})}$$

۷ــ اگر جرم مخصوص یک چوب زیاد شود مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف آن ... می‌شود.

۸ ــ قطعه چوب‌هایی به ابعاد همانند شکل ۱۲ــ۸ را طوری تهیه نمایید که گره در قسمت‌های مختلف آن قرار گیرد و تأثیر ابعاد گره و محل قرارگرفتن آن را در کلاس درس به‌صورت مشاهده‌ای و مشورتی تعیین کنید.

فصل نهم

مقاومت چوب در برابر فشار

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

۱ ــ مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب را شرح دهد.

۲ ــ مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب را شرح دهد.

۳ ــ مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف و عمود بر الیاف چوب را محاسبه کند.

۴ ــ اختلاف بین مقاومت در برابر کشش و مقاومت در برابر فشار را بیان کند.

زمان تدریس : ۴ ساعت

۹ ــ مقاومت چوب در برابر فشار

مقاومت در برابر فشار چوب در دو حالت فشار موازی با الیاف و فشار عمود بر الیاف مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱ــ ۹ــ مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب

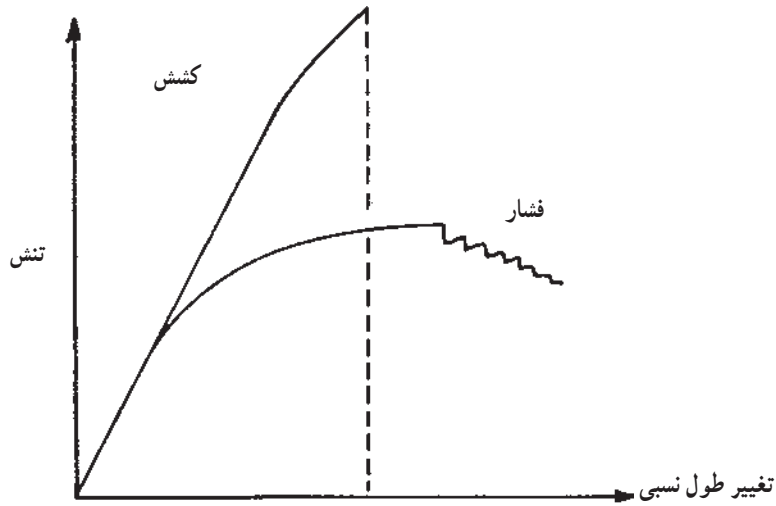
حداکثر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف نقش مهمی در استفاده از چوب به صورت ستون در احداث ساختمان ایفا می‌کند. در سازه‌های چوبی معمولی نظیر میز و صندلی پایه‌ها تحت تأثیر نیروی فشاری موازی با الیاف قرار دارند.

مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب، به مراتب کمتر از مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف است و در مورد چوب با رطوبت ۱۲ درصد این نسبت به حدود ۵۰ درصد می‌رسد. البته این نسبت متغیر است و به رطوبت چوب بستگی دارد.

تغییرات در رفتار چوب در برابر نیروهای کششی و فشاری به ساختمان الیاف چوبی مربوط می‌شود. به طوری که مکانیسم شکست در حالت تحت فشار کاملاً با حالت تحت کشش متفاوت است. در کار ابتدا خمیدگی در اثر ناپایداری در ساختمان تک تک الیاف اتفاق می‌افتد. در اثر فشار خمیدگی به شکل S در الیاف و سلول‌های چوب به وجود می‌آید که این خمیدگی و چروکیدگی به‌سهولت قابل رؤیت است، در شکل (۱ــ۹) طرز شکست چوب در اثر نیروی فشاری مشاهده می‌گردد.

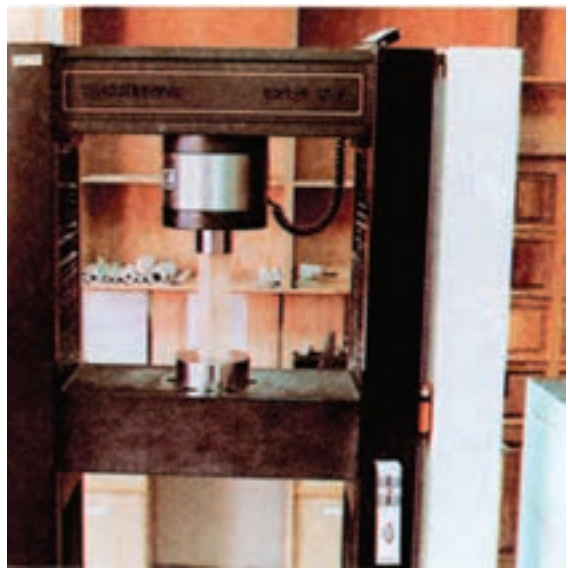
شکل ۱ــ۹ــ شکست چوب در اثر نیروهای فشاری

نکته جالب در مقاومت در برابر فشار این است که حتی بعد از حد تناسب تغییر مکان غیر خطی امکان‌پذیر بوده و چوب به تحمل فشار زیاد در اثر مچاله شدن ساختمان چوب قادر است. اختلاف در منحنی‌های تنش ــ تغییر طول نسبی در حالت کشش و فشار موازی با الیاف در شکل ۲ــ۹ نشان داده شده است. چنان‌که در شکل پیداست منحنی تنش ــ تغییر طول نسبی نمونه تحت تأثیر نیروی کششی، تقریباً به صورت خطی امتداد می یابد و فقط در انتها حالت «منحنی» می‌گیرد. درصورتی‌که قسمت خطی منحنی تنش ــ تغییر طول نسبی در اثر نیروی فشاری خیلی کوتاه بوده، سریعاً حالت منحنی می‌گیرد.

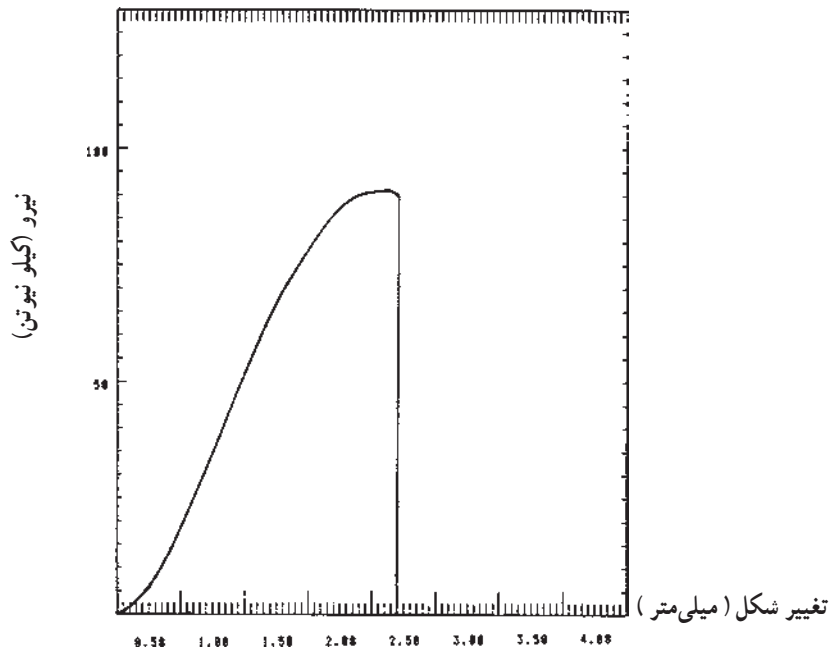


شکل ۲ــ۹ــ مقایسه منحنی تنش ــ تغییر طول نسبی در حالت فشار و کشش موازی با الیاف

برای تعیین مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف، بر یک قطعه چوب به ابعاد سطح مقطع ۵×۵ سانتی‌متر و به طول ۲۰ سانتی‌متر، نیرویی فشاری در جهت موازی با الیاف اعمال می‌گردد. نحوه بارگذاری در دستگاه آزمایش در شکل ۳ــ۹نشان داده شده است. تنش و تغییر طول نسبی به طور همزمان به وسیله رایانه ترسیم می‌شود و افزایش نیرو تا نقطه شکست ادامه خواهد یافت. منحنی نیرو ــ تغییر شکل برای چوب راش در شکل۴ــ۹ نشان داده شده است.



شکل ۳ــ۹ــ نحوه بارگذاری برای تعیین مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب



شکل ۴ــ۹ــ منحنی تغییرات نیرو ــ تغییر شکل نمونه چوب راش در اثر نیروی فشار موازی با الیاف

در تعیین مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف باید به نکات زیر توجه کرد :

ــ اگر ابعاد سطح مقطع از ۵×۵ سانتی‌متر بزرگتر شود معایب کاهش یافته اعداد به دست آمده قابل پذیرش نمی‌باشند.

ــ دو سطح مقطع انتهایی قطعه چوب باید موازی با یکدیگر و عمود بر محور طولی چوب باشند.

ــ حداکثر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب بستگی به نسبت طول نمونه به کوچکترین بُعد سطح مقطع، یعنی : $\frac{L}{a}$ دارد. با زیاد شدن نسبت $\frac{L}{a}$ ، مقدار مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف کم می‌شود.

پس از دستیابی به منحنی شکل ۴ــ۹، مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$P_{c\parallel} = \frac{F_{max}}{A_{\circ}}$$

$P_{c\parallel}$: مقاومت[1] در برابر فشار موازی با الیاف (نیوتن بر میلی‌مترمربع یا متر مربع)

F_{max} : نیروی فشار حداکثر (نیوتن)

A : سطح مقطع اولیه (قبل از آزمایش) نمونه (میلی‌متر مربع یا متر مربع)

مثال ۱: نمونه‌ای از چوب راش با سطح مقطع ۵×۵ سانتی‌متر و طول ۲۰ سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی فشار موازی با الیاف قرار گرفته و منحنی شکل ۴ــ۹ ترسیم شده است. حداکثر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف (حداکثر تنش کاری) این چوب را محاسبه کنید.

حل: رابطه زیر را در نظر بگیرید.

$$P_{c\parallel} = \frac{F_{max}}{A_{\circ}}$$

با توجه به شکل ۴ــ۹ :

$F_{max} = ۹۲۵۰۰$ نیوتن

$A_{\circ} = ۵ \times ۵ = ۲۵$ سانتی‌متر مربع

$A_{\circ} = ۵۰ \times ۵۰ = ۲۵۰۰$ میلی‌متر مربع

۱ــ در مقاطع تحصیلی بالاتر به‌جای F (مقاومت) از تنش (: سیگما)، برای نشان دادن نیرو تقسیم بر واحد سطح استفاده می‌گردد.

$$P_{c\parallel} = \frac{۹۲۵۰۰\ (\text{نیوتن})}{۲۵۰۰\ (\text{میلی‌متر مربع})} = ۳۷\ \text{نیوتن بر میلی‌متر مربع}$$

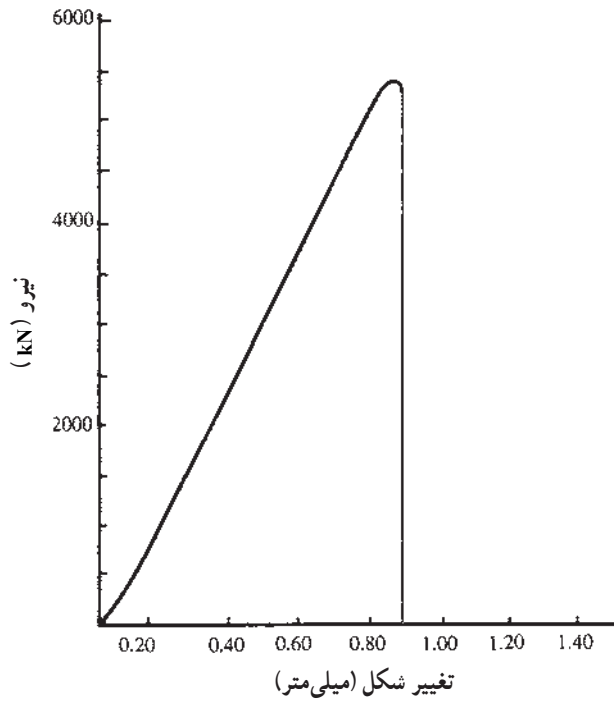
مثال ۲: یک قطعه چوب بلوط با سطح مقطع به ابعاد ۲/۵×۲/۵ سانتی‌متر و طول ۱۰ سانتی‌متر تحت نیروی فشار موازی با الیاف قرارگرفته و منحنی شکل ۵ــ۹ ترسیم شده است. حداکثر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف این چوب را محاسبه کنید.

حل: از شکل ۵ــ۹ داریم :

$F_{max} = ۵۵۰۰$ کیلونیوتن

$A_{\circ} = ۲/۵ \times ۲/۵ = ۶/۲۵$ سانتی‌متر مربع

$$P_{c\parallel} = \frac{۵۵۰۰(\text{kN})}{۶/۲۵(\text{cm}^۲)} = ۸۸۰\ \text{کیلونیوتن بر سانتی‌متر مربع}$$



شکل ۵ــ۹ــ منحنی تغییرات نیرو ــ تغییر شکل نمونه چوب بلوط تحت نیروی فشار موازی با الیاف

در جدول ۱ــ۹ مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چند چوب تجارتی ــ صنعتی خلاصه شده است.

جدول ۱ــ۹ــ مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب‌های تجارتی مهم[1]

نام چوب	مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف نیوتن بر سانتی‌متر مربع	نام چوب	مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف نیوتن بر سانتی‌متر مربع
افرا	۶۲۰۰	شمشاد	۷۵۰۰
تبریزی	۳۵۰۰	گردوی ایرانی	۷۲۰۰
توسکا قشلاقی	۴۷۰۰	بلوط	۶۹۵۰
ملچ	۵۶۰۰	ممرز	۸۲۰۰
راش ایران	۶۴۴۰	نراد	۴۷۰۰
زبان گنجشک	۵۲۰۰	کاج‌الدار (تهران)	۳۳۵۰

۲ــ۹ــ مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب

مقاومت چوب در برابر نیروهای فشاری عمود بر جهت الیاف از اهمیت زیادی در ساختمان‌سازی و تراورس راه‌آهن برخوردار است.

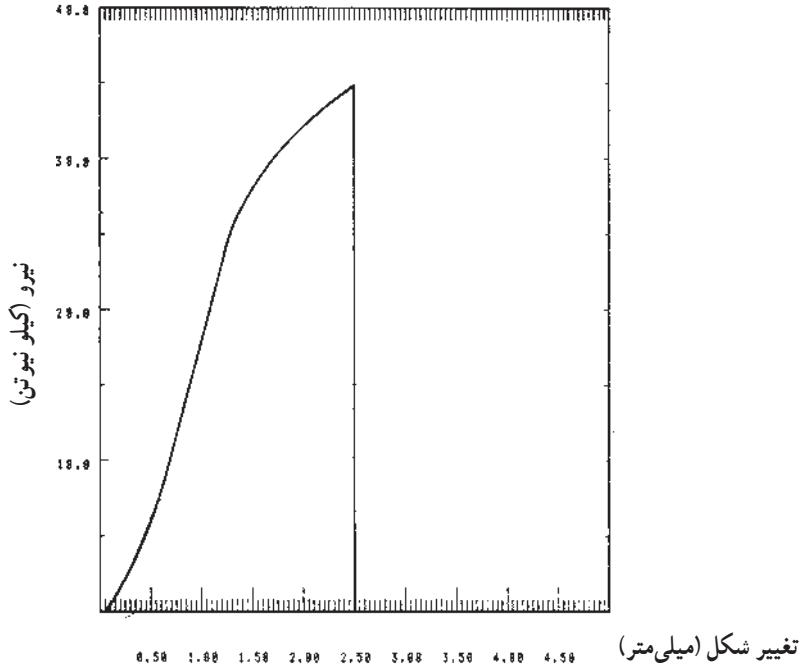
شکست چوب در برابر نیروهای فشار عمود بر الیاف معمولاً به صورت لهیدگی سلول‌های چوب به وجود می‌آید که این پدیده به طور تدریجی و بدون مشخص شدن نیروی حداکثر تا تغییر شکل خیلی زیاد ادامه خواهد یافت. اگر قطعه چوب تحت تأثیر نیروی فشار عمود بر الیاف از بلندی نسبی برخوردار باشد پدیده لهیدگی تا نقطه له شدن تمام سلول‌ها ادامه می‌یابد که در این نقطه، زیاد شدن نیرو را مشاهده می‌کنیم.

برای تعیین مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب از دستگاه آزمایش و نگهدارنده نمونه مطابق شکل ۶ــ۹استفاده می‌گردد. در اثر اعمال نیرو بر نمونه چوب، منحنی تغییرات نیرو ــ تغییر شکل مطابق شکل ۷ــ۹ترسیم می‌شود. با استفاده از منحنی شکل ۷ــ۹ حداکثر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف محاسبه می‌گردد.

لازم به توضیح است که ابعاد نمونه آزمایش مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف $۱۵cm \times ۵cm \times ۵cm$ است.

۱ــ مأخذ : پارساپژوه ــ تکنولوژی چوب

شکل ۶ــ۹ــ نحوه اندازه‌گیری مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب



شکل ۷ــ۹ــ منحنی تغییرات نیرو ــ تغییر شکل چوب افرا در اثر فشار عمود بر الیاف

مثال ۳: یک نمونه چوب افرا با سطح مقطع به ابعاد ۵×۵ سانتی‌متر و طول ۱۵ سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی فشار عمود بر الیاف قرار گرفته و منحنی شکل (۷ــ۹) ترسیم شده است. حداکثر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف (تنش فشاری) این چوب را محاسبه کنید.

حل:

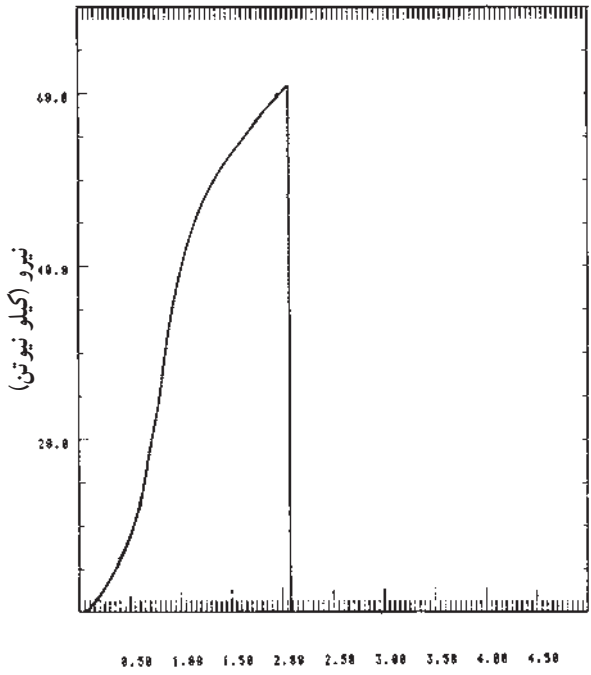
$$P_{c\perp} = \frac{F_{max}}{A_{\circ}}$$

$F_{max} = ۳۴۵۰۰$ نیوتن

$A_{\circ} = ۵۰ \times ۵۰ = ۲۵۰۰$ میلی‌متر مربع

$$P_{c\perp} = \frac{۳۴۵۰۰ \text{ نیوتن}}{۲۵۰۰ \text{ (میلی‌متر مربع)}} = ۱۳/۸ \text{ نیوتن بر میلی‌متر مربع}$$

مثال ۴: یک قطعه چوب بلوط به ابعاد نمونه چوب افرا، در مثال ۳، تحت تأثیر نیروی فشار عمود بر الیاف قرار گرفته و منحنی شکل ۸ــ۹ ترسیم شده است. حداکثر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف این چوب را محاسبه کنید.



شکل ۸ــ۹ــ منحنی تغییرات نیرو ــ تغییر شکل چوب بلوط در اثر فشار عمود بر الیاف

حل :

از شکل ۸ ــ ۹ داریم : $F_{max} = ۶۱۵۰۰$ نیوتن

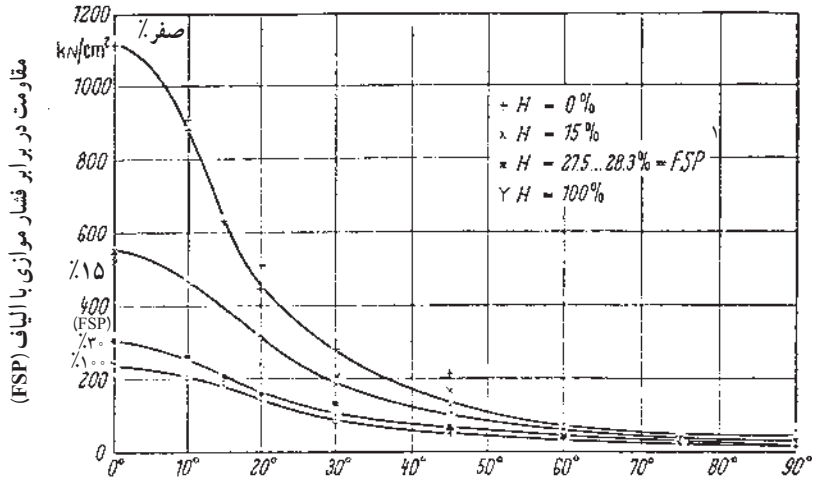
$A_{\circ} = ۵۰ \times ۵۰ = ۲۵۰۰$ میلی متر مربع

$$P_{c\perp} = \frac{۶۱۵۰۰ \text{ نیوتن}}{۲۵۰۰ \text{ (میلی متر مربع)}} = ۲۴/۶ \text{ نیوتن بر میلی متر مربع}$$

توجه : اگر به جواب مثال ۳ و ۴ دقت کنید متوجه می‌شوید که مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب بلوط تقریباً دو برابر چوب افرا است.

۳ــ۹ــ عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر فشار موازی الیاف

الف) جهت الیاف : در طراحی سازه‌های چوبی مخصوصاً ساختمان‌های چوبی اطلاع از وابستگی مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف با جهت الیاف، بسیار با اهمیت است. همان گونه که از شکل ۹ ــ ۹ مشخص می‌گردد با زیاد شدن زاویه بین جهت الیاف چوب و جهت اعمال نیرو، مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف تا حد زیادی کم می‌شود. میزان اختلاف بین مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف و عمود بر الیاف چوب بستگی به جرم مخصوص و همگنی چوب دارد. هرچه چوب فشرده تر و همگن تر باشد (اختلاف در مقدار چوب بهاره و تابستانه کمتر باشد.) میزان اختلاف مقاومت در جهت موازی و عمود بر الیاف کمتر است.



شکل ۹ ــ ۹ ــ منحنی وابستگی مقاومت فشاری با زاویه بین جهت الیاف و جهت نیرو

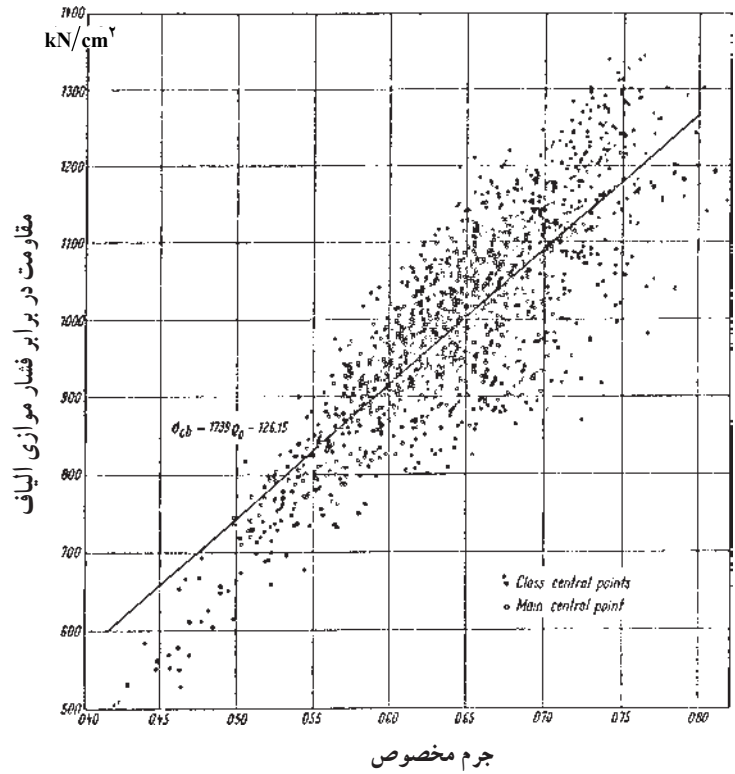
۱ــ نقطه اشباع الیاف Fibersatura point

ب) دانسیته (جرم مخصوص): مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب در اثر زیاد شدن جرم مخصوص زیاد می‌شود. این افزایش به یک گونه چوبی محدود نیست، بلکه در مورد تمام گونه‌های چوبی با دانسیته‌های متفاوت صادق است. در شکل ۱۰ــ۹ رابطه تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب «زبان گنجشک» نشان داده شده است. همان‌گونه که از شکل ۱۰ــ۹ مشخص می‌گردد رابطه‌ای مستقیم بین جرم مخصوص و مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف بر طبق این رابطه وجود دارد :

$$P_{c\parallel} = I \times D$$

که مقدار I بستگی به رطوبت چوب دارد و برای بعضی از کاج‌ها به شرح زیر محاسبه گردیده است.

ضریب I	رطوبت چوب ٪
۱۲۵۰۰	۶ــ۱۰
۸۵۰۰	۱۰ــ۲۰
۵۵۰۰	۲۱ــ۳۰



شکل ۱۰ــ۹ــ رابطه جرم مخصوص و مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف

مثال ۵: جرم مخصوص چوب کاج الدار (کاج تهران) در ۱۲ درصد رطوبت برابر ۰/۴۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. با توجه به معادله فوق مقدار تقریبی مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف این چوب را محاسبه کنید.

حل:

$$P_{c\parallel} = I \times D$$

در رطوبت ۱۲ درصد مقدار I برابر ۸۵۰۰ است.

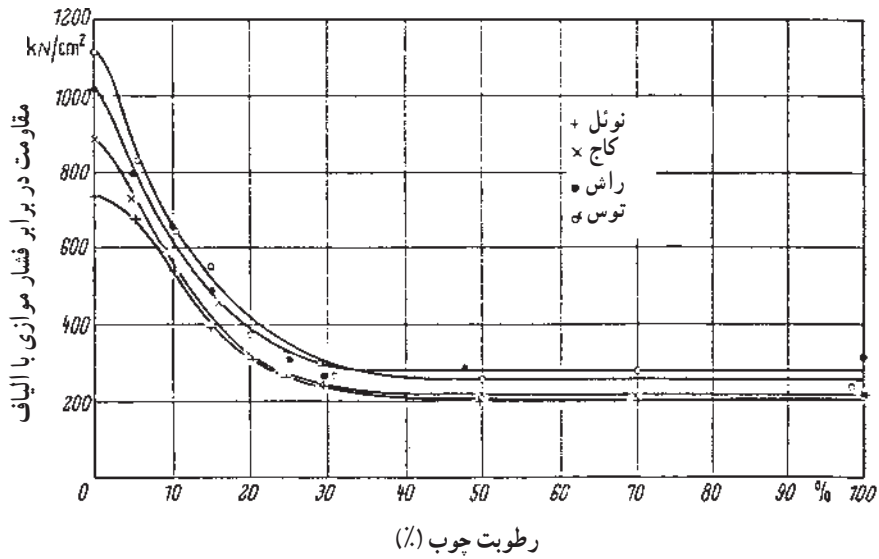
بنابراین :

$$P_{c\parallel} = ۸۵۰۰ \times ۰/۴۱$$

$$P_{c\parallel} = ۳۴۸۵ \text{ نیوتن بر سانتی‌متر مربع}$$

البته باید دقت شود که مقدار محاسبه شده با استفاده از رابطه مذکور تقریبی است و با مقدار ارائه شده در جدول ۱ــ۹ تفاوت دارد.

ج) رطوبت: در رطوبت کمتر از نقطه اشباع الیاف، در اثر خشک شدن چوب، مقاومت‌های آن زیاد می‌شود. در شکل ۱۱ــ۹ نتیجه آزمایش مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چهار گونه چوبی تجارتی مهم در رطوبت‌های مختلف نشان داده شده است.



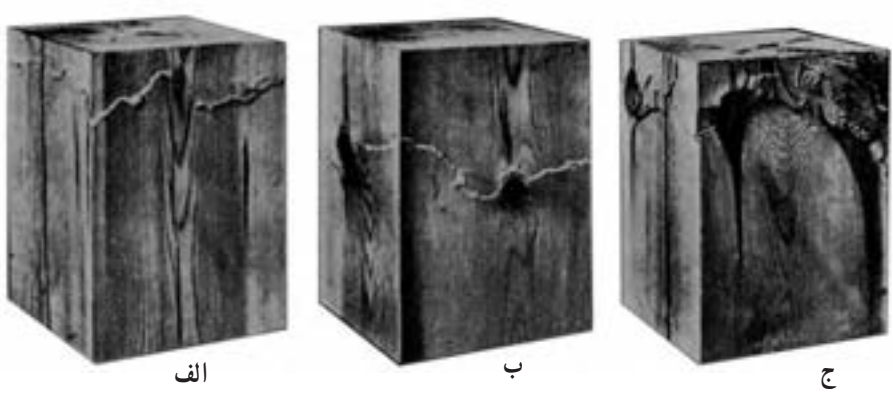
شکل ۱۱ــ۹ــ اثر رطوبت بر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چند چوب

د) گره و ترک: تأثیر گره در مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب، شدید نیست، اما نمی‌توان آن را نادیده گرفت. در شکل ۱۲ــ۹ تأثیر گره بر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف نشان داده شده است.

ــ ***در شکل ۱۲ــ۹ (الف):*** که چوب بدون گره است مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف برابر ۴۰۳۰ نیوتن بر سانتی‌متر مربع و جرم مخصوص چوب ۰/۵۱ است.

ــ ***در شکل ۱۲ــ۹ (ب):*** که چوب دارای گره‌های کوچک است، مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف برابر ۳۶۱۰ نیوتن برسانتی‌متر مربع و جرم مخصوص چوب ۰/۵۳ است.

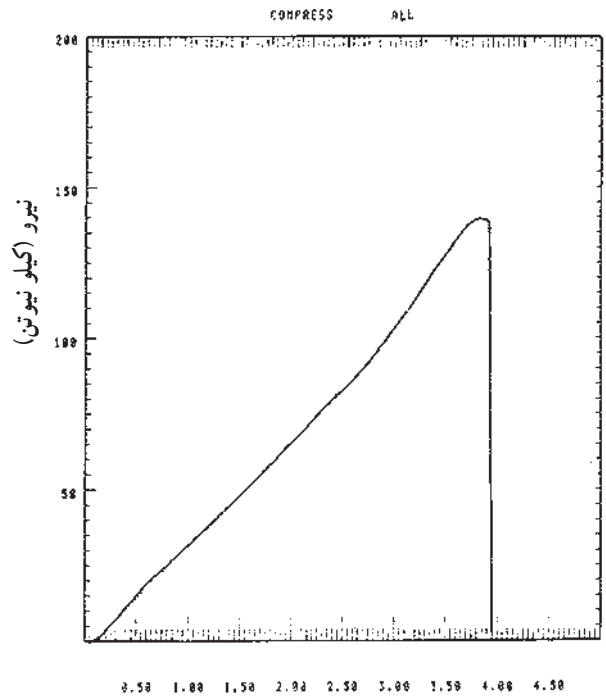
ــ ***در شکل ۱۲ــ۹ (ج):*** که چوب دارای گره‌های بزرگتر است، مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف برابر ۳۱۴۰ نیوتن بر سانتی‌متر مربع و جرم مخصوص چوب ۰/۵۷ است.



شکل ۱۲ــ۹ــ تأثیر گره بر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف

تمرین

۱ــ یک قطعه چوب افرا با سطح مقطع به ابعاد ۵×۵ سانتی‌متر و طول ۲۰ سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی فشار موازی با الیاف قرار گرفته و منحنی شکل (۱۳ ــ۹) ترسیم شده است. حداکثر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف این چوب را محاسبه کنید.

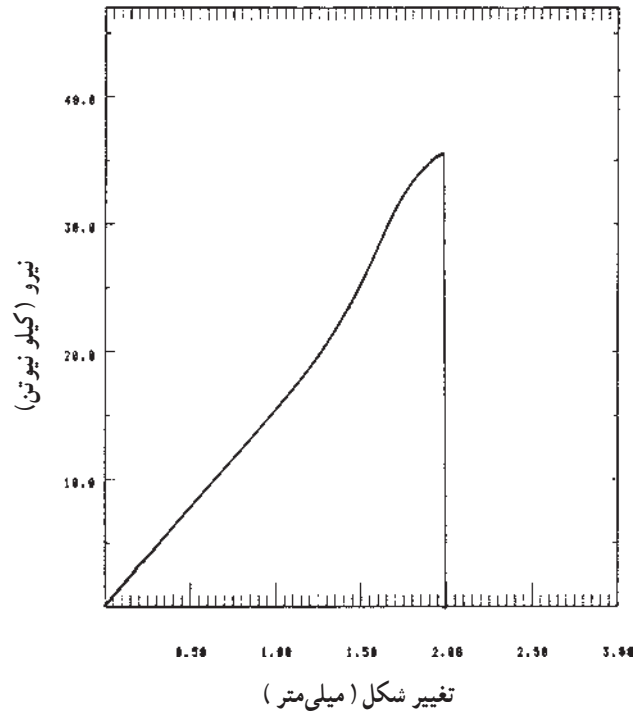


شکل ۱۳ــ۹ــ منحنی تغییرات نیرو ــ تغییر شکل چوب افرا در اثر فشار موازی با الیاف

۲ــ یک قطعه چوب راش با سطح مقطع به ابعاد ۵×۵ سانتی‌متر و طول ۱۵ سانتی‌متر تحت تأثیر فشار عمود بر الیاف قرار گرفته و منحنی شکل ۱۴ــ۹ ترسیم شده است. حداکثر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب راش را محاسبه کنید.

۳ــ اهمیت مقاومت را در برابر فشار موازی با الیاف چوب شرح دهید.

۴ــ چگونه مقاومت را در برابر فشار موازی با الیاف چوب اندازه‌گیری می‌کنند؟



شکل ۱۴ــ۹ــ منحنی تغییرات نیرو ــ تغییر شکل چوب راش در اثر فشار عمود بر الیاف

۵ــ مقاومت در برابر کشش چوب زیادتر است یا مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف؟

۶ــ در اثر زیاد شدن جرم مخصوص چوب چه تغییری در مقاومت در برابر فشار چوب به وجود می‌آید؟

فصل دهم

مقاومت برشی و مقاومت دربرابر ضربه چوب

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :
۱ــ مقاومت برشی چوب را شرح دهد.
۲ــ مقاومت برشی چوب را محاسبه کند.
۳ــ مقاومت چوب را در برابر ضربه شرح دهد.
۴ــ روش‌های اندازه‌گیری مقاومت چوب را در برابر ضربه شرح دهد.
۵ــ عوامل مؤثر برمقاومت چوب را در برابر ضربه شرح دهد.

زمان تدریس : ۶ ساعت

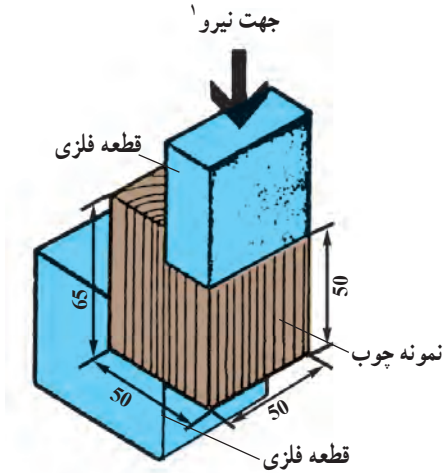
۱۰ــ مقاومت برشی و مقاومت دربرابر ضربه چوب

۱ــ۱۰ــ مقاومت برشی چوب

مقاومت برشی چوب، با مقاومت دربرابر کشش ومقاومت دربرابر فشار متفاوت است، زیرا فشار برشی بخشی از چوب را درمقابل چوب مجاور می‌لغزاند.

در شکل ۱ــ۱۰ روش تعیین مقاومت برشی موازی با الیاف چوب نشان داده شده است و در شکل ۲ــ۱۰ طرز قرار گرفتن نمونه آزمایشی دردستگاه آزمایش نشان داده شده است.

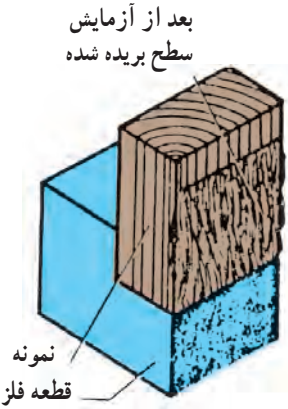
نمونه چوب مورد آزمایش به ابعاد تقریباً $5cm \times 5cm$ و به طول تقریبی $6/5cm$ در جهت الیاف بریده شده وسپس ازدو طرف، به نحوی بریده می‌شود که درآن، دو لبه به وجود آید. همان‌گونه که درشکل ۱ــ۱۰ مشاهده می‌گردد، پهنای نمونه ۵ سانتی‌متر و طول بین دو لبه که تحت تأثیرنیروهای برشی قرار می‌گیرد نیز برابر ۵ سانتی‌متر است. حال اگر نمونه مطابق شکل ۲ــ۱۰در داخل دستگاه



شکل ۱ــ۱۰ــ روش تعیین مقاومت برشی چوب

شکل ۲ــ۱۰ــ طرز قرار گرفتن نمونه چوب در دستگاه آزمایش

آزمایش قرار گیرد و نیرویی درجهت موازی با الیاف برآن وارد گردد، دراثر اعمال نیرو، نمونه در حالت برشی شکسته می‌شود و در قطعه چوب در حقیقت، یک قسمت درمقابل قسمت دیگر می‌لغزد و جدا می‌گردد. نمونه پس ازشکست درشکل ۳ــ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۳ــ۱۰ــ نمونه چوب پس از شکست برشی

درطی آزمایش نیروی مورد نیاز برای شکست چوب درحالت برشی اندازه‌گیری و منحنی نیروــتغییر مکان ترسیم می‌گردد. منحنی نیرو ــ تغییر شکل برای یک قطعه چوب راش درشکل ۴ــ۱۰ نشان داده شده است. مقاومت برشی چوب با استفاده از این رابطه محاسبه می‌گردد.

۱ــ جهت نیرو باید درست در وسط قطعه فلزی باشد.

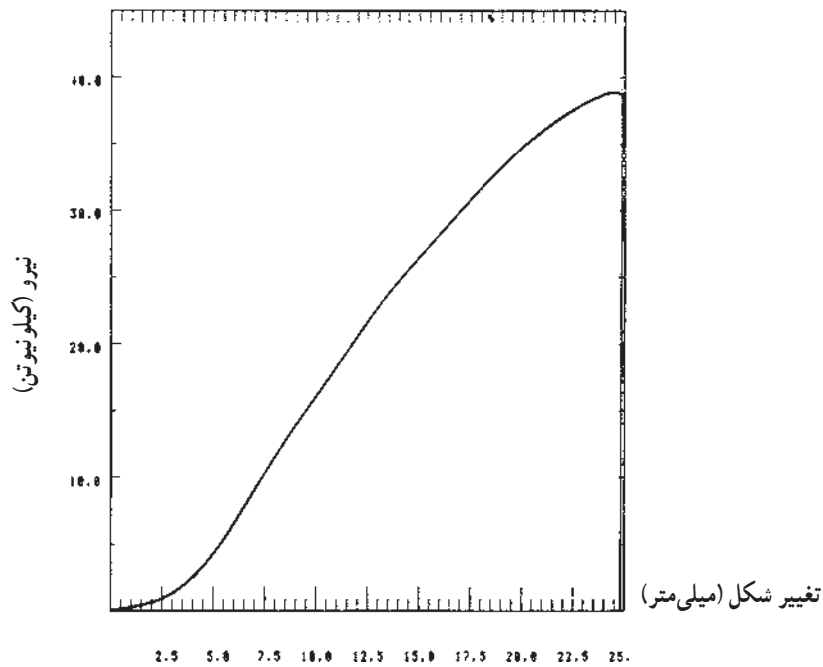
$$P = \frac{F_{max}}{A}$$

F_{max} : نیروی حداکثر در نقطه شکست (نیوتن)

A : سطح مقطع صفحه برش

P : مقاومت برشی (نیوتن بر میلی‌متر مربع یا مترمربع)[1]

مثال ۱: یک قطعه چوب راش برطبق دستورالعمل مورد آزمایش، برش داده شده و منحنی شکل ۴ــ۱۰ ترسیم شده است. مقاومت برشی این چوب را محاسبه کنید.



شکل ۴ــ۱۰ــ منحنی نیرو ــ تغییر شکل یک نمونه چوب راش دراثر نیروی برشی

حل: برطبق شکل (۴ــ۱۰) :

$F_{max} = ۳۹۵۰۰$ نیوتن

$A = ۵۰ \times ۵۰ = ۲۵۰۰$ میلی‌متر مربع

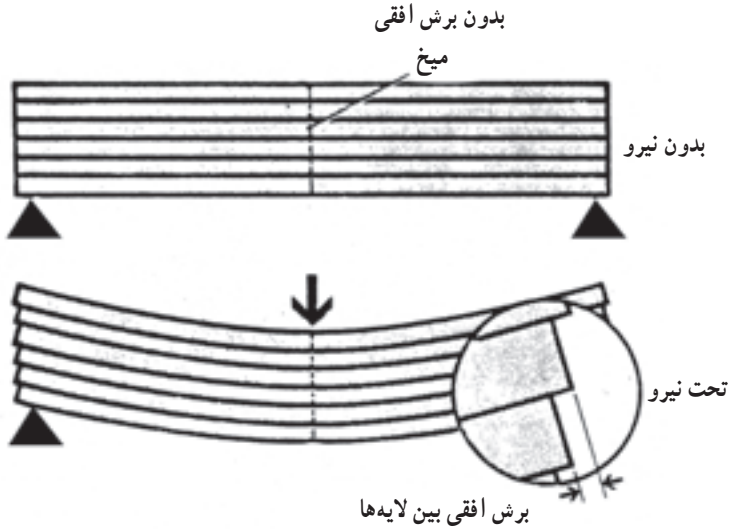
$P = \frac{۳۹۵۰۰}{۲۵۰۰} = ۱۵/۸$ مقاومت برشی چوب راش (نیوتن بر میلی‌مترمربع)

۱ــ p را می‌توان با (سیگما) نیز جایگزین کرد که نشان دهنده تنش بُرشی می‌باشد.

مقاومت برش موازی با الیاف چوب کم است، اما مقاومت برشی عمود برالیاف چوب، بسیار زیاد است ؛ به گونه ای که اگرسعی گردد درجهت عمود برالیاف مقاومت برشی چوب اندازه‌گیری شود و اگر وسیله آزمایش شکل ۱ــ۱۰ مورد استفاده قرارگیرد، چوب بریده نشده، بلکه مچاله ولهیده می‌شود.

در طراحی اتصال بین قطعات چوب، مقاومت برشی موازی با الیاف خیلی مهم است.

اگر یک قطعه چوب تحت تأثیر بار خمشی قرارگیرد. نیروهای برشی داخلی درچوب به وجود می‌آید و این نیرو موجب لغزش افقی لایه‌های چوب می‌شود برای نشان دادن پدیده برش دریک قطعه چوب تحت نیروی خمشی، یک قطعه چوب مرکب را ــ که بااتصال شش تخته نازک چوب درجهت ضخامت آن ساخته شده است ــ درنظر بگیرید. تخته ها درقسمت وسط به وسیله پیچ به یکدیگر متصل شده‌اند. همان گونه که درشکل ۵ــ۱۰ نشان داده شده است. دوانتهای تخته‌ها آزاد است. حال اگر این قطعه چوب مرکب، تحت تأثیر نیروی خمشی قرارگیرد، تخته‌ها برروی یکدیگر می‌لغزند. شکل قسمت پایین شکل ۵ــ۱۰را می‌توان مشاهده کرد. دراین حالت، تخته‌ها هیچ گونه مقاومتی دربرابر لغزش ندارند.



شکل ۵ــ۱۰ــ طرز نشان دادن پدیده برش بین لایه‌ها در یک قطعه چوب تحت تأثیر بار خمشی

حال اگر شش تخته به وسیله چسب مناسبی به یکدیگر متصل شوند و یک قطعه چوب مرکب چسبانده شده به وجود آید دراثر نیروی خمشی، لغزش ظاهری را نمی‌توان مشاهده کرد، زیرا نیروی حاصله فشارهای داخلی را به‌وجود می‌آورد.

۲ــ۱۰ــ مقاومت دربرابر ضربه چوب

وقتی چوب درساخت قطعات هواپیما، کشتی، واگن، مخصوصاً وسایل ورزشی و دسته ابزار نظیر چکش و یا پله‌های ساختمان به کار برده شود، دراین حالت، چوب در معرض ضربه یا به عبارت دیگر، خمش ناگهانی قراردارد. دراین حالت تأثیر نیروهایی نظیر ضربه شدیدتر از خمش استاتیک است ؛ بنابراین، لازم است مقاومت در برابر ضربه چوب را بدانیم.

ضربه برای مدت خیلی کوتاه (مثلاً چند میکروثانیه) نیرویی برچوب اعمال می‌کند که این نیرو سعی درشکستن چوب دارد.

هنگامی که به وسیله چکش بر یک قطعه چوب ضربه‌ای وارد می‌گردد و یا یک شئ سنگینی بر روی چوب می‌افتد بر چوب برای مدت خیلی کوتاه نیرویی اعمال می‌گردد. در چنین حالتی قدرت تحمل نیروی چوب تا نقطه شکست بیش از تحمل چوب در برابر نیروهای خمشی استاتیک است و به دو برابر آن می‌رسد، یعنی برای شکستن چوب دراثر ضربه به نیروی بیشتری نیاز است.

تغییر درمقاومت چوب دربرابر ضربه نشان دهنده شکنندگی یا تُردی (ضربه‌پذیری) چوب است. به عبارت دیگر، مقاومت دربرابر ضربه وابستگی مستقیم به توانایی چوب به جذب انرژی و دفع آن از طریق خمیده شدن دارد.

نوع شکست درآزمون استاتیک، ما را قادر به نتیجه‌گیری در کیفیت چوب نخواهد کرد،ولی از طریق روش‌های آزمون مقاومت به ضربه و نوع شکستگی به وجود آمده دراثر ضربه می‌توان به‌آسانی کیفیت چوب رامشخص کرد :

ــ اگر مقاومت دربرابر ضربه چوب خیلی زیاد باشد، این چوب دراثر ضربه به صورت شکل ۶ــ۱۰الف شکسته شده و اغلب در طرف فشاری نمونه چند لایه الیاف بدون شکست باقی‌می‌ماند.

ــ چوب با مقاومت متوسط در برابر ضربه، به صورت شکل ۶ــ۱۰ب، شکسته می‌شود که بریدگی درآن صاف‌تر است.

ــ شکست در چوب‌های تُرد و پوسیده به صورت شکل ۶ــ۱۰ج است.

۱ــ۲ــ۱۰ــ روش اندازه‌گیری مقاومت دربرابر ضربه: برای تعیین مقاومت دربرابر ضربه دو روش متداول است.

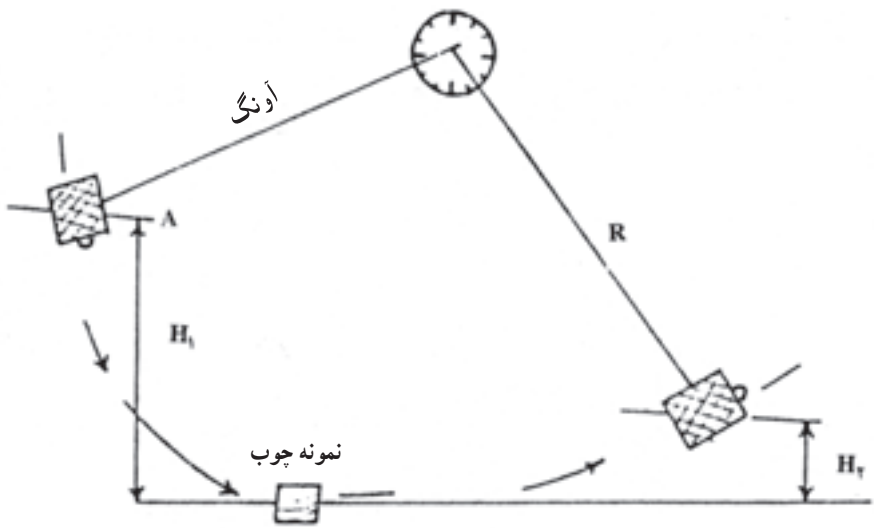
الف) روش پاندولی یا آونگی[1]**:** دراین روش که موسوم به آزمایش با یک ضربه نیز است،

۱ــ روش پاندولی یا آونگی Toughness

الف ب ج

شکل ۶ــ۱۰ــ نوع شکست چوب زبان گنجشک در اثر ضربه

پاندولی بر یک قطعه چوب به ابعاد ۲×۲×۲۸ سانتی‌متر برخورد می‌کند. نمونه آزمونی به نحوی در داخل دستگاه قرار می‌گیرد که فاصله بین دو نگهدارنده ۲۴ سانتی‌متراست و ضربه در وسط به چوب برخورد می‌کند. درشکل ۷ــ۱۰مکانیسم وارد کردن ضربه برنمونه چوب نشان داده شده است.



شکل ۷ــ۱۰ــ نمایش آزمون پاندولی مقاومت در برابر ضربه[1]

وزن چکش دستگاه و سرعت آن درزمان برخورد با چوب تأثیرکمی برنتایج آزمایش دارد، اما بایستی دقت شود که شکست چوب دراثر یک ضربه اتفاق افتد ؛ همچنین برطبق استاندارد لازم است ضربه درجهت مماس با دوایر رویش سالیانه باشد.

۱ــ مأخذ : پارسا پژوه ــ تکنولوژی چوب

وزن چکش دستگاه ۱۰۰ نیوتن (درمواردی ۱۵۰ نیوتن) است و درزمان شروع آزمایش چکش از ارتفاع یک متری آزاد می‌شود (حالت A). دراین حالت انرژی چکش ۱۰۰ نیوتن ــ متر است. چکش درمسیر حرکت پاندولی خود بر وسط نمونه برخورد می‌کند و بخشی ازانرژی آن جذب نمونه شده، باعث شکستن آن می‌شود و بقیه سبب بالابردن چکش درجهت مقابل می‌گردد.

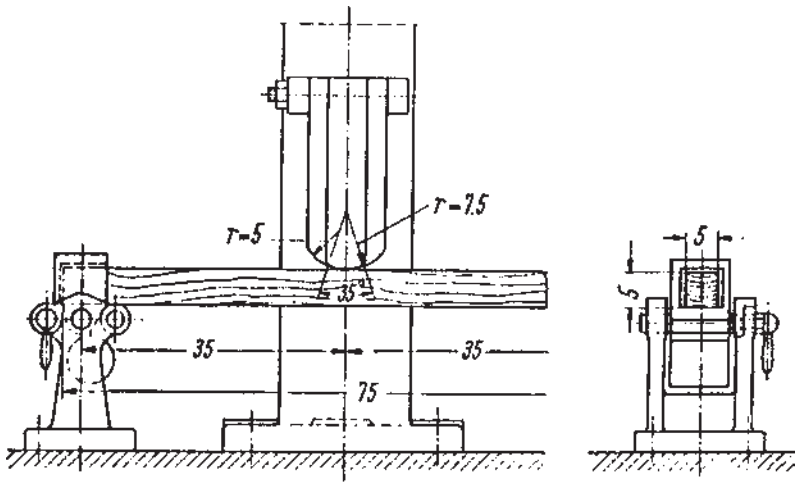
اگر وزن چکش را P و ارتفاع اولیه را H_1 و ارتفاع صعود چکش پس از برخورد و شکستن نمونه چوب H_2 فرض شود (به شکل ۷ــ۱۰ رجوع کنید.) میزان انرژی جذب شده برای شکست نمونه و یا مقدار کار انجام شده برابر

$$W = P(H_1 - H_2)$$

خواهد بود. مقدار کار انجام شده برحسب نیوتن متر و وزن چکش برحسب نیوتن است.

مقدار انرژی جذب شده (W) بستگی به سطح مقطع نمونه چوب دارد.

ب) روش سقوط آزاد[1]: دراین روش آزمایش که موسوم به (ضربه‌های متوالی) نیز است، از سقوط آزاد یک وزنه یا چکش به وزن ۲۲۵ نیوتن و یا ۴۵۰ نیوتن استفاده می‌شود. آزمایش خمشی ناگهانی یا ضربه برروی یک نمونه چوب به ابعاد سطح مقطع ۵۰×۵۰ میلی‌متر و طول ۷۶۰ میلی‌متر انجام می‌گیرد وفاصله بین دو نگهدارنده نمونه چوب ۷۰۰ میلی‌متر بوده، ضربه در وسط برآن وارد می‌شود. وسیله آزمایش وابعاد آن در شکل ۸ــ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۸ــ۱۰ــ روش سقوط آزاد آزمایش مقاومت دربرابر ضربه

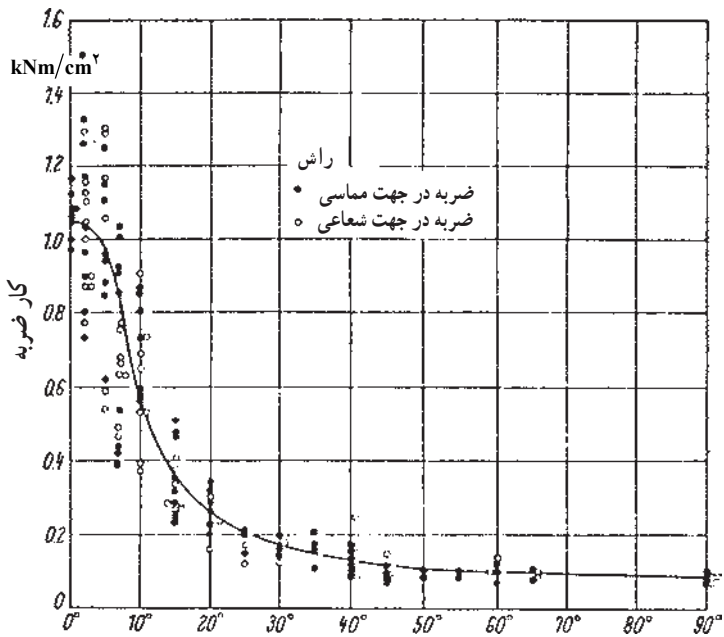
---

۱ ــ این روش به آزمایش Hatt - Turner معروف است.

دراین آزمایش با سقوط آزاد چکش ضربه‌ای برچوب وارد می‌شود. ارتفاع سقوط چکش در ابتدا ۲/۵ سانتی‌متر و پس از آن برارتفاع سقوط هر بار به اندازه ۲/۵ سانتی‌متر اضافه می‌شود. ارتفاع سقوط تا ۲۵ سانتی‌متر افزایش می‌یابد. درصورت عدم شکستن چوب، دراثر سقوط چکش برمیزان ارتفاع هر بار به اندازه ۵ سانتی‌متر افزوده می‌شود. افزودن برارتفاع تانقطه شکست چوب ادامه می‌یابد یا اینکه خمش برابر ۱۵ سانتی‌متر درنمونه ایجاد می‌شود.

۲ــ۲ــ۱۰ــ عوامل مؤثر برمقاومت دربرابر ضربه به چوب: عوامل متعددی برمیزان مقاومت در برابر ضربه چوب تأثیر می‌گذارند که مهمترین آنها عبارتند از : زاویه الیاف، جرم مخصوص رطوبت چوب و خواص اناتومیک.

الف) زاویه الیاف: مقاومت در برابر ضربه چوب سوزنی برگان در جهت ضربه شعاعی بیش از مماسی است، ولی چنین تغییراتی در چوب پهن برگان مشاهده نشده است. زاویه الیاف یا به عبارت دیگر، کج تاری چوب قادر به کم کردن خیلی زیاد مقاومت در برابر ضربه چوب است.



شکل ۹ــ۱۰ــ تأثیر زاویه بین جهت طولی نمونه چوب و جهت الیاف برمقاومت در برابر ضربه چوب

اگر زاویه بین الیاف چوب و جهت طولی نمونه فقط ۵ درجه باشد (جهت طولی نمونه هم‌جهت با زاویه الیاف را صفر فرض می‌کنیم.) ۱۰درصد از مقاومت در برابر ضربه به آن چوب کاسته می‌شود. اگر این زاویه ۱۰ درجه باشد مقاومت در برابر ضربه چوب به ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. تأثیر زاویه الیاف بر مقاومت در برابر چوب راش درشکل ۹ــ۱۰ نشان داده شده است.

تأثیر زاویه الیاف را بر مقاومت در برابر ضربه چوب می‌توان با این رابطه نشان داد :

$$W = . \frac{W_{\parallel} . W_{\perp}}{W_{\parallel} \sin^{n} . . \; W_{\perp} \cos^{n} .}$$

W. = مقاومت به ضربه در زاویه‌ی الیاف .

$W_{\parallel}$ = مقاومت به ضربه در زاویه‌ی الیاف صفر

$W_{\perp}$ = مقاومت به ضربه در زاویه‌ی الیاف ۹۰ درجه

n = بین ۱/۵ تا ۲

ب) جرم مخصوص: طی بررسی‌های انجام شده در روش سقوط آزاد، ارتفاع سقوط وزنه یا چکش با توان دوم جرم مخصوص بحرانی (جرم خشک نسبت به حجم در رطوبت اشباع) متناسب است. براساس مطالعات انجام شده برای مقاومت در برابر ضربه ضریب K طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

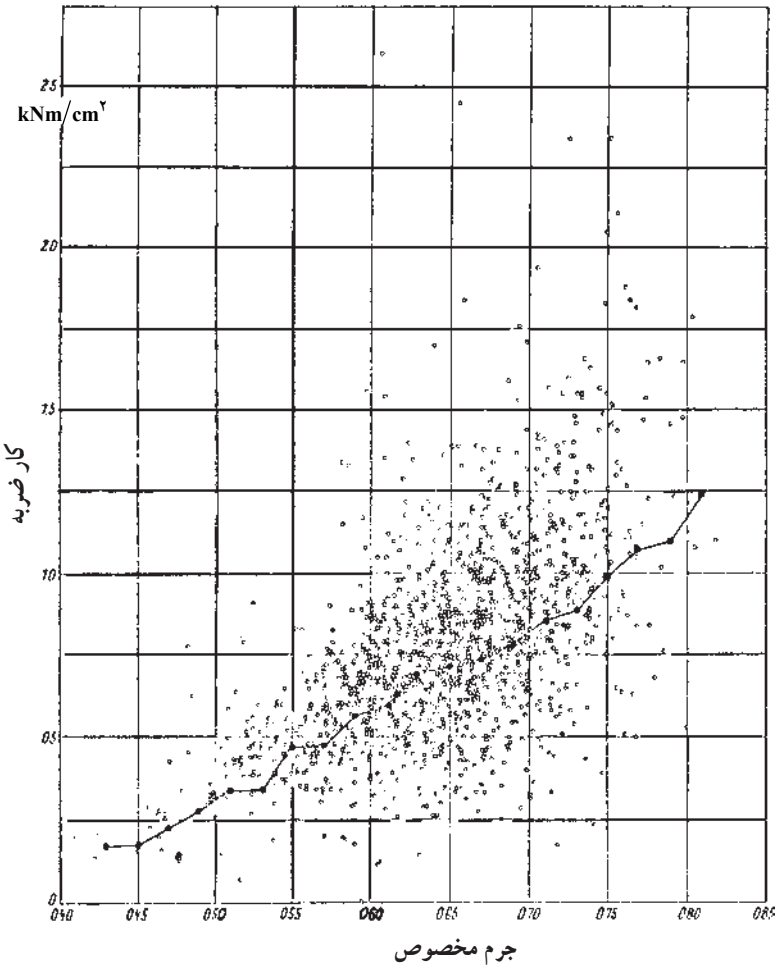
$$K = \frac{W}{Wh} ۱۰/۶ = ۰/۱۵۷$$

نسبت $K/D^{۲}$ معرف مناسبی برای خواص مکانیکی چوب می‌باشد. این نسبت را عامل کیفیّت دینامیکی می‌نامند و بر طبق این عامل چوب‌ها را تقسیم‌بندی می‌کنند[۱].

برای چوب‌های محکم مقدار عامل کیفیت دینامیکی برابر ۲ و برای چوب‌های شکننده وکمی پوسیده مقدار آن برابر ۰/۲ است. رابطه بین جرم مخصوص و کار انجام شده دراثر ضربه چوب زبان‌گنجشک خشک شده درهوای آزاد درشکل۱۰ــ۱۰ترسیم شده است که در آن، هر شکست نشان‌دهنده نتیجه یک آزمایش است.

ج) رطوبت چوب: برخلاف دیگرخواص مقاومتی چوب که دراثر خشک شدن چوب، مقاومت‌ها زیاد می‌شود، رطوبت تأثیری برمقاومت دربرابر ضربه چوب ندارد.

۱ــ مأخذ : ابراهیمی، قنبر. مقاومت‌های مکانیکی چوب و عناصر آن و تحلیل تاب اوراق مرکب چوب



شکل ۱۰ــ۱۰ــ اثر جرم مخصوص بر مقاومت در برابر ضربه چوب زبان گنجشک

تمرین

۱ــ اگر یک نمونه چوب طبق استاندارد تحت تأثیر نیروی برشی برابر ۴۵۰۰۰ نیوتن شکسته شود ابعاد و سطح مقطع تحت تأثیرنیروی برشی ۵× ۵ سانتی‌متر باشد، مقاومت برشی این چوب رامحاسبه کنید.

۲ــ مقاومت برشی چوب را چگونه تعیین می‌کنند؟

۳ــ اهمیت مقاومت برشی چوب را شرح دهید.

۴ــ اگر یک قطعه چوب تحت تأثیر نیروی خمشی قرار گیرد، برشی افقی در چه قسمتی از آن به وجود می‌آید؟

۵ــ دو مورد استفاده از چوب را که در آن چوب تحت تأثیرضربه قرار دارد، نام ببرید.

۶ــ آیا تحمل به ضربه چوب زیادتر است یاتحمل چوب در برابر نیروی استاتیک؟

۷ــ مقاومت در برابر ضربه عمود برالیاف چوب زیادتر است یا مقاومت در برابر ضربه موازی با الیاف؟

۸ــ تعدادی ورق روکش و یا چوب به ابعاد ۴×۳۰×۵۰ میلی‌متر بر روی هم قرار دهید و مطابق شکل ۵ــ۱۰ تحت تأثیر مقاومت خمشی قرار داده و مکانیسم تغییرات لایه‌ها را بررسی کرده و درباره‌ی آن گزارشی تهیه کنید.

فصل یازدهم

سختی چوب

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

۱ــ سختی چوب را شرح دهد.

۲ــ روش اندازه‌گیری سختی چوب را شرح دهد.

۳ــ عوامل مؤثر برسختی چوب را شرح دهد.

۴ــ مقاومت چوب را در برابر ساییده شدن شرح دهد.

زمان تدریس : ۴ ساعت

۱۱ــ سختی چوب

«سختی چوب» به صورت مقاومت آن در برابر نفوذ یک جسم جامد تعریف می‌گردد. جسم جامد باید به وسیله نیرویی سعی در نفوذ داشته باشد. سنجش سختی فلزات از طریق اثر یک ساچمه فولادی برسطح صاف، تقریباً در وسط جسم، تعیین می‌گردد. این روش موسوم به روش «برینل» است، اما برای چوب که یک ماده «ناهمگن» و آب‌دوست است تعیین مقدار سختی تا حدی مشکل است.

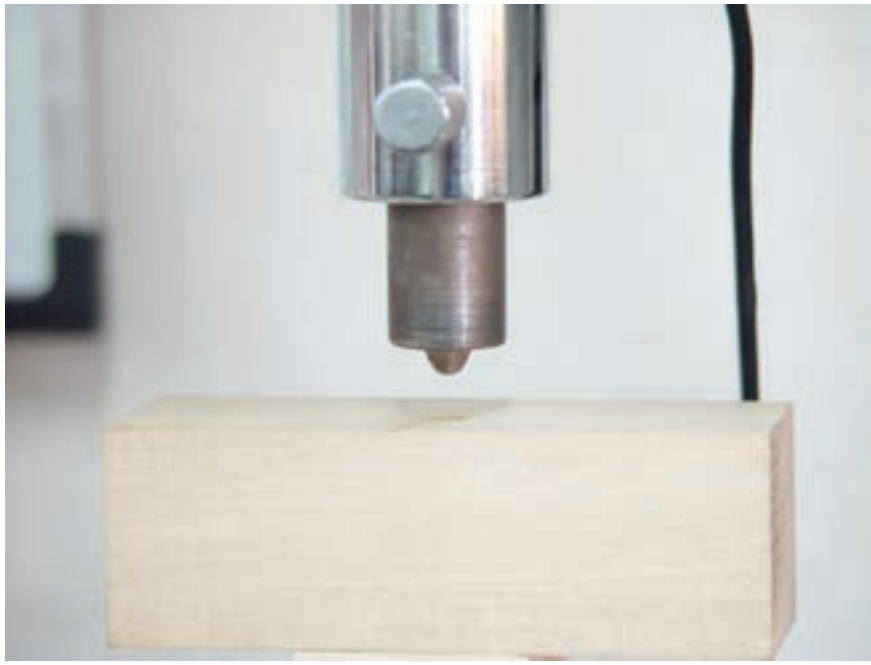
در حقیقت، سختی یک ویژگی بنیادی است که به نوع ابزار کار مورد استفاده بستگی دارد ؛ بنابراین، پیشنهاد شده است ارقام واقعی مورد نظر قرار نگرفته، بلکه مقدار سختی نسبی معقول‌تر است.

۱ــ۱۱ــ روش اندازه‌گیری سختی چوب

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری سختی مواد وجود دارند که عبارتند از برینل، راکول، ویکرز.

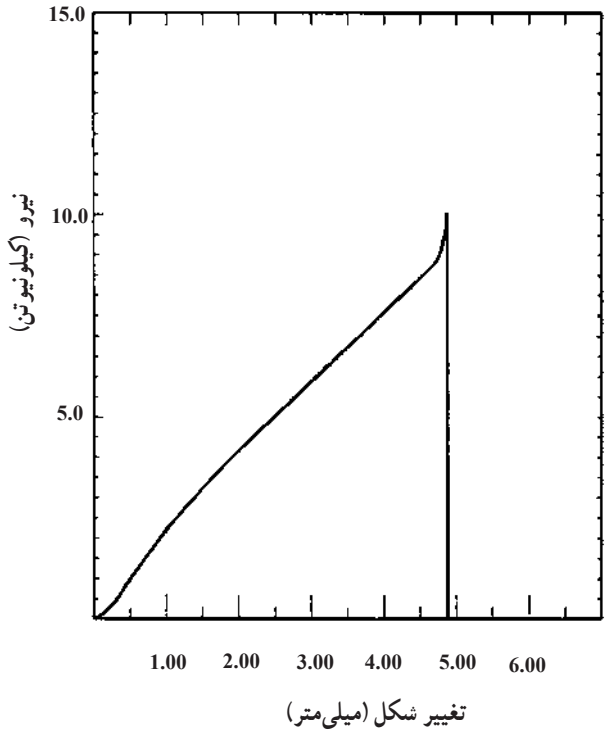
در یکی از این روش‌ها سعی در استفاده از سوزن فولادی و نفوذ آن تاعمق ۲میلی‌متری شده است. نیروی لازم برای نفوذ سوزن در چوب را «سختی» نامیده‌اند دراین روش اشتباه زیادی وجود دارد و به همین دلیل این روش هرگز مورد قبول قرار نگرفت.

روش متداول درحقیقت روش تغییر یافته «برینل» برای چوب است. در این روش نیروی لازم برای نفوذ کامل یک ساچمه فولادی به قطر ۱۱/۲۸ میلی‌متر (سطح یک سانتی‌متر مربع) به داخل چوب اندازه‌گیری می‌شود. از چوبی به ابعاد ۵ . ۵ . ۱۵ سانتی‌متر استفاده شده و نیمکره مطابق شکل ۱ــ۱۱در سطح شعاعی آن نفوذ می‌کند. نحوه قرار گرفتن نمونه در دستگاه آزمایش در شکل ۲ــ۱۱ نشان داده شده است. در اثر نفوذ نیمکره در چوب منحنی تغییرات نیروی لازم برای نفوذ ترسیم شده (شکل ۳ــ۱۱) و نیروی حداکثر تعیین می‌گردد.



شکل ۱ــ۱۱ــ شمای وسیله سنجش سختی چوب

شکل ۲ــ۱۱ــ نحوه آزمایش سختی در دستگاه



شکل ۳ــ۱۱ــ منحنی تغییرات نیرو در آزمایش سختی

اختلاف چندانی بین سختی سطوح جانبی (شعاعی و مماسی) وجود ندارد، اما سختی جانبی و انتهایی (مقاطع عرضی) متفاوت است.

سختی چوب‌های مختلف اندازه‌گیری شده و رابطه بین زیر سختی H و مقاومت در برابر فشار وجود دارد :

$$H_j \,.\, 2F \,.\, 500$$

F : مقاومت در برابر فشار برحسب نیوتن بر میلی‌متر یا متر مربع. که البته این فرمول جنبه تجربی دارد و تقریبی است.

۲ــ۱۱ــ عوامل مؤثر برسختی چوب

عوامل متعددی بر میزان سختی چوب تأثیر می‌گذارند که مهم‌ترین آن جرم مخصوص است.

الف) جرم مخصوص : سختی چوب متناسب با جرم مخصوص آن است و این نسبت طبق رابطه زیر است :

$$H_J \,.\, A.D^{\frac{9}{4}}$$

H = سختی بر حسب نیوتن برسانتیمتر مربع

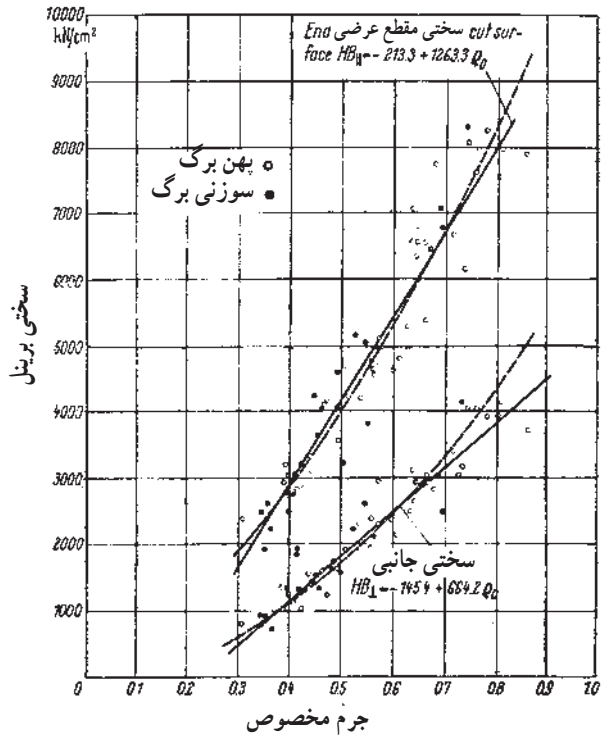
D = وزن مخصوص

A = ضریب ثابت

برای چوب خشک شده در هوای آزاد : سختی مقطع عرضی ۳۳۶۰ = A و سختی جانبی ۲۶۰۰۰ = A ؛برای چوب «تر» : سختی مقطع عرضی ۲۶۰ = A و سختی جانبی ۲۳۲ =A می‌باشد.

رابطه بین سختی و جرم مخصوص در شکل ۴ــ۱۱ نشان داده شده است. در این شکل منحنی‌های «الف» مربوط به سختی مقطع عرضی و منحنی‌های «ب» مربوط به سختی جانبی است. نقاط توخالی مربوط به چوب پهن برگان و نقاط پر مربوط به چوب سوزنی برگان است.

هم‌چنین میزان سختی چوب‌ها با جرم مخصوص متفاوت اندازه گیری شده و طبقه‌بندی چوب‌ها براساس «سختی» در جدول (۱ــ۱۱) خلاصه شده است.



شکل ۴ــ۱۱ــ اثر جرم مخصوص چوب برسختی برینل

جدول ۱ــ۱۱ــ رابطه وزن مخصوص و سختی چوب

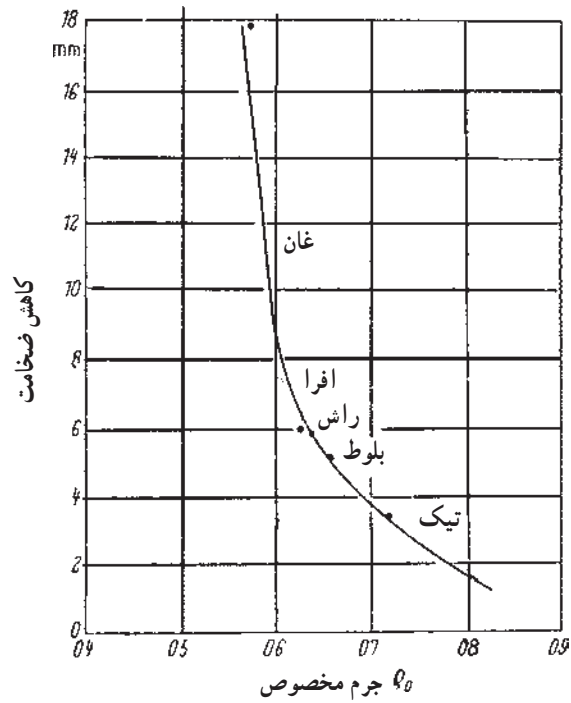
جرم مخصوص (gr/cm^3)	مقدار HJ نیوتن بر سانتی‌مترمربع	طبقه‌بندی سختی	نام چوب
۰/۲ ــ ۰/۵۵	کمتر از ۳۵۰۰	خیلی نرم	بید صنوبر کاج سفید
۰/۳۵ ــ ۰/۶۵	۳۵۰۰ ــ ۵۰۰۰	نرم	نوئل، کاج توسکا، غان
۰/۵ ــ ۰/۷۰	۵۰۰۰ ــ ۶۵۰۰	کمی سخت	گردو گلابی بلوط، راش
۰/۶۰ ــ ۰/۸۰	۵۰۰۰ ــ ۶۵۰۰	نسبتاً سخت	زبان گنجشک
۰/۷۰ ــ ۰/۸۵	۶۵۰۰ ــ ۱۰۰۰۰	سخت	ممرز
۰/۸ ــ ۰/۹۲	۶۵۰۰ ــ ۱۰۰۰۰	خیلی سخت	آل
۰/۹ ــ ۱/۰۵	۱۰۰۰۰ ــ ۱۵۰۰۰	به سختی استخوان	شمشاد
۱ ــ ۱/۴	بزرگتر از ۱۵۰۰۰	به سختی سنگ	آبنوس

۳ــ۱۱ــ مقاومت در برابر ساییده شدن چوب

مقاومت در برابر ساییده شدن یکی از خواص مکانیکی خیلی مهم برای کاربردهای متفاوتی نظیر استفاده از چوب در کف‌پوش، قطعات چوبی ماشین‌ها و غیره است. ساییده شدن به وسیله عوامل مختلفی نظیر راه رفتن، حمل کردن، اصطکاک، اثر شن و ماسه، مواد شیمیایی، رطوبت و تغییر درجه حرارت به‌وجود می‌آید.

مواد حفاظتی، شامل : روغن‌ها، لاک‌ها، و سیلرها می‌توانند موجب کاهش ساییدگی شوند. پدیده ساییده شدن خیلی پیچیده بوده، اندازه‌گیری آن آسان نیست ؛ بنابراین، فقط می‌توان نیروهایی که درحین مصرف برچوب وارد می‌شود را شبیه‌سازی کرد. پس نتیجه آزمایش مقاومت در برابر ساییده شدن مقایسه‌ای است. در این آزمایش می‌توان میزان کم‌شدن وزن یا ضخامت را اندازه‌گیری کرد. در این آزمایش از وسیله ساینده نظیر کاغذ سنباده و غیره استفاده می‌شود.

جرم مخصوص بر میزان ساییده شدن تأثیر دارد و هرچه جرم مخصوص بیشتر باشد میزان کاهش ضخامت چوب در آزمایش سائیدگی کمتر است. رابطه بین جرم مخصوص و میزان ساییده شدن درشکل ۵ــ۱۱ ترسیم شده است.



شکل ۵ــ۱۱ــ رابطه بین جرم مخصوص ومیزان کم شدن ضخامت چوب

تمرین

۱ــ سختی چوب را تعریف کنید.

۲ــ روش متداول اندازه‌گیری سختی چوب را بیان کنید.

۳ــ مقاومت در برابر فشار عمود برالیاف یک قطعه چوب شمشاد ۷۵۰۰ نیوتن بر سانتی‌متر مربع است با استفاده از رابطه : $H = 2F + 500$ ، سختی این چوب را محاسبه کنید.

۴ــ رابطه بین جرم مخصوص و سختی چوب را بیان کنید.

۵ــ با استفاده از اطلاعات جدول ۱ــ۱۱، این چوب‌ها را از نظر سختی طبقه بندی کنید :

ــ صنوبر

ــ توسکا

ــ کاج

ــ بلوط

ــ ممرز

۶ــ تعدادی قطعه چوب از گونه‌های مختلف سبک و سنگین خشک تهیه نموده و با میخ چگونگی سختی آن‌ها را مشخص نمایید.

۷ــ بر روی نمونه چوب‌های ردیف ۶ با تخته ساده سنباده در زمان و تعداد رفت و برگشت و فشار برابر مقاوم به سایش را اندازه بگیرید.

۸ــ در صورتی‌که در محیط زندگی شما مکان‌هایی وجود دارد که در آن‌ها از چوب به عنوان کف‌پوش استفاده شده است، این مکان‌ها را بررسی و اثر رفت و آمد بر سطوح چوب‌ها را گزارش دهید.

فصل دوازدهم

تغییرات مقاومت‌های چوب

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

۱ــ رابطه مقاومت چوب را با جرم مخصوص بداند.

۲ــ تأثیر رطوبت چوب را بر مقاومت‌های آن بداند.

۳ــ تأثیر عمر مصرف چوب را برمقاومت‌های آن بداند.

۴ــ تأثیر درجه حرارت را بر مقاومت‌های چوب بداند.

۵ــ در الوار چوبی عوامل مؤثر بر مقاومت را بداند.

زمان تدریس : ۶ ساعت

۱۲ــ تغییرات در مقاومت‌های چوب

تغییرات خیلی زیادی در مقاومت چوب بین درختان یک گونه چوبی و بین گونه‌های چوبی مشاهده می‌گردد ؛ به گونه‌ای که چوب‌های مختلف پهن‌برگ و سوزنی برگ در یک محدوده مقاومت اغلب اشتراک داشته مقاومت‌های یکسانی را نشان می‌دهند. مقاومت چوب‌های تجارتی مختلف در جدول (۱ــ۱۲) خلاصه شده است. ارقام جدول (۱ــ۱۲) برای چوب‌های به اندازه مصرف (بزرگ)

جدول ۱ــ۱۲ــ مقاومت‌های مکانیکی و جرم مخصوص مهم‌ترین چوب‌های تجارتی[1]

نام چوب	جرم مخصوص گرم بر سانتی‌متر مکعب		خمش نیوتن بر مترمربع		مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف	مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف نیوتن	مقاومت در برابر ضربه
	d_0^2	d_{12}^3	مقاومت خمشی	مدول الاستیسیته	نیوتن بر مترمربع	بر متر مربع	$N.m/cm^2$
افرای چناروش	۰/۶۲	۰/۶۶	۱۳۷ . ۱۰^6	۱۱۳۰ . ۱۰^6	۶۲ . ۱۰^6	۱۰۰ . ۱۰^6	۶/۵
اقاقیا	۰/۷۲	۰/۷۶	۱۳۶/۱ . ۱۰^6	۱۱۲۷ . ۱۰^6	۷۳ . ۱۰^6	۱۳۶ . ۱۰^6	۱۳/۵
اوکالیپتوس	۰/۵۵	۰/۵۸	۷۵/۷۵ . ۱۰^6	ــ	۳۷۳۰ . ۱۰^6	ــ	۶/۸
تبریزی	۰/۴۱	۰/۴۵	۶۵ . ۱۰^6	۸۸۰۰ . ۱۰^6	۳۵ . ۱۰^6	۷۷ . ۱۰^6	۵
توسکای قشلاقی	۰/۴۹	۰/۵۳	۸۵ . ۱۰^6	۷۷۰۰ . ۱۰^6	۴۷ . ۱۰^6	ــ	۵
راش	۰/۶۳	۰/۶۶	۸۷ . ۱۰^6	۱۲۵۰۰ . ۱۰^6	۶۴۴۰ . ۱۰^6	ــ	۹/۲
زبان گنجشک	۰/۶۵	۰/۶۹	۱۲۰ . ۱۰^6	۱۳۴۰۰ . ۱۰^6	۵۲ . ۱۰^6	۱۶۵ . ۱۰^6	۶/۵
گردوی ایرانی	۰/۶۴	۰/۶۸	۱۴۷ . ۱۰^6	۱۲۵۰۰ . ۱۰^6	۷۲ . ۱۰^6	۱۰۰ . ۱۰^6	۹/۵
ملج	۰/۶۴	۰/۶۸	۸۹ . ۱۰^6	۱۱۰۰۰ . ۱۰^6	۵۶ . ۱۰^6	۸۰ . ۱۰^6	۶
ممرز	۰/۷۹	۰/۸۳	۱۶۰ . ۱۰^6	۱۶۲۰۰ . ۱۰^6	۸۲ . ۱۰^6	۱۳۵ . ۱۰^6	۸
نمدار	۰/۴۹	۰/۵۳	۱۰۶ . ۱۰^6	۷۴۰۰ . ۱۰^6	۵۲ . ۱۰^6	۸۵ . ۱۰^6	۵
نراد (آبیس)	۰/۴۱	۰/۴۵	۷۳ . ۱۰^6	۱۱۰۰۰ . ۱۰^6	۴۷ . ۱۰^6	۸۴ . ۱۰^6	۴/۲
نوئل (پیسه آ)	۰/۴۳	۰/۴۷	۷۸ . ۱۰^6	۱۱۰۰۰ . ۱۰^6	۵۵ . ۱۰^6	۹۰ . ۱۰^6	۴/۶
کاج الدار (تهران)	۰/۳۹	۰/۴۲	۶۱/۷ . ۱۰^6	ــ	۳۳۵۰ . ۱۰^6	ــ	ــ
کاج جنگلی	۰/۴۹	۰/۵۲	۱۰۰ . ۱۰^6	۱۲۰۰۰ . ۱۰^6	۵۵ . ۱۰^6	۱۰۴ . ۱۰^6	۴

۱ــ مأخذ : پارسا پژوه، داود. تکنولوژی چوب

۲ــ d_0 . جرم مخصوص در صفر درصد رطوبت

۳ــ d_{12} . جرم مخصوص در ۱۲ درصد رطوبت

بوده، معمولاً در آزمایش اندازه‌گیری مقاومت‌ها از چوب اندازه استاندارد (کوچک) استفاده می‌گردد که این چوب‌ها را عاری از هرگونه عیب ظاهری نظیر گره، تَرَک، پوسیدگی و غیره انتخاب می‌کنند.

تغییرات در مقاومت‌های چوب عاری از معایب ظاهری یک گونه چوبی معین به دلیل تغییرات طبیعی در جرم مخصوص و رابطه بین جرم مخصوص و مقاومت آن است.

۱ــ۱۲ــ رابطه مقاومت با جرم مخصوص

مقاومت‌های چوب رابطه نزدیکی با جرم مخصوص دارند ؛ به طوری که با یک تقریب پذیرفتنی، حتی بدون دانستن نام چوب می‌توان مقاومت چوب را براساس جرم مخصوص برآورد کرد ؛ هم‌چنین درمواردی که دانش کافی و استاندارد مورد لزوم برای درجه‌بندی چوب وجود ندارد و اغلب از گونه‌های مختلف برای مصارف متعدد استفاده می‌شود، درجه‌بندی چوب‌ها عملاً براساس جرم مخصوص است.

رابطه تمام خواص مکانیکی با جرم مخصوص یکسان نیست. بعضی از خواص مقاومتی مانند مدول الاستیسیته در حالت خمش و حداکثر فشار موازی با الیاف رابطه خطی با جرم مخصوص داشته و زیاد شدن این مقاومت‌ها در اثر زیاد شدن جرم مخصوص خطی است، اما رابطه جرم مخصوص با دیگر مقاومت‌ها به صورت توانی بوده، با زیاد شدن مقاومت در اثر جرم مخصوص خیلی شدید است. رابطه بین جرم مخصوص و مقاومت‌های چوب را می‌توان به صورت رابطه زیر نشان داد :

$$P . KD^n$$

P = مقاومت

D = جرم مخصوص

K = ضریب ثابت معادله که با توجه به مقاومت مورد نظر تغییر می‌کند.

مقدار n برای تغییرات بین گونه‌ها بین ۱ تا ۲/۲۵ و برای تغییرات داخل گونه بین ۱/۲۵ تا ۲/۵ است ؛ در صورتی که مقدار n بیش از یک باشد عواملی غیر از جرم مخصوص بر آن مقاومت تأثیر دارد، که یک مورد آن می‌تواند اختلاف در ضخامت دیواره سلول باشد.

در جدول (۲ــ۱۲) تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت‌های مختلف نشان داده شده است (تذکر : به‌دلیل تأثیر رطوبت چوب بر مقاومت آن به‌ناچار معمولاً مقاومت‌های چوب را در رطوبت ۱۲ درصد مقایسه می‌کنند).

جدول ۲ــ۱۲ــ رابطه بین مقاومت‌های مکانیکی و جرم مخصوص در رطوبت ۱۲ درصد

مقاومت	رابطه با جرم مخصوص (K: ضریب ثابت)[1]
مقاومت خمشی (MOR)	$K . D^{1/25}$
مدول الاستیسیته (MOE) درحالت خمش	$K . D$
مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف	$K . D$
مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف	$K . D^{2/25}$
سختی جانبی	$K . D^{2/25}$

اگر چه برآورد مقاومت چوب با دانستن جرم مخصوص چوب امکان‌پذیر است، اما اطلاعات دقیق فقط از طریق آزمایش جداگانه چوب‌ها میسر است.

برای نشان دادن اثر جرم مخصوص و مقاومت‌های چوب در استفاده از آن به ذکر دو مثال می‌پردازیم.

مثال ۱: یک کارخانه مبل سازی برای ساخت قطعات کوچک داخل مبل از چوب نمدار استفاده می‌کند. این کارخانه سعی دارد از چوب راش درجه مشابه به‌جای نمدار استفاده کند. آیا راش از مقاومت لازم برخوردار است؟

حل : در این مورد مقاومت خمشی (MOR) و قدرت نگهداری پیچ تعیین کننده است ؛ بنابراین، برای حل این مسأله اطلاعات موردنیاز در جدول ۳ــ۱۲ خلاصه شده است.

جدول ۳ــ۱۲ــ مقایسه مقاومت خمشی و وزن مخصوص دو چوب نمدار و راش

نام چوب	جرم مخصوص $\frac{g}{cm^3}$	MOR N/cm^2
راش	۰/۶۶	۱۳۷۰۰
نمدار	۰/۵۳	۱۰۶۰۰

مقاومت خمشی راش درحدود ۳۰ درصد بیش از چوب نمدار است ؛ بنابراین، در مورد این مقاومت با مشکلی مواجه نخواهیم بود. قدرت نگهداری پیچ چوب رابطه مستقیمی با جرم مخصوص دارد و به دلیل این که چوب راش حدود ۲۰ درصد سنگین‌تر از نمدار است ؛ ازاین‌رو به‌آسانی

۱ــ مقدار K در مقاومت‌های مختلف متفاوت است.

می‌توان از چوب راش به جای نمدار استفاده کرد.

مثال ۲ : یک کارخانه سازنده میزهای ورزشی مخصوص که باید بتوانند نیروی زیادی را تحمل کنند از چوب یک نوع کاج برای ساختن اسکلت میزاستفاده می‌کند. این کارخانه سعی می‌کند از چوب نوئل استفاده کند. آیا چنین کاری امکان‌پذیر است؟

حل: در ساخت اسکلت این نوع میزها، مدول الاستیسیته در حالت خمش (MOE) و فشار عمود بر الیاف مهم هستند. این مقاومت‌ها و جرم مخصوص دو نوع چوب موردنظر در جدول ۴ــ۱۲ خلاصه شده است.

جدول ۴ــ۱۲ــ مقاومت‌ها و جرم مخصوص دو چوب کاج و نوئل

نام چوب	جرم مخصوص مرطوب	MOE در ۱۲٪ رطوبت	فشار عمود بر الیاف در ۱۲ درصد رطوبت
کاج	۰/۴۲	$۱/۴۸ . ۱۰^{۶}$ Pa	۸۳۰ Pa
نوئل	۰/۳۵	$۱/۴۵ . ۱۰^{۶}$ Pa	۵۰۰ Pa

مدول الاستیسیته هر دو چوب یکسان است ؛ بنابراین، درمورد این مقاومت با مشکلی مواجه نخواهیم بود. اما فشار عمود بر الیاف چوب نوئل کمتر از چوب کاج است ؛ از این‌رو، اگر این مقاومت بحرانی و تعیین‌کننده است پس چوب نوئل مناسب نیست.

در دو مثال فوق سعی شد به‌طور ساده نقش مقاومت چوب در استفاده از آن بیان گردد، اما در عمل مواجه با مسائل بیشتری هستیم که باید به‌دقت مورد ارزیابی قرارگیرند.

۲ ــ۱۲ــ عوامل مؤثر برمقاومت‌های چوب

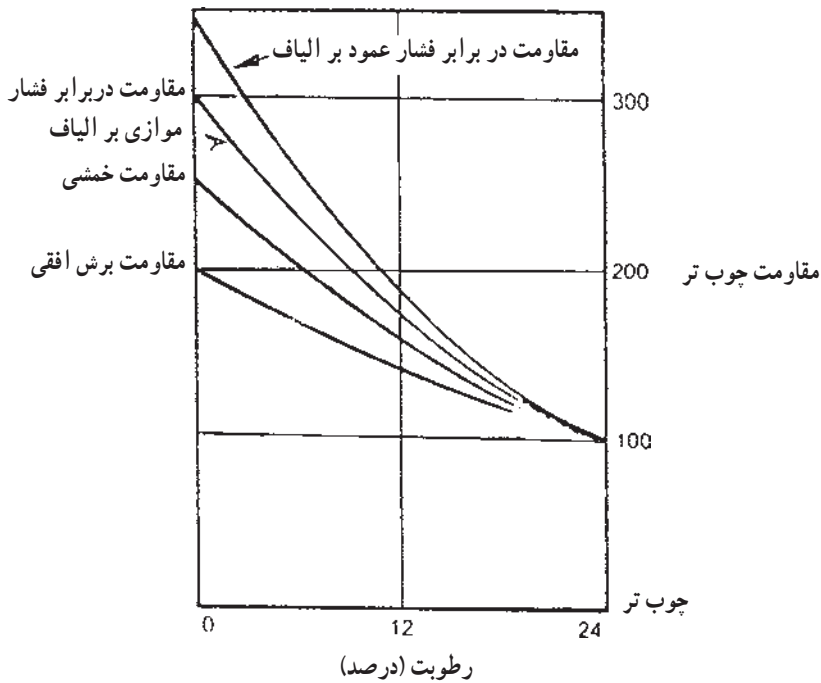
تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت چوب به‌طور جداگانه مورد بحث قرار گرفت. در این قسمت، تأثیر عواملی که بر مقاومت چوب بدون عیب ظاهری که برچوب به اندازه مصرف نیز تأثیر می‌گذارند مورد توجه قرار می‌گیرد.

۱ــ۲ــ۱۲ــ رطوبت چوب: چوب دارای خاصیت جذب آب است ؛ یعنی اگر چوب در محیطی قرار گیرد با زیاد شدن رطوبت محیط رطوبت چوب زیاد خواهد شد. وقتی رطوبت چوب به حدود ۲۵ درصد برسد به این مقدار رطوبت «رطوبت نقطه اشباع الیاف» گویند که مقدار آن بین ۲۵ تا ۳۰ درصد است.

اگر چوب را از رطوبت حدود ۲۵ درصد خشک کنیم اغلب مقاومت‌ها و خواص الاستیکی آن زیاد می‌شود.

رابطه بین رطوبت و مقاومت چوب زبان گنجشک سفید در مقایسه با چوب کاملاً خیس در شکل ۱ــ۱۲ آورده شده است. در این شکل مقاومت چوب را در رطوبت بیش از ۲۴ درصد، ۱۰۰ فرض کرده، زیاد شدن مقاومت‌ها را در اثر خشک شدن به‌صورت درصدی از آن مقاومت (دررطوبت ۲۴درصد) بیان کرده‌ایم.

در اثر خشک شدن چوب از رطوبت ۲۴ درصد تا رطوبت صفر درصد (کاملاً خشک) درشکل ۱ــ۱۲ :



شکل ۱ــ۱۲ــ رابطه بین رطوبت چوب زبان گنجشک و مقاومت‌های آن

ــ مقاومت برشی دو برابر می‌شود ؛

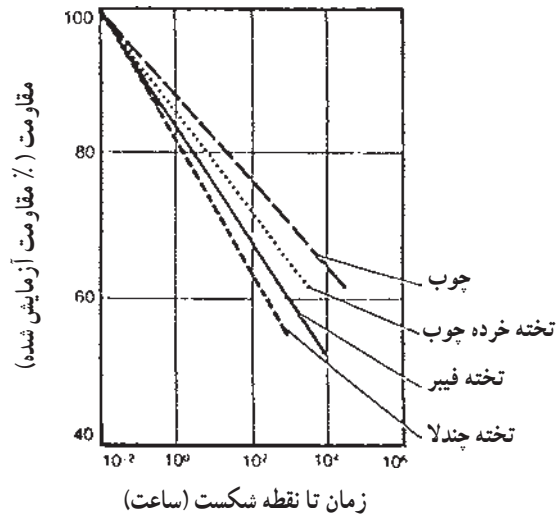
ــ مقاومت خمشی ۲/۵ برابر می‌شود ؛

ــ مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف ۳ برابر می‌شود ؛

ــ مقاومت به فشار عمود برالیاف ۳/۵ برابر می‌شود.

۲ــ۲ــ۱۲ــ عمر مصرف چوب: استفاده طولانی از چوب، بدون وجود عوامل مخرب نظیر میکرو اورگانیسم‌ها، درجه حرارت بالا یا نیروی مداوم ــ برمقاومت‌های آن، تأثیری اندک دارد. البته بعد از قرن‌ها تغییراتی به‌وجود آمده که معمولاً در اثر عوامل محیطی است.

اگر بر چوب، در طی مصرف نیرویی دایمی اعمال گردد، مقاومت آن کاهش می‌یابد ؛ به گونه‌ای که اگر برای مدت طولانی نیرویی وارد شود بعضی از خواص مکانیکی آن کم می‌شود و هر چه زمان تحمل نیرو طولانی‌تر باشد چوب قادر به تحمل نیروی کمتراست. رابطه بین مقدار فشار و زمان تحمل نیرو تا نقطه شکست برای چوب و مواد مرکب چوبی در شکل۲ــ۱۲ آورده شده است.



شکل ۲ــ۱۲ــ رابطه بین مقاومت و زمان تحمل نیرو تا نقطه شکست

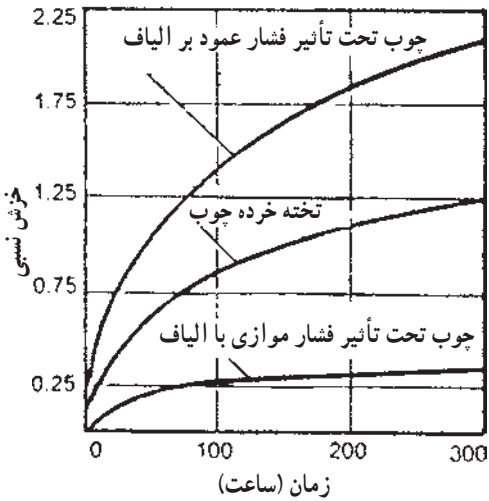
اگر نیروی کمی بر یک قطعه چوب وارد شود چوب نمی‌شکند، بلکه آن قطعه چوب خمیده شده یا به‌تدریج تغییر شکل می‌یابد. مثال واضح خمیده شدن تدریجی طبقات کتابخانه پراز کتاب است که به این پدیده «خزش» (Creep) گویند ؛ بنابراین، خزش یک پدیده وابسته به زمان است که در اثر ساختمان ریز سلول‌های چوب بوده، مقدار آن در اثر زیاد شدن رطوبت زیاد می‌شود ؛ به‌طوری که در چوب خشک میزان خزش کم است.

خزش اغلب به صورت خمیده شدن چوب پس از سالیان متمادی تحت تأثیر نیرو ظاهر می‌شود. شایان ذکر است که میزان خزش دراثر رطوبت دادن تکراری شدت می‌یابد و اگر چوب در محیط با رطوبت ثابت قرار گرفته باشد مقدار آن کمتر است.

در تیرهای بلند سقف یا سر در خزش مسأله‌ساز است. هم‌چنین اگر از تخته خرده چوب یا تخته فیبر برای طبقات کتابخانه استفاده شود، خزش بسیار پدید می‌آید.

برای جلوگیری از خزش در چوب می‌توان از نیروی بیش از حد اجتناب کرده از چوب کاملاً خشک استفاده کرد و با عمل پرداخت‌ها و پوشش‌های سطحی از تغییر رطوبت آن جلوگیری کرد.

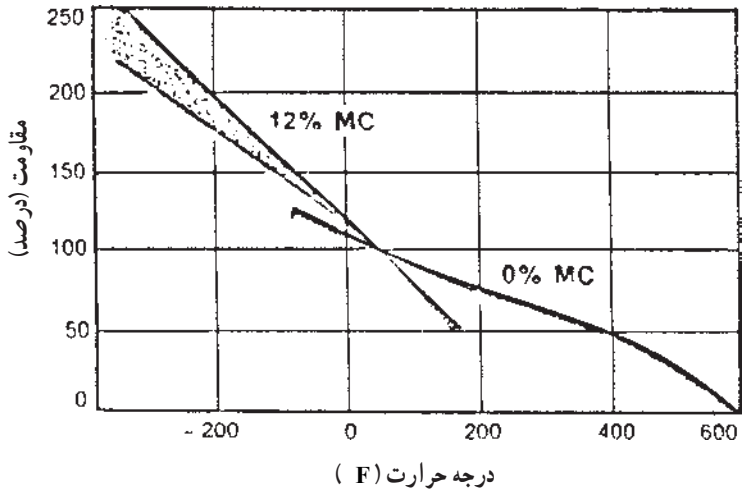
در شکل ۳ــ۱۲نتایج تحقیقاتی در مقایسه بین سرعت خزش در تخته خرده چوب و چوب نشان داده شده است. در مورد چوب، فشار در جهت الیاف و عمود بر جهت الیاف بوده است.



شکل ۳ــ۱۲ــ خزش نسبی در سه حالت متفاوت

۳ــ۲ــ۱۲ــ درجه حرارت: اگر چوب را حرارت دهیم اغلب مقاومت‌های مکانیکی آن کم شده، برعکس در اثرخنک شدن مقاومت‌های چوب زیاد می‌شود. اثر حرارت دادن بر مقاومت‌های چوب کاملاً خشک و چوب با ۱۲ درصد رطوبت درشکل ۴ــ۱۲ ترسیم شده است. اگر درجه حرارت کمتر از ۱۰۰ درجه سلسیوس باشد افت دایمی کمی در مقاومت چوب مشاهده می‌گردد، اما اگر چوب در معرض درجه حرارت بالا برای مدت طولانی قرار گیرد افت دایمی مقاومت به‌وجود می‌آید.

اگر رطوبت چوب زیاد باشد حساسیت چوب به درجه حرارت زیاد، بیشتراست.



شکل ۴ــ۱۲ــ اثر فوری درجه حرارت بر مقاومت‌های چوب

۳ــ۱۲ــ عوامل مؤثر بر مقاومت الوار چوبی

مقاومت چوب به‌طور پیوسته در رطوبت کمتر از حدود ۲۵ درصد تغییر می‌کند ؛ بنابراین، در نظر گرفتن رطوبت‌های متغیر در طراحی با چوب و اعمال تغییرات به‌وجود آمده در مقاومت چوب در طراحی سازه‌های چوبی بسیار مشکل است. برای اجتناب از این پیچیدگی، معمولاً فشارهای مجاز را در رطوبت ثابت تنظیم می‌کنند ؛ بنابراین، فشارها یا مقاومت‌های مجاز الوار، تیرهای چوبی و تخته چندلا را در کمتر از رطوبت مشخص ثابت در نظر می‌گیرند. این رطوبت مشخص (رطوبت حداکثر) برای سوزنی برگان ۱۹ درصد و برای تخته چند لا ۱۶ درصد است.

در رطوبت بالاتر از مقدار تعیین شده، فشار مجاز کمتر می‌شود. مقدار این کم شدن بین ۳ تا ۴۰ درصد است. عوامل دیگر که بر مقاومت چوب کوچک عاری از عیب تأثیر می‌گذارند خصوصیات رویشی است.

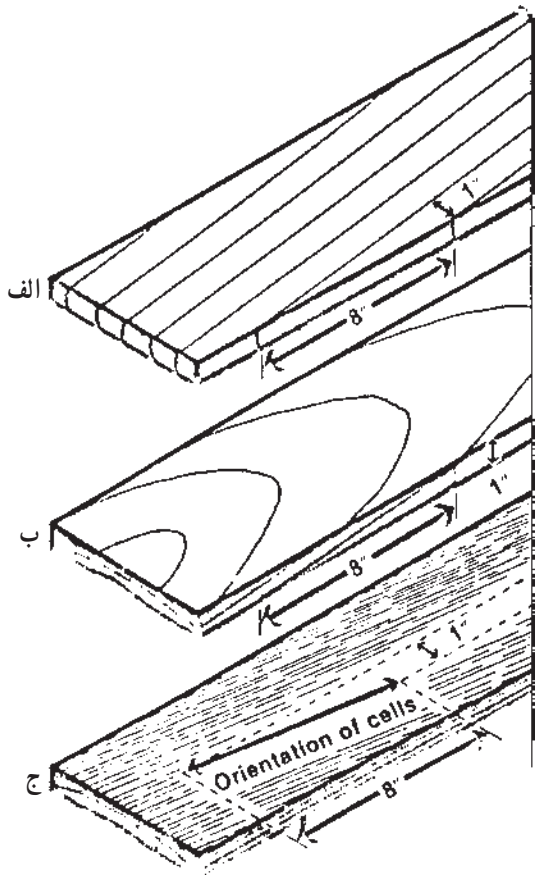
۱ــ۳ــ۱۲ــ گره ها: گره‌ها متداول‌ترین عیبی است که مقاومت الوار را کم می‌کند. در مواردی بسیار می‌توان اثر گره را معادل یک سوراخ دانست. البته در موارد دیگر، اثر گره شدیدتر از وجود یک سوراخ است، زیرا دراطراف گره پیچیدگی الیاف وجود دارد.

مقدار کاهش مقاومت چوب در اثر گره به اندازه گره و موقعیت آن در الوار بستگی دارد. اگر یک گره در لبه پایین یا بالای چوب قرار داشته باشد اثر تخریبی آن کمتر از وجود گره در وسط است. هم‌چنین اگر گره در لبه پایین قرار داشته باشد اثر آن در کم کردن مقاومت شدیدتر از وجود گره در لبه

بالا است ؛ بنابراین، باید سعی شود در همه حال گره در لبه بالا قرار گیرد.

۲ــ۳ــ۱۲ــ کج تاری (الیاف مورّب): کج تاری یا شیب الیاف به صورت طول قطعه چوب ــ که درآن الیاف به اندازه ۲/۵ سانتی‌متر کج شده‌اند ــ تعیین می‌گردد. در شکل ۵ــ۱۲سه حالت متفاوت از شیب الیاف نشان داده شده است. در دو حالت «الف» و «ب» شیب الیاف یا کج‌تاری در اثر برش الوار از گرده بینه است، اما کج تاری می‌تواند در اثر وجود الیاف مارپیچی باشد. در این حالت اگر چه دایره‌های رویش، موازی لبه‌ها به نظر می‌رسد، ولی کج تاری شدید وجود دارد.

اگر شیب الیاف بیش از $\frac{۱}{۲۰}$ باشد، مقاومت چوب بسیار کم می‌شود. مقاومت در برابر کشش به مقدار زیادی در اثر کج تاری کم می‌شود، اما تأثیر کج تاری بر مقاومت خمشی و مقاومت در برابر فشار کمتر است.



شکل ۵ــ۱۲ــ سه حالت شیب الیاف در چوب (درهر سه حالت شیب یک هشتم است).

تمرین

۱ــ وزن مخصوص چوب‌های خشک زیر را درجدول ۱ــ۱۲پیدا کنید.

ــ زبان گنجشک

ــ تبریزی

ــ ملج

ــ کاج الدار

۲ــ مقاومت خمشی چوب‌های زیر را از جدول ۱ــ۱۲تعیین کنید.

ــ اقاقیا

ــ توسکا قشلاقی

ــ گردوی ایرانی

ــ نمدار

۳ــ مقاومت چوب‌های زیر را در برابر فشار موازی با الیاف در جدول ۱ــ۱۲پیدا کنید.

ــ راش

ــ نراد

ــ کاج جنگلی

ــ اوکالیپتوس

۴ــ مقاومت چوب‌های زیر را در برابر ضربه درجدول ۱ــ۱۲پیدا کنید.

ــنوئل «پیسه آ»

ــ افرای چناروش

ــ راش

ــ ممرز

۵ــ در اثر زیاد شدن جرم مخصوص، مقاومت‌های چوب کم می‌شود یا زیاد؟

۶ــ با افزایش رطوبت چوب مقاومت آن زیاد می‌شود یا کم؟

۷ــ اگر بر یک قطعه چوب نیروی کمی به مدت طولانی وارد شود آیا مقاومت چوب کم می‌شود یا تغییر نمی‌کند؟

۸ــ مقاومت یک قطعه چوب کوچک بدون عیب زیادتراست یا یک قطعه الوار؟

۹ــ اگر یک قطعه چوب دارای کج تاری باشد مقاومت آن کم می‌شود یا تغییرنمی‌کند؟

۱۰ــ اگر در یک قطعه چوب به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر یک گره به قطر ۵ سانتی‌متر وجود داشته باشد و در یک قطعه چوب دیگر به همان ضخامت یک گره به قطر ۲ سانتی‌متر وجود داشته باشد مقاومت کدام یک کمتراست؟

منابع مورد استفاده

۱ــ پارسا پژوه، داود. ۱۳۶۳. تکنولوژی چوب، بخش دوم انتشارات دانشگاه تهران ــ تهران.

۲ــ Haygreen, J.G, J.L. Bowyer. 1982. Forest Products 8 Wood Science. An Introduction, Chapter. 10. the Iowa State University Press - Ames.

۳ــ Kollman, F.F.P. , W.A. Cote. 1968. Principles of Wood Science 8 Technology. Chapter 9. Springer - Verlag, Berlin.

۴ــ Schniewind, A.P. , 1981. Mechanical Behavior and Properties of Wood. In Wood: Its Structure and Properties. F.F. Wangaard Ed. The Pennsylvania State University. University Park.

نمونه سؤال‌های آزمونی

سؤال‌های فصل اول

۱ــ سه قسمت قابل رؤیت برش عرضی تنه درخت را نام ببرید.

۲ــ چرا رنگ درون چوب تیره‌تر از رنگ برون چوب است؟

۳ــ پره‌های چوبی را تعریف کنید.

۴ــ اختلاف چوب بهاره و چوب تابستانه را شرح دهید.

۵ــ دو اختلاف بین سوزنی برگان و پهن برگان را بنویسید.

۶ــ سه مقطع چوب را نام ببرید که اغلب در مطالعات مرتبط به خواص چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۷ــ چوب فشاری در چه قسمت از درخت به وجود می‌آید؟

۸ــ چوب کششی اغلب درقسمت .....تنه خمیده و شاخه‌های درختان .....برگ تشکیل می‌شود.

۹ــ لایه‌های تشکیل‌دهنده‌ی پوست درخت را نام ببرید.

۱۰ــ وظیفه کامبیوم در درختان زنده چیست؟

سؤال‌های فصل دوم

۱ــ رنگ چوب‌های صنوبر، شمشاد، گردو و آبنوس را مشخص کنید.

۲ــ چرا چوب‌های تیره رنگ بادوام‌تر هستند؟

۳ــ دلیل اختلاف رنگ در گونه‌های مختلف چوب چیست؟

۴ــ چرا رنگ بعضی چوب‌ها پس از مدتی که در هوای آزاد قرار می‌گیرند تغییر می‌کند؟

۵ــ چرا به بعضی از چوب‌ها بخار می‌دهند؟

۶ــ چرا تشخیص و شناسایی ظاهری کلیه‌ی چوب‌ها از روی رنگ آن‌ها امکان‌پذیر نیست؟

۷ــ چرا بعضی از چوب‌ها بوی مخصوصی دارند؟

۸ــ چند نوع چوب نام ببرید که بوی مطبوع دارند.

۹ــ دو مورد استفاده از چوب‌های بی بو را نام ببرید.

۱۰ــ چرا حشرات از بعضی از چوب‌ها گریزان هستند؟

سؤال‌های فصل سوم

۱ــ رطوبت چوب را تعریف کنید.
۲ــ درصد رطوبت چوب چگونه محاسبه می‌شود؟
۳ــ آب به چند صورت در چوب وجود دارد؟
۴ــ آب آزاد یعنی چه؟
۵ــ نقطه اشباع الیاف راتعریف کنید.
۶ــ آیا مقدار همکشیدگی یا واکشیدگی در جهات مختلف یکسان است؟
۷ــ میزان همکشیدگی را چگونه نشان می‌دهند؟
۸ــ اختلاف همکشیدگی در جهت شعاعی و مماسی در چیست؟
۹ــ دو روش پیشگیری از همکشیدگی و واکشیدگی چوب را نام ببرید.
۱۰ــ کدام یک از روش‌های تعیین رطوبت چوب متداول‌تر است. مراحل مختلف آن را نام ببرید.

سؤال‌های فصل چهارم

۱ــ جرم مخصوص «دانسیته» را تعریف کنید.
۲ــ جرم یک قطعه چوب مکعبی به ابعاد ۴ × ۴× ۴ سانتی‌متر برابر ۲۵۰ گرم است. جرم مخصوص این قطعه چوب را محاسبه کنید.
۳ــ جرم ویژه نسبی را تعریف کنید.
۴ــ چرا جرم ویژه نسبی فاقد واحد است؟
۵ــ چرا جرم مخصوص چوب‌های مختلف با هم فرق دارد؟
۶ــ اهمیت جرم ویژه نسبی در چیست؟
۷ــ یک روش اندازه‌گیری جرم ویژه نسبی رانام ببرید.
۸ــ مقدار رطوبت چه تأثیری روی جرم مخصوص دارد؟
۹ــ چوب صنوبر سبک‌تر است یا چوب بلوط، چرا؟
۱۰ــ معمولاً جرم ویژه نسبی ماده تشکیل دهنده چوب چقدر است؟

سؤال‌های فصل پنجم

۱ــ مقاومت ویژه الکتریکی را تعریف کنید.

۲ــ چرا چوب کاملاً خشک، عایق الکتریسیته است؟

۳ــ مقاومت الکتریکی چوب به چه عواملی بستگی دارد ؟ نام ببرید.

۴ــ ضریب دی‌الکتریک چوب را تعریف کنید.

۵ــ گرمای ویژه چوب را تعریف کنید.

۶ــ ضریب ظرفیت حرارتی چوب را تعریف کنید.

۷ــ ضریب هدایت حرارتی چوب را چگونه محاسبه می‌کنند؟

۸ــ قدرت گرمادهی یا گرمازایی چوب یعنی چه؟

۹ــ ارزش حرارتی چوب در سیستم متریک چقدر است؟

۱۰ــ ارزش حرارتی چوب بیشتر است یا زغال سنگ؟

۱۱ــ سرعت انتشار صوت به چه عواملی بستگی دارد؟

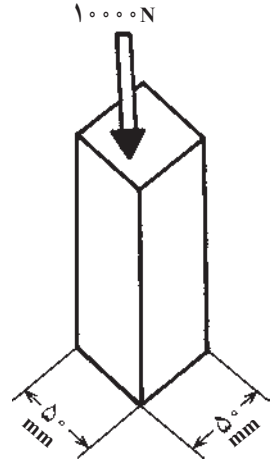
۱۲ــ در چوب، سرعت انتشار صوت را چگونه محاسبه می‌کنند؟

سؤال‌های فصل ششم

۱ــ حالت الاستیکی را تعریف کنید.

۲ــ حالت پلاستیکی را تعریف کنید.

۳ــ بر قطعه چوب شکل زیر، نیرویی برابر ۱۰۰۰۰ نیوتن وارد شده است. اگرسطح مقطع آن ۲۵۰۰ میلی‌مترمربع باشد، فشار را محاسبه کنید.



۴ــ جهت محوری یا طولی چوب را شرح دهید.
۵ــ جهت مماسی چوب را شرح دهید.
۶ــ جهت شعاعی چوب را شرح دهید.
۷ــ ماده‌ای که در جهت‌های مختلف دارای خواص مکانیکی یکسان باشد، چه نام دارد؟
۸ــ ماده‌ای نظیر چوب که در جهت‌های مختلف دارای خواص مکانیکی متفاوت باشد، چه نام دارد؟
۹ــ مقاومت چوب در جهت موازی با الیاف زیادتر است یا در جهت عمود بر الیاف؟
۱۰ــ مدول الاستیسیته تعیین‌کننده مقاومت چوب در برابر چه نیرویی است؟

سؤال‌های فصل هفتم

۱ــ وقتی یک الوار چوبی بر روی دو تکیه‌گاه قرار بگیرد و یک نفر در وسط بر روی آن بایستد، این الوار تحت تأثیر چه نیرویی قرار دارد؟
۲ــ مقاومت خمشی (مدول گسیختگی) چوب را تعریف کنید.
۳ــ یک قطعه چوب راش به ابعاد مقطع ۵ . ۵ سانتی‌متر و طول ۸۰ سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی خمشی برابر ۶۰۰ نیوتن شکسته شده است. اگر فاصله بین دو تکیه گاه ۷۰ سانتی‌متر باشد، با استفاده از فرمول $\frac{۱/۵FL}{bd^۲}$. MOR مقاومت خمشی (مدول گسیختگی) این چوب را محاسبه کنید.
۴ــ یک قطعه چوب بلوط به ابعاد سطح مقطع ۲/۵ . ۲/۵ سانتی‌متر و طول ۴۰ سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی خمشی برابر ۵۰۰ نیوتن شکسته شده است. اگر فاصله بین دو تکیه‌گاه ۳۵ سانتی‌متر باشد، با استفاده از فرمول $\frac{۱/۵FL}{bd^۲}$. MOR مقاومت خمشی (MOR) این چوب را محاسبه کنید.
۵ــ مقاومت فشاری چوب درکدام حالت بیشتراست : در جهت الیاف یا عمود بر الیاف؟
۶ــ جرم مخصوص چوب بلوط زیادتر از جرم مخصوص چوب کاج است. مقاومت خمشی کدام چوب زیادتر است؟
۷ــ جرم مخصوص چوب صنوبر کمتر از چوب افرا است. مقاومت خمشی کدام چوب زیادتر است؟
۸ــ اگر یک قطعه چوب را خیس کنیم مقاومت خمشی آن «کم می‌شود» یا «تغییر نمی‌کند»؟
۹ــ در اثر زیاد شدن درجه حرارت مقاومت خمشی چوب «کم می‌شود » یا «زیاد می‌شود» ؟
۱۰ــ خم کردن چوب خشک آسان‌تر است یا خم کردن چوب مرطوب؟

سؤال‌های فصل هشتم

۱ــ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب زیادتر است یا مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف؟

۲ــ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب گره‌دار زیادتر است یا مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب بدون گره ؟

۳ــ یک قطعه چوب زبان گنجشک که به شکل دمبل ساخته شده است تحت تأثیر نیروی کشش موازی با الیاف ۳۰۰۰ نیوتن شکسته شده است. اگر سطح مقطع قسمت وسط چوب ۲ سانتی‌متر مربع باشد، با استفاده از رابطه : $P_{\parallel} = \frac{F}{A_{\circ}}$ ، مقاومت چوب زبان گنجشک را در برابر کشش موازی با الیاف تعیین کنید.

۴ــ برای تعیین مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب بلوط، یک قطعه از این چوب تحت تأثیر نیروی کشش عمود بر الیاف قرارگرفته و در اثر نیروی ۸۰۰۰ نیوتن شکسته شده است. اگر سطح مقطع نمونه ۱۲۵۰ میلی‌مترمربع باشد با استفاده از رابطه : $P_{\perp} = \frac{F}{A_{\circ}}$ ، مقاومت این چوب را در برابر کشش عمود بر الیاف محاسبه کنید.

۵ــ جرم مخصوص چوب توسکا برابر ۰/۵۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. با استفاده از فرمول : $P_{\perp} = ۶۰D^{۲}$ مقاومت چوب توسکا را در برابر کشش عمود بر الیاف محاسبه کنید.

۶ــ جرم مخصوص چوب کاج زیادتر از چوب نوئل است. مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف کدام یک از این دو چوب زیادتر است؟

۷ــ از دو قطعه چوب راش، یک قطعه آن کاملاً خشک است و قطعه دیگر دارای ۱۵٪ رطوبت است، مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف کدام چوب زیادتر است؟

۸ــ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب گره‌دار زیادتر است یا چوب بدون گره؟

۹ــ دو قطعه چوب افرا به ابعاد سطح مقطع ۵۰ . ۵۰ میلی‌متر دارای گره هستند. قطر گره در یک قطعه برابر ۳۰ میلی‌متر و قطر گره در قطعه دیگر برابر ۲۰ میلی‌متر است. مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف کدام یک زیادتر است؟

۱۰ــ چرا گره تأثیر خیلی زیادی بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب دارد؟

سؤال‌های فصل نهم

۱ــ وقتی یک نفر بر روی چهارپایه چوبی نشسته است، در این حالت پایه‌ها تحت تأثیر چه نیروی قرار دارند؟

۲ــ یک مخزن آب بر روی یک اسکلت چوبی نصب شده است. پایه‌های چوبی این اسکلت تحت تأثیر چه نیرویی قرار دارند؟

۳ــ مقاومت چوب در برابر فشار موازی با الیاف کمتر است یا مقاومت چوب در برابر کشش عمود بر الیاف؟

۴ــ یک قطعه چوب راش به ابعاد سطح مقطع ۵۰ . ۵۰ میلی‌متر تحت تأثیر نیروی فشار موازی با الیاف قرارگرفته و توانسته است نیروی ۹۰ کیلونیوتن را تحمل کند. با استفاده از رابطه : $P_{c\parallel} = \frac{F}{A_0}$ ، مقاومت چوب راش را در برابر فشار موازی با الیاف محاسبه کنید.

۵ــ در تراورس راه‌آهن مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب مهم‌تر است یا مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف؟

۶ــ یک قطعه چوب افرا به ابعاد سطح مقطع ۵ . ۵ سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی فشارعمود بر الیاف قرار گرفته و نیرویی برابر ۳۵۰۰۰ نیوتن را تحمل کرده است. با استفاده از رابطه : $P_{c\perp} = \frac{F}{A_0}$ مقاومت چوب افرا را در برابر فشار عمود بر الیاف محاسبه کنید.

۷ــ مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف زیادتر است یا مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف؟

۸ــ چوب افرا سنگین‌تر از چوب توسکا است. مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف کدام یک زیادتر است؟

۹ــ اگر در رابطه $P_{\parallel} = I \cdot D$ مقدار I برابر ۱۲۵۰ و جرم مخصوص چوب ۰/۵ باشد، مقاومت چوب را در برابر فشار موازی با الیاف محاسبه کنید.

۱۰ــ مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب راش خشک کمتراست یا چوب راش با رطوبت ۱۵٪ ؟

۱۱ــ مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب افرا بدون گره بیشتر است یا چوب افرا گره‌دار؟

سؤال‌های فصل دهم

۱ــ مقاومت برشی موازی با الیاف چوب کمتر است یا مقاومت برشی عمود برالیاف چوب؟

۲ــ وقتی یک تیرچوبی تحت تأثیر نیروی خمشی قرار می‌گیرد، در چه قسمت آن نیروی برشی افقی وجود دارد؟

۳ــ یک قطعه چوب راش تحت تأثیر نیروی برشی برابر ۴۰ کیلونیوتن شکسته شده است. اگر سطح مقطع تحت تأثیر نیروی برشی ۲۵۰۰ میلی‌مترمربع باشد با استفاده از رابطه $P = \frac{F}{A_{\circ}}$ ، مقاومت برشی چوب راش را محاسبه کنید.

۴ــ وقتی با یک چکش با دسته چوبی ضربه سنگینی بر یک میخ وارد می‌کنیم، دسته چکش تحت تأثیر چه نیرویی قرار می‌گیرد؟

۵ــ مقاومت در برابر ضربه چوب پوسیده زیادتر است یا چوب سالم؟

سؤال‌های فصل یازدهم

۱ــ جرم مخصوص چوب بلوط زیادتر از چوب صنوبر است. سختی کدام یک زیادتراست؟

۲ــ چوب راش سنگین‌تر از چوب کاج است. سختی کدام یک کمتر است؟

۳ــ چوب آزاد سنگین‌تر از چوب توسکا است. کدام یک آسان‌تر سنباده‌زنی می‌شوند؟

۴ــ اگر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف یک قطعه چوب آزاد ۷۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع باشد با استفاده از رابطه : $H = 2F + 500$ سختی چوب آزاد را محاسبه کنید.

۵ــ چوب افرا سخت‌تر از چوب توسکا است. کدام یک آسان‌تر رنده می‌شود؟

سؤال‌های فصل دوازدهم

۱ــ آیا با زیاد شدن جرم مخصوص چوب مقاومت‌های آن زیاد می‌شود یا کم می‌شود؟

۲ــ جرم مخصوص چوب گردوی ایرانی برابر ۰/۶۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب و جرم مخصوص چوب نمدار ۰/۴۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. مدول الاستیسیته در حالت خمش کدام‌یک زیادتر است؟

۳ــ جرم مخصوص چوب افرای چناروش زیادتر از جرم مخصوص نمدار است. قدرت نگهداری پیچ کدام یک زیادتر است؟

۴ــ مقاومت‌های چوب تر زیادتر است یا چوب خشک؟

۵ــ اگر یک قطعه چوب به صورت تیر در یک ساختمان قرار گرفته، سقف بر روی آن قرار گیرد. آیا مقاومت آن به مرور زمان کم می‌شود یا این که ثابت می‌ماند؟

۶ــ از یک قطعه تخته خرده چوب (نئوپان) یک طبقه کتابخانه ساخته شده است و تعدادی کتاب بر روی آن قرار داده‌اند، پس از مدتی قطعه نئوپان خمیده شده است. چرا؟

۷ــ اگر یک قطعه چوب را حرارت دهیم، مقاومت‌های آن کم می‌شود و یا زیاد می‌شود؟

۸ــ مقاومت‌های یک قطعه چوب با الیاف مورّب زیادتر است یا یک قطعه چوب با الیاف راست؟

۹ــ مقاومت یک قطعه چوب با طول ۵۰ سانتی‌متر و ابعاد سطع مقطع ۲ . ۲ زیادتر است یا مقاومت یک الوار با طول ۲/۵ متر و ابعاد سطح مقطع ۱۵ . ۲۵ سانتی‌متر؟

۱۰ــ مقاومت یک الوار راش با گره‌های متعدد و بزرگ زیادتر است یا مقاومت یک الوار راش با گره‌های کوچک و تعداد کم؟