

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

خواص فیزیکی و مکانیکی چوب

رشته صنایع چوب و کاغذ

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۱۹۴۷

حسین زاده، عبدالرحمن	۶۷۴
خواص فیزیکی و مکانیکی چوب / مؤلفان: عبدالرحمن حسین زاده، احمد جهان‌لتیباری. - [ویرایش دوم] / بازسازی و تجدیدنظر: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشته صنایع چوب و کاغذ. - تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.	خ ۵۶۵ ح ۱۳۹۴
۱۵۸ص. - مصور. - (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۱۹۴۷)	
متون درسی رشته صنایع چوب و کاغذ، زمینه صنعت.	
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته صنایع چوب و کاغذ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.	
۱. چوب - خواص. الف. جهان‌لتیباری، احمد. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشته صنایع چوب و کاغذ. ج. عنوان. د. فروست.	

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

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

info@tvoccd.sch.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

این کتاب در سال ۱۳۸۸ در کمیسیون تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف رشته صنایع
چوب و کاغذ 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 - ۴۶۳

مؤلفان : عبدالرحمن حسین‌زاده، احمد جهان‌تیباری

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

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

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

تلفن : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۰۹۲۶۶۰۸۸۳، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : طرفه سهائی

طراح جلد : محمدحسن معماری

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

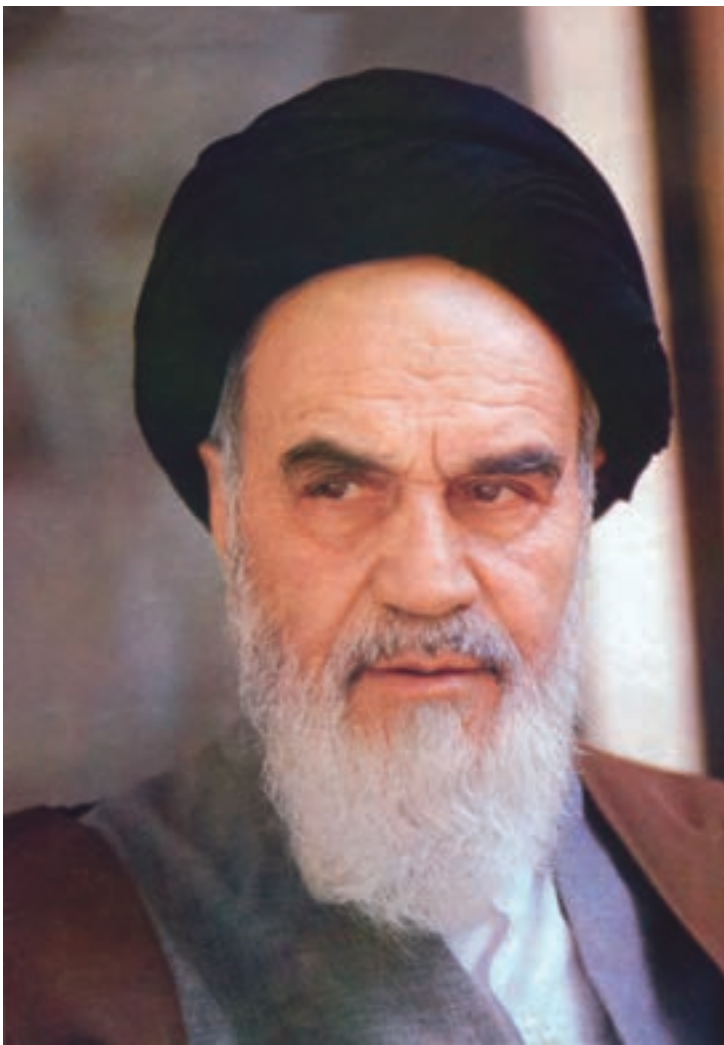
تلفن : ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۰۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه : فارسی

سال انتشار : ۱۳۹۴

حق‌چاپ محفوظ است.

شابک ۹۶۴-۰۵-۰۶۲۱-۴ ISBN 964-05-0621-4



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

فهرست مطالب

۲۰	۳-۱-۲- نقش رنگ در تشخیص چوب
۲۱	۲-۲- بو و طعم چوب
۲۱	۱-۲-۲- نقش بو در تشخیص چوب
۲۲	۲-۲-۲- تأثیر بوی چوب در کاربرد آن
۲۴	۳-۲-۲- تأثیر بو در دوام طبیعی چوب
۲۴	۴-۲-۲- کاربرد طعم در شناسایی و مصارف چوب
۲۶	فصل سوم: رطوبت، همکشیدگی و اکسیدگی چوب
۲۷	۱-۳- تعریف رطوبت چوب
۲۸	۲-۳- حالات مختلف آب در چوب
۲۸	الف) آب آزاد
۲۸	ب) آب آغستگی
۲۹	ج) آب نهادی
۲۹	۳-۳- مقدار رطوبت چوب در حالات مختلف
۳۰	۴-۳- همبستگی رطوبت با عوامل مختلف
۳۰	۵-۳- تعریف همکشیدگی و اکسیدگی

بخش اول خواص فیزیکی چوب

۲	فصل اول: تعاریف
۳	۱-۱- ساختمان ماکروسکوپی چوب
۳	الف) پوست
۴	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
۵	۱-۲- ویژگی‌های اختصاصی چوب
۸	۱-۳- پهن برگان و سوزنی برگان
۸	۱-۴- مقاطع چوب
۹	۱-۵- چوب‌های غیرطبیعی یا واکنشی
	فصل دوم: آشنایی با رنگ، بو و طعم چوب
۱۲	چوب
۱۳	۱-۲- رنگ چوب
	۱-۱-۲- نقش رنگ در دوام
۱۶	طبیعی چوب
	۱-۲-۲- نقش رنگ در زیبایی
۱۷	چوب

	الف) اندازه‌گیری حجم
۴۵	نمونه آزمونی
۴۵	۱- استفاده از کولیس
	۲- استفاده از روش
۴۶	شناوری در آب
	۳- استفاده از استوانه‌ی
۴۷	مدرج
	۴- استفاده از حجم‌سنج
۴۸	جیوه‌ای
	ب) اندازه‌گیری جرم
۴۸	نمونه آزمونی
	فصل پنجم: مقاومت و هدایت الکتریکی،
۵۰	حرارتی و صوت در چوب
	۱- ۵- مقاومت و هدایت الکتریکی
۵۰	چوب
	۲- ۵- عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی
۵۱	چوب
۵۱	الف) درصد رطوبت
۵۲	ب) حرارت
۵۲	ج) دانسیته
۵۲	د) جهت الیاف
	۳- ۵- ضریب نگهداری الکتریکی
۵۲	چوب
۵۳	۴- ۵- ویژگی‌های حرارتی چوب
	۱- ۴- ۵- انبساط حرارتی
۵۳	چوب
	الف) همکشیدگی
۵۳	چوب

	۱- ۵- ۳- اشکال مختلف
۳۱	همکشیدگی و واکشیدگی
	۲- ۵- ۳- تأثیر همکشیدگی و
۳۲	واکشیدگی
	۳- ۵- ۳- تفاوت همکشیدگی و
	واکشیدگی با انقباض و
	انبساط فلزات در اثر
۳۳	حرارت
	۴- ۵- ۳- روش‌های پیشگیری
	از همکشیدگی و
۳۳	واکشیدگی
	۵- ۵- ۳- روش‌های اندازه‌گیری
	رطوبت چوب در
۳۴	آزمایشگاه
	فصل چهارم: جرم مخصوص و جرم ویژه
۴۰	نسبی
	۱- ۴- جرم مخصوص (دانسیته)
۴۱	۲- ۴- جرم ویژه نسبی
	۱- ۲- ۴- جرم ویژه نسبی دیواره
	سلولی و خاصیت تخلخل
۴۲	چوب
	۲- ۲- ۴- تغییرات جرم مخصوص
	۳- ۲- ۴- اهمیت وزن مخصوص و
	همبستگی آن با عوامل
۴۵	مختلف
	۴- ۲- ۴- روش‌های اندازه‌گیری
	جرم مخصوص در
۴۵	آزمایشگاه

۷-۲	محاسبه مقاومت خمشی قطعه
۸۰	کوچک
۸۳	۷-۳ محاسبه مدول الاستیسیته
۸۶	۷-۴ عوامل مؤثر بر مقاومت خمشی
۹۱	چوب
۹۱	فصل هشتم : مقاومت چوب در برابر کشش
۹۱	۸-۱ مقاومت در برابر کشش موازی
۹۱	با الیاف
۹۳	۸-۱-۱ اندازه گیری مقاومت در برابر کشش موازی
۹۳	با الیاف
۹۶	۸-۲ مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف
۱۰۱	۸-۳ عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف
۱۰۶	فصل نهم : مقاومت چوب در برابر فشار
۱۰۷	۹-۱ مقاومت در برابر فشار موازی
۱۱۲	با الیاف چوب
۱۱۲	۹-۲ مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب
۱۱۵	۹-۳ عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر فشار موازی الیاف
۱۲۱	فصل دهم : مقاومت برشی و مقاومت در برابر ضربه چوب
۱۲۱	۱۰-۱ مقاومت برشی چوب
۱۲۵	۱۰-۲ مقاومت در برابر ضربه چوب

۵۳	(ب) ضریب انبساط حرارتی
۵۴	۵-۴-۲ ضریب گرمای ویژه
۵۴	چوب
۵۴	۵-۵ قابلیت هدایت حرارتی چوب
۵۶	۵-۶ قابلیت سوخت و قدرت گرمزایی
۵۶	چوب
۵۷	۵-۷ مقاومت و هدایت صوت در چوب
۵۷	چوب
۵۷	(الف) خاصیت طنین چوب
۵۸	(ب) خاصیت اکوستیک چوب
۵۹	(ج) عوامل مؤثر در سرعت انتشار صوت در چوب
	بخش دوم
	خواص مکانیکی چوب
۶۴	مقدمه
۶۷	فصل ششم : ویژگی های مقاومتی چوب
۶۸	۶-۱ تعاریف
۶۸	۶-۱-۱ حالت الاستیکی
۶۸	۶-۱-۲ حالت پلاستیکی
۷۰	۶-۱-۳ تنش، تغییر طول نسبی
۷۱	۶-۱-۴ قانون هوک
۷۲	۶-۲ ویژگی های مقاومتی چوب
۷۷	فصل هفتم : مقاومت خمشی چوب
۷۸	۷-۱ مفهوم مقاومت خمشی چوب

۱۴۳	۱۲-۲-۱- عوامل مؤثر بر مقاومت‌های چوب
۱۴۳	۱۲-۲-۱- رطوبت چوب
۱۴۵	۱۲-۲-۲- عمر مصرف چوب
۱۴۶	۱۲-۲-۳- درجه حرارت
	۱۲-۳- عوامل مؤثر بر مقاومت الوار
۱۴۷	چوبی
۱۴۷	۱۲-۳-۱- گره‌ها
	۱۲-۳-۲- کج تار (الیاف)
۱۴۸	(مورب)
۱۵۰	منابع مورد استفاده
۱۵۱	نمونه سؤال‌های آزمونی

	۱-۲-۱- روش اندازه‌گیری مقاومت در برابر ضربه
۱۲۵	ضربه
	۱-۲-۲- عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر ضربه به چوب
۱۲۸	ضربه به چوب
۱۳۲	فصل یازدهم : سختی چوب
	۱۱-۱- روش اندازه‌گیری سختی چوب
۱۳۳	سختی چوب
۱۳۵	۱۱-۲- عوامل مؤثر بر سختی چوب
	۱۱-۳- مقاومت در برابر ساییده شدن
۱۳۷	چوب
	فصل دوازدهم : تغییرات مقاومت‌های چوب
۱۳۹	چوب
۱۴۱	۱۲-۱- رابطه مقاومت با جرم مخصوص

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 سرلوحه 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، هم چنین هنگامی می‌توانند نیازهای جامعه اسلامی ما را تأمین کنند که ماشین‌آلات و سیستم آن به وسیله نیروی انسانی دانش آموخته 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 - صنعتی - 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 در نظر گرفتن ویژگی‌های فرهنگی - اجتماعی و توسعه صنعتی به اجرا درآمده است. کتاب‌های متعددی با خصوصیات کاربردی - 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 جدیت و کوشش نسبت به فراگیری این حرفه کهن - که امروزه مجهز به مدرن‌ترین و پیشرفته‌ترین تجهیزات است - 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 واکنشیدگی چوب و عکس‌العمل چوب در مقابل وضعیت و عوامل محیط مصرف، وزن مخصوص و در پایان، خواص مربوط به صوت، ظنین، 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 و ضربه 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.

ان‌شاءالله هنرآموزان گرامی با طرح سؤال‌های مشابه پایان هر فصل به توانایی هنرجویان خواهند

افزود.

مؤلفان

هدف کلی

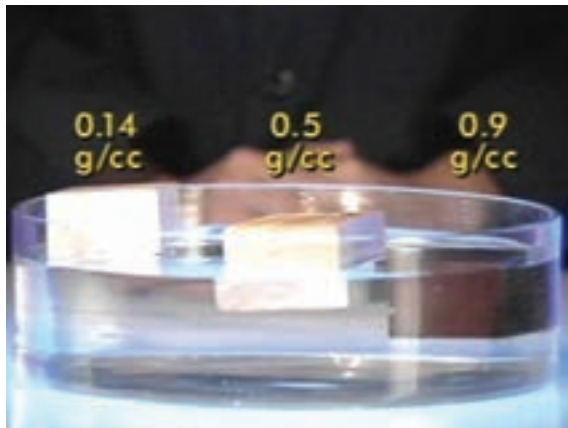
پس از پایان این درس و کتاب از فراگیر انتظار می‌رود به دو هدف کلی زیر دست یابد.

۱- خواص فیزیکی چوب را بداند، هم‌چنین رنگ، بو، طعم، رطوبت چوب، چگونگی واکنشیده 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.

۲- 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



تعاریف

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

- ۱- ساختمان ماکروسکوپی (شکل ظاهری) چوب را تشریح کند.
- ۲- پوست، چوب، برون چوب و درون چوب، مغز، پره‌های چوبی (اشعه‌های چوبی) را تعریف کند.
- ۳- اختلاف چوب بهاره و چوب پاییزه را بیان نماید.
- ۴- تفاوت «سوزنی برگان» و «پهن برگان» را توضیح دهد.
- ۵- مقاطع مختلف چوب را تعریف کند.
- ۶- 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 خصوصیات 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.

۱- تعاریف

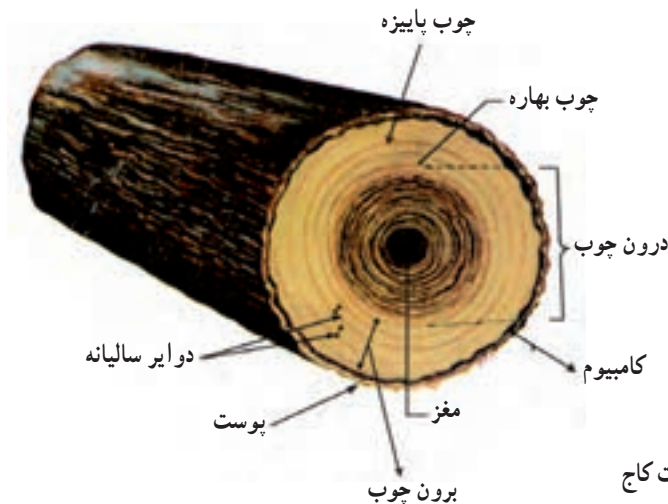
چوب ماده‌ای لیگنوسلولزی است که از ساقه، شاخه و ریشه گیاهان چوبی به دست می‌آید و از سلول‌های عمدتاً دوکی شکل و توخالی تشکیل شده است که به موازات یکدیگر و در راستای طول درخت قرار دارند.^۱ این ساختمان ویژه، روی خواص و کاربرد نهایی چوب تأثیر فراوان دارد؛ بنابراین، هنگام تبدیل تنه درخت به چوب‌های بریده شده،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

۱-۱- ساختمان ماکروسکوپی^۲ چوب

به شکل ۱-۱ 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 به گونه و سن درخت متغیر است. پوست بیرونی معمولاً خشک و چوب پنبه‌ای می‌باشد و حفاظت تنه را به عهده دارد.



شکل ۱-۱- مقطع عرضی تنه درخت کاج

۲- قابل رؤیت با چشم غیر مسلح.

۱- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۴

لایه‌ی زنده یا پوست درونی: مرکب از بافت‌های زنده، نرم و مرطوب 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.^۱

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 به برگ‌ها انتقال می‌دهد.

ه) 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 برون چوب است و کار آن ذخیره مواد استخراجی و تأمین مقاومت مکانیکی درخت می‌باشد.^۲

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 دوار سالیانه امتداد دارند و کار آنها عمدتاً انتقال و ذخیره مواد غذایی است.^۳

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 به وجود 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 و چوب تابستانه که در یک دوره رویش تولید می‌شود، «دایره (حلقه) رویش سالیانه» گویند.

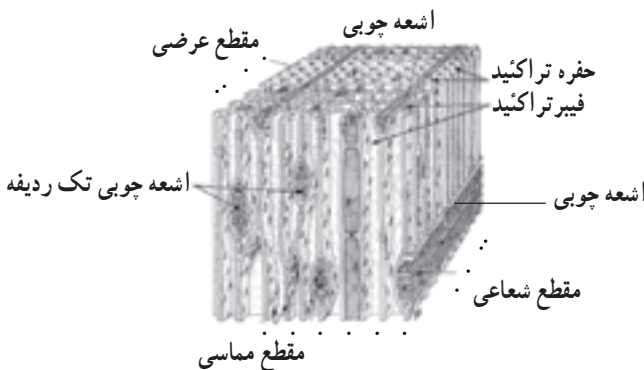
۲-۱- ویژگی‌های اختصاصی چوب

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. 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 به وجود 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 - با توجه به وظیفه‌ای که داشته‌اند - متفاوت است، به دلیل این که از کنار یکدیگر قرار گرفتن این سلول‌های متنوع، چوب به وجود آمده است. چوب ماده‌ای «هرسو نایکسان» است بدین معنی 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 ۲-۱ یک 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»، «نوتل»، «کاج» تنوع سلولی کم‌تر بوده و در آن میان، تراکتید از همه واضح‌تر است.

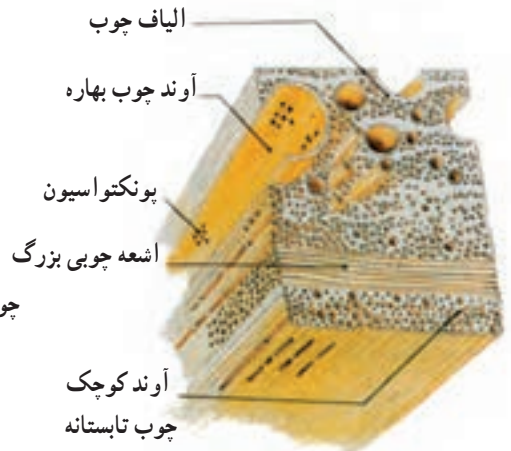


شکل ۲-۱- طرز قرار گرفتن سلول‌ها در یک قطعه چوب سوزنی برگ

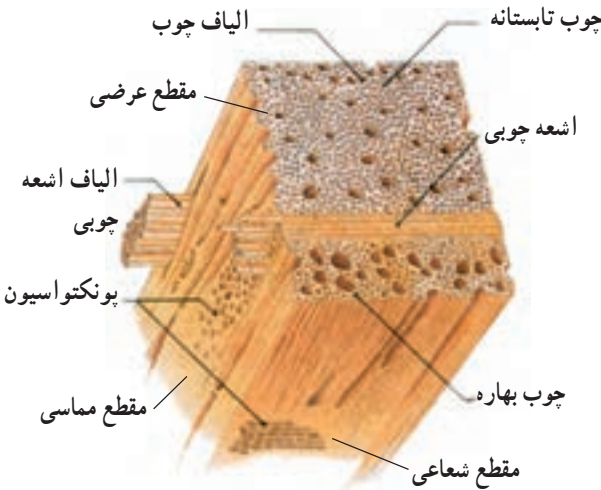
۱- به عنوان مثال مشاهده تغییرات وزن مخصوص بین گونه‌ها تا حد سی برابر و بین چوب درختان یک گونه تا حد شش

برابر و نیز سه برابر در یک دایره رویش طبیعی می‌باشد.

هم چنین، درخت همانند انسان هر ساله رشد طولی و قطری دارد. رشد قطری درخت به صورت 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 ندارد شکل (۳-۱-الف). 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 (۳-۱-ب) نشان داده شده است.

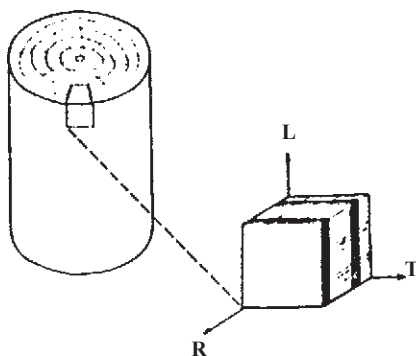


شکل ۳-۱-الف - یک قطعه چوب پراکنده آوند



شکل ۳-۱-ب - 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 ۴-۱ در 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 ۴-۱- جهت‌های سه‌گانه در یک قطعه چوب

در چوب سه جهت اصلی را می‌توان مشخص کرد:

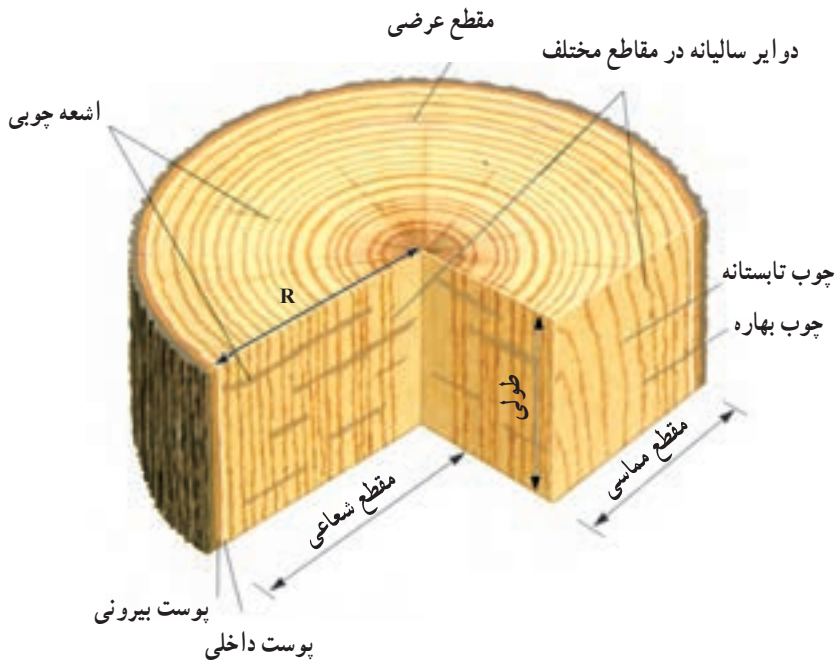
الف) جهت طولی یا محوری (L): که موازی با محور اصلی درخت است و اغلب سلول‌های چوب موازی با این محور قرار گرفته‌اند. در شکل ۴-۱ جهت طولی با حرف ^۱L نشان داده شده است.
 ب) جهت مماسی (T): که جهت مماس بر دایره‌های رویش سالیانه است. در شکل ۴-۱ جهت مماسی؛ با حرف ^۲T نشان داده شده است.

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 شکل‌های ۴-۱ و ۴-۵ با حرف ^۳R نشان داده شده است.

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

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

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



شکل ۵-۱- مقاطع مختلف و بخشی از عناصر ساختمانی از جمله اشعه چوبی در یک قطعه چوب

۱-۳- پهن برگان و سوزنی برگان

معمولاً گونه‌های درختی چوبیده به دو گروه بزرگ «پهن برگان» و «سوزنی برگان» تقسیم می‌شوند. پهن برگان، اکثراً سخت چوب، نقش‌دار، دارای برگ‌های درشت و پهنی هستند و در مناطق معتدله خزان‌کننده‌اند مانند بلوط، راش، افرا و ...؛ در حالی که 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، نرآد و ...

۱-۴- مقاطع چوب

معمولاً، مطالعات مربوط به خواص و شناسایی چوب در سه 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 به دست 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 دواير ساليانه و برش شعاعی در جهت موازی با پره‌های چوبی یا عمود بر دواير ساليانه 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 ۱-۶ نشان داده شده است.



شکل ۱-۶- مقاطع مختلف تنه درخت و چوب برون و چوب درون و مغز چوب

۱-۵- چوب‌های غیر طبیعی یا واکنشی

معمولاً در قسمت‌های خمیده 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 پهن‌برگان به «چوب کششی» معروف است^۲. بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و ... واکنشی با چوب نرمال فرق دارد. علت اصلی این تغییرات را می‌توان دانسته بالای چوب واکنشی نسبت به چوب نرمال دانست (شکل‌های ۱-۷ و ۱-۸).

چوب فشاری که در قسمت زیرین تنه خمیده و شاخه‌های درختان سوزنی‌برگ به وجود می‌آید و وضعیت برون مرکزی را در مقطع عرضی بوجود می‌آورد (شکل ۱-۷).

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

۲- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۴



شکل ۷-۱- برش عرضی درخت سوزنی برگ: چوب نرمال در قسمت فوقانی و چوب فشاری در قسمت تحتانی دیده می شود.

چوب کششی در قسمت فوقانی تنه خمیده و شاخه های درختان پهن برگ تشکیل می شود و از خصوصیات بارز آن این است که هنگام بریده شدن، به ویژه در چوب های تر، چوب به شکل کرکدار درمی آید که در نتیجه آره کشی آن بسیار دشوار می شود. در مقاطع عرضی این چوب نیز برون مرکزی مشاهده می گردد.



شکل ۸-۱- برش عرضی درخت پهن برگ: چوب کششی در قسمت فوقانی قرار دارد و چوب نرمال در قسمت پایین قرار دارد.

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱- در شکل ۹-۱ که یک برش عرضی تنه درخت است قسمت‌های مختلف قابل تشخیص را

مشخص کنید :



شکل ۹-۱- برش عرضی تنه یک درخت

۲- لایه زاینده (کامبیوم) را تعریف کنید.

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

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

۵- چوب بهاره و چوب پاییزه را تعریف کنید.

۶- چوب‌های غیرطبیعی یا واکنشی چه نوع چوب‌هایی هستند؟ در شکل ۱-۱ چوب واکنشی

و چوب نرمال را مشخص کنید.

۷- تفاوت چوب کششی و چوب فشاری را بیان کنید.

۸- نمونه‌هایی از مقاطع مختلف گونه‌های چوبی را در محل زندگی خود تهیه کرده و عناصر

ساختمانی آن‌را مشخص کنید.



۹- در قطعه‌ای از چوب شاخه

سوزنی‌برگ و پهن برگ، چوب واکنشی را

نشان دهید.

شکل ۱-۱- برش عرضی تنه خمیده یک

سوزنی‌برگ

آشنایی با رنگ، بو و طعم چوب

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

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

۲- کاربرد رنگ چوب را در تشخیص چوب‌های مختلف بیان کند.

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

۴- نقش رنگ را در زیبایی چوب بیان کند.

۵- علت بوی چوب را بیان کند.

۶- نقش بو را در تشخیص چوب تعریف کند.

۷- تأثیر بوی چوب را در کاربرد آن شرح دهد.

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

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

زمان تدریس: ۴ ساعت



مجموعه‌ای از رنگ‌های زیبای طبیعی چوب

۲- رنگ، بو و طعم چوب

۲-۱- 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 آن‌که، 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.^۱ به شکل‌های ۲-۱، ۲-۲، ۲-۳، ۲-۴، ۲-۵ و ۲-۶ نگاه کنید. در این شکلها رنگ‌های گوناگون در مقاطع متفاوت چند گونه مختلف نشان داده شده است.



شکل ۲-۱- رنگ سفید مایل به کرم در چوب خانواده کاج

۱- علاوه بر خاصیت انعکاس نور توسط چوب، رنگ چوب به وجود مواد استخراجی و زاویه تابش نیز بستگی دارد.

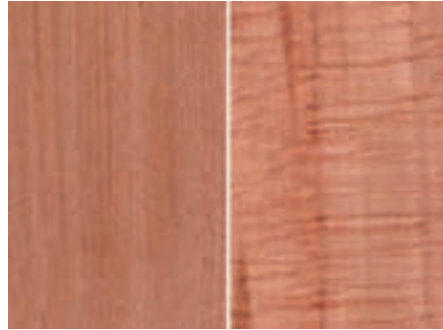
(استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۳)



شکل ۲-۲- رنگ زرد لیمویی در چوب شمشاد



شکل ۲-۴- رنگ خاکستری تا قهوه‌ای تیره در چوب گردو



شکل ۲-۳- رنگ کرم تا صورتی در چوب راش



شکل ۲-۶- رنگ تیره چوب در گونه آکاسیا



شکل ۲-۵- رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز در چوب اوکالیپتوس

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 اکسید شدن ترکیبات معدنی موجود در چوب به وجود می‌آید. تغییر رنگ، ممکن است بلافاصله پس از قطع

درخت در جنگل و یا بعد از تبدیل تنه به چوب آلات مورد نظر به وجود آید؛ مثلاً رنگ چوب «توسکا»، پس از بریده شدن به سرعت 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 ۷-۲).



شکل ۷-۲- چوب افاقیا

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 قرار گیرند، رنگ خاکستری تیره پیدا می‌کنند.

در برخی از چوب‌ها، مواد رنگی ممکن است آن قدر 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 در این 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 در اثر حمله قارچ‌ها، باکتری‌ها و یا سایر عوامل خارجی دیگر پدید آید (شکل ۸-۲).



شکل ۸-۲- تغییر رنگ چوب در اثر حمله قارچ‌ها

۱-۱-۲- نقش رنگ در دوام طبیعی چوب: معمولاً، رنگ تیره نشان‌دهنده‌ی دوام زیاد چوب است. به طور کلی، 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. این گونه مواد در مقابل حمله‌ی قارچ‌های عامل پوسیدگی چوب و حشرات، مانند سم عمل کرده، از پوسیدن چوب جلوگیری می‌نمایند. وجود این گونه مواد شیمیایی در چوب گونه‌هایی، مانند: گردو، سکویا، سرو، سدر، ارس، بلوط و اقاچیا، سبب بادوام بودن آن‌ها می‌شود. بر این اساس، درون چوب این گونه چوب‌ها و سایر گونه‌هایی، مانند: کاج‌ها، بادوام‌تر از برون چوب آن‌ها بوده و چوب‌هایی مانند: صنوبرها، بیدها و نمدار کم دوام محسوب می‌شوند (شکل‌های ۹-۲ و ۱۰-۲).



شکل ۹-۲- میز تحریر ساخته شده از چوب ماهگونی مربوط به قرن هجدهم میلادی



شکل ۱۰-۲- رنگ سفید مایل به کرم در چوب کم دوام بید

لازم است یادآوری شود که رنگ روشن چوب همیشه نمی‌تواند دلیل بر کم 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 ۲-۱۱).



شکل ۲-۱۱- رنگ قهوه‌ای روشن در چوب بادوام سدر

۲-۱-۲- نقش رنگ در زیبایی چوب: رنگ طبیعی چوب تعداد زیادی از گونه‌ها بسیار زیبا است و اکثراً کاربرد تزئینی و دکوراتیو دارند. شکل ۲-۱۲ دو دست لباس مردانه و زنانه ساخته شده از چوب با مجموعه‌ای از رنگ‌های زیبای چندین گونه را نشان می‌دهد. در شکل ۲-۱۳ میز تحریری می‌بینید که به سبکی زیبا ساخته و تزئین شده است.



شکل ۲-۱۳- میز تحریر ساخته شده از چوب شیشم



شکل ۲-۱۲- مجموعه‌ای از رنگ‌های چوب

این میز تحریر زیبا از چوب «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 تزئینی و تجملی مورد استفاده قرار می‌گیرند. وسایل تزئینی دیگری که به دلیل زیبایی ظاهری و رنگ‌های دلپذیر از چوب گونه‌های مختلف ساخته شده‌اند در شکل‌های ۲-۱۴، ۲-۱۵، ۲-۱۶، ۲-۱۷ و ۲-۱۸ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۵- کنده‌کاری روی چوب شمشاد



شکل ۲-۱۴- صندلی با رویه‌کوبی ساخته شده از چوب پهن‌برگ



شکل ۲-۱۶- ترکیبی از رنگ تیره گردو و رنگ روشن افرا



شکل ۱۷-۲- رنگ کرم در چوب افرا



شکل ۱۸-۲- 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 در اثر 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.

۳-۱-۲- نقش رنگ در تشخیص چوب: علی‌رغم تشابه زیادی که در ساختمان 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 (شکل ۱۹-۲) «گلایی» از رنگ زرد مایل به قرمز (شکل ۲۰-۲) و «شیشم آفریقایی» از روی رنگ سیاه چوب درون آن‌ها (شکل ۲۱-۲) به خوبی قابل تشخیص و شناسایی هستند؛ ولی باید توجه داشت که چوب بعضی از گونه‌ها فاقد رنگ مشخصی هستند و یا اگر در معرض هوای آزاد قرار گیرند به سرعت تغییر رنگ می‌دهند؛ از این‌رو تشخیص و شناسایی ظاهری (ماکروسکپی) کلیه چوب‌ها از روی رنگ آن‌ها امکان‌پذیر نیست.



شکل ۲۰-۲- رنگ زرد مایل به قرمز در چوب گلایی



شکل ۱۹-۲- رنگ صورتی مایل به قرمز در

چوب چنار



شکل ۲۱-۲- رنگ سیاه در چوب شیشم آفریقایی

۲-۲- بو و طعم چوب

بوی چوب نیز ناشی از وجود مواد استخراجی قرار 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 این گونه مواد استخراجی معمولاً فرار هستند، از این رو چوب تازه قطع شده در ابتدا، معطر است و پس از مدتی که در معرض هوای آزاد قرار گرفت، بوی خود را به تدریج 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.

۱-۲-۲- 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 مرئی 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

۱- *Sassafras album*

۲- *Catalpa specigera*

۳- *Acer pseudoplatanus*

۴- *Tectona grandis*

۵- *Ceratopetalum 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 مؤثر است.

۲-۲-۲- تأثیر بوی چوب در کاربرد 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 تزئینی (شکل ۲-۲۲) 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 تزئینی 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

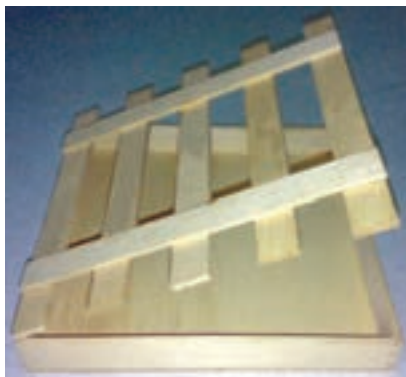


شکل ۲-۲۲- جعبه‌ی تزئینی ساخته شده از چوب توس

۱- Cedrela odorata

۲- Santalum album

«ارس» ساخته می شود؛ در حالی که در صنعت سبده‌سازی و جعبه‌های حمل و نقل و بسته‌بندی مواد غذایی، 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 ۲-۲۳ که یک پالت چوبی مشاهده می‌شود. در شکل ۲-۲۴ تصویر یک دراور از چوب گردو و در شکل ۲-۲۵ ظروف چوبی آشپزخانه نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۳- پالت چوبی مورد استفاده برای حمل بار



شکل ۲-۲۵- ظروف چوبی آشپزخانه



شکل ۲-۲۴- دراور ساخته شده از چوب گردو مربوط به قرن هیجدهم

۲-۲-۳- 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 به همین دلیل، دوام طبیعی آن‌ها زیاده‌تر 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 می‌شود حشرات چوبخوار به آن نزدیک نشوند و در نتیجه برای سال‌ها دوام پیدا کرده، سالم می‌ماند؛ البته گفتنی است که فقط داشتن بوی حشره‌گریز دلیل بادوام بودن چوب نیست، زیرا برخی از چوب‌ها وجود دارند که دارای دوام طبیعی زیادی هستند، ولی فاقد هرگونه بوی مخصوص هستند.

۲-۲-۴- کاربرد طعم در شناسایی و مصارف چوب^۱: طعم چوب نیز ناشی از وجود مواد استخراجی در چوب 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 میکروسکوپی تشابه زیادی دارند، مورد استفاده قرارگیرد؛ برای مثال، چوب گونه «لیبوسدروس^۲» و درخت «نوش^۳» 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، فاشق چوبی، چوب بستنی و غیره بسیار با اهمیت است (شکل ۲-۲۶).



شکل ۲-۲۶- ظرف مثبت‌کاری شده از چوب ون

۱- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۳

۲- Libocedrus decurrens

۳- Thuya plicata

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

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



رطوبت، همکشیدگی و واکشیدگی چوب

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

- ۱- رطوبت چوب را تعریف نماید.
- ۲- مقدار رطوبت چوب را محاسبه کند.
- ۳- همبستگی رطوبت با عوامل مختلف را بیان کند.
- ۴- حالات مختلف آب را در چوب تعریف کند.
- ۵- مقدار رطوبت چوب را در حالات مختلف شرح دهد.
- ۶- پدیده همکشیدگی و واکشیدگی چوب را تعریف کند.
- ۷- تأثیر همکشیدگی و واکشیدگی را در چوب توضیح دهد.
- ۸- تفاوت همکشیدگی و واکشیدگی چوب را با انقباض و انبساط فلزات در اثر حرارت شرح دهد.
- ۹- روش‌های پیشگیری از همکشیدگی و واکشیدگی را بیان کند.
- ۱۰- روش‌های اندازه‌گیری رطوبت چوب را در آزمایشگاه توضیح دهد.
- ۱۱- نحوه‌ی اندازه‌گیری درصد رطوبت چوب، همکشیدگی و واکشیدگی چوب را توضیح دهد.

زمان تدریس: ۸ ساعت

۳- رطوبت چوب، همکشیدگی و واکشیدگی

۳-۱- تعیین رطوبت چوب

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

$$\text{درصد رطوبت چوب} = \frac{\text{وزن آب موجود در چوب}}{\text{وزن خشک چوب}} \times 100$$

با توجه به این فرمول: وزن خشک چوب - وزن تر چوب = وزن آب موجود در چوب
می‌توان فرمول محاسبه درصد رطوبت چوب را به شکل زیر نوشت:

$$\text{درصد رطوبت چوب} = \frac{\text{وزن خشک چوب} - \text{وزن تر چوب}}{\text{وزن خشک چوب}} \times 100$$

چنانچه در رابطه فوق علائم اختصاری به کار برده شود، می‌توان فرمول محاسبه درصد رطوبت چوب را با بیان ریاضی به صورت زیر نوشت^۱:

$$\text{M.C.} = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100 \quad \text{که در آن:}$$

M.C. = مقدار رطوبت چوب (بر حسب 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 این رو، میزان رطوبتی که بدین ترتیب به دست می‌آید، می‌تواند بیش از 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

۱- طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۹۵ برای تعیین میزان رطوبت چوب از نمونه‌هایی به شکل مکعب مستطیل با قاعده‌ای به ضلع ۲۰ میلی‌متر و طول ۲۵۰ 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 به وزن کل (وزن چوب تر) سنجیده شود که در این حالت فرمول محاسبه به صورت زیر می باشد :

$$M.C.- = \frac{W_m - W_{OD}}{W_m} \times 100$$

باید توجه داشت که مقدار رطوبتی که بدین ترتیب به دست می آید با درصد رطوبتی که نسبت به وزن خشک سنجیده می شود 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 :

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{300 - 100}{100} \times 100 = 200 -$$

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

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{300 - 100}{300} \times 100 = 66 -$$

خواهد بود اما در عمل، اکثراً از فرمول اول استفاده می شود؛ یعنی درصد رطوبت بر حسب وزن خشک محاسبه می گردد.

۲-۳- حالات مختلف آب در چوب

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

الف) آب آزاد* : آب آزاد به آبی گفته می شود که به صورت مایع یا بخار در داخل حفره سلول های چوبی یافت می شود. با توجه به این که این آب توسط نیروی «کاپیلاریته» نگهداری می شود و در حالت گرم و خشک به سهولت از چوب خارج می شود و یا به عبارت دیگر، در فرآیند خشک کردن چوب، در مراحل اولیه این آب از چوب خارج می شود؛ از این رو، به آن اصطلاحاً «آب آزاد» گفته می شود.

ب) آب آغشتگی* : این نوع آب در داخل دیواره ی سلول های چوبی و به کمک نیروهای جذب سطحی به حالت چسبیده با مولکول های زنجیر سلولز قرار دارد و در مقایسه با آب آزاد، جدا کردن آن از چوب به انرژی بیشتری نیاز دارد؛ از این رو، چوب هنگام خشک شدن، ابتدا، آب

* استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۳

۱- کاپیلاریته یا نیروی موئی نیروی است که در لوله های کم قطر باعث بالا آمدن آب می شود.

آزاد و بعد آب آغستگی را از دست می دهد.

ج) آب نهاده^{*}: آب نهاده عبارت از آبی است که در ساختمان مولکولی غشای سلولی وجود دارد و جدا کردن آن از چوب ساده نبوده و مستلزم تجزیه چوب است. این آب در اندازه گیری مقدار رطوبت چوب تأثیری ندارد.

۳-۳- مقدار رطوبت چوب در حالات مختلف

هنگامی که آب آزاد و آب آغستگی در چوب وجود دارند (مثلاً در چوب های تازه قطع شده) اصطلاحاً به آن چوب، «چوب تر» و یا «چوب سبز» گفته می شود. در این حالت، مقدار رطوبت چوب زیاد بوده و مقدار آن به عوامل مختلفی نظیر گونه درخت، قسمت های مختلف درخت (ساقه، شاخه، درون چوب و برون چوب و غیره)، سن درخت، جرم مخصوص، میزان مواد (استخراجی)، نوع خاک و برخی دیگر از عوامل متغیر بستگی دارد؛ برای مثال، در گونه هایی که چوب آن ها سبک است، مانند، «صنوبر»، «بید»، «توسکا» و غیره، مقدار رطوبت بیش از ۱۰۰ درصد است. در کاج بین ۶۰ تا ۱۰۰ درصد و در گونه هایی نظیر «راش»، «بلوط» و «ممرز» بین ۵۵ تا ۸۰ درصد و در بعضی چوب های سنگین مناطق گرمسیری بین ۳۰ تا ۶۰ درصد است یا چوب هایی که مقدار زیادی صمغ دارند و یا سن آن ها زیاد است «چوب درون» و یا چوب قسمت های نزدیک به بن درخت، مقدار رطوبت کمتری دارند.

چنانچه چوب به نحوی خشک شود که تمامی آب آزاد از چوب خارج شود و فقط آب آغستگی در چوب باقی مانده باشد، گفته می شود که رطوبت چوب در حد «نقطه اشباع الیاف» (F.S.P)^۱ است؛ بنابراین، نقطه ی اشباع الیاف، حد رطوبتی است که در آن حفره سلول های چوب از آب آزاد خالی است، ولی غشای سلول ها از آب اشباع می باشد^{*}. مقدار رطوبت چوب در این نقطه حدود ۳۰ درصد است، اما مقدار واقعی آن در چوب های مختلف بین ۲۵ تا ۳۰ درصد میزان رطوبت براساس وزن خشک متغیر است که این تغییر به گونه چوب بستگی دارد. نقطه ی اشباع الیاف، یک نقطه ی 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 مقاومت های چوب می گردد. به طور کلی، رطوبت چوب هایی که در شرایطی مورد استفاده

* استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۳

۱- Fiber Saturation Point

* استاندارد ملی 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 به کار می‌روند معمولاً بین ۱۰ تا ۱۲ درصد، 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 ۱۰۰ درصد برسد.

۴-۳- همبستگی رطوبت با عوامل مختلف

چوب ماده‌ای است «هیگروسکوپیک»^۱ (آبدوست) و به رطوبت در حالت‌های مایع و بخار کاملاً حساس است؛ بدین معنی که وقتی قطعه چوب خشک در محیط مرطوب قرار گیرد، رطوبت را جذب می‌کند و اگر چوب مرطوب در محیط خشک قرار گیرد، رطوبت خود را از دست می‌دهد. رطوبت یکی از عوامل محیطی مهم برای چوب به‌شمار می‌رود، زیرا تقریباً روی تمامی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چوب تأثیر می‌گذارد؛ بدین ترتیب که با زیاد شدن 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 قابل توجه بوده و ادامه دارد ولی، از آن نقطه به بعد، تغییرات خواص به غیر از جرم مخصوص، بسیار اندک و غیر محسوس می‌باشد.^۲

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

۵-۳- تعریف همکشیدگی و واکشیدگی*

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

۱- Hygroscopic

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

حجم چوب کاهش پیدا می کند؛ سرانجام، هنگامی فرا می رسد که تمامی آب آغشتگی از چوب خارج گردد. این پدیده‌ی کاهش ابعاد چوب را اصطلاحاً «همکشیدگی» می گویند. حال اگر، همین قطعه چوب را مجدداً در معرض رطوبت قرار دهیم، غشای سلول‌ها به تدریج رطوبت جذب نموده، منبسط می گردد و در نتیجه افزایش در ابعاد یا حجم چوب ایجاد می شود تا این که کاملاً از رطوبت اشباع شود (نقطه اشباع فیبرها) و از آن نقطه به بعد با کم و زیاد شدن رطوبت، ابعاد چوب ثابت می ماند. این پدیده‌ی افزایش ابعاد یا حجم چوب را در اثر جذب رطوبت (تا نقطه‌ی اشباع فیبر) اصطلاحاً «واکشیدگی» می گویند.

معمولاً میزان همکشیدگی و واکشیدگی، برحسب درصد تغییرات ابعاد نسبت به اندازه‌ی اولیه، سنجیده می شود، بنابراین طبق تعریف می توان نوشت^۱:

$$\text{کاهش ابعاد از حالت واکشیده} \times 100 = \frac{\text{درصد همکشیدگی}}{\text{ابعاد در حالت واکشیده}}$$

$$\text{افزایش ابعاد از حالت خشک} \times 100 = \frac{\text{درصد واکشیدگی}}{\text{ابعاد در حالت خشک}}$$

۱-۵-۳- 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 به ترتیب همکشیدگی یا واکشیدگی «شعاعی»، «مماسی» و «طولی» گویند. به مجموع همکشیدگی یا واکشیدگی طولی، شعاعی و مماسی، «همکشیدگی یا واکشیدگی حجمی» گفته می شود.

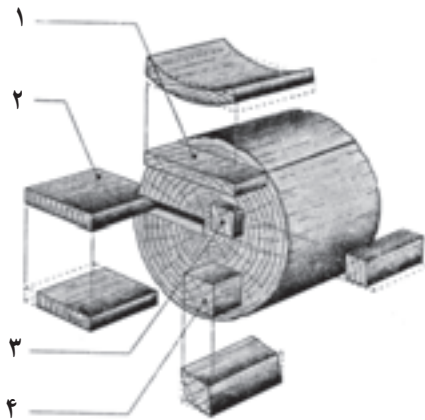
همکشیدگی طولی یا محوری که معمولاً با حرف L نشان داده می شود اغلب، هنگام خشک کردن چوب در کوره از حالت «تر» به «خشک» پدید می آید و مقدار آن بین ۱/۸ تا ۲/۰ درصد است، ولی در چوب‌های غیر طبیعی^۲، ممکن است به میزان زیادی افزایش یابد. بدین سبب، در اکثر موارد، مقدار این نوع همکشیدگی به علت ناچیز بودن قابل اغماض می باشد.

۲- چوب‌های کشتی و فشاری

۱- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۹۸

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^۱ در سطح شعاعی دیواره سلولی، فزونی چوب پایزه در جهت شعاعی و اختلاف بین مقدار ماده چوبی موجود در دیواره یا غشای سلولی در جهت شعاعی و مماسی است.^۲

۲-۵-۳- تأثیر همکشیدگی و واکشیدگی: همکشیدگی چوب یکی از معایب چوب است که هنگام خشک شدن چوب پدید می‌آید. چنانچه فشارهای حاصل از همکشیدگی (حین خشک شدن)، از مقاومت چوب زیاده‌تر شود، عدم تحمل چوب سبب پیدایش معایبی نظیر ترک‌های سطحی، ترک‌های مقطعی، شکاف، چین خوردگی، تاب برداشتن و غیره می‌شود که در نتیجه کیفیت چوب را پایین آورده خسارات مالی زیادی به بار می‌آورد به شکل ۱-۳ توجه کنید، در این شکل، برخی معایب و تغییرشکل‌هایی که در نتیجه همکشیدگی ممکن است در جهات مختلف چوب به وجود آید، نمایش داده شده است.



شکل ۱-۳- تغییر شکل ابعاد چوب در روش‌های مختلف در اثر همکشیدگی

- ۱- در تخته پهن، همکشیدگی در پهنا زیاده‌تر از طول یا ضخامت آن است و نسبت به محور درخت تاب برمی‌دارد.
- ۲- در حالتی که دو ایر رویش سالیانه عمود بر سطح برش باشد، میزان همکشیدگی به حداقل می‌رسد.
- ۳- در این حالت نیز حداقل همکشیدگی پدید می‌آید.
- ۴- در این حالت که دو ایر رویش سالیانه به صورت مایل هستند مقطع تخته به صورت لوزی همکشیده می‌شود.

۱- یونکتواسیون

۲- 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:

– در تهیه تخته‌ها و قطعات مناسب برای کاربردهای بخصوص به‌نحوی که همکشیدگی به حداقل برسد؛

– در تهیه برنامه چوب خشک‌کنی به منظور به‌کاربردن تدابیر لازم جهت جلوگیری از بروز معایب ناشی از همکشیدگی؛

– در تعیین کاربرد چوب‌آلات بریده‌شده برای مصارف بخصوص؛

– در صنایعی نظیر تخته‌چندلا و یاروکش‌سازی و تخته‌خرده چوب آگاهی از میزان همکشیدگی می‌تواند کمک مؤثری در نحوه‌ی قرارگرفتن لایه‌ها روی یکدیگر باشد.

۳-۵-۳- تفاوت همکشیدگی و واکشیدگی با انقباض و انبساط فلزات در اثر حرارت:

– افزایش بُعد طولی چوب در اثر افزایش درجه حرارت نسبت به فلزات بسیار کم است. در سوزنی‌برگان ضریب انبساط در جهت طولی به ازای هریک درجه فارنهایت حرارت، حدود $1/8 \times 10^{-6}$ و در پهن‌برگان حدود $2/5 \times 10^{-6}$ است که در مقایسه با ضریب انبساط آهن و آلومینیم که به‌ترتیب 7×10^{-6} و 13×10^{-6} است چهارتا هفت برابر کمتر است.

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

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

– در فلزات، تغییرات درجه حرارت مستقیماً روی فلزات اثر گذاشته، سبب انقباض و انبساط می‌شود؛ حال آن‌که در چوب درجه حرارت 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.

۴-۵-۳- 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:

– عایق کردن چوب در برابر جذب رطوبت از طریق استفاده از رنگ‌ها، مواد پولیش، رزین‌های مصنوعی و رنگ‌های متالیک ؛

– جلوگیری از تغییر ابعاد از طریق مهار کردن^۱، به نحوی که حرکت بخار آب مشکل یا غیرممکن گردد ؛

– اشباع چوب با مواد شیمیایی که قادر باشد جایگزین تمامی یا دست کم بخشی از آب آغشته‌گی موجود در غشای سلول‌های چوبی بشود، مانند : آغشته کردن با فنل فرم آلدئید و یا پلی اتیلن گلیکول^۲ ؛
– انجام عملیاتی که ضمن آن تغییرات فیزیکی و شیمیایی در گروه‌های هیدروکسیل^۳ موجود در چوب که در خاصیت جذب رطوبت، نقش دارند، ایجاد نموده، این خاصیت را کاهش دهد ؛

– اشباع چوب با مونومرهای^۴، مانند «متیل متاکریلات»^۵ یا «استایرن»^۶ و بعد «پلی مریزاسیون»^۷ آن‌ها در اثر حرارت یا تابش اشعه رادیواکتیو (تهیه چوب – پلاستیک) ؛

– علاوه بر این 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 به حداقل برساند. در صنایع تخته چندلا به منظور کاهش همکشیدگی، معمولاً لایه‌ها را به نحوی روی هم می‌چسبانند تا همکشیدگی در جهات مختلف یکدیگر را خنثی نماید.

۵-۳- روش‌های اندازه‌گیری رطوبت چوب در آزمایشگاه: در آزمایشگاه رطوبت چوب را می‌توان به چند روش به این شرح اندازه‌گیری نمود :

الف) روش خشک کردن در اتو: در این روش که یکی از متداول‌ترین روش‌های استاندارد اندازه‌گیری رطوبت چوب است، قطعه‌ای را از چوب مورد نظر در اتو در درجه حرارت ۲۰۳. ۲

۱- مهار کردن : به کارگیری روش‌هایی مانند اندود کردن دو سر چوب به منظور جلوگیری از خروج رطوبت از دو انتهای چوب.

۲- پلی اتیلن گلیکول = Polyethylene glycol.

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

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

۵- متیل متاکریلات = Methyl Methacrylate.

۶- استایرن = Styrene.

۷- پلی مریزاسیون = 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 سانتی گراد خشک می کنند. مراحل کار در این روش بدین شرح است :

– نمونه ای با ابعاد ۵. ۲۵×۲۰×۲۰ میلی متر^۱ در جهت الیاف از چوب مورد نظر و با فاصله حداقل ۳۰ سانتی متری از انتهای تخته اصلی قطع می شود.

– بلافاصله وزن تر نمونه (W_m) با ترازو با دقت ۰.۱٪ نیوتن تعیین می شود^۲. در شکل های ۳-۲، ۳-۳ و ۳-۴ چند نمونه ترازوی آزمایشگاهی نشان داده شده است.



شکل ۳-۲- ترازوی دیجیتال برای وزن کردن نمونه



شکل ۳-۴- نوعی دیگر از ترازوی سرپوش دار برای جلوگیری از تبخیر رطوبت



شکل ۳-۳- ترازوی سرپوش دار برای جلوگیری از تبخیر رطوبت

۱- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۹۵

۲- در ترازو معمولاً جرم نمونه اندازه گیری می شود که می بایست با استفاده از فرمول ذیل به محاسبه وزن پرداخت :

$$(N) \text{ جرم} = \text{وزن} \times (9.81 \text{ m/s}^2) \text{ شتاب جاذبه} \times (kg)$$

– نمونه را بلافاصله در اتو با دمای ۲۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا به وزن ثابت^۱ برسد (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵- نوعی اتو^۲ برای خشک کردن چوب

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

– در این مرحله، با در دست داشتن 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 قطع شده از گونه راش 400 نیوتن بوده است. این قطعه چوب در کوره چوب خشک کنی خشک شده و وزن آن به 250 نیوتن تنزل پیدا کرده است. درصد رطوبت این قطعه چوب قبل از خشک شدن چه قدر بوده است؟

حل:

با استفاده از فرمول اندازه‌گیری درصد رطوبت خواهیم داشت:

۱- 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 ملی ایران شماره ۲۸۹۵

۲- اتو: یک کوره چوب خشک کنی کوچک آزمایشگاهی می‌باشد.

$$M.C.- = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100$$

$$\text{جواب} = \frac{40^\circ - 25^\circ}{25^\circ} \times 100 = \frac{15^\circ}{25^\circ} \times 100 = 60\% \text{ درصد رطوبت قطعه چوب}$$

ب) روش تقطیر: چوب برخی از گونه‌ها حاوی مقداری رزین است که حتی در درجه حرارت کم به سرعت تبخیر می‌شوند. بدین سبب رطوبت این قبیل چوب‌ها را با استفاده از روش تقطیر اندازه‌گیری می‌نمایند. در این 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 آن را وزن می‌کنند؛ همچنین وزن چوب خشک عاری از آب را با ترازو اندازه می‌گیرند. در این 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 از خاصیت مقاومت چوب در مقابل جریان الکتریسیته استفاده می‌شود. بدین ترتیب 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 در چند نقطه انجام می‌شود و بعد میانگین درصد رطوبت محاسبه می‌گردد. لازم به یادآوری است که در این 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 ۳-۶ نشان داده شده است.



شکل ۳-۶- طرز کار با رطوبت‌سنج الکتریکی

از انواع دیگر رطوبت‌سنج الکتریکی، نوع تماسی است که برای تعیین درصد رطوبت روکش‌های نازک چوبی به کار می‌رود. این رطوبت‌سنج‌ها قادرند رطوبت تا عمق ۳۰ میلی‌متر را در چوب اندازه‌گیری کنند (شکل ۷-۳). به دلیل کوچکی ابعاد و جابه‌جایی آسان، این دستگاه‌ها و سرعت اندازه‌گیری، در هنگام خرید چوب نیز وسیله مناسب و قابل استفاده می‌باشند.



شکل ۷-۳- رطوبت‌سنج تماسی

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

- ۱- حالات مختلف آب داخل چوب را نام برده، شرح دهید.
- ۲- میزان رطوبت چوب به چه عواملی بستگی دارد؟ شرح دهید.
- ۳- نقطه‌ی اشباع الیاف را تعریف کنید.
- ۴- همکشیدگی و واکشیدگی چوب را در اثر تغییرات رطوبت شرح دهید.
- ۵- دلیل نامساوی بودن همکشیدگی و واکشیدگی چوب را در جهات مختلف، بیان کنید.
- ۶- تفاوت همکشیدگی و واکشیدگی چوب با انقباض و انبساط فلزات را در اثر حرارت شرح

دهید.

- ۷- روش‌های پیشگیری از همکشیدگی و واکشیدگی را بیان کنید.
 - ۸- روش‌های مختلف تعیین درصد رطوبت چوب را شرح دهید.
 - ۹- اگر وزن آب موجود در قطعه چوبی $1/8$ نیوتن و وزن تر آن $7/8$ نیوتن باشد، درصد رطوبت این قطعه چوب چقدر خواهد بود؟
- ۱۰- اگر نمونه‌ی چوبی از محیط مرطوب به محیط خشک منتقل گردد و پس از مدتی حجم آن از ۳ سانتی متر مکعب به $2/5$ سانتی متر مکعب برسد، درصد همکشیدگی آن چقدر خواهد بود؟

جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی

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

- ۱- جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی را تعریف کند.
- ۲- جرم ویژه نسبی دیواره سلول‌ها و خاصیت تخلخل چوب را بیان کند.
- ۳- تغییرات جرم ویژه نسبی یا جرم مخصوص را شرح دهد.
- ۴- اهمیت جرم مخصوص و همبستگی آن‌را با سایر عوامل شرح دهد.
- ۵- طرز کار با اتو، کولیس، ترازو و حجم‌سنج جیوه‌ای را بیان کند.
- ۶- جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی را محاسبه کند.

زمان تدریس: ۶ ساعت

۴-۱ 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.

۴-۱-۱ جرم مخصوص (دانسیته)^۱

جرم مخصوص یا دانسیته چوب عبارت‌است از نسبت «جرم نمونه» به «حجم آن»، اما با توجه به این‌که چوب و فرآورده‌های چوبی خاصیت جذب و دفع رطوبت دارند، از این رو، جرم مخصوص آن‌ها بستگی کامل به میزان رطوبت آن‌ها دارد؛ بدین معنی که جرم و حجم با تغییر میزان رطوبت، تغییر

می‌یابند. به همین دلیل، معمولاً، جرم و حجم، هر دو در حالتی معین و مشخص اندازه‌گیری می‌شوند؛ بنابراین طبق تعریف:

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

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

و یا با بیان ریاضی:

$$D = \text{جرم مخصوص}$$

$$M = \text{جرم چوب در حالت آزمایش به گرم}$$

$$V = \text{حجم چوب در حالت آزمایش به cm}^3$$

واحدهایی که برای سنجش جرم مخصوص به کار می‌روند عبارتند از:

$$\text{— گرم بر سانتی‌متر مکعب } \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$$

$$\text{— کیلوگرم بر متر مکعب } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$$

۲-۴- جرم ویژه نسبی^۱

جرم ویژه نسبی چوب عبارت است از نسبت «جرم خشک چوب» به «جرم آب هم‌حجم آن»^۲؛ بنابراین طبق تعریف:

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

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

و یا با بیان ریاضی:

که در آن:

$$S_G = \text{جرم ویژه نسبی}$$

$$M = \text{جرم خشک چوب}$$

$$M_W = \text{جرم آب جابه‌جا شده در رطوبت معین}$$

۱- Specific Gravity

۲- حرارت استاندارد آب ۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (استاندارد ملی ایران، شماره ۳۰۴۲).

به تعبیری دیگر، جرم ویژه نسبی چوب عبارت است از جرم خشک چوب تقسیم بر جرم آب هم حجم آن.

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

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.

۱۰ (درصد رطوبت چوب . ۱۰۰) جرم ویژه نسبی = جرم هر متر مکعب چوب در رطوبت‌های مختلف مثلاً اگر جرم ویژه نسبی چوبی بر اساس حجم در صفر درصد رطوبت برابر ۵/۰ 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 خواهد داشت.

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

۱-۲-۴- 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 به روش اندازه‌گیری حجم مورد استفاده، بدین شرح است:

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

۱/۴۶ خواهد بود که علت این اختلاف، قابلیت نفوذ بیشتر ملکول کوچتر هلیوم و نشان دادن 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 هر دو است؛ بنابراین، می‌توان گفت که جرم ویژه نسبی دیواره سلولی در تمام چوبها ثابت است و مقدار آن معمولاً $1/53$ 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 خلل و فرج باشد، جرم ویژه نسبی آن نیز $1/53$ و یا جرم مخصوص آن برابر با $1/53$ گرم بر سانتی‌متر مکعب است؛ در صورتی که حدود ۵۰ درصد حجم آن چوب را خلل و فرج تشکیل دهد، جرم ویژه نسبی آن ممکن است از $1/53$ به $75/0$ کاهش پیدا کند.

۲-۲-۴- تغییرات جرم مخصوص: جرم مخصوص (دانسیته) در گونه‌های مختلف متفاوت است. حتی در بین درختان یک گونه 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 جوئی مانند میزان بارندگی، درجه حرارت محیط، باد و به‌علاوه، عوامل دیگری مانند، سن درخت، محل قرارگرفتن چوب در درخت (درجه 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 به حساب نمی‌آیند. این گونه مواد ممکن است شامل روغن‌های معطر، رزین‌ها، چربی‌ها، تانن‌ها، موادرنگی و کربوهیدرات‌ها باشند و مقدار آن‌ها می‌تواند تا ۲۰ درصد جرم چوب را به خود اختصاص دهد.

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

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

به منظور آشنایی بیشتر با حدود تغییرات جرم مخصوص، طبقه بندی چوب‌ها از لحاظ جرم مخصوص در جدول ۱-۴ ذکر می‌گردد.

جدول ۱-۴- طبقه بندی گونه‌های مختلف بر اساس جرم ویژه نسبی^۱

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

همان گونه که گفته شد، جرم مخصوص در قسمت‌های مختلف یک درخت نیز فرق می‌کند؛ برای مثال، چوب شاخه‌ها معمولاً سنگین‌تر از چوب تنه است و یا این که در بعضی سوزنی‌برگان، جرم مخصوص در قسمت‌های پایین تنه بیشتر بوده با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد؛ به علاوه، چوب بهاره معمولاً از چوب پاییزه بمراتب سبک‌تر است، به این دلیل، چوب پهن‌برگان بخش روزنه‌ای، که دارای دوایر سالیانه پهن هستند، (به دلیل این که فضای اشغال شده 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 سنگین تری هستند.

۱- صفات سبک و سنگین با توجه به وزن چوب استفاده می‌گردند که حاصل ضرب مقدار عددی جرم چوب در شتاب جاذبه (9.81 m/s^2) بوده و واحد آن نیوتن (N) می‌باشد.

۳-۲-۴- اهمیت جرم مخصوص و همبستگی آن با عوامل مختلف: جرم مخصوص یکی از مهمترین خواص فیزیکی چوب به شمار 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 واکنشیدگی چوب نیز با جرم مخصوص همبستگی نزدیکی دارد. به‌طور کلی، 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.

۴-۲-۴- 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:

۱- استفاده از کولیس^۱: برای نمونه‌هایی که اشکال هندسی مناسب و منظم دارند، ساده‌ترین



شکل ۱-۴- انواع کولیس

۱- 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 $\frac{1}{10}$ میلی‌متر به وسیله «کولیس»‌های دقیق یا میکرومتر است که بعداً با ضرب کردن ابعاد اندازه‌گیری شده در یکدیگر، حجم نمونه آزمونی محاسبه می‌گردد. در شکل (۱-۴)، انواع کولیس نشان داده شده است. کولیس دیجیتالی را می‌توان تا $\frac{1}{100}$ میلی‌متر اندازه‌گیری کرد.

۲- استفاده از روش شناوری در آب: در صورتی که نمونه آزمونی دارای شکل نامنظمی باشد می‌توان حجم آن را 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 به دست آورد. وسایل لازم در این روش در شکل ۲-۴ نشان داده شده است.



شکل ۲-۴- روش اندازه‌گیری حجم با توزین آب، قبل و بعد از فروبردن نمونه در آن

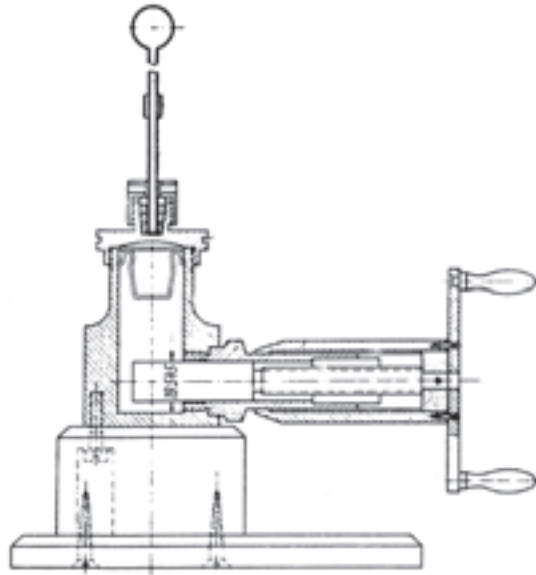
این روش تعیین حجم برای نمونه‌های «تر» مناسب‌ترین روش است، زیرا در این حالت، فقط مقدار ناچیزی آب به وسیله نمونه آزمونی جذب می‌گردد، اما در مواردی که قرار است نمونه خشک در آب فروبرده شود، اندود نمودن نمونه‌های آزمونی با پارافین مذاب به منظور جلوگیری از نفوذ آب ضرورت دارد.

۳- استفاده از استوانه‌ی مدرج: سومین روش تعیین حجم نمونه آزمونی، استفاده از استوانه مدرج است که در این حالت، حجم نمونه آزمونی عبارت است از اختلاف بین سطح آب داخل بشر، قبل و بعد از فروبردن نمونه آزمونی در آب. این روش یکی از ساده‌ترین، سریع‌ترین و رایج‌ترین روش‌های حجم‌یابی نمونه آزمونی به‌شمار می‌رود که در شکل ۳-۴ نشان داده شده است.



شکل ۳-۴- روش تعیین حجم با اندازه‌گیری اختلاف سطح آب در استوانه مدرج

۴- استفاده از حجم سنج جیوه‌ای^۱: روش دیگری که در آن خطر جذب آب وجود ندارد، استفاده از حجم سنج جیوه‌ای است. در این روش از دستگاهی به نام «بروئیل^۲» استفاده می‌شود. نمونه این دستگاه در شکل ۴-۴ نشان داده شده است. طرز کار با این دستگاه و به دست آوردن حجم نمونه به این ترتیب است که تفاضل دو درجه، قبل و بعد از قرار گرفتن نمونه در داخل حجم سنج، از روی ورنیه‌ای که متصل به حجم سنج است، مشاهده می‌شود.



شکل ۴-۴- دستگاه حجم سنج جیوه‌ای Breuil

ب) اندازه‌گیری جرم نمونه آزمونی: برای اندازه‌گیری جرم نمونه‌های آزمونی می‌توان از ترازوهایی که تا $\frac{1}{10}$ 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 در فصل 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 این رو، معمولاً جرم خشک نمونه آزمونی را با استفاده از روش تقطیر و اندازه‌گیری جرم بخار آب خارج شده از چوب اندازه‌گیری می‌کنند.

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

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱- رطوبت چه تأثیری بر جرم مخصوص دارد؟

۲- اگر جرم ویژه نسبی چوبی $\frac{1}{4}$ باشد، جرم خشک ماده چوبی در واحد حجم چقدر خواهد

بود؟

۳- با وجود این که جرم مخصوص ماده تشکیل دهنده چوب حدود $1/53$ گرم بر سانتی متر مکعب

است، چوب زیر آب قرار نمی‌گیرد؛ به چه دلیل؟

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

۵- یک روش اندازه‌گیری جرم مخصوص را شرح دهید.

۶- اگر جرم مخصوص چوب صنوبر $36/0$ گرم بر سانتی متر مکعب باشد، آن‌گاه جرم 2 متر مکعب

از این چوب چقدر خواهد بود؟

مقاومت و هدایت الکتریکی، حرارتی و صوت در چوب

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

- ۱- عایق بودن چوب را در مقابل جریان الکتریسیته تعریف کند.
- ۲- ارتباط رطوبت چوب را با هدایت جریان الکتریسیته، تشریح کند.
- ۳- قابلیت هدایت حرارت چوب را بیان کند.
- ۴- ضریب رسانایی حرارتی چوب را تعریف کند.
- ۵- گرمای ویژه چوب را تشریح نماید.
- ۶- تغییر ابعاد چوب را در برابر حرارت تعریف کند.
- ۷- قابلیت عایق بودن چوب را در مقابل صوت بیان کند.
- ۸- قابلیت چوب را در ارتباط با تشدید طنین صوت تشریح کند.
- ۹- عوامل مؤثر را در انتشار صوت در چوب بیان کند.

زمان تدریس: ۸ ساعت

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

۱-۵- 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، عایق بودن آن در برابر جریان الکتریسیته است. معمولاً، چوب کاملاً خشک (رطوبت صفر درصد) ماده‌ای عایق الکتریکی محسوب می‌شود، اما هر قدر رطوبت آن زیاد شود، مقاومت الکتریکی آن کاهش می‌یابد و یا به عبارت دیگر، قابلیت هدایتی یا

رسانایی الکتریکی چوب با افزایش رطوبت زیاد می‌گردد.
 معمولاً، مقاومت الکتریکی یک سانتی متر مکعب چوب را اصطلاحاً «مقاومت ویژه الکتریکی^۱ چوب» می‌گویند که با استفاده از این رابطه به دست می‌آید:

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

r = مقاومت ویژه الکتریکی بر حسب اهم سانتی متر

R = مقاومت الکتریکی بر حسب اهم

A = سطح مقطع نمونه بر حسب سانتی متر مربع

D = فاصله بین الکترودها یا طول نمونه بر حسب سانتی متر

مقاومت ویژه الکتریکی چوب کاملاً خشک بسیار زیاد است و ممکن است به چندین هزار مگا اهم سانتی متر برسد؛ حال آن که مقاومت ویژه الکتریکی با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد و در چوب تر به چند اهم سانتی متر می‌رسد.

عکس مقدار r ^۲ یا مقاومت ویژه الکتریکی چوب را «هدایت الکتریکی^۳ چوب» یا «توان انتقال الکتریکی چوب» می‌نامند که معمولاً بر حسب $\frac{1}{\text{اهم سانتی متر}}$ بیان می‌گردد.

۲-۵- عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی چوب

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

الف) درصد رطوبت: همانگونه که قبلاً نیز اشاره شده است، چوب کاملاً خشک (در صفر درصد رطوبت)، عایق جریان الکتریسیته است، اما با افزایش رطوبت قابلیت هدایت جریان الکتریسیته به شدت بالا می‌رود. مقاومت ویژه الکتریکی چوب خشک رقم زیادی است ($10^{17} \times 3$ تا $10^{18} \times 3$ اهم سانتی متر به ازای هر سانتی متر مکعب) و در ۱۶ درصد رطوبت، به حدود 10^8 اهم سانتی متر می‌رسد.

۱- Electrical resistivity

۲- عکس مقدار r برابر $\frac{1}{r}$ = است که به آن توان انتقال الکتریکی چوب (رسانایی) و یا هدایت الکتریکی چوب گویند.

۳- Conductivity

به طور 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:

$$m = 57 / 5 - 5 \log r$$

یا

$$r = 10^{(57 - 5MC) / 5}$$

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؛ در حالی که در رطوبت زیادتر از نقطه اشباع الیاف، این رابطه خطی نبوده و با افزایش رطوبت تغییرات زیادی در مقاومت ویژه الکتریکی به وجود نمی‌آید. مجموع این مطالب در ساخت رطوبت‌سنج‌های الکتریکی استفاده می‌شود.

ب) حرارت: بالا رفتن حرارت باعث کاهش مقاومت ویژه الکتریکی چوب خشک می‌شود. این تأثیر بر اساس این رابطه می‌باشد:

$$r = 10^{(5000 / T - 8)}$$

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

ج) دانسیته: تاکنون هیچ‌گونه تأثیر عمده‌ای ناشی از دانسیته روی مقاومت الکتریکی چوب گزارش نشده است و اثرات جزئی موجود بیشتر به درصد خاکستر چوب و یا حجم چوب نسبت داده شده است؛ با این همه، برخی محققان معتقدند که چوب‌های سنگین (دانسیته زیاد) در مقایسه با چوب‌های سبک (دانسیته کم) دارای قابلیت هدایت الکتریکی کمتری هستند.

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

۳-۵- ضریب نگهداری الکتریکی چوب^۱

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

الکتریکی چوب (C_1) به ظرفیت نگهداری الکتریکی هوا یا خلاً (C_2) که به این صورت بیان می‌گردد :

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

مانند سایر خصوصیات چوب، ضریب نگهداری الکتریکی چوب نیز تحت تأثیر عواملی مانند : دانسیته، درصد رطوبت، جهت الیاف و فرکانس جریان الکتریسیته است ؛ بدین معنی که هر قدر دانسیته چوب و درصد رطوبت کمتر باشد، ثابت دی الکتریک یا ضریب نگهداری الکتریکی چوب پایین تر است. با این همه، در مورد فرکانس، جریان الکتریکی هر چه کمتر باشد، ثابت دی الکتریک زیادتر خواهد بود. براساس این عوامل که بر ثابت دی الکتریک تأثیر می‌گذارند، رطوبت سنج‌هایی طراحی و ساخته شده‌اند که درصد رطوبت چوب را در زیر نقطه اشباع الیاف و در محدوده‌های فرکانس مختلف تعیین می‌کنند ؛ برای مثال، ثابت دی الکتریک چوب خشک شده 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.

۴-۵- 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 گرمایی چوب تشریح خواهد شد.

۱-۴-۵- انبساط حرارتی چوب: هنگامی که درجه حرارت قطعه چوبی افزایش می‌یابد، انرژی درونی در یک حجم معین نیز بالا می‌رود ؛ این عمل با افزایش نوسانات مولکول‌ها و طبیعتاً افزایش متوسط فاصله بین آن‌ها همراه است که در نتیجه، ابعاد و حجم آن چوب افزایش پیدا می‌کند. این پدیده، انبساط حرارتی چوب است.

الف) همکشیدگی چوب: در مورد چوب‌های مرطوب، از دست دادن رطوبت در اثر حرارت، باعث همکشیده شدن چوب می‌شود. بنابراین، در مواقعی که اندازه‌گیری‌های مربوط به انبساط حرارتی چوب انجام می‌شود، درصد رطوبت چوب معمولاً در یک محدوده حرارتی معین ثابت نگهداشته می‌شود.

ب) ضریب انبساط حرارتی: عبارت است از افزایش واحد ابعاد چوب به ازای زیاد شدن

یک درجه حرارت، که ضریب انبساطی چوب در سه جهت مختلف آن کاملاً متفاوت می‌باشد، در جهت شعاعی و مماسی، ضریب انبساط 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 2×10^{-6} تا 4×10^{-6} به ازای افزایش هر درجه حرارت در محدوده 5° تا 5° سانتی‌گراد متغیر می‌باشد. در جهت طولی، ضریب انبساط معمولاً به اندازه $\frac{1}{5}$ تا $\frac{1}{1}$ ضریب انبساط جهت شعاعی و مماسی می‌باشد.

۲-۴-۵- ضریب گرمای ویژه چوب: ضریب گرمای ویژه چوب عبارت از مقدار حرارت لازم برای گرم کردن یک گرم چوب به مقدار 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 ضریب گرمای ویژه به این صورت به دست می‌آید:

$$C = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} \quad \text{و یا} \quad Q = mc(t_2 - t_1)$$

که در این صورت:

Q = مقدار گرمای لازم بر حسب کیلوکالری جهت افزایش حرارت یک کیلوگرم (m) چوب از t درجه سانتی‌گراد به 1° درجه سانتی‌گراد.

آزمایشات مختلف نشان داده است که گرمای ویژه چوب کاملاً خشک با افزایش دما مانند سایر مواد بالا می‌رود، ولی وابسته به جرم مخصوص نیست و مقدار آن 226° در صفر درجه سانتی‌گراد است که عملاً مشابه سلولز می‌باشد. حرارت ویژه سیمان و آلومینیوم حدود $\frac{2}{3}$ حرارت ویژه چوب است و برای فلزات معمولی از $\frac{1}{4}$ تا $\frac{1}{8}$ گرمای ویژه چوب متغیر است.

۵-۵- قابلیت هدایت حرارتی چوب

به‌طور کلی، هدایت حرارتی چوب بسیار ضعیف است و به همین دلیل از چوب برای ساخت دستگیره‌های وسایل خانگی، اجاق‌گازی و لوازم برقی و غیره استفاده می‌کنند. ضریب هدایت حرارتی چوب (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 سانتی متر مربع و به ضخامت یک سانتی متر می‌گذرد، در صورتی که اختلاف حرارت بین دو سطح یک درجه سانتی‌گراد باشد. هدایت حرارتی چوب با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود^۱.

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

که در آن:

Q = مقدار حرارت انتقال یافته بر حسب کالری

K = ضریب هدایت حرارتی بر حسب کیلوکالری بر متر در درجه سانتی‌گراد در ساعت یا کالری

بر سانتی متر در درجه سانتی‌گراد در ثانیه

جدول ۱-۵- 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 نول، نراد	۰/۱۰	سرب شیشه بتون	۳۰ ۱ ۱/۵-۰/۳
سبک‌ترین گونه‌ها	بالزا	۰/۰۴۵	سیمان آجر	۰/۵۵ ۰/۷۵-۰/۵
فیبر و تخته خرده چوب	فیبر سبک (عایق) و تخته خرده چوب	۰/۰۵۵ ۰/۱۳	گچ معمولی	۰/۴۰

$$A = \text{سطح عمود بر جهت جریان حرارت بر حسب سانتی متر مربع یا متر مربع}$$

$$t_1 \text{ و } t_2 = \text{به ترتیب حرارت های سطح سرد و سطح گرم بر حسب درجه سانتی گراد}$$

$$T = \text{زمانی که طی آن حرارت جریان می یابد بر حسب ثانیه یا ساعت}$$

$$d = \text{فاصله بین سطوح بر حسب سانتی متر یا متر}$$

مانند سایر موارد، قابلیت هدایت حرارتی نیز با جرم مخصوص، درصد رطوبت و جهت قرار گرفتن الیاف بستگی دارد و نسبت به این عوامل متغیر می باشد؛ هم چنین درصد مواد استخراجی، مقدار درون چوب و برون چوب و عوامل دیگری نظیر گره، ترک خوردگی و غیره ممکن است بر قابلیت هدایت حرارتی چوب تأثیر بگذارند.

۶-۵- قابلیت سوخت و قدرت گرمزایی چوب

چوب ماده ای سوختنی است و به همین دلیل برای سوخت خانگی و صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد. منظور از «ماده ای سوختنی»، سهولت آتش گیری و تداوم احتراق آن تا حد خاکستر شدن است که عامل زمان نیز در آن مطرح است.

قدرت گرمادهی یا گرمزایی مطلق چوب عبارت است از مقدار حرارت تولیدی توسط یک وزن معین چوب در طی روند احتراق که بر حسب کالری اندازه گیری می شود.^۱ عوامل متعددی مانند، هوا (اکسیژن)، درصد رطوبت چوب، جرم مخصوص، گونه چوبی و غیره بر احتراق پذیری و قدرت گرمزایی تأثیر می گذارند؛ در حالی که عوامل مؤثر بر احتراق، لزوماً بر قدرت حرارت دهی به یک نسبت تأثیر ندارند؛ بنابراین، «ارزش سوختی» کلی چوب بستگی به تلفیق احتراق پذیری و قدرت گرمادهی و نیز عواملی نظیر متصاعد شدن دود، جرقه و گازهای سمی دارد.

ارزش حرارتی چوب از لحاظ مقداری به عنوان تعداد واحدهای حرارتی که در اثر سوختن کامل یک واحد از توده چوب تحت شرایط خاص خارجی به وجود می آید بر حسب کالری بیان می گردد. معمولاً ارزش حرارتی مواد سوختنی به روش های مختلفی تعیین می گردد، اما اصل مهم در تمام روش ها، اندازه گیری مقدار حرارت تولید شده به وسیله یک واحد از توده ماده سوختنی تحت شرایط خاص است. چون یک کالری قادر است دمای یک گرم آب را یک درجه سانتی گراد افزایش

۱- قدرت گرمزایی مخصوص چوب عبارت است از میزان گرمایی که واحد حجم چوب بر حسب کالری تولید می کند.

دهد. پس اگر ارزش حرارتی یک گونه خاص از چوب ۵۰۰۰ کالری باشد، در این صورت یک گرم از آن چوب، تحت احتراق کامل، حرارت ۵۰۰۰ گرم آب را یک درجه سانتی گراد بالا خواهد برد؛ هم چنین اگر ارزش حرارتی زغال چوب ۷۰۰۰ کالری باشد، یک گرم زغال چوب، حرارت ۷۰۰۰ گرم آب را یک درجه سانتی گراد بالا خواهد برد.

باتوجه به این که، گونه های مختلف چوب با مقدار رطوبت برابر، معمولاً، از نظر ترکیبات شیمیایی شبیه هستند. بنابراین، ارزش حرارتی چوب آن ها (در حالت خشک شده در هوای آزاد) تقریباً یکسان است و تفاوت فقط بین (۴۳۰۰ و ۵۲۰۰ کالری) است. چوب های حاوی مواد استخراجی مانند رزین ها، روغن ها، صمغ ها و غیره معمولاً ارزش حرارتی بالاتری از خود نشان می دهند. ارزش حرارتی چوب بعضی گونه ها همراه با ارزش حرارتی بعضی از مواد سوختنی دیگر در جدول ۲-۵ نشان داده شده است:

جدول ۲-۵- ارزش حرارتی بعضی از مواد

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

۷-۵- مقاومت و هدایت صوت در چوب

به طور کلی، عکس العمل چوب در مقابل صوت را به دو طریق می توان بیان نمود:
الف) خاصیت طنین چوب^۱: چوب می تواند صدا را تشدید و تقویت نموده، به صورت امواج

۱- استاندارد ملی ایران ۱۱۲۳

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

با توجه به این که، چوب دارای خاصیت ارتجاعی است، از این رو، هنگام تحریک مکانیکی سیم‌ها، چوب ارتعاشات آن را با سرعت به صوت 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^۱. 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 بر مقدار 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 یک مترمربع که قادر به انعکاس انرژی صوتی نیست و همه اصوات از آن عبور می‌کند؛ از این رو ضریب جذب صوت آن را «۱» فرض می‌کنند و بعد ضریب جذب سایر مواد را در مقایسه با ضریب جذب واحد برای پنجره باز در نظر می‌گیرند. مقادیر تقریبی ضریب جذب صوت برای مواد مختلف در جدول ۳-۵ نشان داده شده است:

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

جدول ۳-۵- ضریب جذب صوت مواد مختلف

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

با داشتن ضریب جذب صوت واحد که اصطلاحاً به آن «سابین» نیز گفته می‌شود و با استفاده از رابطه زیر می‌توان کل انرژی صوتی جذب شده را برای هر مساحتی از مواد محاسبه نمود:

$$Q = KA$$

که در آن:

Q = مقدار کل انرژی جذب شده

K = ضریب جذب

A = سطح ماده مورد نظر

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

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

که در آن:

V = سرعت انتشار صوت در جهت تقارن محوری چوب

E = مدول الاستیسیته در جهت مورد نظر

D = جرم مخصوص نمونه آزمونی

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

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 ذکر شده، انتشار صوت 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 انتشار صوت در چوب و برخی مواد دیگر در جدول ۴-۵ نشان داده شده است.

جدول ۴-۵- سرعت انتشار صوت در مواد مختلف

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

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

- ۱- چرا تیرهای انتقال نیرو و دسته ابزارهای برقی را معمولاً از چوب می‌سازند؟
- ۲- مقاومت الکتریکی چوب را تعریف کنید.
- ۳- مقاومت ویژه الکتریکی چوب چیست؟
- ۴- عواملی که روی مقاومت الکتریکی چوب تأثیر می‌گذارند شرح دهید. تأثیر کدام عامل

بیشتر است؟

- ۵- ضریب هدایت حرارتی چوب را تعریف کنید.
- ۶- ضریب هدایت حرارتی چوب چگونه محاسبه می‌شود؟
- ۷- حرارت ویژه چوب را تعریف کنید.
- ۸- خاصیت طنین صوت را در چوب تعریف کنید.
- ۹- از خاصیت طنین صوت چوب در چه مواردی استفاده می‌شود؟
- ۱۰- خاصیت اکوستیک چوب چیست و در چه مواردی اهمیت دارد؟
- ۱۱- ضریب جذب صوت در چوب چیست؟
- ۱۲- ضریب جذب صوت در چوب‌های پرداخت شده بیشتر است یا در چوب‌های پرداخت نشده؟
- ۱۳- سرعت انتشار صوت در چوب به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۱۴- انتشار صوت در جهات مختلف چوب چگونه است؟
- ۱۵- سرعت انتشار صوت را چگونه محاسبه می‌کنند؟
- ۱۶- 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 می پوشاند.

مقدمه

اگر انسان چوب را به صورت یک ماده صنعتی - 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 خریای 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 تزئینی 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 اجتناب‌ناپذیر 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



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

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؟

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 اشیاء 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.

ویژگی‌های مقاومتی چوب

- هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:
- ۱- در چوب حالت الاستیکی و پلاستیکی را شرح دهد.
 - ۲- تنش - تغییر طول نسبی را تعریف کند.
 - ۳- «قانون هوک» را بداند.
 - ۴- ویژگی‌های انحصاری چوب را از جنبه‌های مختلف شرح دهد.
 - ۵- اهمیت هر یک از مقاومت‌های چوب را در یک سازه چوبی بداند.

زمان تدریس: ۴ ساعت

۶- 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 به وجود می‌آید. با زیاد شدن مقدار نیروی وارد شده بر چوب میزان تغییر شکل نیز زیادتر می‌شود. به طور کلی در تغییر شکل مواد - که چوب نیز جزء آنها می‌باشد - دو حالت کلی را می‌توان مشاهده کرد.

۱-۶- تعاریف

۱-۱-۶- حالت الاستیکی^۱ (الاستیسیتته): اگر بر یک قطعه چوب نیروی معینی وارد

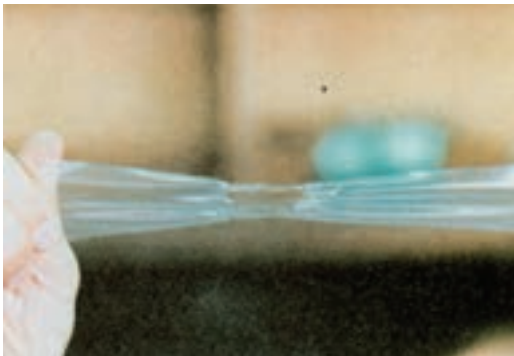
شود و در اثر آن نیرو تغییر شکل به وجود آید، اما پس از برداشتن نیرو تغییر شکل از بین رفته و چوب به حالت اول برگردد این تغییر شکل را «تغییر شکل الاستیک» یا «لاستیکی» نامند. این نوع تغییر شکل مشابه کشیده شدن یک قطعه کش نواری یا یک نوار لاستیکی است. به شکل ۱-۶ دقت کنید. اگر نوار لاستیکی را از حالت کشیده آزاد کنیم به حالت اول برمی‌گردد.



شکل ۱-۶- یک نوار لاستیکی کشیده شده که نشان دهنده حالت لاستیکی است.

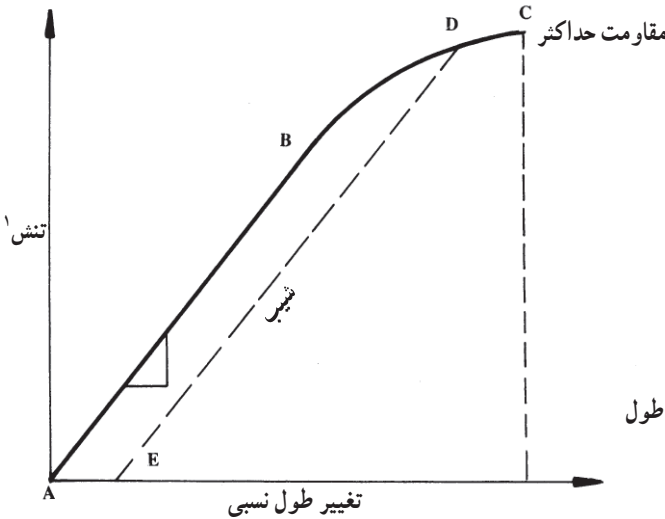
۲-۱-۶- حالت پلاستیکی (پلاستیسیتته): ولی اگر مقدار نیروی وارد شده بر یک قطعه

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 تغییر شکل 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 ۲-۶ نشان داده شده است.



شکل ۲-۶- یک نوار پلاستیکی که پس از کشیده شدن در حالت اول برگشت نداشته است.

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



شکل ۳-۶- منحنی تنش - 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 - 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^۱ 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 - C) اگر بارگذاری متوقف شده، بار از روی قطعه چوب برداشته شود، چوب به حالت اول برگشت نمی‌کند، بلکه یک تغییر شکل دائمی در آن به وجود خواهد آمد؛ این تغییر شکل به صورت خمیدگی، فشردگی یا مچاله شدن چوب ظاهر می‌شود. چنانچه منحنی بر حسب

۱- تنش عبارت است از نیرو تقسیم بر واحد سطح که با پاسکال نشان داده می‌شود. $\frac{N}{m^2} = 1Pa$

۲- Proportional Limit

نیرو و تغییر شکل رسم گردد، میزان تغییر شکل دایمی که پس از برداشتن بار از روی قطعه چوب وجود خواهد داشت - 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 - تعیین می گردد؛ برای مثال فرض کنید در آزمایش شکل ۳-۶ 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) می باشد.

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

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

مثال: در شکل ۴-۶ یک قطعه چوب به طول ۱۵ سانتی متر و سطح مقطع ۲۵ سانتی متر مربع (سطح مقطع مربع به ابعاد ۵×۵ سانتی متر) تحت تأثیر نیرویی برابر ۴۰۰۰ نیوتن قرار گرفته است. در این حالت تنش فشاری اعمال شده بر این قطعه چوب برابر:

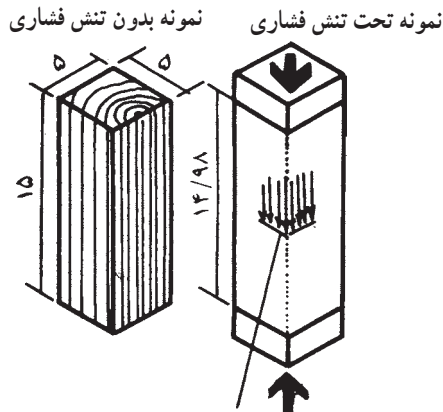
$$\sigma = \frac{F \text{ (نیوتن)}}{A \text{ (متر مربع)}}$$

σ : تنش فشاری

F: مقدار نیرو (نیوتن)

A: سطح مقطع (متر یا میلی متر مربع)

$$\sigma = \frac{4000(N)}{0.0025(m^2)} = 1600000(N/m^2) \text{ یا نیوتن بر متر مربع (Pa) پاسکال}$$



شکل ۴-۶- چگونگی محاسبه تنش و تغییر

طول نسبی

فشار داخلی ۱۶۰۰ نیوتن بر سانتی متر مربع

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

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

$$\varepsilon = \frac{\Delta L \text{ (سانتی متر)}}{L_1 \text{ (سانتی متر)}}$$

ε : تغییر طول نسبی (بدون واحد)

L₁ : طول اولیه قطعه چوب

ΔL : تغییر طول برابر با طول اولیه منهای طول نهایی (L₁ - L₂) که به صورت دلنا ال تلفظ

$$\varepsilon = \frac{15 - 14.98 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 0.0013 \quad \text{می گردد، تغییر طول نسبی برابر است با:}$$

۴ - ۱ - ۶ - قانون هوک (تعریف الاستیسیته): قانون هوک یک قانون بنیادی در مقاومت مواد است. این قانون تعیین کننده 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 می باشد و $E = \frac{1}{\alpha}$ است و E مدول الاستیسیته یا ضریب ارتجاعی خواهد بود. اختلاف در ضریب ارتجاعی چوب های مختلف بدین معنی است که تحت تأثیر نیروی معینی در چوب های مختلف به مقدار متفاوت تغییر شکل به وجود می آید؛ بنابراین در چوب:

$$\sigma = E \varepsilon$$

تغییر طول نسبی × مدول الاستیسیته = تنش

همان گونه که در شکل ۳ - ۶ مشخص است منحنی تنش - تغییر طول نسبی چوب در ابتدا، به صورت خط مستقیم است (A-E) و در این قسمت که حالت لاستیکی چوب نشان داده می شود 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 به وجود 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.

۲-۶- 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 سمباده‌زنی 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 ۵-۶ 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 ۵-۶- 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 ۱-۶ خلاصه شده است. در شکل ۶-۶ 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 تعیین کننده‌ای دارد که می‌توان مشخص کرد.

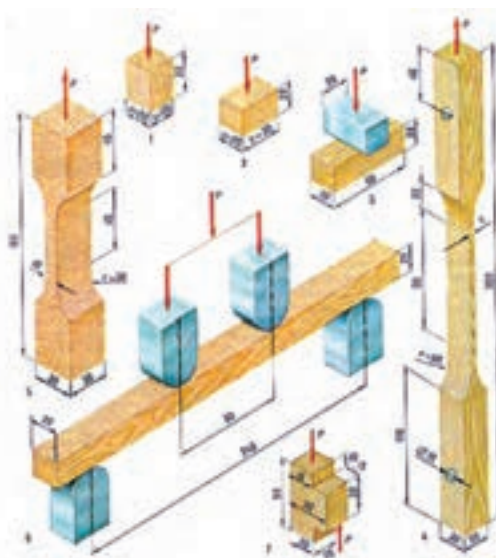
جدول ۱-۶- خواص مقاومتی مهم چوب و اهمیت کاربردی آنها

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
ضربه پذیری	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 ۶-۶- یک نردبان ساده که در آن نقش مقاومت‌های مختلف مشخص می‌گردد.

ماده‌ای که دارای خواص مکانیکی یکسان در جهت‌های مختلف باشد، «هرسویکسان» یا ایزوتروپیک^۱ نامیده می‌شود. اغلب فلزها، پلاستیک‌ها و محصولات سیمانی خاصیت هرسویکسانی 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 اورتوتروپیک^۲ 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 ۶-۷).



شکل ۶-۷ - چگونگی اندازه‌گیری مقاومت‌های مختلف چوب

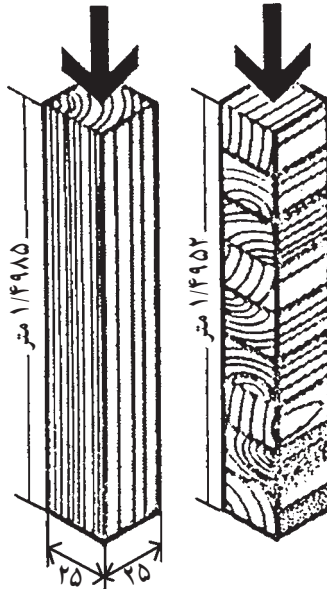
مقاومت و خواص الاستیک چوب در جهت‌های محوری، مماسی و شعاعی مختلف بوده ولی اختلاف خیلی زیادی بین جهت مماسی و شعاعی وجود ندارد. بنابراین مقاومت چوب در این دو جهت را یکسان فرض کرده و آن را مقاومت عمود بر الیاف می‌نامند.

۱- Isotropic

۲- Orthotropic

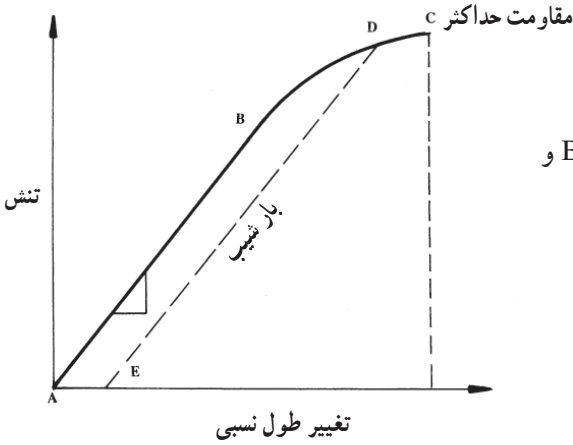
شکل ۸-۶ در نظر بگیرید در این شکل دو ستون از چوب سوزنی برگ نشان داده شده است. ابعاد سطح مقطع هر دو ستون ۲۵ سانتی متر در ۲۵ سانتی متر و طول آن ۱/۵ متر است. ستون سمت چپ که در آن جهت وارد شدن نیرو موازی جهت الیاف است قادر به تحمل نیرویی در حدود ۷۰۰ کیلو نیوتن است. در این مقدار نیرو طول آن (تغییر شکل طولی) فقط به اندازه ۱/۵ میلی متر کوتاه می شود. 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 ۹۰ هزار نیوتن بوده، در این مقدار نیرو کاهش طول آن (تغییر شکل طولی) بالغ بر ۴/۸ میلی متر است.

تحمل بار 700000 N تحمل بار 90000 N



شکل ۸-۶- مقایسه مقاومت چوب در جهت موازی و عمود بر الیاف

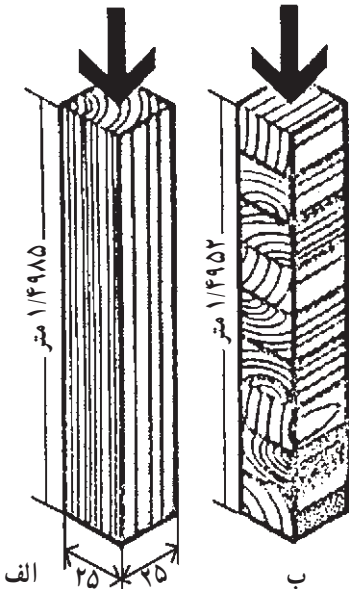
تمرین



- ۱- حالت الاستیکی را شرح دهید.
- ۲- حالت پلاستیکی را شرح دهید.
- ۳- در شکل ۹-۶ مفهوم نقطه‌های B و C را بنویسید.

شکل ۹-۶- منحنی تنش - تغییر طول چوب

- ۴- بر یک قطعه چوب با ابعاد سطح مقطع $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ نیرویی برابر 50000 نیوتن وارد شده است، تنش ایجاد شده در این قطعه چوب چه مقدار است؟
- ۵- جهت محوری، جهت مماسی و جهت شعاعی را در چوب تعریف کنید.
- ۶- در شکل ۱۰-۶، تحمل نیروی کدام قطعه چوب زیادتر است (الف یا ب)؟ چرا؟
- ۷- دو قطعه چوب با ابعاد مشخص تهیه نموده و مقاومت خمشی آن‌ها را به صورت مشاهده‌ای در کلاس درس تعیین نمایید.

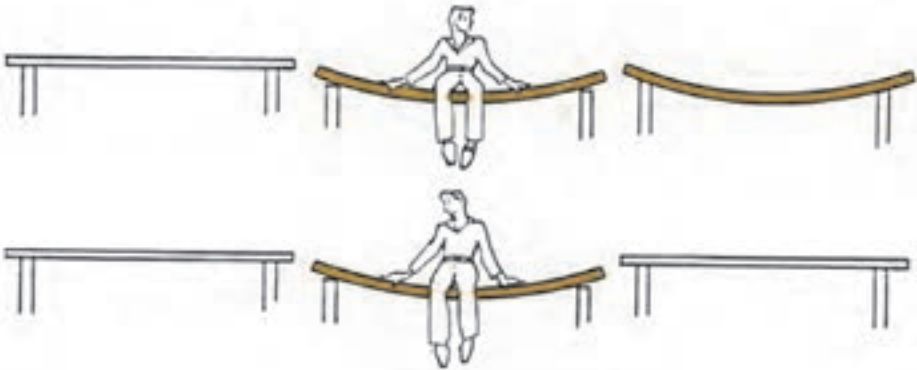


شکل ۱۰-۶- بارگذاری بر روی دو قطعه چوب (الف) در جهت الیاف و (ب) در جهت عمود بر الیاف

مقاومت خمشی چوب

- هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:
- ۱- مقاومت خمشی چوب را شرح دهد و آن را محاسبه کند.
 - ۲- مدول الاستیسیته چوب را بداند و محاسبه کند.
 - ۳- عوامل مؤثر بر مقاومت خمشی چوب را شرح دهد.

زمان تدریس: ۴ ساعت



۷- مقاومت خمشی چوب

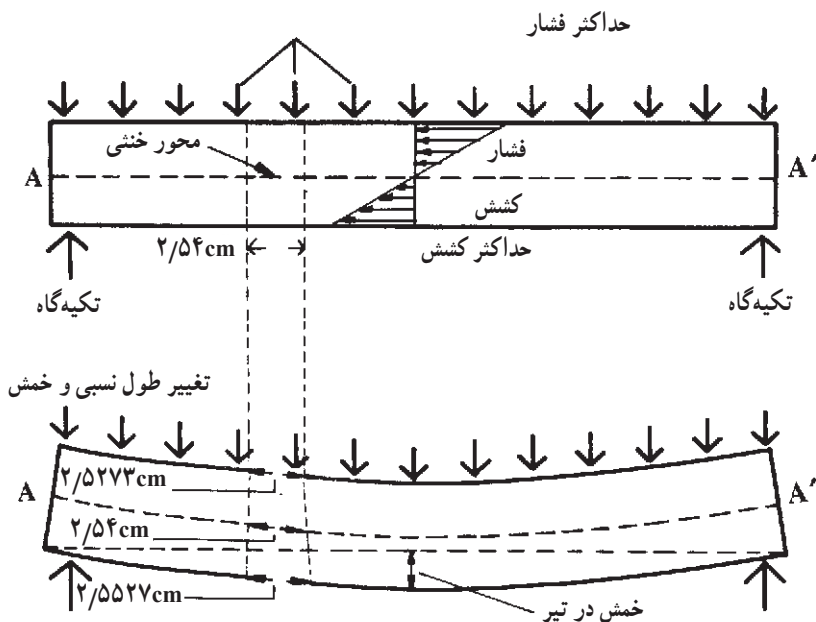
۷-۱- مفهوم مقاومت خمشی چوب

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 می تواند 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، معدن کاری و سازه های چوبی است. اگر چوب تحت تأثیر بار (نیرو) ساده یک محوری کشش یا فشار قرار گیرد، اصل «تنش - تغییر طول نسبی» خیلی ساده است، اما اگر یک قطعه چوب تحت تأثیر نیروهای خمشی قرار گیرد پدیده تنش - تغییر طول نسبی خیلی پیچیده است؛ همان گونه که از شکل (۱ - 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 می شود) وارد گردد (نظیر موقعی که یک قطعه چوب بر روی دو تکیه گاه قرار گرفته و فردی در وسط آن ایستاده است). نیمه ی بالایی تیر چوبی یا قید تحت تأثیر نیروی فشاری واقع شده و نیمه ی پایین تحت تأثیر نیروی کششی قرار می گیرد. در چنین حالتی فشردگی و کشیدگی حداکثر در سطح بالا و پایین قطعه چوبی به وجود می آید و به طور ساده می توان فرض کرد که تغییر در میزان نیروی فشاری یا کششی، از سطح بالا به سطح پایین به صورت خطی خواهد بود (به شکل ۱-۷ 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 نمی شود، زیرا چوب در این محور و دیگر محورهای طولی تحت تأثیر نیروی برشی^۱ قرار دارد.

با توجه به این که در محور خنثی چوب هیچگونه نیروی فشاری یا کششی وجود ندارد، در این محور که در شکل (۱-۷) به صورت خط AA نشان داده شده است، هیچگونه تغییر طول در اثر

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



شکل ۱-۷- 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 پایینی آن کشیده و طول آن زیاد می شود و در اثر تغییر شکل «فشاری - کششی» در دو سطح قطعه چوب خمیده می شود. مقدار خمش را در وسط قطعه چوب در صورتی که تکیه گاه در دو طرف آن قرار گیرد، «خمش حداکثر» گویند و معمولاً ابتدا خمش در این نقطه به وجود می آید. مقدار خمش متناسب است با:

- 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؛
- فاصله بین دو تکیه گاه که چوب بر روی آن ها قرار گرفته و اندازه سطح مقطع چوب؛
- 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» بیان می کنند.

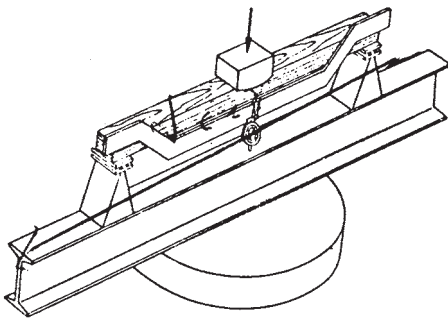
مقاومت خمشی را با استفاده از میزان نیروی حداکثر اعمال شده تا نقطه شکست بر چوب (در آزمایش خمش) و اندازه ابعاد قطعه چوبی (فاصله بین دو تکیه‌گاه، پهنا و ضخامت) محاسبه می‌کنند. معمولاً از دو روش برای اندازه‌گیری مقاومت خمشی چوب استفاده می‌گردد:

– 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.

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

۷-۲- محاسبه مقاومت خمشی قطعه کوچک

روش اول آزمایش مقاومت خمشی چوب بر طبق شکل (۷-۲-الف) انجام می‌گیرد. در این روش یک قطعه کوچک چوب بدون عیب بر روی دو تکیه‌گاه شکل (۷-۲-ب) قرار گرفته و از وسط



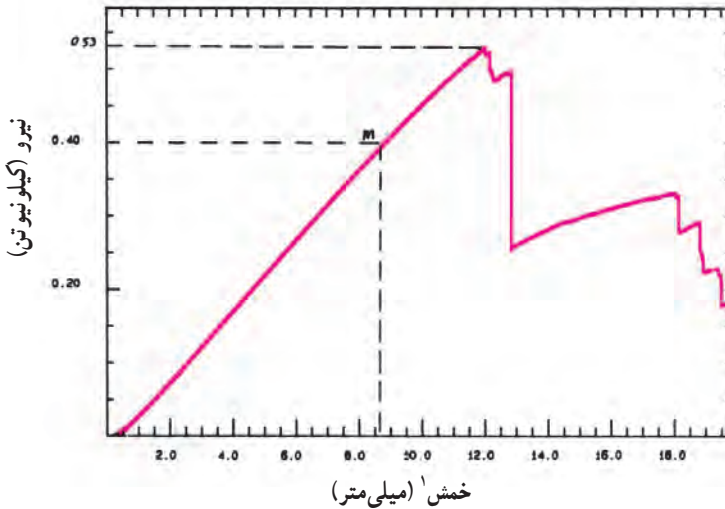
الف



ب

شکل ۷-۲- نمونه آزمایش خمشی چوب (الف) و دستگاه اندازه‌گیری نیروی خمشی (ب)

نیروی 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 ۳-۷ نشان داده شده است نیرو در نقطه شکست تعیین



شکل ۳-۷- منحنی نیرو - 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:^۲

$$MOR = \frac{1/5FL}{bd^2}$$

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 مربع- مستطیل که آزادانه بر روی دو تکیه‌گاه قرار گرفته باشد و بار در وسط اعمال گردد، استفاده می‌شود.

۱- تغییر مکان فک متحرک دستگاه آزمایش خمشی

۲- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۱

مثال ۱: یک قطعه چوب راش با ابعاد سطح مقطع 50×50 میلی متر در یک ماشین آزمایش تحت تأثیر نیروی خمشی در وسط قرار گرفته و منحنی نیرو - تغییر شکل ۳-۷ به دست آمده است. اگر فاصله بین دو تکیه گاه 700 میلی متر باشد، مقاومت خمشی نمونه را محاسبه کنید:

حل: بر طبق منحنی شکل ۳-۷ میزان نیروی لازم در نقطه شکست برابر 530 نیوتن است. حال اگر مقدار نیروی اندازه گیری شده، ابعاد سطح مقطع و فاصله بین دو تکیه گاه را در معادله یک قرار دهیم:

$$F = 530 \text{ N} \quad \text{MOR} = \frac{1/5 FL}{bd^2}$$

$$L = 700 \text{ mm} \quad \text{MOR} = \frac{1/5 \times 530 \text{ (N)} \times 700 \text{ (mm)}}{50 \text{ (mm)} \times 50 \text{ (mm)}^2}$$

$$b = 50 \text{ mm} \quad \text{MOR} = 4 / 452 \text{ N/mm}^2 \text{ یا MPa}$$

$$d = 50 \text{ mm}$$

پس مقاومت خمشی نمونه چوب مورد آزمایش برابر $4/452$ نیوتن بر میلی متر مربع است. تذکر: از سیستم های متفاوتی برای بیان ابعاد، نیروها، فشار و غیره استفاده می گردد. سیستم متداول و مورد قبول بین المللی سیستم SI است که در این سیستم واحد طول متر و واحد نیرو بر حسب نیوتن و واحد فشار پاسکال است. هر یک 1 نیوتن بر میلی متر مربع برابر است با 1000000 پاسکال.

مثال ۲: یک قطعه چوب بلوط به ابعاد سطح مقطع 25×25 میلی متر در یک ماشین آزمایش تحت نیروی خمشی قرار گرفته و منحنی نیرو - تغییر شکل^۱ در شکل ۴-۷ به دست آمده است. اگر فاصله بین دو تکیه گاه 360 میلی متر باشد مقاومت خمشی نمونه چوب بلوط را محاسبه کنید:

حل: میزان نیروی لازم در نقطه شکست برابر 446 نیوتن است. طبق معادله:

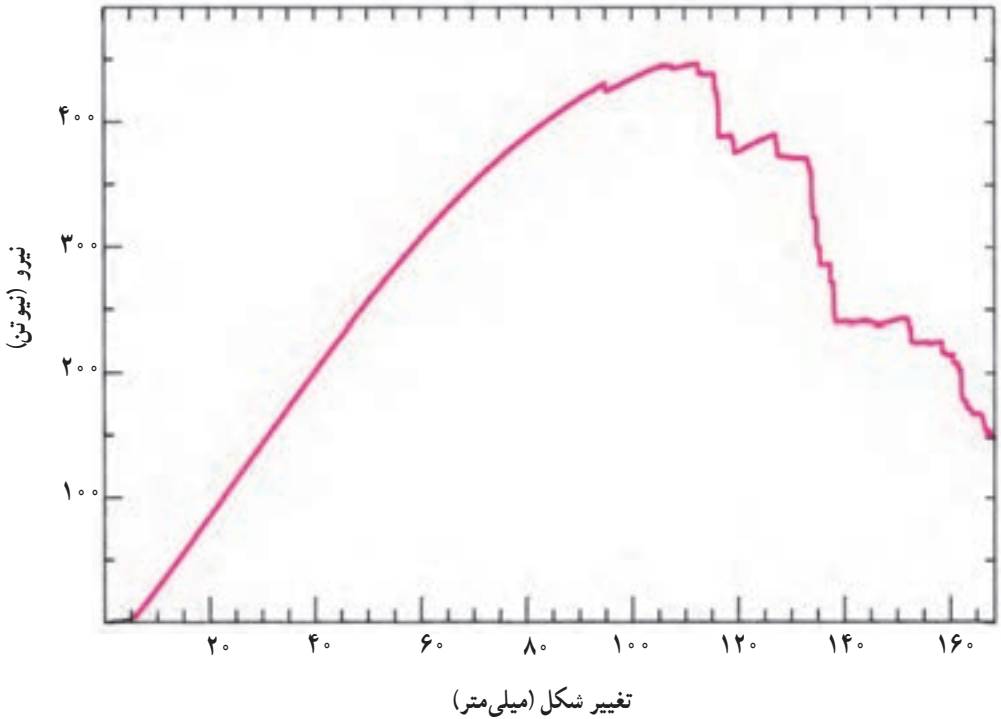
$$F = 446 \text{ N} \quad \text{MOR} = \frac{1/5 FL}{bd^2}$$

$$L = 360 \text{ mm} \quad \text{MOR} = \frac{1/5 \times 446 \text{ N} \times 360 \text{ mm}}{25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2}$$

$$b = d = 25 \text{ mm} \quad \text{MOR} = 15 / 41 \text{ Pa (N/m}^2\text{)}$$

مقاومت خمشی چوب بلوط مورد آزمایش برابر $15/41$ پاسکال است.

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



شکل ۴-۷- منحنی نیرو - خمش یک قطعه چوب بلوط

۷-۳- محاسبه مدول الاستیسیته

برای اندازه گیری مدول الاستیسیته در حالت خمش نیز از آزمایش خمشی نمونه چوب استفاده می‌گردد. در این حالت مطابق شکل ۲-۷ در یک دستگاه آزمایش نیرویی بر نمونه چوب وارد می‌شود و منحنی شکل ۳-۷ یا شکل ۴-۷ ترسیم می‌گردد. (دقت کنید که نیروی اعمال شده و مقدار خمش به وجود آمده در اثر نیرو، به طور همزمان تعیین می‌گردد.) از طریق اندازه گیری میزان خمش قبل از رسیدن به محدوده پلاستیکی شدن (محدوده A - B در شکل ۳-۶)، نیروی لازم برای به وجود آوردن میزان خمش اندازه گیری شده، ابعاد سطح مقطع و فاصله بین دو تکیه‌گاه، مدول الاستیسیته طبق این رابطه محاسبه می‌شود:

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

_ Modulus of Elasticity

MOE: مدول الاستیسیته (نیوتن بر میلی متر مربع یا مگاپاسکال)

F: مقدار نیرو در نقطه ای در محدوده A-B که در آن نقطه مقدار خمش اندازه گیری شده است. (نیوتن)

D: مقدار خمش در نیروی F (میلی متر)

L: فاصله بین دو تکیه گاه (میلی متر)

b: پهنای نمونه (میلی متر)

d: ضخامت نمونه (میلی متر)

مثال ۳: به مثال ۱ و شکل ۳-۷ مراجعه کنید. مدول الاستیسیته چوب راش مورد آزمایش را محاسبه کنید.

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

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

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

$$D = 0.087 \text{ m} \quad MOE = 63708 \text{ N/mm}^2 \text{ یا } \text{MPa}^1$$

$$b = d = 0.05 \text{ m} = 50\text{mm}$$

$$L = 0.7 \text{ m} = 700\text{mm}$$

مدول الاستیسیته چوب راش مورد آزمایش برابر ۶۳۰۸۰۰۰۰ پاسکال است.

چند نکته مهم را باید متذکر شویم:

- معمولاً مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته چوب های صنعتی تعیین شده و به صورت جدول هایی وجود دارد. در جدول ۱-۷ مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته چند نوع چوب صنعتی مهم آورده شده است.
- با در اختیار داشتن مقاومت خمشی چوب می توان تحمل نیروی یک قطعه چوب را به ابعاد معین محاسبه کرد.

$$1 \text{ N/mm}^2 = 1000000 \text{ N/m}^2 (\text{Pa}) = 1 \text{ MPa}$$

مثال ۴: طبق جدول ۱-۷ مقاومت خمشی چوب راش برابر ۸۷×۱۰^۶ نیوتن بر متر مربع است. تحمل نیروی متمرکز F در وسط یک الوار چوب راش به پهنای ۴ سانتی متر و ضخامت ۸ سانتی متر که بین دو تکیه‌گاه به فاصله ۲ متر قرار گرفته است محاسبه کنید (فرض کنید چوب بدون عیب است).

جدول ۱-۷- 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)
ملج	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
نوبل	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

$$\text{MOR} = \frac{1/5FL}{bd^2} \quad \text{حل: طبق رابطه:}$$

$$\text{MOR} = ۸۷ \times ۱۰^۶ \frac{N}{m^2} \quad \text{که در این معادله: (نیوتن بر مترمربع)}$$

$$L = ۲۰۰ \text{ متر سانتی}$$

$$b = ۴ \text{ cm (پهنا)}$$

$$d = ۸ \text{ cm (ضخامت)}$$

با قرار دادن ارقام داده‌ها در فرمول مربوطه:

$$۸۷ \times ۱۰^۶ = \frac{1/5(F)(۲۰۰)}{(۰/۰۴) \times (۰/۰۸)^2}$$

$$۸۷ \times ۱۰^۶ = \frac{۳۰۰F}{۲۵۶ \times ۱۰^{-۶}}$$

$$F = ۷۴/۲۴N$$

۱- مأخذ: پارساژوه، داود. ۱۳۶۷ - تکنولوژی چوب

– اگر مدول الاستیسیته چوب مشخص باشد به سادگی می توان 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 500 نیوتن چوب به چه اندازه خمیده می شود:

حل: مدول الاستیسیته چوب راش طبق جدول ۱-۷ برابر 12500×10^6 نیوتن بر مترمربع است. اگر اطلاعات مربوط به قطعه چوب راش مثال ۴ را در رابطه (صفحه ۸۳) قرار دهیم:

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

$$F = 500 \text{ N (نیوتن)}$$

$$L = 2 \text{ m (متر)}$$

$$b = 0.04 \text{ m (متر)}$$

$$d = 0.08 \text{ m (متر)}$$

$$D = ?$$

$$12500 \times 10^6 = \frac{500 \times (2)^3}{4(0.04)(0.08)^3 D}$$

$$12500 \times 10^6 = \frac{500 \times 8}{8192 \times 10^{-6} D}$$

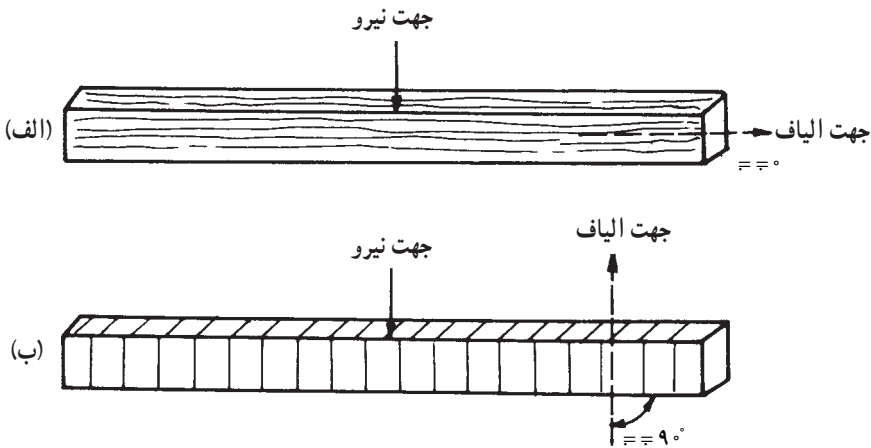
$$D = \frac{4000}{1024000}$$

$$D = 0.0039 \text{ m} = 3.9 \text{ mm}$$

۴-۷- عوامل مؤثر بر مقاومت خمشی چوب

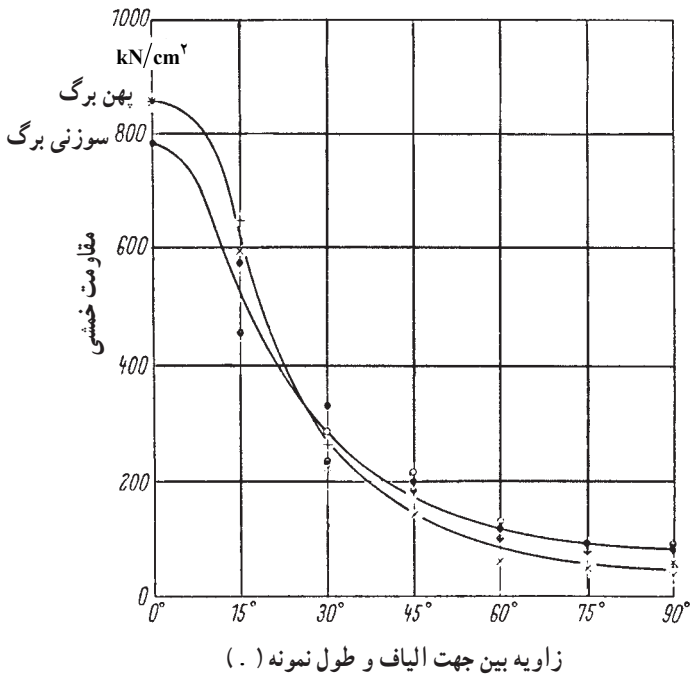
عوامل متعددی بر مقاومت خمشی چوب تأثیر می گذارند. بعضی از این عوامل باعث زیاد شدن مقاومت خمشی و دیگر عوامل به کم شدن آن کمک می کند. در این فصل تأثیر این عوامل، به طور خلاصه مورد بررسی قرار گرفته، جهت مطالعه بیشتر به فصل دوازدهم که به طور جامع عوامل مؤثر بر ویژگی های مقاومتی چوب را مورد بحث قرار می دهد 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 ۷-۵ 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 90° درجه فرض می‌کنیم.



شکل ۷-۵- تأثیر زاویه شیب الیاف بر مقاومت خمشی چوب

با زیاد شدن زاویه جهت اعمال نیرو بر چوب مقاومت خمشی مطابق شکل ۶-۷ کم می‌شود. به طوری که می‌توان گفت نسبت مقاومت خمشی زاویه صفر به زاویه 90° 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 ۶-۷- منحنی تغییرات مقاومت خمشی در اثر تغییر زاویه. (مربوط به دو گونه سوزنی برگ و پهن برگ)

ج) **رطوبت چوب:** در اثر زیاد شدن رطوبت مقدار مقاومت خمشی کم می شود، زیرا چوب در اثر جذب آب واکنشیده و نرم می شود. به همین دلیل است که برای خم کردن چوب در تولیدات قوس دار، ابتدا آن را برای مدتی خیس می کنند (شکل ۷-۷).



شکل ۷-۷- 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 می شود.
 (ه) گره: به دلایل زیر وجود گره در چوب باعث کم شدن مقاومت های چوب می شود:
 - در اطراف گره الیاف به صورت پیچیده و درهم قرار می گیرد.
 - جهت الیاف در گره تقریباً عمود بر جهت الیاف در چوب است.
 - در اطراف گره اغلب بریدگی و ترک وجود دارد.
 در شکل ۸-۷ 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 می شود؛ (بخصوص در مواقعی که گره مرده باشد) بنابراین، محل قرار گرفتن گره در چوب تعیین کننده میزان کم شدن مقاومت خمشی است.



گره مرده: گره های مرده معمولاً تیره رنگ هستند و به قسمت های مجاور خود متصل نیستند و شبیه یک جسم خارجی به شکل میله ای در تنه درخت فرو رفته اند.

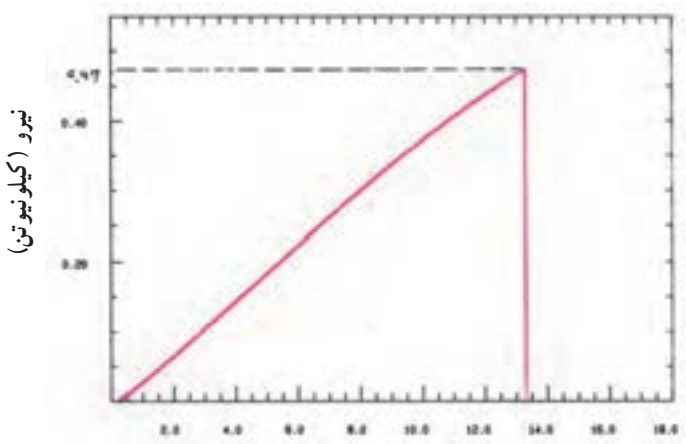


شکل ۸-۷- شکل دو گره در چوب که نشان دهنده پیچیدگی الیاف و بریدگی و ترک در اطراف آن است.

گره زنده: گره های زنده تقریباً هم رنگ چوب هستند و به قسمت های مجاور خود متصل اند.

تمرین

- ۱- یک قطعه چوب افرا به ابعاد سطح مقطع 5×5 سانتی متر مورد آزمایش خمشی قرار گرفته و منحنی نیرو- تغییر شکل ۹-۷ ترسیم شده است. اگر فاصله بین دو تکیه گاه برابر 7° سانتی متر باشد محاسبه کنید: ۱- مقاومت خمشی، ۲- مدول الاستیسیته.
- ۲- قدرت تحمل نیروی متمرکز را در وسط یک قطعه چوب ممرز، به پهنای ۵ سانتی متر و ضخامت ۶ سانتی متر که بر روی دو تکیه گاه به فاصله 15° سانتی متر قرار گرفته است، محاسبه کنید. برای حل این تمرین به جدول ۱-۷ باید مراجعه کنید.



خیز یا تغییر شکل (میلی متر)

شکل ۹-۷- منحنی نیرو - خمش یک قطعه چوب افرا

- ۳- اگر مدول الاستیسیته یک چوب زیادتر باشد در اثر نیروی مشخصی مقدار خمش (تغییر طول) آن ... است (کم تر یا بیشتر)
- ۴- در رابطه زیر مفهوم هر حرف مشخص شده را بنویسید:

$$MOR = \frac{1/5 F L}{bd^2}$$

- ۵- برای خم کردن آسان چوب ابتدا باید آن را مرطوب کرد. چرا؟
- ۶- قطعه چوبی به طول 3° الی 5° سانتی متر تهیه شود و با اره در دو طرف تخته شیارهایی ایجاد شود تعدادی میخ در داخل شیار قرار گیرد با اعمال نیرو (خم کردن تخته) چه اتفاقی خواهد افتاد؟
- ۷- با توجه به نمودار (شکل ۶-۷) مقاومت خمشی چوب تحت زاویه الیاف 3° درجه را با زاویه 6° درجه مقایسه کنید.

مقاومت چوب در برابر کشش

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

- ۱- مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب را، شرح دهد.
- ۲- مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب را، شرح دهد.
- ۳- مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف و عمود بر الیاف را، محاسبه کند.
- ۴- عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف را، شرح دهد.

زمان تدریس: ۴ ساعت

۸- 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:

- مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف یا مقاومت به کشش جهت الیاف؛
- مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف.

۸-۱- 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 ۸-۱ مقایسه‌ای از مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب با فلزات و بعضی از مواد دیگر ارائه شده است.

جدول ۸-۱- مقایسه مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب با دیگر مواد

مقاومت در برابر کشش (نیوتن بر مترمربع)	ماده
3200×10^6	سیم فولادی (حداکثر)
$550 \times 10^6 - 840 \times 10^6$	سیم آهن
$520 \times 10^6 - 820 \times 10^6$	فولاد ساختمانی
$420 \times 10^6 - 490 \times 10^6$	سیم مسی
350×10^6	الیاف ابریشم
$280 \times 10^6 - 800 \times 10^6$	الیاف پنبه
$50 \times 10^6 - 150 \times 10^6$	چوب سوزنی برگان
$20 \times 10^6 - 260 \times 10^6$	چوب پهن برگان

مأخذ: پارسا پژوه - تکنولوژی چوب

همان گونه که از جدول ۸-۱ مشخص می گردد مقاومت در برابر کشش 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 می گردد؛ 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 ۸-۲ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف تعدادی از چوب های پهن برگ خلاصه شده است.

جدول ۸-۲- جدول مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف^۱ چندگونه چوبی پهن برگ

مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف (نیوتن بر مترمربع)	نوع چوب
100×10^6	افرا
64×10^6	بید
77×10^6	تبریزی
135×10^6	راش (اروپا)
165×10^6	زبان گنجشک
100×10^6	گردوی ایرانی
80×10^6	ملج (ملج)
135×10^6	ممرز
85×10^6	نمدار

مأخذ: پارسا پژوه - تکنولوژی چوب

۱- این مقاومت همان تنش کششی بوده که با (سیگما) نیز نشان داده می شود.

مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب (در ۱۲ درصد رطوبت) شاید به حداکثر $10^6 \times 300$ نیوتن بر متر مربع نیز برسد. همان گونه که از جدول ۱-۸ مشخص می‌گردد مقاومت در برابر کشش الیاف پنبه بین $10^6 \times 280$ تا $10^6 \times 800$ نیوتن بر متر مربع 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 از مقاومت کششی زیاد اعضای چوبی نمی‌توان در ساختمان بهره‌گیری نمود. این دلایل عبارتند از:

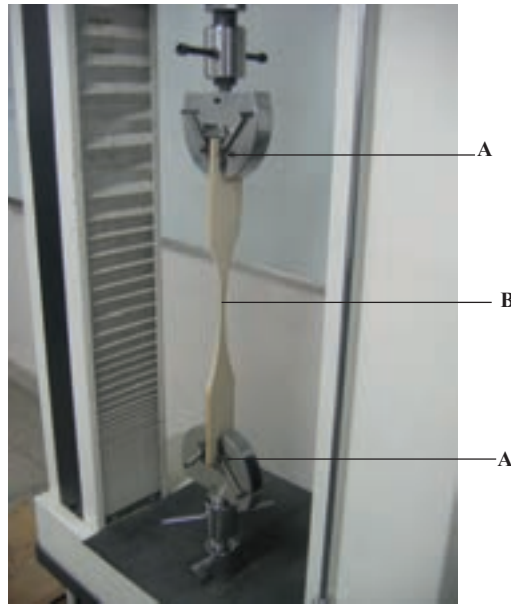
— مقاومت برشی چوب در جهت الیاف در مقایسه با مقاومت کششی آن در همین جهت بسیار کم است (فقط ۶ تا ۱۰ درصد) و به همین علت چوب در محل اتصالات خیلی زود شکاف برمی‌دارد.
— معایب چوب از قبیل گره، الیاف مورب و غیره مقاومت کششی چوب را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند.

— انجام دادن 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

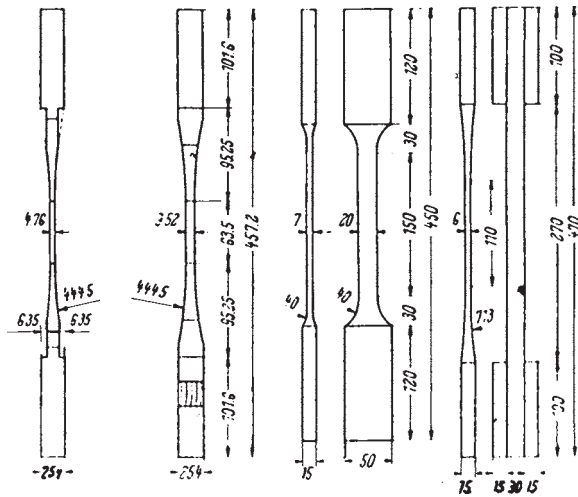
۱-۱-۸ — اندازه‌گیری مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف: مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب به مراتب بیش از مقاومت به فشار عمود بر الیاف و مقاومت برشی است. هنگامی که برای اندازه‌گیری نیروی لازم برای شکستن نمونه در حالت کشش، نمونه در داخل گیره‌ها قرار گیرد، گیره‌ها بر چوب نیروی فشاری عمود بر الیاف 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 ۱-۸ 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 ۲-۸ چند نمونه استاندارد آزمایش مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف

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

چوب نشان داده شده است.



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

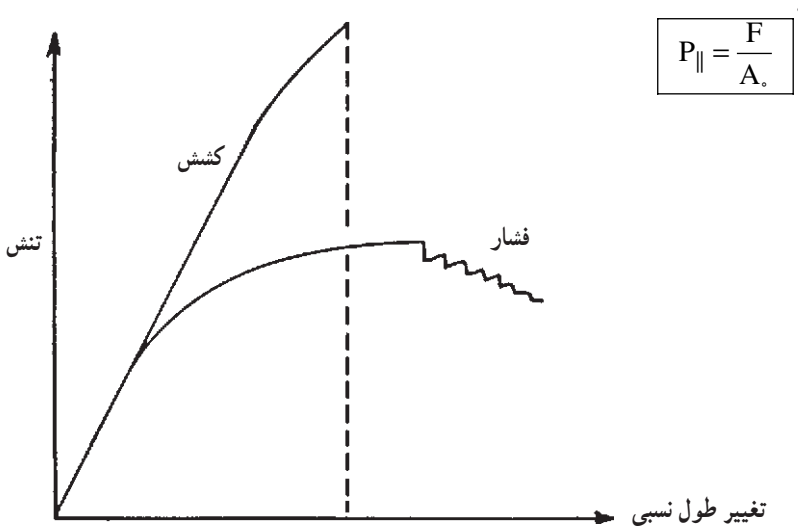


شکل ۲-۸- چند نمونه استاندارد برای تعیین مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب



شکل ۳-۸- 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 ۳-۸ نشان داده شده است استفاده می‌گردد. مطابق شکل ۱-۸ 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 «نیرو-تغییر شکل» و یا «تنش-تغییر طول نسبی» را به همراه سایر نتایج در حین و پس از پایان آزمایش، در اختیار کاربر قرار دهند (شکل ۴-۸). پس از اندازه‌گیری نیروی اعمال شده در نقطه شکست و سطح مقطع محل شکست مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب از طریق تقسیم نیرو بر سطح مقطع با استفاده از این رابطه توسط دستگاه و یا کاربر محاسبه می‌شود:



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

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

که در آن :

$P_{||}$ - مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف (نیوتن بر میلی متر مربع یا کیلوگرم نیرو بر سانتی متر مربع)

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

A - سطح مقطع وسط نمونه (میلی متر مربع یا متر مربع)

مثال ۱: مطابق جدول ۲-۸ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب زبان گنجشک برابر 165×10^6 نیوتن بر متر مربع است. تحمل نیرو (بار) در حالت کشش یک قطعه از این چوب به ابعاد سطح مقطع 5×5 سانتی متر را محاسبه کنید.

حل: سطح مقطع چوب برابر 25×10^{-4} متر مربع است. اگر مقدار مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف این چوب، یعنی 165×10^6 نیوتن بر متر مربع را در معادله قرار دهیم :

$$P_{||} = \frac{F}{A} \quad F = P_{||} \times A.$$

$$(F \text{ نیوتن}) = (165 \times 10^6 \text{ نیوتن بر متر مربع}) \times (25 \times 10^{-4} \text{ متر مربع})$$

$$F = 412500 \text{ نیوتن}$$

تحمل نیروی این قطعه چوب در برابر کشش موازی با الیاف برابر 412500 نیوتن است.

۲-۸- مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف

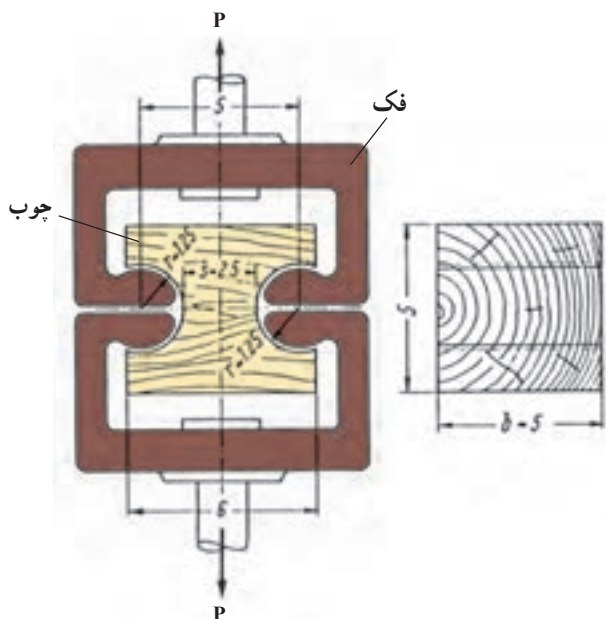
مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف نشان دهنده میزان چسبندگی عرضی بین الیاف یا به عبارت دیگر، چسبندگی جانبی الیاف در چوب است.

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 دقت‌ناداشتن اعداد اندازه‌گیری شده ضرورتی به اندازه‌گیری این ویژگی نیست، اما برای تکمیل اطلاعات و نیاز احتمالی

۱- 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 ۵-۸ آورده شده است.



شکل ۵-۸ 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 ۶-۸ 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 ۶-۸ 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 ۷-۸ ترسیم شده است. اگر ابعاد سطح مقطع تحت نیروی کشش برابر ۲/۵ و ۵ سانتی متر باشد مقاومت^۱ در برابر کشش عمود بر الیاف چوب بلوط را محاسبه کنید.

حل: نیروی حداکثر در نقطه شکست طبق منحنی شکل ۷-۸ برابر $F = 7640$ نیوتن است.

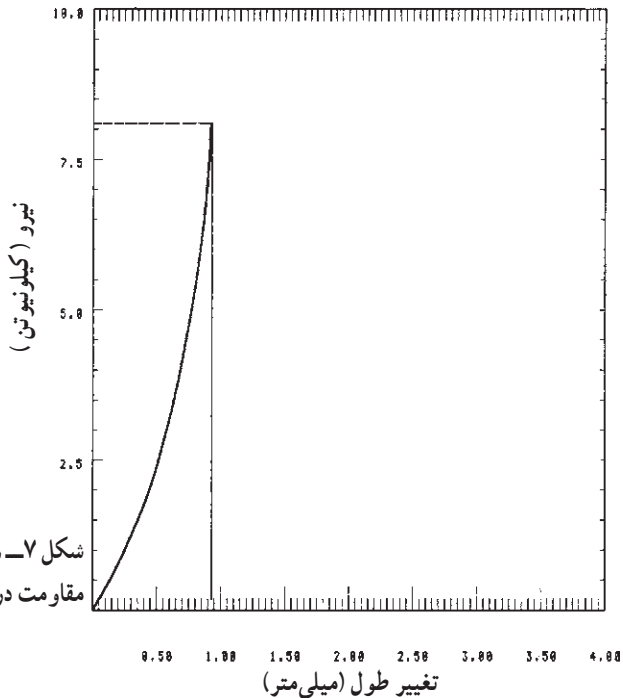
$$A = 5 \times 2/5 = 12/5 \text{ سانتی متر مربع}$$

$$A = 1250 \text{ میلی متر مربع}$$

$$P_{\perp} = \frac{F \text{ (نیوتن)}}{A_0 \text{ (میلی متر مربع)}}$$

$$P_{\perp} = \frac{7640 \text{ (نیوتن)}}{1250 \text{ (میلی متر مربع)}}$$

$$P_{\perp} = 6/11 \text{ (نیوتن بر میلی متر مربع)}$$



شکل ۷-۸— منحنی نیرو— تغییر شکل در آزمایش مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب بلوط

۱- در مقاطع تحصیلی بالاتر به جای 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 رسیده ایم، 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 - تغییر شکل ۸-۸ ترسیم شده است. اگر سطح مقطع نمونه $5 \times 2/5$ سانتی متر باشد مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف این قطعه چوب راش را محاسبه کنید.
حل: طبق منحنی شکل (۸-۸):

$$F = 6700 \text{ نیوتن}$$

$$A_0 = 25 \times 50 = 1250 \text{ میلی متر مربع}$$

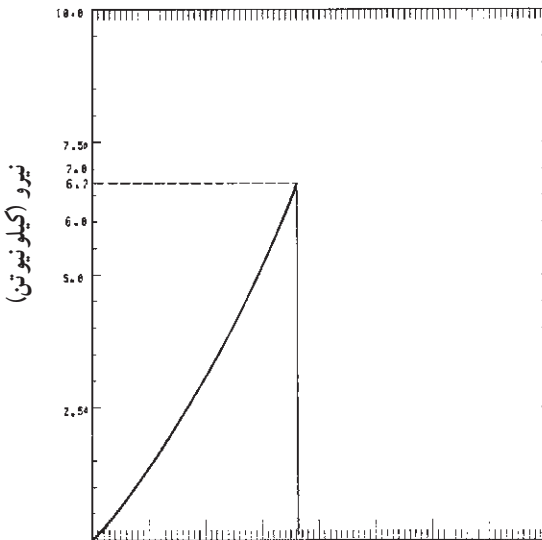
$$A_0 = 1250$$

$$P_{\perp} = \frac{F}{A_0}$$

$$P_{\perp} = \frac{6700 \text{ (نیوتن)}}{1250 \text{ (میلی متر مربع)}}$$

$$P_{\perp} = 5/36 \text{ نیوتن بر میلی متر مربع}$$

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



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

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

P_{\perp} - مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف (نیوتن بر سانتی متر مربع)^۱

D - جرم مخصوص (گرم بر سانتی متر مکعب)

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

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

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

$$P_{\perp} = 600 \times 0/36$$

$$P_{\perp} = 216 \text{ نیوتن بر سانتی متر مربع}$$

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

جدول ۳-۸ - مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف، جرم مخصوص گونه‌های مهم تجارتي^۲

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

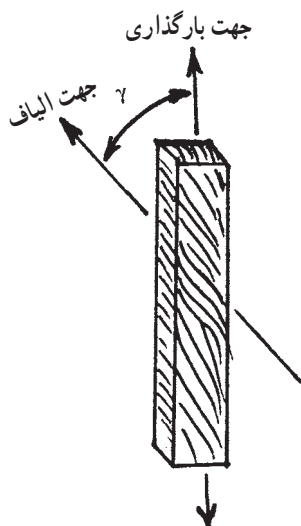
$$1 \frac{N}{cm^2} = 10000 \frac{N}{m^2} = 0/01 \frac{N}{mm^2}$$

۲- مأخذ: پارسا پژوه، تکنولوژی چوب

۳-۸- عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر 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 فوق العاده کم است. اگر زاویه جهت بارگذاری با جهت الیاف را . فرض کنیم رابطه زیر بین زاویه . و مقاومت در برابر کشش وجود دارد :

$$P_{\parallel} = \frac{P_{\parallel} \cdot P_{\perp}}{P_{\parallel} \sin^n + P_{\perp} \cos^n}$$



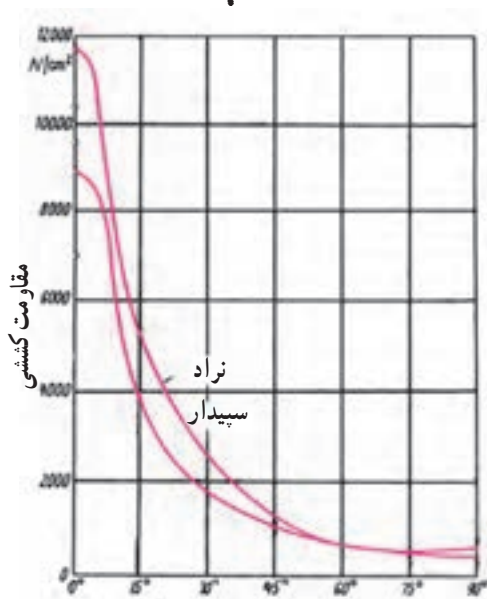
P_{\parallel} : مقاومت در برابر کشش در زاویه .

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

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

n : بین ۱/۵ تا ۲

شکل ۹-۸- زاویه . در یک قطعه چوب



در شکل ۱۰-۸ منحنی تغییرات مقاومت

در برابر کشش موازی با الیاف در اثر تغییر زاویه .

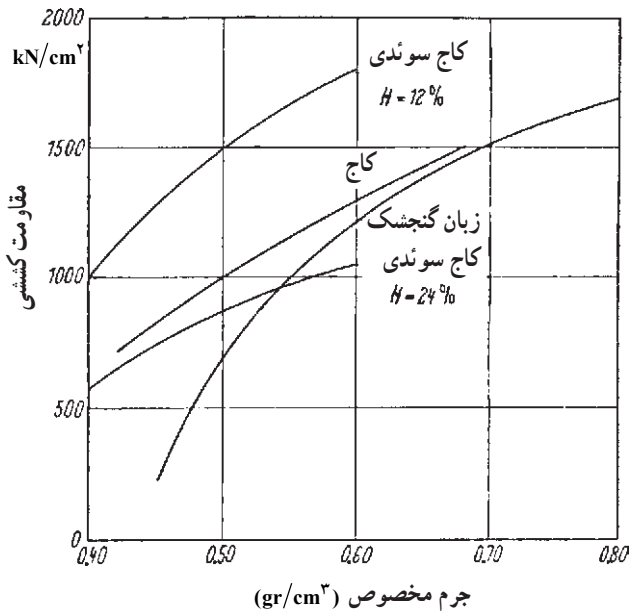
نشان داده شده است.

شکل ۱۰-۸- 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 سوزنی برگان وجود دارد، اما در مورد چوب پهن برگان این رابطه به صورت خط مستقیم نبوده، تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف به صورت منحنی است. در شکل ۸-۱۱ رابطه بین جرم مخصوص و مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب کاج و زبان گنجشک ارائه شده است.



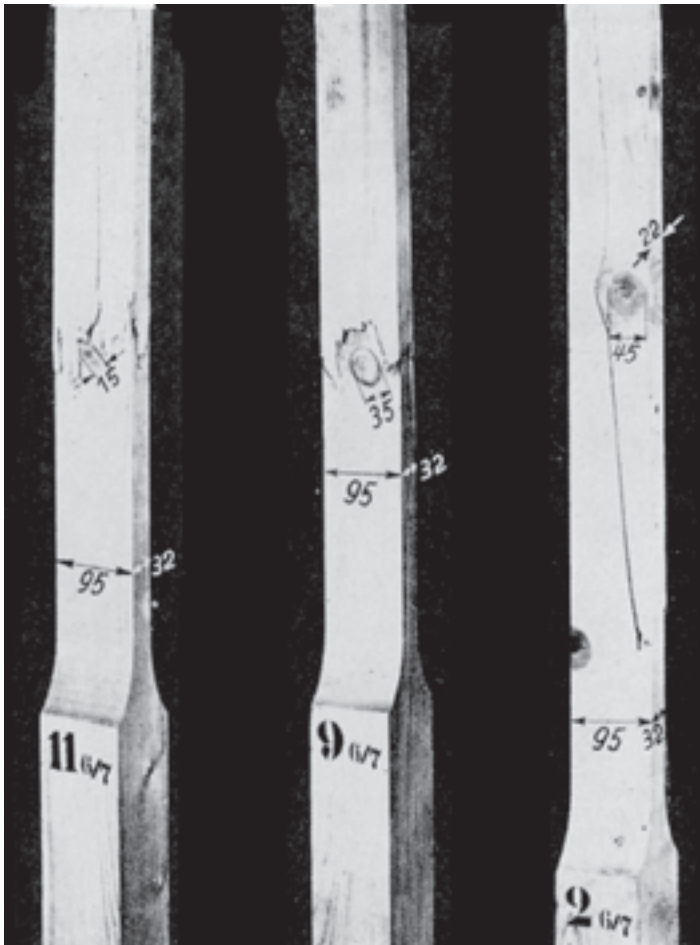
شکل ۸-۱۱- منحنی تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب

ج) رطوبت چوب: در اثر زیاد شدن رطوبت مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب کم می شود؛ 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 می شود و بعد از این مقدار رطوبت، مقاومت تقریباً ثابت می ماند. حداکثر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف در ۸ تا ۱۰ درصد رطوبت به دست می آید.

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

ه) گره: وجود گره به کم شدن مقاومت های چوب می انجامد. این تأثیر در مورد مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف خیلی شدیدتر از دیگر مقاومت های چوب است.

به شکل ۱۲-۸ دقت کنید. اندازه گره به ترتیب از نمونه «الف» به «ج» بزرگتر می شود. مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف نمونه چوب «الف» که در آن گره ای به قطر ۱۵ میلی متر وجود دارد فقط ۵۰ درصد چوب بدون گره است. (ابعاد سطح مقطع نمونه چوب ۳۲×۹۵ میلی متر است). در دو نمونه چوب دیگر کم شدن مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف زیادتر است.



الف ب ج

شکل ۱۲-۸- اندازه گره در سه قطعه چوب از یک گونه چوبی

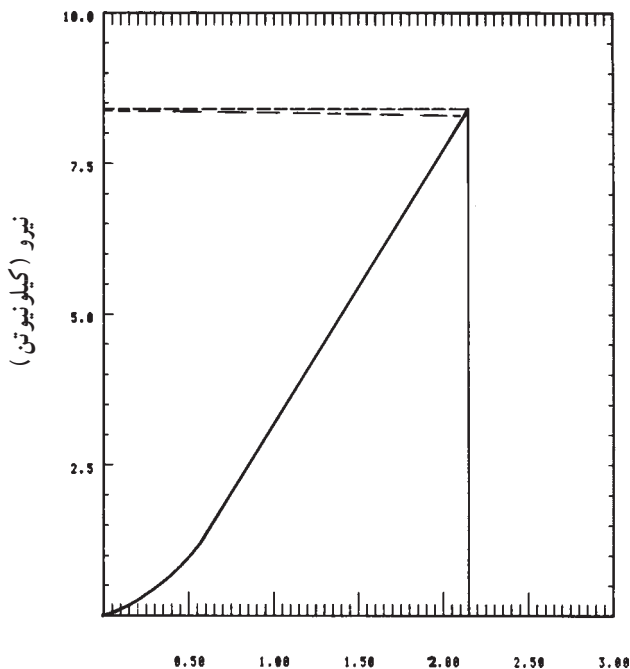
چرا گره تأثیر زیادی بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف دارد؟
زیرا:

- الیاف چوب در اطراف گره دارای انحراف می شوند.

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

تمرین

۱- از یک قطعه چوب «افرا» نمونه آزمایش مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف تهیه شده و مورد آزمایش قرار گرفته است. منحنی نیرو - تغییر شکل این نمونه مطابق شکل ۱۳-۸ می‌باشد. اگر ابعاد سطح تحت نیروی کشش برابر $5/5 \times 2/5$ سانتی متر باشد، مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف این قطعه چوب را محاسبه کنید.



تغییر شکل (میلی متر)

شکل ۱۳-۸ منحنی «نیرو - تغییر شکل» یک نمونه چوب افرا که در خصوص مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف، آزمایش شده است.

۲- جرم مخصوص چوب راش برابر $69/^\circ$ گرم بر سانتی متر مکعب است. به طور تقریبی با استفاده از معادله $P_{\perp} = 6 \cdot D^2$ مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب راش را محاسبه و با ارقام جدول ۳-۸ مقایسه کنید.

۳- فرض کنید یک قطعه چوب ممرز باید نیرویی برابر 135° نیوتن را در حالت کشش موازی با الیاف تحمل کند. سطح مقطع چوبی که باید، مورد استفاده قرار گیرد، محاسبه کنید.

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

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

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

$$P_{\parallel}(?) = \frac{F(N)}{A_0(\text{cm}^2)}$$

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

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

مقاومت چوب در برابر فشار

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

- ۱- مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب را شرح دهد.
- ۲- مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب را شرح دهد.
- ۳- مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف و عمود بر الیاف چوب را محاسبه کند.
- ۴- اختلاف بین مقاومت در برابر کشش و مقاومت در برابر فشار را بیان کند.

زمان تدریس: ۴ ساعت



۹ — 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.

۹-۱ — 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.

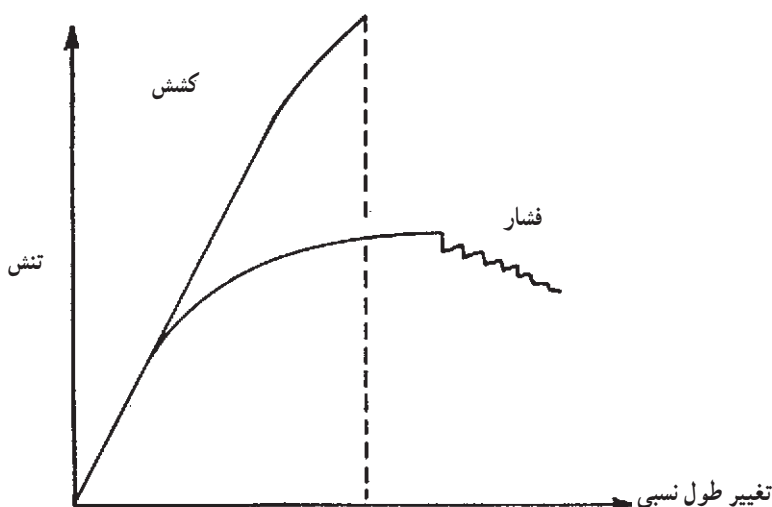
مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب، به مراتب کمتر از مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف است و در مورد چوب با رطوبت ۱۲ درصد این نسبت به حدود ۵۰ درصد می‌رسد. البته این نسبت متغیر است و به رطوبت چوب بستگی دارد.

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 به سهولت قابل رؤیت است، در شکل (۹-۱) طرز شکست چوب در اثر نیروی فشاری مشاهده می‌گردد.



شکل ۹-۱ — 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 امکان پذیر بوده و چوب به تحمل فشار زیاد در اثر مچاله شدن ساختمان چوب قادر است. اختلاف در منحنی های تنش - تغییر طول نسبی در حالت کشش و فشار موازی با الیاف در شکل ۹-۲ نشان داده شده است. چنان که در شکل پیداست منحنی تنش - تغییر طول نسبی نمونه تحت تأثیر نیروی کششی، تقریباً به صورت خطی امتداد می یابد و فقط در انتها حالت «منحنی» می گیرد. در صورتی که قسمت خطی منحنی تنش - تغییر طول نسبی در اثر نیروی فشاری خیلی کوتاه بوده، سریعاً حالت منحنی می گیرد.

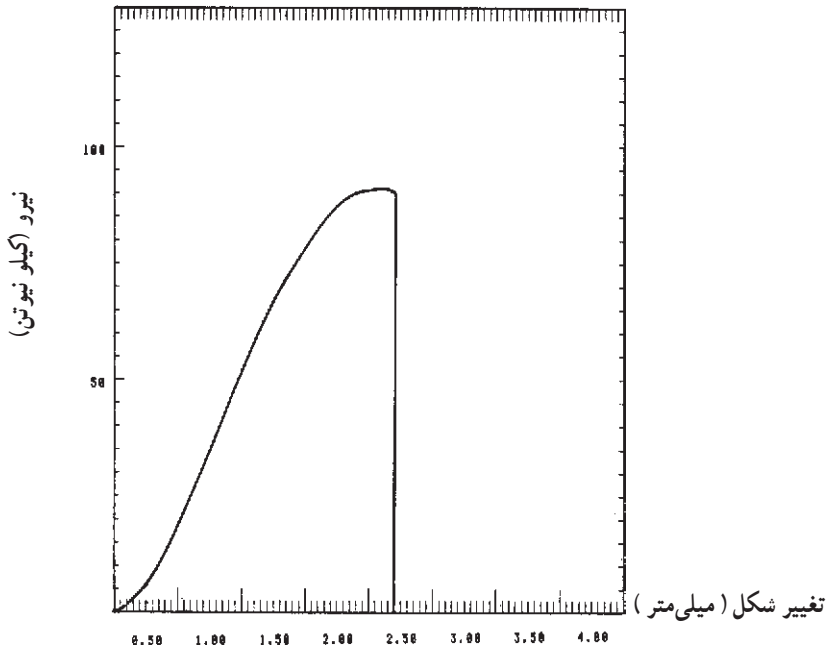


شکل ۹-۲- مقایسه منحنی تنش - تغییر طول نسبی در حالت فشار و کشش موازی با الیاف

برای تعیین مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف، بر یک قطعه چوب به ابعاد سطح مقطع 5×5 سانتی متر و به طول 20 سانتی متر، نیروی فشاری در جهت موازی با الیاف اعمال می گردد. نحوه بارگذاری در دستگاه آزمایش در شکل ۹-۳ نشان داده شده است. تنش و تغییر طول نسبی به طور همزمان به وسیله رایانه ترسیم می شود و افزایش نیرو تا نقطه شکست ادامه خواهد یافت. منحنی نیرو - تغییر شکل برای چوب راش در شکل ۹-۴ نشان داده شده است.



شکل ۳-۹- نحوه بارگذاری برای تعیین مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب



شکل ۴-۹- منحنی تغییرات نیرو - 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 :
 - اگر ابعاد سطح مقطع از 5×5 سانتی متر بزرگتر شود معایب کاهش یافته اعداد به دست آمده قابل پذیرش نمی باشند.

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

- 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 می شود.

پس از دستیابی به منحنی شکل ۴-۹، مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$P_{c||} = \frac{F_{max}}{A_0}$$

$P_{c||}$: مقاومت^۱ در برابر فشار موازی با الیاف (نیوتن بر میلی متر مربع یا متر مربع)
 F_{max} : نیروی فشار حداکثر (نیوتن)

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

مثال ۱: نمونه ای از چوب راش با سطح مقطع 5×5 سانتی متر و طول 20 سانتی متر تحت تأثیر نیروی فشار موازی با الیاف قرار گرفته و منحنی شکل ۴-۹ 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.

$$P_{c||} = \frac{F_{max}}{A_0}$$

با توجه به شکل ۴-۹ :

$$F_{max} = 92500 \text{ نیوتن}$$

$$A_0 = 5 \times 5 = 25 \text{ سانتی متر مربع}$$

$$A_0 = 50 \times 50 = 2500 \text{ میلی متر مربع}$$

۱- در مقاطع تحصیلی بالاتر به جای F (مقاومت) از تنش (: سیگما)، برای نشان دادن نیرو تقسیم بر واحد سطح استفاده

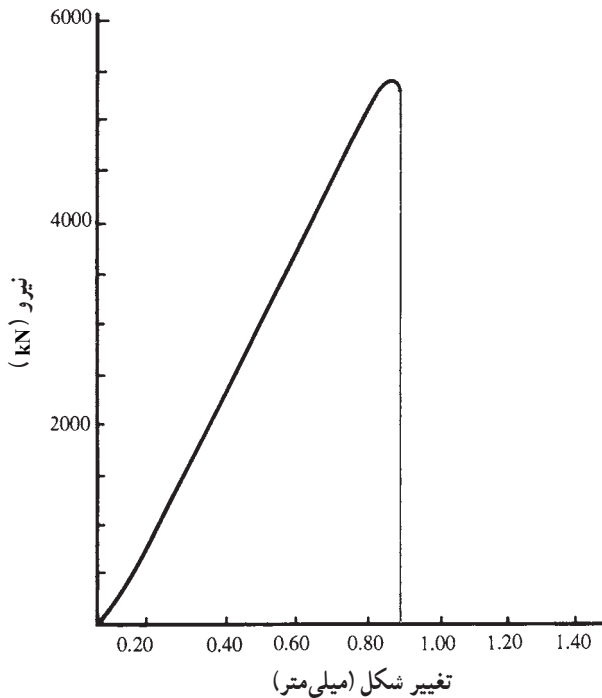
$$P_{c||} = \frac{۹۲۵۰۰ \text{ (نیوتن)}}{۲۵۰۰ \text{ (میلی متر مربع)}} = ۳۷ \text{ نیوتن بر میلی متر مربع}$$

مثال ۲: یک قطعه چوب بلوط با سطح مقطع به ابعاد $۲/۵ \times ۲/۵$ سانتی متر و طول ۱۰ سانتی متر تحت نیروی فشار موازی با الیاف قرار گرفته و منحنی شکل ۹-۵ ترسیم شده است. حداکثر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف این چوب را محاسبه کنید.
حل: از شکل ۹-۵ داریم:

$$F_{\max} = ۵۵۰۰ \text{ کیلو نیوتن}$$

$$A_0 = ۲/۵ \times ۲/۵ = ۶/۲۵ \text{ سانتی متر مربع}$$

$$P_{c||} = \frac{۵۵۰۰ \text{ (kN)}}{۶/۲۵ \text{ (cm}^2\text{)}} = ۸۸۰ \text{ کیلو نیوتن بر سانتی متر مربع}$$



شکل ۹-۵ — منحنی تغییرات نیرو — تغییر شکل نمونه چوب بلوط تحت نیروی فشار موازی با الیاف

در جدول ۹-۱ مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چند چوب تجارتي - صنعتي خلاصه شده است.

جدول ۹-۱- مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب‌های تجارتي مهم^۱

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
تیریزی	۳۵۰۰	گردوی ایرانی	۷۲۰۰
توسکا قشلاقی	۴۷۰۰	بلوط	۶۹۵۰
ملج	۵۶۰۰	ممرز	۸۲۰۰
راش ایران	۶۴۴۰	زرد	۴۷۰۰
زبان گنجشک	۵۲۰۰	کاج‌الدار (تهران)	۳۳۵۰

۹-۲- 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 راه آهن 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.

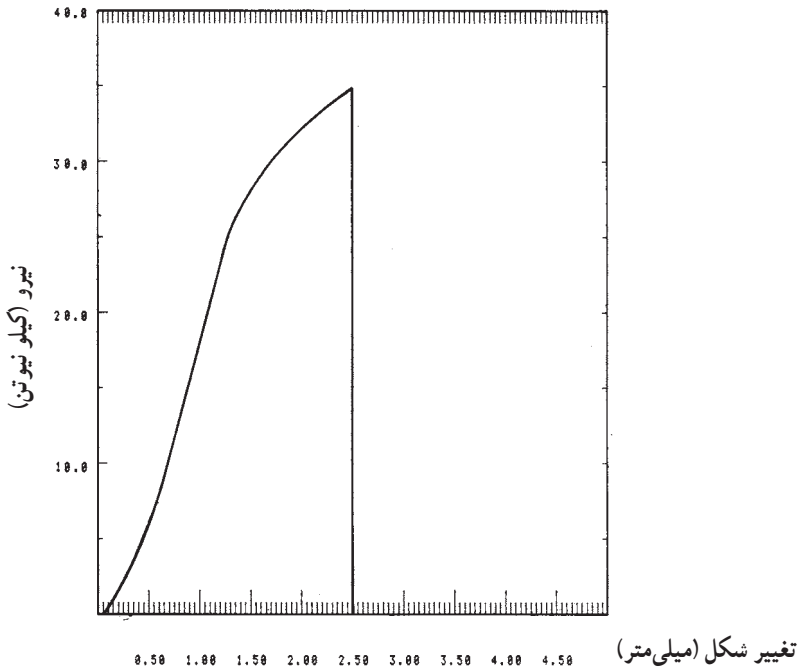
برای تعیین مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب از دستگاه آزمایش و نگهدارنده نمونه مطابق شکل ۹-۶ استفاده می‌گردد. در اثر اعمال نیرو بر نمونه چوب، منحنی تغییرات نیرو - تغییر شکل مطابق شکل ۹-۷ ترسیم می‌شود. با استفاده از منحنی شکل ۹-۷ حداکثر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف محاسبه می‌گردد.

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

۱- مأخذ: پارساژوه - تکنولوژی چوب



شکل ۹-۶- نحوه اندازه‌گیری مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب



شکل ۹-۷- منحنی تغییرات نیرو - تغییر شکل چوب افرا در اثر فشار عمود بر الیاف

مثال ۳: یک نمونه چوب افرا با سطح مقطع به ابعاد 5×5 سانتی متر و طول ۱۵ سانتی متر تحت تأثیر نیروی فشار عمود بر الیاف قرار گرفته و منحنی شکل (۷-۹) ترسیم شده است. حداکثر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف (تنش فشاری) این چوب را محاسبه کنید.

حل:

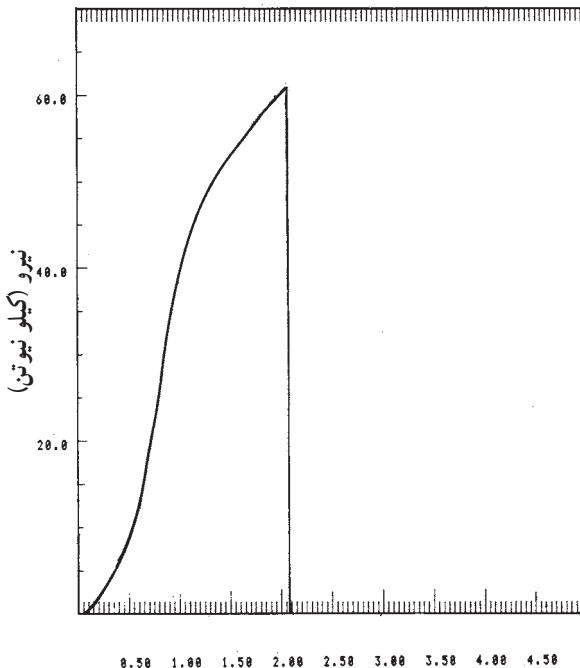
$$P_{c\perp} = \frac{F_{\max}}{A_0}$$

$$F_{\max} = 34500 \text{ نیوتن}$$

$$A_0 = 50 \times 50 = 2500 \text{ میلی متر مربع}$$

$$P_{c\perp} = \frac{34500 \text{ نیوتن}}{2500 \text{ (میلی متر مربع)}} = 13/8 \text{ نیوتن بر میلی متر مربع}$$

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 ۸-۹ ترسیم شده است. حداکثر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف این چوب را محاسبه کنید.



تغییر شکل (میلی متر) — تغییرات نیرو — تغییر شکل چوب بلوط در اثر فشار عمود بر الیاف
شکل ۸-۹ — منحنی تغییرات نیرو — تغییر شکل چوب بلوط در اثر فشار عمود بر الیاف

حل :

از شکل ۸ - ۹ داریم :

$$F_{\max} = 61500 \text{ نیوتن}$$

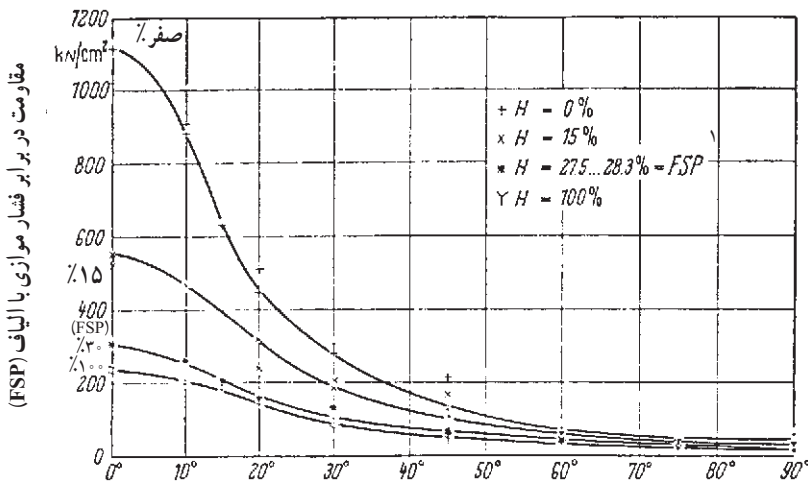
$$A_0 = 50 \times 50 = 2500 \text{ میلی متر مربع}$$

$$P_{c\perp} = \frac{61500 \text{ نیوتن}}{2500 \text{ (میلی متر مربع)}} = 24/6 \text{ نیوتن بر میلی متر مربع}$$

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

۳-۹- عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر فشار موازی الیاف

الف) جهت الیاف : در طراحی سازه های چوبی مخصوصاً ساختمان های چوبی اطلاع از وابستگی مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف با جهت الیاف، بسیار با اهمیت است. همان گونه که از شکل ۹ - ۹ مشخص می گردد با زیاد شدن زاویه بین جهت الیاف چوب و جهت اعمال نیرو، مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف تا حد زیادی کم می شود. 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.



زاویه بین جهت الیاف و جهت بارگذاری

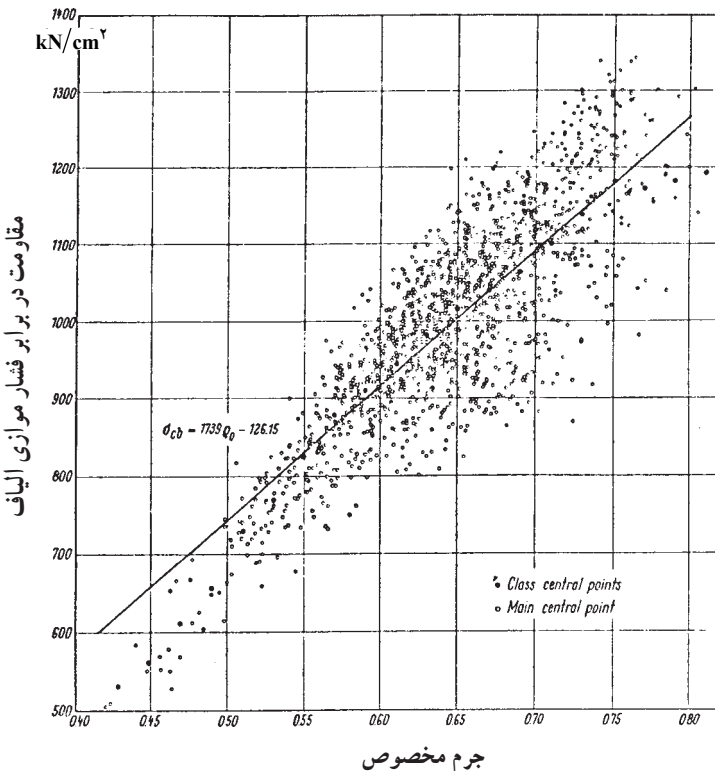
شکل ۹ - ۹ - منحنی وابستگی مقاومت فشاری با زاویه بین جهت الیاف و جهت نیرو

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 ۱۰-۹ رابطه تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب «زبان گنجشک» نشان داده شده است. همان گونه که از شکل ۱۰-۹ مشخص می‌گردد رابطه‌ای مستقیم بین جرم مخصوص و مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف بر طبق این رابطه وجود دارد:

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

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

رطوبت چوب %	ضریب I
۶-۱۰	۱۲۵۰۰
۱۰-۲۰	۸۵۰۰
۲۱-۳۰	۵۵۰۰



شکل ۱۰-۹- 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 ۴۱/۰ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد. با توجه به معادله فوق مقدار تقریبی مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف این چوب را محاسبه کنید.

حل:

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

در رطوبت ۱۲ درصد مقدار I برابر ۸۵۰۰ است.

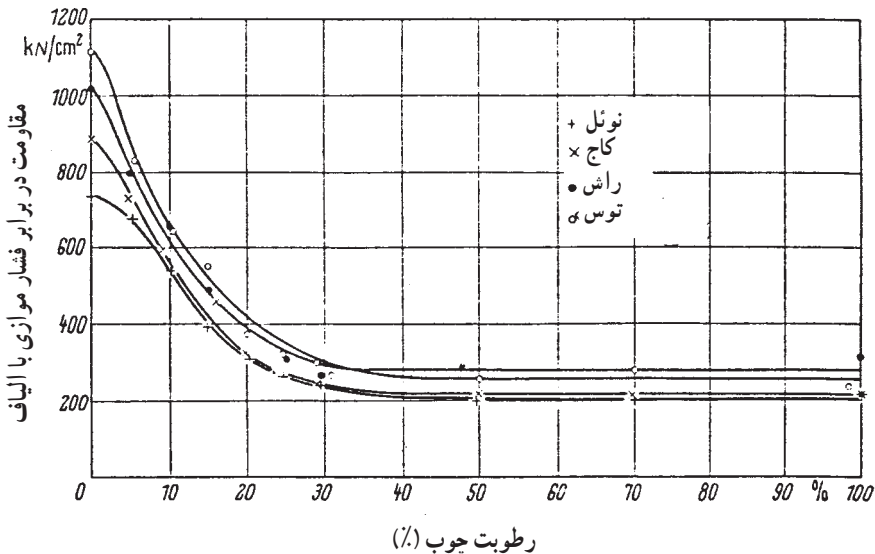
بنابراین:

$$P_{c||} = ۸۵۰۰ \times ۴۱$$

$$P_{c||} = ۳۴۸۵ \text{ نیوتن بر سانتی متر مربع}$$

البته باید دقت شود که مقدار محاسبه شده با استفاده از رابطه مذکور تقریبی است و با مقدار ارائه شده در جدول ۹-۱ تفاوت دارد.

ج) رطوبت: در رطوبت کمتر از نقطه اشباع الیاف، در اثر خشک شدن چوب، مقاومت های آن زیاد می شود. در شکل ۹-۱۱ نتیجه آزمایش مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چهار گونه چوبی تجارتي مهم در رطوبت های مختلف نشان داده شده است.



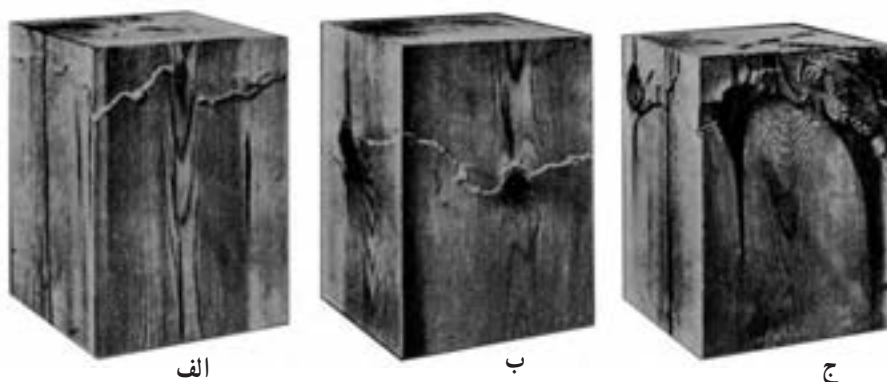
شکل ۹-۱۱- اثر رطوبت بر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چند چوب

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 ۹-۱۲ تأثیر گره بر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف نشان داده شده است.

— در شکل ۹-۱۲ (الف): که چوب بدون گره است مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف برابر 40.3° نیوتن بر سانتی‌متر مربع و جرم مخصوص چوب 51° است.

— در شکل ۹-۱۲ (ب): که چوب دارای گره‌های کوچک است، مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف برابر 361° نیوتن بر سانتی‌متر مربع و جرم مخصوص چوب 53° است.

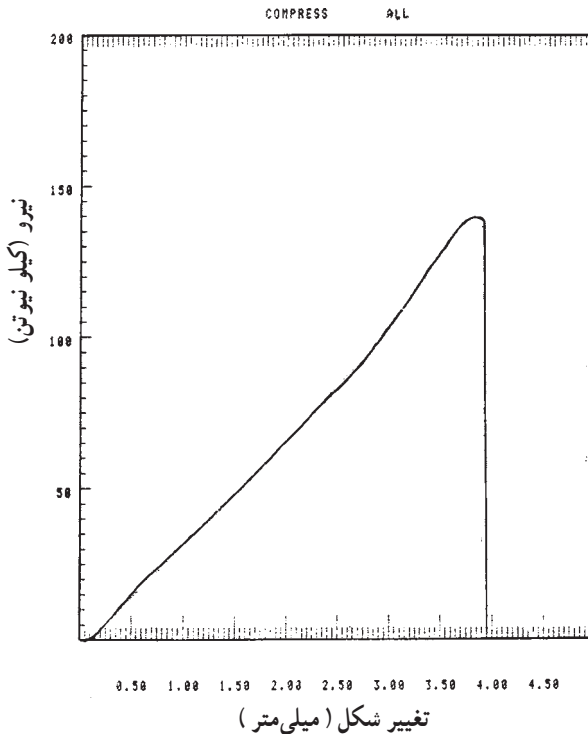
— در شکل ۹-۱۲ (ج): که چوب دارای گره‌های بزرگتر است، مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف برابر 314° نیوتن بر سانتی‌متر مربع و جرم مخصوص چوب 57° است.



شکل ۹-۱۲— تأثیر گره بر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف

تمرین

۱- یک قطعه چوب افرا با سطح مقطع به ابعاد 5×5 سانتی متر و طول 2° سانتی متر تحت تأثیر نیروی فشار موازی با الیاف قرار گرفته و منحنی شکل (۱۳-۹) ترسیم شده است. حداکثر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف این چوب را محاسبه کنید.

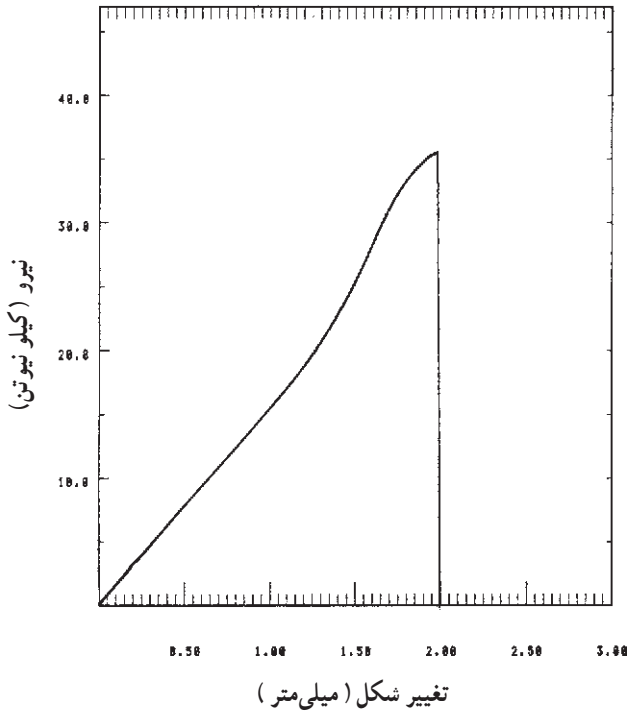


شکل ۱۳-۹- منحنی تغییرات نیرو - تغییر شکل چوب افرا در اثر فشار موازی با الیاف

۲- یک قطعه چوب راش با سطح مقطع به ابعاد 5×5 سانتی متر و طول 15° سانتی متر تحت تأثیر فشار عمود بر الیاف قرار گرفته و منحنی شکل (۱۴-۹) ترسیم شده است. حداکثر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب راش را محاسبه کنید.

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

۴- چگونه مقاومت را در برابر فشار موازی با الیاف چوب اندازه گیری می کنند؟



شکل ۱۴-۹- منحنی تغییرات نیرو - تغییر شکل چوب راش در اثر فشار عمود بر الیاف

- ۵- مقاومت در برابر کشش چوب زیادتر است یا مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف؟
- ۶- در اثر زیاد شدن جرم مخصوص چوب چه تغییری در مقاومت در برابر فشار چوب به وجود می‌آید؟

مقاومت برشی و مقاومت در برابر ضربه چوب

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

زمان تدریس: ۶ ساعت

۱۰- مقاومت برشی و مقاومت در برابر ضربه چوب

۱۰-۱- مقاومت برشی چوب

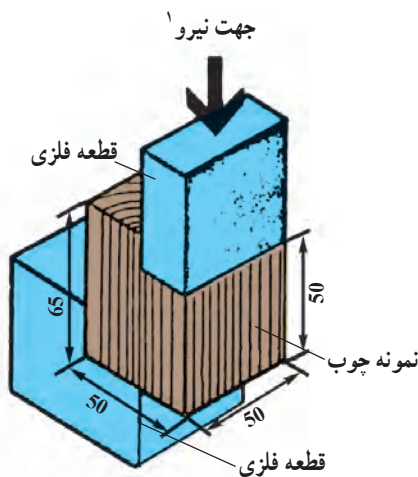
مقاومت برشی چوب، با مقاومت در برابر کشش و مقاومت در برابر فشار متفاوت است، زیرا فشار برشی بخشی از چوب را در مقابل چوب مجاور می‌لغزاند.

در شکل ۱۰-۱ روش تعیین مقاومت برشی موازی با الیاف چوب نشان داده شده است و در شکل ۱۰-۲ طرز قرار گرفتن نمونه آزمایشی در دستگاه آزمایش نشان داده شده است.

نمونه چوب مورد آزمایش به ابعاد تقریباً $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ و به طول تقریبی $6/5\text{cm}$ در جهت الیاف بریده شده و سپس از دو طرف، به نحوی بریده می‌شود که در آن، دو لبه به وجود آید. همان‌گونه که در شکل ۱۰-۱ مشاهده می‌گردد، پهنای نمونه ۵ سانتی‌متر و طول بین دو لبه که تحت تأثیر نیروهای برشی قرار می‌گیرد نیز برابر ۵ سانتی‌متر است. حال اگر نمونه مطابق شکل ۱۰-۲ در داخل دستگاه



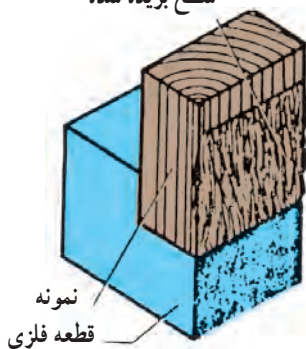
شکل ۲-۱۰- طرز قرار گرفتن نمونه چوب در دستگاه آزمایش



شکل ۱-۱۰- روش تعیین مقاومت برشی چوب

آزمایش قرار گیرد و نیرویی در جهت موازی با الیاف بر آن وارد گردد، در اثر اعمال نیرو، نمونه در حالت برشی شکسته می شود و در قطعه چوب در حقیقت، یک قسمت در مقابل قسمت دیگر می لغزد و جدا می گردد. نمونه پس از شکست در شکل ۳-۱۰ نشان داده شده است.

بعد از آزمایش
سطح بریده شده



شکل ۳-۱۰- نمونه چوب پس از شکست برشی

در طی آزمایش نیروی مورد نیاز برای شکست چوب در حالت برشی اندازه گیری و منحنی نیرو-تغییر مکان ترسیم می گردد. منحنی نیرو- تغییر شکل برای یک قطعه چوب را در شکل ۴-۱۰ نشان داده شده است. مقاومت برشی چوب با استفاده از این رابطه محاسبه می گردد.

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

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

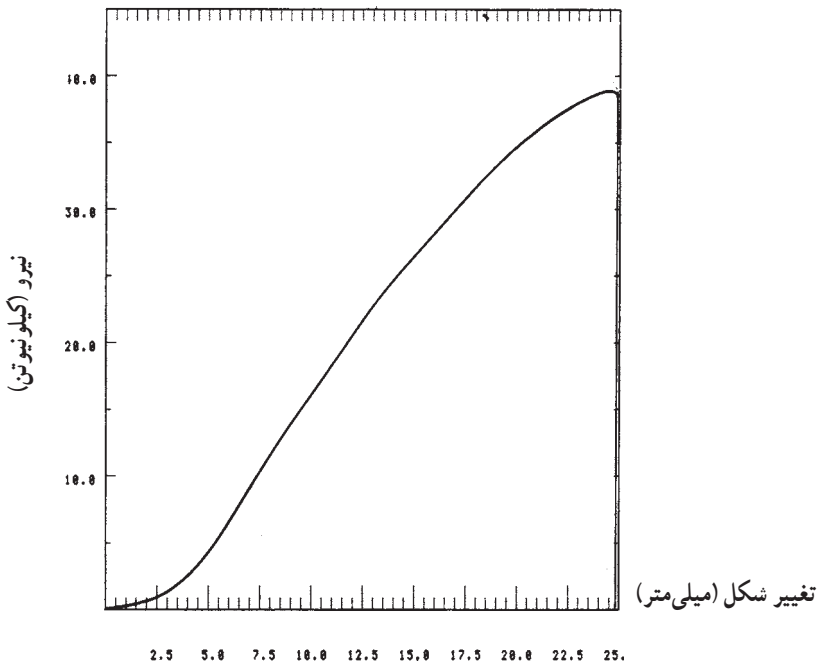
F_{\max} : نیروی حداکثر در نقطه شکست (نیوتن)

A : سطح مقطع صفحه برش

P : مقاومت برشی (نیوتن بر میلی متر مربع یا مترمربع)

مثال ۱: یک قطعه چوب راش برطبق دستورالعمل مورد آزمایش، برش داده شده و منحنی

شکل ۴-۱۰ ترسیم شده است. مقاومت برشی این چوب را محاسبه کنید.



شکل ۴-۱۰ - منحنی نیرو - تغییر شکل یک نمونه چوب راش در اثر نیروی برشی

حل: برطبق شکل (۴-۱۰) :

$$F_{\max} = 39500 \text{ نیوتن}$$

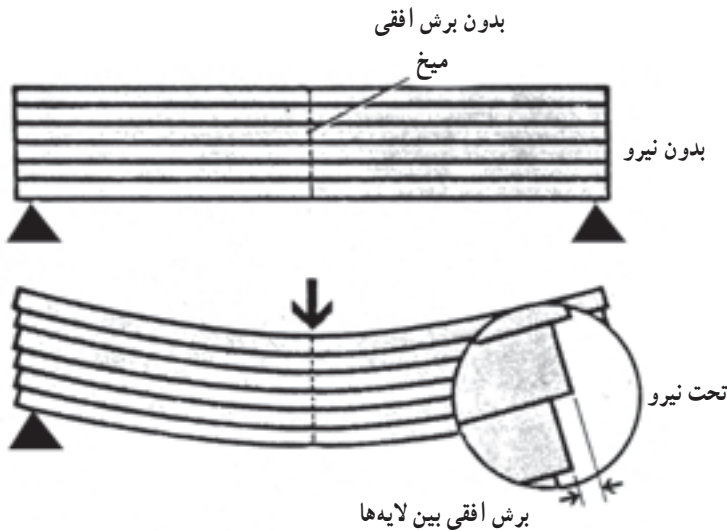
$$A = 50 \times 50 = 2500 \text{ میلی متر مربع}$$

$$P = \frac{39500}{2500} = 15.8 \text{ (نیوتن بر میلی متر مربع)}$$

۱- p را می توان با (سیگما) نیز جایگزین کرد که نشان دهنده تنش برشی می باشد.

مقاومت برش موازی با الیاف چوب کم است، اما مقاومت برشی عمود بر الیاف چوب، بسیار زیاد است؛ به گونه ای که اگر سعی گردد در جهت عمود بر الیاف مقاومت برشی چوب اندازه گیری شود و اگر وسیله آزمایش شکل ۱-۱۰ مورد استفاده قرار گیرد، چوب بریده نشده، بلکه مجاله ولهیده می شود.

در طراحی اتصال بین قطعات چوب، مقاومت برشی موازی با الیاف خیلی مهم است. اگر یک قطعه چوب تحت تأثیر بار خمشی قرار گیرد. نیروهای برشی داخلی در چوب به وجود می آید و این نیرو موجب لغزش افقی لایه های چوب می شود برای نشان دادن پدیده برش در یک قطعه چوب تحت نیروی خمشی، یک قطعه چوب مرکب را - که با اتصال شش تخته نازک چوب در جهت ضخامت آن ساخته شده است - در نظر بگیرید. تخته ها در قسمت وسط به وسیله پیچ به یکدیگر متصل شده اند. همان گونه که در شکل ۱-۵ نشان داده شده است. دوانتهای تخته ها آزاد است. حال اگر این قطعه چوب مرکب، تحت تأثیر نیروی خمشی قرار گیرد، تخته ها بر روی یکدیگر می لغزند. شکل قسمت پایین شکل ۱-۵ را می توان مشاهده کرد. در این حالت، تخته ها هیچ گونه مقاومتی در برابر لغزش ندارند.



شکل ۱-۵-۱۰- طرز نشان دادن پدیده برش بین لایه ها 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 در اثر نیروی خمشی، لغزش ظاهری را نمی توان مشاهده کرد، زیرا نیروی حاصله فشارهای داخلی را به وجود می آورد.

۲-۱- مقاومت در برابر ضربه چوب

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

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

هنگامی که به وسیله چکش بر یک قطعه چوب ضربه‌ای وارد می‌گردد و یا یک شیء 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 استاتیکی است و به دو برابر آن می‌رسد، یعنی برای شکستن چوب در اثر ضربه به نیروی بیشتری نیاز است.

تغییر در مقاومت چوب در برابر ضربه نشان دهنده شکنندگی یا تردی (ضربه پذیری) چوب است. به عبارت دیگر، مقاومت در برابر ضربه وابستگی مستقیم به توانایی چوب به جذب انرژی و دفع آن از طریق خمیده شدن دارد.

نوع شکست درآزمون استاتیکی، ما را قادر به نتیجه‌گیری در کیفیت چوب نخواهد کرد، ولی از طریق روش‌های آزمون مقاومت به ضربه و نوع شکنندگی به وجود آمده در اثر ضربه می‌توان به آسانی کیفیت چوب را مشخص کرد:

— اگر مقاومت در برابر ضربه چوب خیلی زیاد باشد، این چوب در اثر ضربه به صورت شکل ۶-۱ الف شکسته شده و اغلب در طرف فشاری نمونه چند لایه الیاف بدون شکست باقی می‌ماند.
— چوب با مقاومت متوسط در برابر ضربه، به صورت شکل ۶-۱ ب، شکسته می‌شود که بریدگی در آن صاف‌تر است.

— شکست در چوب‌های ترد و پوسیده به صورت شکل ۶-۱ ج است.

۱-۲-۱- روش اندازه‌گیری مقاومت در برابر ضربه: برای تعیین مقاومت در برابر ضربه دو روش متداول است.

الف) روش پاندولی یا آونگی^۱: در این روش که موسوم به آزمایش با یک ضربه نیز است،

۱- روش پاندولی یا آونگی Toughness



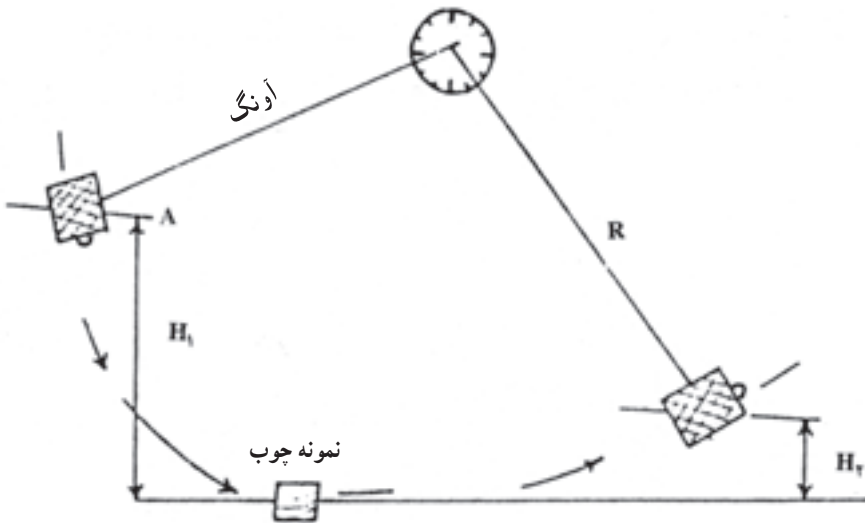
ج

ب

الف

شکل ۶-۱۰- نوع شکست چوب زبان گنجشک در اثر ضربه

پاندولی بر یک قطعه چوب به ابعاد $28 \times 2 \times 2$ سانتی متر برخورد می کند. نمونه آزمونی به نحوی در داخل دستگاه قرار می گیرد که فاصله بین دو نگهدارنده ۲۴ سانتی متر است و ضربه در وسط به چوب برخورد می کند. در شکل ۷-۱۰ مکانیسم وارد کردن ضربه بر نمونه چوب نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۰- نمایش آزمون پاندولی مقاومت در برابر ضربه^۱

وزن چکش دستگاه و سرعت آن در زمان برخورد با چوب تأثیر کمی بر نتایج آزمایش دارد، اما بایستی دقت شود که شکست چوب در اثر یک ضربه اتفاق افتد؛ همچنین بر طبق استاندارد لازم است ضربه در جهت مماس با دوایر رویش سالیانه باشد.

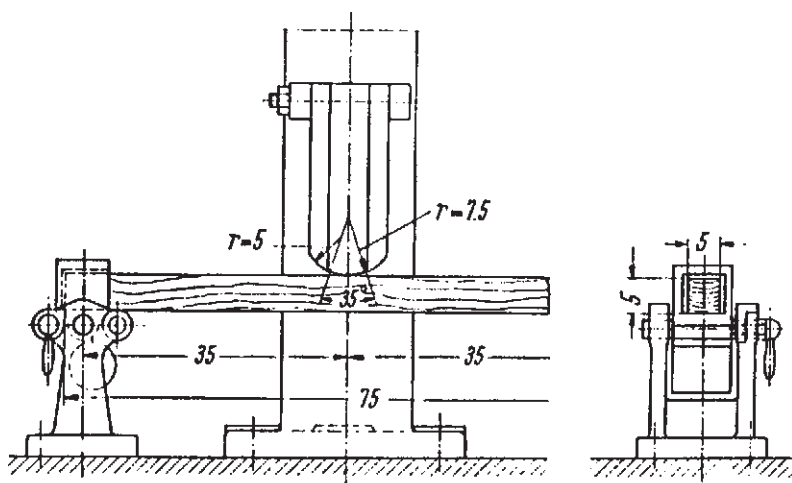
۱- مأخذ: پارسا پژوه - تکنولوژی چوب

وزن چکش دستگاہ ۱۰۰ نیوتن (در مواردی ۱۵۰ نیوتن) است و در زمان شروع آزمایش چکش از ارتفاع یک متری آزاد می‌شود (حالت A). در این حالت انرژی چکش ۱۰۰ نیوتن-متر است. چکش در مسیر حرکت پاندولی خود بر وسط نمونه برخورد می‌کند و بخشی از انرژی آن جذب نمونه شده، باعث شکستن آن می‌شود و بقیه سبب بالابردن چکش در جهت 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 ۷-۱۰ 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 بر حسب نیوتن متر و وزن چکش بر حسب نیوتن است. مقدار انرژی جذب شده (W) بستگی به سطح مقطع نمونه چوب دارد.

ب) روش سقوط آزاد: در این 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 بر روی یک نمونه چوب به ابعاد سطح مقطع 5×5 میلی‌متر و طول ۷۶ میلی‌متر انجام می‌گیرد و فاصله بین دو نگهدارنده نمونه چوب ۷۰ میلی‌متر بوده، ضربه در وسط بر آن وارد می‌شود. وسیله آزمایش و ابعاد آن در شکل ۸-۱۰ نشان داده شده است.

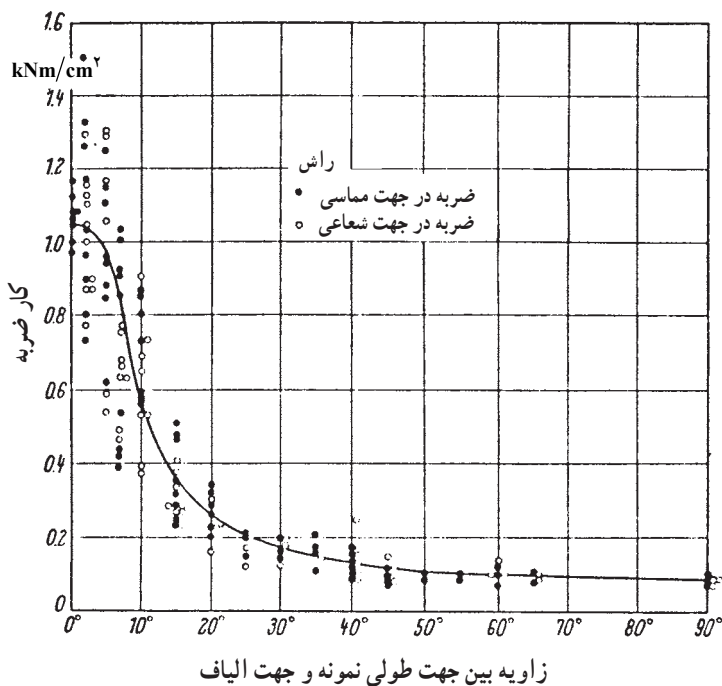


شکل ۸-۱۰- روش سقوط آزاد آزمایش مقاومت در برابر ضربه

در این آزمایش با سقوط آزاد چکش ضربه‌ای بر چوب وارد می‌شود. ارتفاع سقوط چکش در ابتدا ۲/۵ سانتی‌متر و پس از آن بر ارتفاع سقوط هر بار به اندازه ۲/۵ سانتی‌متر اضافه می‌شود. ارتفاع سقوط تا ۲۵ سانتی‌متر افزایش می‌یابد. در صورت عدم شکستن چوب، دایر سقوط چکش بر میزان ارتفاع هر بار به اندازه ۵ سانتی‌متر افزوده می‌شود. افزودن بر ارتفاع تا نقطه شکست چوب ادامه می‌یابد یا اینکه خمس برابر ۱۵ سانتی‌متر در نمونه ایجاد می‌شود.

۲-۲-۱۰ عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر ضربه به چوب: عوامل متعددی بر میزان 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 شعاعی بیش از مماسی است، ولی چنین تغییراتی در چوب پهن برگان مشاهده نشده است. زاویه الیاف یا به عبارت دیگر، کج تار چوب قادر به کم کردن خیلی زیاد مقاومت در برابر ضربه چوب است.



شکل ۹-۱- تأثیر زاویه بین جهت طولی نمونه چوب و جهت الیاف بر مقاومت در برابر ضربه چوب

اگر زاویه بین الیاف چوب و جهت طولی نمونه فقط ۵ درجه باشد (جهت طولی نمونه هم جهت با زاویه الیاف را صفر فرض می‌کنیم). ۱۰ درصد 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 در شکل ۹-۱۰ نشان داده شده است. تأثیر زاویه الیاف را بر مقاومت در برابر ضربه چوب می‌توان با این رابطه نشان داد:

$$W = \frac{W_{\parallel} \cdot W_{\perp}}{W_{\parallel} \sin^n + W_{\perp} \cos^n}$$

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

$n = 1/5$ 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.

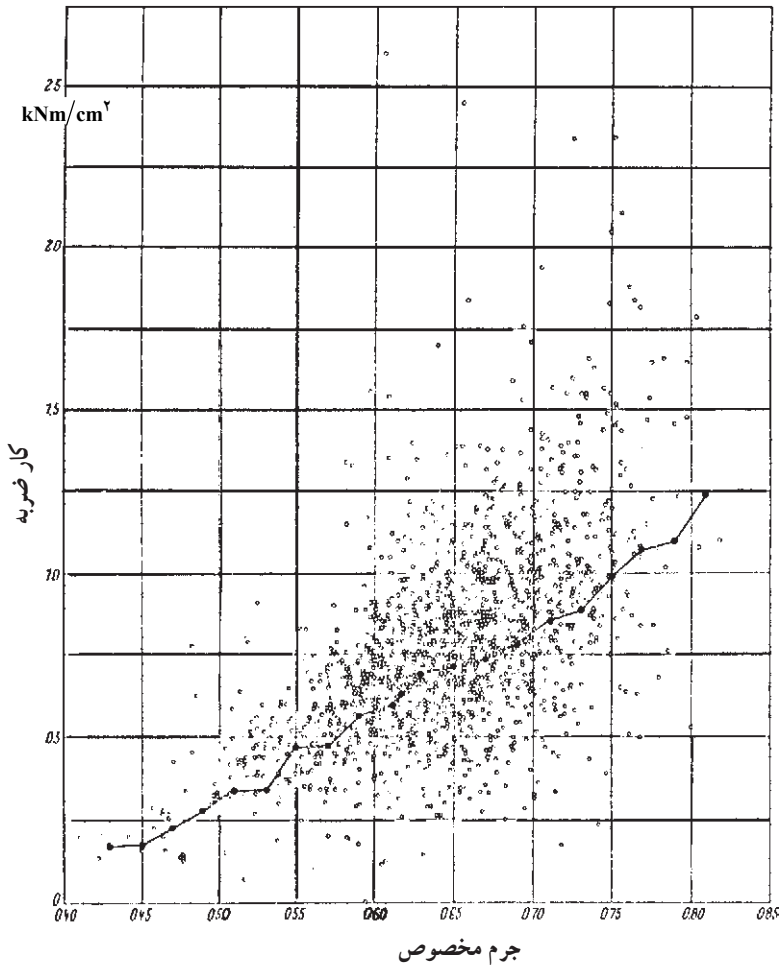
$$K = \frac{W}{Wh} = 10/6 = 0/157$$

نسبت K/D^2 معرف مناسبی برای خواص مکانیکی چوب می‌باشد. این نسبت را عامل کیفیت 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 و کمی پوسیده مقدار آن برابر ۲/۰ است. رابطه بین جرم مخصوص و کار انجام شده در اثر ضربه چوب زبان‌گنجشک خشک شده در هوای آزاد در شکل ۱۰-۱۰ ترسیم شده است که در آن، هر شکست نشان‌دهنده نتیجه یک آزمایش است.

ج) رطوبت چوب: برخلاف دیگر خواص مقاومتی چوب که در اثر خشک شدن چوب، مقاومت‌ها زیاد می‌شود، رطوبت تأثیری بر مقاومت در برابر ضربه چوب ندارد.

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



شکل ۱۰-۱- اثر جرم مخصوص بر مقاومت در برابر ضربه چوب زبان گنجشک

تمرین

۱- اگر یک نمونه چوب طبق استاندارد تحت تأثیر نیروی برشی برابر 45000 نیوتن شکسته شود ابعاد و سطح مقطع تحت تأثیر نیروی برشی 5×5 سانتی متر باشد، مقاومت برشی این چوب را محاسبه کنید.

۲- مقاومت برشی چوب را چگونه تعیین می کنند؟

۳- اهمیت مقاومت برشی چوب را شرح دهید.

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

۵- دو مورد استفاده از چوب را که در آن چوب تحت تأثیر ضربه قرار دارد، نام ببرید.

۶- آیا تحمل به ضربه چوب زیادتر است یا تحمل چوب در برابر نیروی استاتیکی؟

۷- مقاومت در برابر ضربه عمود برالیاف چوب زیادتر است یا مقاومت در برابر ضربه موازی

با الیاف؟

۸- تعدادی ورق روکش و یا چوب به ابعاد $4 \times 30 \times 5$ میلی متر بر روی هم قرار دهید و

مطابق شکل ۵-۱۰ تحت تأثیر مقاومت خمشی قرار داده و مکانیسم تغییرات لایه ها را بررسی کرده و

درباره ی آن گزارشی تهیه کنید.

سختی چوب

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

- ۱- سختی چوب را شرح دهد.
- ۲- روش اندازه‌گیری سختی چوب را شرح دهد.
- ۳- عوامل مؤثر بر سختی چوب را شرح دهد.
- ۴- مقاومت چوب را در برابر ساییده شدن شرح دهد.

زمان تدریس: ۴ ساعت

۱۱- 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 بر سطح 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.

۱۱-۱- 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 تا عمق ۲ میلی‌متری شده است. نیروی لازم برای نفوذ سوزن در چوب را «سختی» نامیده‌اند در این روش اشتباه زیادی وجود دارد و به همین دلیل این روش هرگز مورد قبول قرار نگرفت.

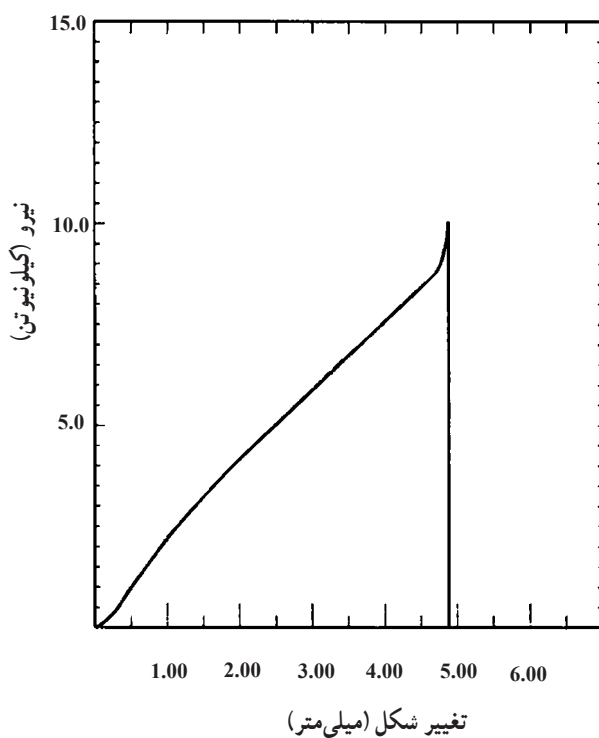
روش متداول در حقیقت روش تغییر یافته «برینل» برای چوب است. در این روش نیروی لازم برای نفوذ کامل یک ساچمه فولادی به قطر $11/28$ میلی‌متر (سطح یک سانتی‌متر مربع) به داخل چوب اندازه‌گیری می‌شود. از چوبی به ابعاد $5 \times 5 \times 15$ سانتی‌متر استفاده شده و نیمکره مطابق شکل ۱۱-۱ در سطح شعاعی آن نفوذ می‌کند. نحوه قرار گرفتن نمونه در دستگاه آزمایش در شکل ۱۱-۲ نشان داده شده است. در اثر نفوذ نیمکره در چوب منحنی تغییرات نیروی لازم برای نفوذ ترسیم شده (شکل ۱۱-۳) و نیروی حداکثر تعیین می‌گردد.



شکل ۱۱-۱- شمای وسیله سنجش سختی چوب



شکل ۲-۱۱- نحوه آزمایش سختی در دستگاه



شکل ۳-۱۱- منحنی تغییرات نیرو در آزمایش سختی

اختلاف چندانی بین سختی سطوح جانبی (شعاعی و مماسی) وجود ندارد، اما سختی جانبی و انتهای (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 بر حسب نیوتن بر میلی‌متر یا متر مربع. که البته این فرمول جنبه تجربی دارد و تقریبی است.

۲-۱۱- عوامل مؤثر بر سختی 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:

$$H_j = A \cdot D^{\frac{9}{4}}$$

H = سختی بر حسب نیوتن بر سانتیمتر مربع

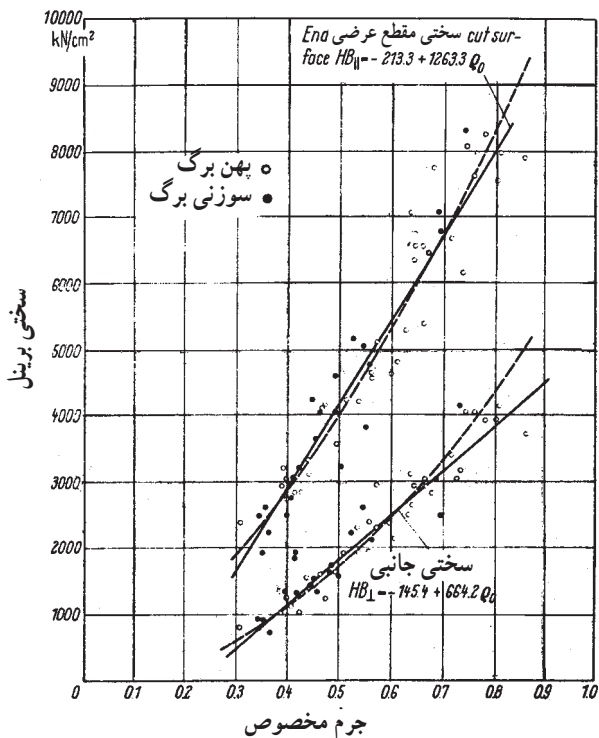
D = وزن مخصوص

A = ضریب ثابت

برای چوب خشک شده در هوای آزاد: سختی مقطع عرضی $A = 3360$ و سختی جانبی $A = 26000$ ؛ برای چوب «تر»: سختی مقطع عرضی $A = 2600$ و سختی جانبی $A = 2320$ می‌باشد.

رابطه بین سختی و جرم مخصوص در شکل ۴-۱۱ 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 اندازه‌گیری شده و طبقه‌بندی چوب‌ها بر اساس «سختی» در جدول (۱-۱۱) خلاصه شده است.



شکل ۱۱-۴ اثر جرم مخصوص
چوب بر سختی برینل

جدول ۱۱-۱ رابطه وزن مخصوص و سختی چوب

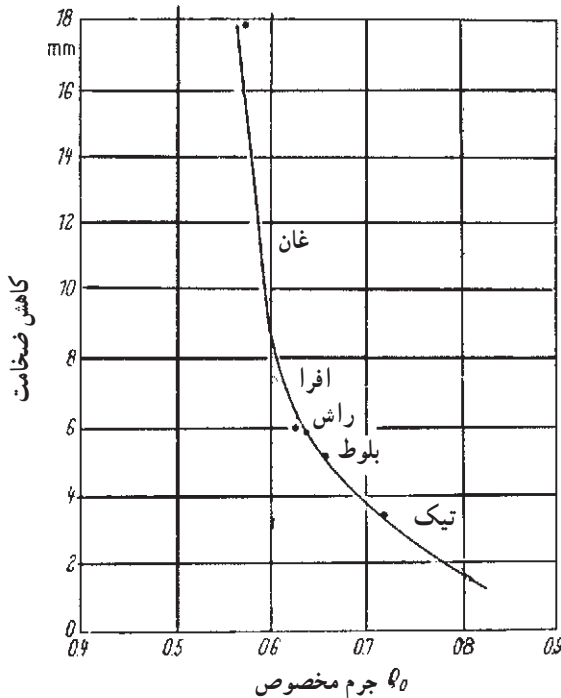
نام چوب	طبقه بندی سختی	مقدار HJ نیوتن بر سانتی متر مربع	جرم مخصوص (gr/cm ^۳)
بید صنوبر کاج سفید	خیلی نرم	کمتر از ۳۵۰۰	۰/۲ - ۰/۵۵
نول، کاج توسکا، غان	نرم	۳۵۰۰ - ۵۰۰۰	۰/۳۵ - ۰/۶۵
گردو گلایی بلوط، راش	کمی سخت	۵۰۰۰ - ۶۵۰۰	۰/۵ - ۰/۷۰
زبان گنجشک	نسبتاً سخت	۵۰۰۰ - ۶۵۰۰	۰/۶۰ - ۰/۸۰
ممرز	سخت	۶۵۰۰ - ۱۰۰۰۰	۰/۷۰ - ۰/۸۵
آل	خیلی سخت	۶۵۰۰ - ۱۰۰۰۰	۰/۸ - ۰/۹۲
شمشاد	به سختی استخوان	۱۰۰۰۰ - ۱۵۰۰۰	۰/۹ - ۱/۰۵
آبنوس	به سختی سنگ	بزرگتر از ۱۵۰۰۰	۱ - ۱/۴

۳-۱۱- 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 کف پوش، قطعات چوبی ماشین ها 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 به وجود می آید.

مواد حفاظتی، شامل: روغن ها، لاک ها، و سیلرها می توانند موجب کاهش ساییدگی شوند. پدیده ساییده شدن خیلی پیچیده بوده، اندازه گیری آن آسان نیست؛ بنابراین، فقط می توان نیروهایی که در حین مصرف بر چوب وارد می شود را شبیه سازی کرد. پس نتیجه آزمایش مقاومت در برابر ساییده شدن مقایسه ای است. در این آزمایش می توان میزان کم شدن وزن یا ضخامت را اندازه گیری کرد. در این آزمایش از وسیله ساینده نظیر کاغذ سنباده و غیره استفاده می شود.

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 در شکل ۵-۱۱ ترسیم شده است.



شکل ۵-۱۱- رابطه بین جرم مخصوص و میزان کم شدن ضخامت چوب

تمرین

- ۱- سختی چوب را تعریف کنید.
- ۲- روش متداول اندازه‌گیری سختی چوب را بیان کنید.
- ۳- مقاومت در برابر فشار عمود برالیاف یک قطعه چوب شمشاد 7500 نیوتن بر سانتی‌متر مربع است با استفاده از رابطه $H = 2F - 500$ ، سختی این چوب را محاسبه کنید.
- ۴- رابطه بین جرم مخصوص و سختی چوب را بیان کنید.
- ۵- با استفاده از اطلاعات جدول ۱-۱۱، این چوب‌ها را از نظر سختی طبقه‌بندی کنید :
 - صنوبر
 - توسکا
 - کاج
 - بلوط
 - ممرز
- ۶- تعدادی قطعه چوب از گونه‌های مختلف سبک و سنگین خشک تهیه نموده و با میخ چگونگی سختی آن‌ها را مشخص نمایید.
- ۷- 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.
- ۸- در صورتی که 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.

تغییرات مقاومت‌های چوب

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

- ۱- رابطه مقاومت چوب را با جرم مخصوص بداند.
- ۲- تأثیر رطوبت چوب را بر مقاومت‌های آن بداند.
- ۳- تأثیر عمر مصرف چوب را بر مقاومت‌های آن بداند.
- ۴- تأثیر درجه حرارت را بر مقاومت‌های چوب بداند.
- ۵- در الوار چوبی عوامل مؤثر بر مقاومت را بداند.

زمان تدریس: ۶ ساعت



۱۲- 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 سوزنی‌برگ در یک محدوده مقاومت اغلب اشتراک داشته مقاومت‌های یکسانی را نشان می‌دهند. مقاومت چوب‌های تجارتهای مختلف در جدول (۱۲-۱) خلاصه شده است. ارقام جدول (۱۲-۱) برای چوب‌های به اندازه مصرف (بزرگ) جدول ۱-۱۲-۱ مقاومت‌های مکانیکی و جرم مخصوص مهم‌ترین چوب‌های تجارتهای^۱

مقاومت در برابر ضربه	مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف نیوتن بر متر مربع	مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف نیوتن بر متر مربع	خش نیوتن بر مترمربع		جرم مخصوص		نام چوب
			مدول الاستیسیته	مقاومت خمشی	d _{۱۲}	d _۱	
۶/۵	۱۰۰×۱۰ ^۶	۶۲×۱۰ ^۶	۱۱۳۰×۱۰ ^۶	۱۳۷×۱۰ ^۶	۰/۶۶	۰/۶۲	افرای چناروش
۱۳/۵	۱۳۶×۱۰ ^۶	۷۳×۱۰ ^۶	۱۱۲۷×۱۰ ^۶	۱۳۶/۱×۱۰ ^۶	۰/۷۶	۰/۷۲	اقاقیا
۶/۸	-	۳۷۳۰×۱۰ ^۶	-	۷۵/۷۵×۱۰ ^۶	۰/۵۸	۰/۵۵	اوکالیپتوس
۵	۷۷×۱۰ ^۶	۳۵×۱۰ ^۶	۸۸۰۰×۱۰ ^۶	۶۵×۱۰ ^۶	۰/۴۵	۰/۴۱	تبریزی
۵	-	۴۷×۱۰ ^۶	۷۷۰۰×۱۰ ^۶	۸۵×۱۰ ^۶	۰/۵۳	۰/۴۹	توسکای قشلاقی
۹/۲	-	۶۴۴۰×۱۰ ^۶	۱۲۵۰۰×۱۰ ^۶	۸۷×۱۰ ^۶	۰/۶۶	۰/۶۳	راش
۶/۵	۱۶۵×۱۰ ^۶	۵۲×۱۰ ^۶	۱۳۴۰۰×۱۰ ^۶	۱۲۰×۱۰ ^۶	۰/۶۹	۰/۶۵	زبان گنجشک
۹/۵	۱۰۰×۱۰ ^۶	۷۲×۱۰ ^۶	۱۲۵۰۰×۱۰ ^۶	۱۴۷×۱۰ ^۶	۰/۶۸	۰/۶۴	گردوی ایرانی
۶	۸۰×۱۰ ^۶	۵۶×۱۰ ^۶	۱۱۰۰۰×۱۰ ^۶	۸۹×۱۰ ^۶	۰/۶۸	۰/۶۴	ملج
۸	۱۳۵×۱۰ ^۶	۸۲×۱۰ ^۶	۱۶۲۰۰×۱۰ ^۶	۱۶۰×۱۰ ^۶	۰/۸۳	۰/۷۹	ممرز
۵	۸۵×۱۰ ^۶	۵۲×۱۰ ^۶	۷۴۰۰×۱۰ ^۶	۱۰۶×۱۰ ^۶	۰/۵۳	۰/۴۹	نمدار
۴/۲	۸۴×۱۰ ^۶	۴۷×۱۰ ^۶	۱۱۰۰۰×۱۰ ^۶	۷۳×۱۰ ^۶	۰/۴۵	۰/۴۱	نراد (آبیس)
۴/۶	۹۰×۱۰ ^۶	۵۵×۱۰ ^۶	۱۱۰۰۰×۱۰ ^۶	۷۸×۱۰ ^۶	۰/۴۷	۰/۴۳	نوتل (پیشه آ)
-	-	۳۳۵۰×۱۰ ^۶	-	۶۱/۷×۱۰ ^۶	۰/۴۲	۰/۳۹	کاج الدار (تهران)
۴	۱۰۴×۱۰ ^۶	۵۵×۱۰ ^۶	۱۲۰۰۰×۱۰ ^۶	۱۰۰×۱۰ ^۶	۰/۵۲	۰/۴۹	کاج جنگلی

۱- مأخذ: پارسا پژوه، داود. تکنولوژی چوب

جرم مخصوص در صفر درصد رطوبت = d_۱

جرم مخصوص در ۱۲ درصد رطوبت = d_{۱۲}

بوده، معمولاً در آزمایش اندازه‌گیری مقاومت‌ها از چوب اندازه استاندارد (کوچک) استفاده می‌گردد که این چوب‌ها را عاری از هرگونه عیب ظاهری نظیر گره، ترک، 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.

۱-۱۲-۱- 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 در مواردی 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:

$$P = KD^n$$

$$P = \text{مقاومت}$$

$$D = \text{جرم مخصوص}$$

$$K = \text{ضریب ثابت معادله که با توجه به مقاومت مورد نظر تغییر می‌کند.}$$

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

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

مقاومت	رابطه با جرم مخصوص (K: ضریب ثابت) ^۱
مقاومت خمشی (MOR)	$K \times D^{1/25}$
مدول الاستیسیته (MOE) در حالت خمش	$K \times D$
مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف	$K \times D$
مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف	$K \times D^{2/25}$
سختی جانبی	$K \times D^{2/25}$

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 مبیل سازی برای ساخت قطعات کوچک داخل مبیل از چوب نمدار استفاده می‌کند. این کارخانه سعی دارد از چوب راش درجه مشابه به جای نمدار استفاده کند. آیا راش از مقاومت لازم برخوردار است؟

حل: در این مورد مقاومت خمشی (MOR) و قدرت نگهداری پیچ تعیین‌کننده است؛ بنابراین، برای حل این مسأله اطلاعات مورد نیاز در جدول ۳-۱۲ خلاصه شده است.

جدول ۳-۱۲- 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 در حدود 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؛ از این رو به آسانی

۱- مقدار K در مقاومت‌های مختلف متفاوت است.

می توان 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 میز استفاده می کند. این کارخانه سعی می کند از چوب نوئل استفاده کند. آیا چنین کاری امکان پذیر است؟
حل: در ساخت اسکلت این نوع میزها، مدول الاستیسیته در حالت خمش (MOE) و فشار عمود بر الیاف مهم هستند. این مقاومت ها و جرم مخصوص دو نوع چوب مورد نظر در جدول ۴-۱۲ خلاصه شده است.

جدول ۴-۱۲- مقاومت ها 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	$1/48 \times 10^6$ Pa	۸۳۰ Pa
نوئل	۰/۳۵	$1/45 \times 10^6$ Pa	۵۰۰ Pa

مدول الاستیسیته هر دو چوب یکسان است؛ بنابراین، در مورد این مقاومت با مشکلی مواجه نخواهیم بود. اما فشار عمود بر الیاف چوب نوئل کمتر از چوب کاج است؛ از این رو، اگر این مقاومت بحرانی و تعیین کننده است پس چوب نوئل مناسب نیست.
 در دو مثال فوق سعی شد به طور ساده نقش مقاومت چوب در استفاده از آن بیان گردد، اما در عمل مواجه با مسائل بیشتری هستیم که باید به دقت مورد ارزیابی قرار گیرند.

۲-۱۲- عوامل مؤثر بر مقاومت های چوب

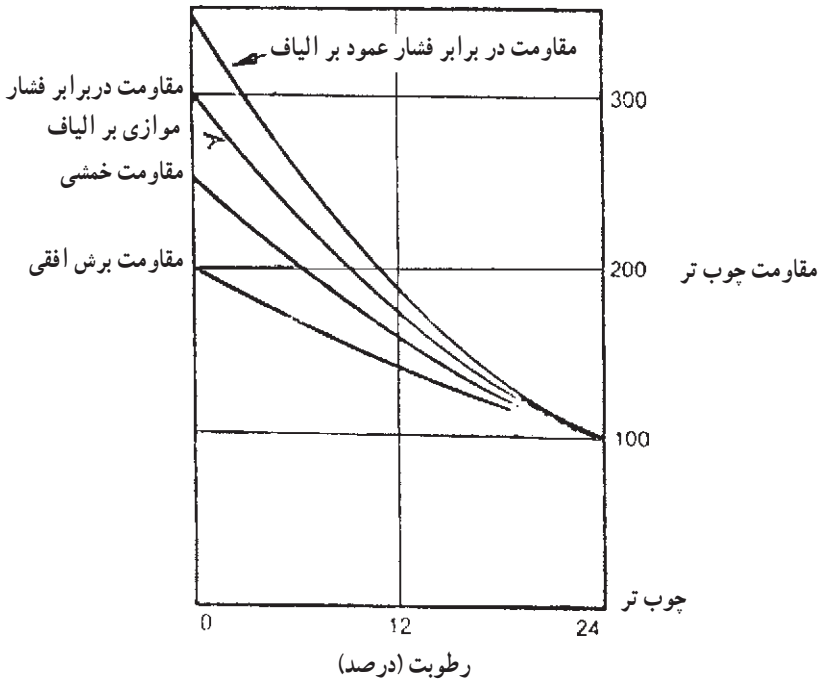
تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت چوب به طور جداگانه مورد بحث قرار گرفت. در این قسمت، تأثیر عواملی که بر مقاومت چوب بدون عیب ظاهری که بر چوب به اندازه مصرف نیز تأثیر می گذارند مورد توجه قرار می گیرد.

۲-۱۲-۱- 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 ۱-۱۲ 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 به صورت درصدی از آن مقاومت (در رطوبت ۲۴ درصد) بیان کرده‌ایم.

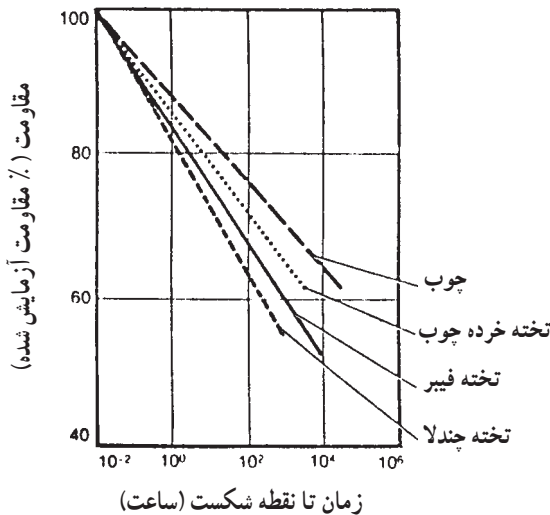
در اثر خشک شدن چوب از رطوبت ۲۴ درصد تا رطوبت صفر درصد (کاملاً خشک) در شکل ۱-۱۲:



شکل ۱-۱۲- رابطه بین رطوبت چوب زبان گنجشک و مقاومت‌های آن

- مقاومت برشی دو برابر می‌شود؛
- مقاومت خمشی ۲/۵ برابر می‌شود؛
- مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف ۳ برابر می‌شود؛
- مقاومت به فشار عمود بر الیاف ۳/۵ برابر می‌شود.

۲-۲-۱۲- عمر مصرف چوب: استفاده طولانی از چوب، بدون وجود عوامل مخرب نظیر میکرو اورگانیزم‌ها، درجه حرارت بالا یا نیروی مداوم - بر مقاومت‌های آن، تأثیری اندک دارد. البته بعد از قرن‌ها تغییراتی به وجود 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 کمتر است. رابطه بین مقدار فشار و زمان تحمل نیرو تا نقطه شکست برای چوب و مواد مرکب چوبی در شکل ۲-۱۲ آورده شده است.

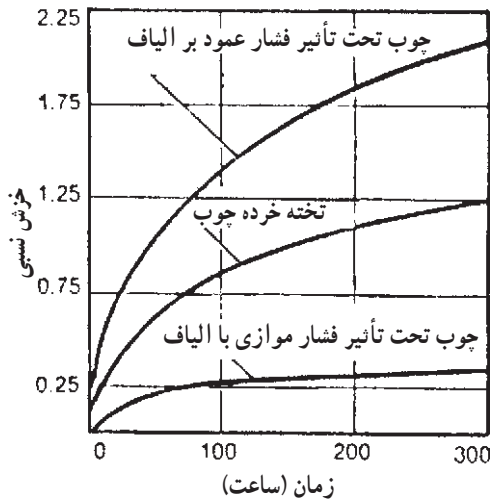


شکل ۲-۱۲- رابطه بین مقاومت و زمان تحمل نیرو تا نقطه شکست

اگر نیروی کمی بر یک قطعه چوب وارد شود چوب نمی‌شکند، بلکه آن قطعه چوب خمیده شده یا به تدریج 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؛ به طوری 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 در اثر رطوبت دادن تکراری شدت می‌یابد و اگر چوب در محیط با رطوبت ثابت قرار گرفته باشد مقدار آن کمتر است.

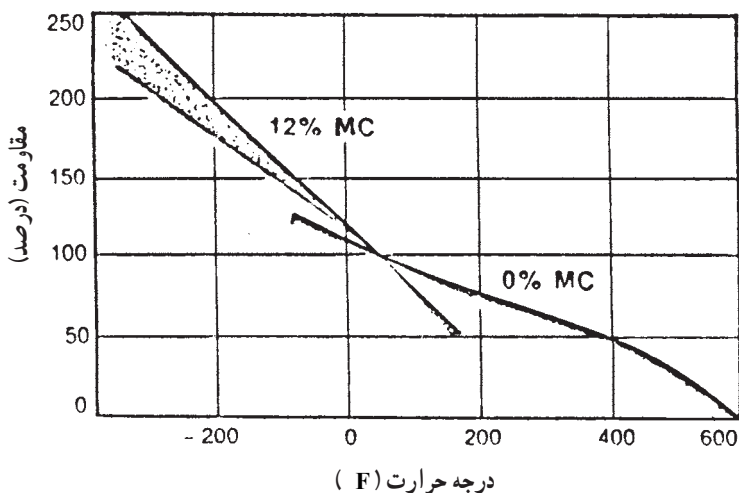
در تیرهای بلند سقف یا سر در خزش مسأله‌ساز است. هم‌چنین اگر از تخته خرده چوب یا تخته فیبر برای طبقات کتابخانه استفاده شود، خزش بسیار پدید می‌آید. برای جلوگیری از خزش در چوب می‌توان از نیروی بیش از حد اجتناب کرده از چوب کاملاً خشک استفاده کرد و با عمل پرداخت‌ها و پوشش‌های سطحی از تغییر رطوبت آن جلوگیری کرد. در شکل ۳-۱۲ نتایج 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 ۳-۱۲- خزش نسبی در سه حالت متفاوت

۳-۲-۱۲- 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 در شکل ۴-۱۲ ترسیم شده است. اگر درجه حرارت کمتر از ۱۰۰ درجه سلسیوس باشد افت دائمی کمی در مقاومت چوب مشاهده می‌گردد، اما اگر چوب در معرض درجه حرارت بالا برای مدت طولانی قرار گیرد افت دائمی مقاومت به‌وجود می‌آید.

اگر رطوبت چوب زیاد باشد حساسیت چوب به درجه حرارت زیاد، بیشتر است.



شکل ۴-۱۲- اثر فوری درجه حرارت بر مقاومت‌های چوب

۳-۱۲- عوامل مؤثر بر مقاومت الوار چوبی

مقاومت چوب به‌طور بی‌وسه 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 چندلا 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.

۳-۱۲-۱- گره‌ها: 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 در اطراف 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

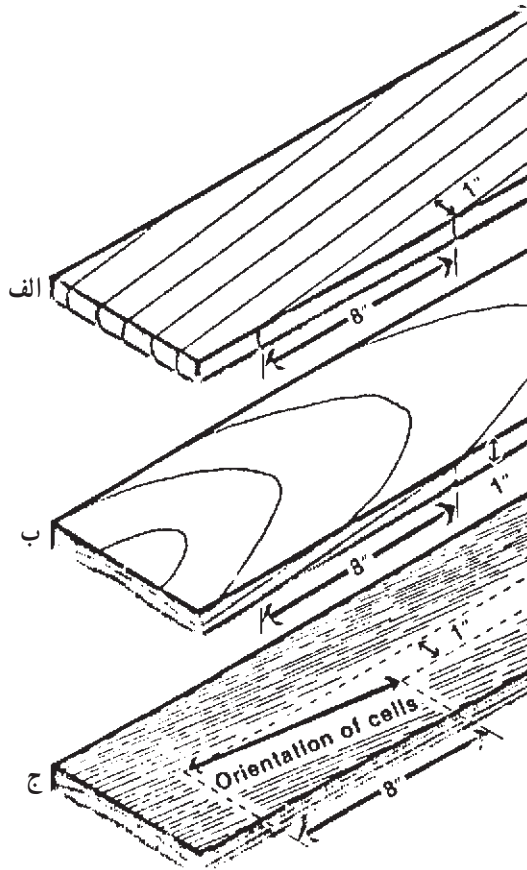
بالا است؛ بنابراین، باید سعی شود در همه حال گره در لبه بالا قرار گیرد.

۲-۳-۱۲- کج تاری (الیاف مورب): کج تاری یا شیب الیاف به صورت طول قطعه

چوب - که در آن الیاف به اندازه $2/5$ سانتی متر کج شده اند - تعیین می گردد. در شکل ۵-۱۲ سه حالت متفاوت از شیب الیاف نشان داده شده است. در دو حالت «الف» و «ب» شیب الیاف یا کج تاری در اثر برش الوار از گرده بینه است، اما کج تاری می تواند در اثر وجود ماریچی باشد. در این حالت اگر چه دایره های رویش، موازی لبه ها به نظر می رسد، ولی کج تاری شدید وجود دارد.

اگر شیب الیاف بیش از $\frac{1}{4}$ باشد، مقاومت چوب بسیار کم می شود. مقاومت در برابر کشش

به مقدار زیادی در اثر کج تاری کم می شود، اما تأثیر کج تاری بر مقاومت خمشی و مقاومت در برابر فشار کمتر است.



شکل ۵-۱۲- سه حالت شیب الیاف در چوب (در هر سه حالت شیب یک هشتم است).

تمرین

- ۱- وزن مخصوص چوب‌های خشک زیر را در جدول ۱-۱۲ پیدا کنید.
 - زبان گنجشک
 - تبریزی
 - ملج
 - کاج الدار
- ۲- مقاومت خمشی چوب‌های زیر را از جدول ۱-۱۲ تعیین کنید.
 - افاقیا
 - توسکا قشلاقی
 - گردوی ایرانی
 - نمدار
- ۳- مقاومت چوب‌های زیر را در برابر فشار موازی با الیاف در جدول ۱-۱۲ پیدا کنید.
 - راش
 - نراد
 - کاج جنگلی
 - اوکالیپتوس
- ۴- مقاومت چوب‌های زیر را در برابر ضربه در جدول ۱-۱۲ پیدا کنید.
 - نوئل «پیسه آ»
 - افرای چناروش
 - راش
 - ممرز
- ۵- در اثر زیاد شدن جرم مخصوص، مقاومت‌های چوب کم می‌شود یا زیاد؟
- ۶- با افزایش رطوبت چوب مقاومت آن زیاد می‌شود یا کم؟
- ۷- اگر بر یک قطعه چوب نیروی کمی به مدت طولانی وارد شود آیا مقاومت چوب کم می‌شود یا تغییر نمی‌کند؟
- ۸- مقاومت یک قطعه چوب کوچک بدون عیب زیادتر است یا یک قطعه الوار؟
- ۹- اگر یک قطعه چوب دارای کج تاری باشد مقاومت آن کم می‌شود یا تغییر نمی‌کند؟
- ۱۰- 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 کمتر است؟

منابع مورد استفاده

۱- پارسا پژوه، داود. ۱۳۶۳. تکنولوژی چوب، بخش دوم انتشارات دانشگاه تهران-تهران.

۲- Haygreen, J.G, J.L. Bowyer. 1982. Forest Products & Wood Science. An Introduction, Chapter. 10. the Iowa State University Press - Ames.

۳- Kollman, F.F.P. , W.A. Cote. 1968. Principles of Wood Science & Technology. Chapter 9. Springer - Verlag, Berlin.

۴- 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 آزمون

سؤال‌های فصل اول

- ۱- سه قسمت قابل رؤیت برش عرضی تنه درخت را نام ببرید.
- ۲- چرا رنگ درون چوب تیره‌تر از رنگ برون چوب است؟
- ۳- پره‌های چوبی را تعریف کنید.
- ۴- اختلاف چوب بهاره و چوب تابستانه را شرح دهید.
- ۵- دو اختلاف بین سوزنی برگان و پهن برگان را بنویسید.
- ۶- سه مقطع چوب را نام ببرید که اغلب در مطالعات مرتبط به خواص چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ۷- چوب فشاری در چه قسمت از درخت به وجود می‌آید؟
- ۸- چوب کششی اغلب در قسمت تنه خمیده و شاخه‌های درختان برگ تشکیل می‌شود.
- ۹- لایه‌های تشکیل‌دهنده پوست درخت را نام ببرید.
- ۱۰- وظیفه کامبیوم در درختان زنده چیست؟

سؤال‌های فصل دوم

- ۱- رنگ چوب‌های صنوبر، شمشاد، گردو و آبنوس را مشخص کنید.
- ۲- چرا چوب‌های تیره رنگ بادوام‌تر هستند؟
- ۳- دلیل اختلاف رنگ در گونه‌های مختلف چوب چیست؟
- ۴- چرا رنگ بعضی چوب‌ها پس از مدتی که در هوای آزاد قرار می‌گیرند تغییر می‌کند؟
- ۵- چرا به بعضی از چوب‌ها بخار می‌دهند؟
- ۶- چرا تشخیص و شناسایی ظاهری کلیه‌ی چوب‌ها از روی رنگ آن‌ها امکان‌پذیر نیست؟
- ۷- چرا بعضی از چوب‌ها بوی مخصوصی دارند؟
- ۸- چند نوع چوب نام ببرید که بوی مطبوع دارند.
- ۹- دو مورد استفاده از چوب‌های بی بو را نام ببرید.

۱۰- چرا حشرات از بعضی از چوب‌ها گریزان هستند؟

سؤال‌های فصل سوم

- ۱- رطوبت چوب را تعریف کنید.
- ۲- درصد رطوبت چوب چگونه محاسبه می‌شود؟
- ۳- آب به چند صورت در چوب وجود دارد؟
- ۴- آب آزاد یعنی چه؟
- ۵- نقطه اشباع الیاف را تعریف کنید.
- ۶- آیا مقدار همکشیدگی یا واکنشیدگی در جهات مختلف یکسان است؟
- ۷- میزان همکشیدگی را چگونه نشان می‌دهند؟
- ۸- اختلاف همکشیدگی در جهت شعاعی و مماسی در چیست؟
- ۹- دو روش پیشگیری از همکشیدگی و واکنشیدگی چوب را نام ببرید.
- ۱۰- کدام یک از روش‌های تعیین رطوبت چوب متداول‌تر است. مراحل مختلف آن را نام

ببرید.

سؤال‌های فصل چهارم

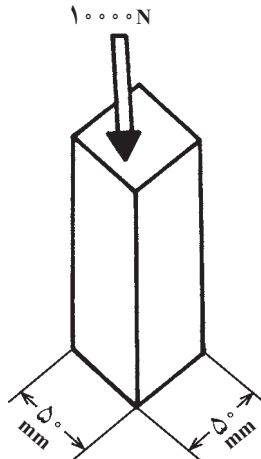
- ۱- جرم مخصوص «دانسیته» را تعریف کنید.
- ۲- جرم یک قطعه چوب مکعبی به ابعاد $4 \times 4 \times 4$ سانتی‌متر برابر 250 گرم است. جرم مخصوص این قطعه چوب را محاسبه کنید.
- ۳- جرم ویژه نسبی را تعریف کنید.
- ۴- چرا جرم ویژه نسبی فاقد واحد است؟
- ۵- چرا جرم مخصوص چوب‌های مختلف با هم فرق دارد؟
- ۶- اهمیت جرم ویژه نسبی در چیست؟
- ۷- یک روش اندازه‌گیری جرم ویژه نسبی را نام ببرید.
- ۸- مقدار رطوبت چه تأثیری روی جرم مخصوص دارد؟
- ۹- چوب صنوبر سبک‌تر است یا چوب بلوط، چرا؟
- ۱۰- معمولاً جرم ویژه نسبی ماده تشکیل دهنده چوب چقدر است؟

سؤال‌های فصل پنجم

- ۱- مقاومت ویژه الکتریکی را تعریف کنید.
- ۲- چرا چوب کاملاً خشک، عایق الکتریسیته است؟
- ۳- مقاومت الکتریکی چوب به چه عواملی بستگی دارد؟ نام ببرید.
- ۴- ضریب دی‌الکتریک چوب را تعریف کنید.
- ۵- گرمای ویژه چوب را تعریف کنید.
- ۶- ضریب ظرفیت حرارتی چوب را تعریف کنید.
- ۷- ضریب هدایت حرارتی چوب را چگونه محاسبه می‌کنند؟
- ۸- قدرت گرمادهی یا گرمایی چوب یعنی چه؟
- ۹- ارزش حرارتی چوب در سیستم متریک چقدر است؟
- ۱۰- ارزش حرارتی چوب بیشتر است یا زغال سنگ؟
- ۱۱- سرعت انتشار صوت به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۱۲- در چوب، سرعت انتشار صوت را چگونه محاسبه می‌کنند؟

سؤال‌های فصل ششم

- ۱- حالت الاستیکی را تعریف کنید.
- ۲- حالت پلاستیکی را تعریف کنید.
- ۳- بر قطعه چوب شکل زیر، نیرویی برابر 10000 N نیوتن وارد شده است. اگر سطح مقطع آن 2500 میلی‌متر مربع باشد، فشار را محاسبه کنید.



- ۴- جهت محوری یا طولی چوب را شرح دهید.
- ۵- جهت مماسی چوب را شرح دهید.
- ۶- جهت شعاعی چوب را شرح دهید.
- ۷- ماده‌ای که در جهت‌های مختلف دارای خواص مکانیکی یکسان باشد، چه نام دارد؟
- ۸- ماده‌ای نظیر چوب که در جهت‌های مختلف دارای خواص مکانیکی متفاوت باشد، چه نام

دارد؟

- ۹- مقاومت چوب در جهت موازی با الیاف زیادتر است یا در جهت عمود بر الیاف؟
- ۱۰- مدول الاستیسیته تعیین‌کننده مقاومت چوب در برابر چه نیرویی است؟

سؤال‌های فصل هفتم

- ۱- 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؟
- ۲- مقاومت خمشی (مدول گسیختگی) چوب را تعریف کنید.
- ۳- یک قطعه چوب راش به ابعاد مقطع 5×5 سانتی‌متر و طول 80 سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی خمشی برابر 600 نیوتن شکسته شده است. اگر فاصله بین دو تکیه‌گاه 70 سانتی‌متر باشد، با استفاده از فرمول $MOR = \frac{1/5FL}{bd^2}$ مقاومت خمشی (مدول گسیختگی) این چوب را محاسبه کنید.
- ۴- یک قطعه چوب بلوط به ابعاد سطح مقطع $2/5 \times 2/5$ سانتی‌متر و طول 40 سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی خمشی برابر 500 نیوتن شکسته شده است. اگر فاصله بین دو تکیه‌گاه 35 سانتی‌متر باشد، با استفاده از فرمول $MOR = \frac{1/5FL}{bd^2}$ مقاومت خمشی (MOR) این چوب را محاسبه کنید.
- ۵- مقاومت فشاری چوب در کدام حالت بیشتر است: در جهت الیاف یا عمود بر الیاف؟
- ۶- جرم مخصوص چوب بلوط زیادتر از جرم مخصوص چوب کاج است. مقاومت خمشی کدام چوب زیادتر است؟
- ۷- جرم مخصوص چوب صنوبر کمتر از چوب افرا است. مقاومت خمشی کدام چوب زیادتر است؟
- ۸- اگر یک قطعه چوب را خیس کنیم مقاومت خمشی آن «کم می‌شود» یا «تغییر نمی‌کند»؟
- ۹- در اثر زیاد شدن درجه حرارت مقاومت خمشی چوب «کم می‌شود» یا «زیاد می‌شود»؟
- ۱۰- خم کردن چوب خشک آسان‌تر است یا خم کردن چوب مرطوب؟

سؤال‌های فصل هشتم

۱- مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب زیادتر است یا مقاومت در برابر کشش

عمود بر الیاف؟

۲- مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب گره‌دار زیادتر است یا مقاومت در برابر

کشش موازی با الیاف چوب بدون گره؟

۳- یک قطعه چوب زبان گنجشک که به شکل دمبل ساخته شده است تحت تأثیر نیروی

کشش موازی با الیاف 3000 نیوتن شکسته شده است. اگر سطح مقطع قسمت وسط چوب 2

سانتی متر مربع باشد، با استفاده از رابطه: $P_{\parallel} = \frac{F}{A}$ ، مقاومت چوب زبان گنجشک را در برابر

کشش موازی با الیاف تعیین کنید.

۴- برای تعیین مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب بلوط، یک قطعه از این چوب

تحت تأثیر نیروی کشش عمود بر الیاف قرار گرفته و در اثر نیروی 8000 نیوتن شکسته شده است.

اگر سطح مقطع نمونه 1250 میلی متر مربع باشد با استفاده از رابطه: $P_{\perp} = \frac{F}{A}$ ، مقاومت این چوب را

در برابر کشش عمود بر الیاف محاسبه کنید.

۵- جرم مخصوص چوب توسکا برابر 550 گرم بر سانتی متر مکعب است. با استفاده از

فرمول: $P_{\perp} = 60D^2$ مقاومت چوب توسکا را در برابر کشش عمود بر الیاف محاسبه کنید.

۶- جرم مخصوص چوب کاج زیادتر از چوب نوئل است. مقاومت در برابر کشش موازی با

الیاف کدام یک از این دو چوب زیادتر است؟

۷- از دو قطعه چوب راش، یک قطعه آن کاملاً خشک است و قطعه دیگر دارای 15%

رطوبت است، مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف کدام چوب زیادتر است؟

۸- مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب گره‌دار زیادتر است یا چوب بدون گره؟

۹- دو قطعه چوب افرا به ابعاد سطح مقطع 50×50 میلی متر دارای گره هستند. قطر گره در

یک قطعه برابر 30 میلی متر و قطر گره در قطعه دیگر برابر 20 میلی متر است. مقاومت در برابر کشش

موازی با الیاف کدام یک زیادتر است؟

۱۰- چرا گره تأثیر خیلی زیادی بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب دارد؟

سؤال‌های فصل نهم

۱- وقتی یک نفر بر روی چهارپایه چوبی نشسته است، در این حالت پایه‌ها تحت تأثیر چه نیروی قرار دارند؟

۲- یک مخزن آب بر روی یک اسکلت چوبی نصب شده است. پایه‌های چوبی این اسکلت تحت تأثیر چه نیرویی قرار دارند؟

۳- مقاومت چوب در برابر فشار موازی با الیاف کمتر است یا مقاومت چوب در برابر کشش عمود بر الیاف؟

۴- یک قطعه چوب راش به ابعاد سطح مقطع 50×50 میلی‌متر تحت تأثیر نیروی فشار موازی با الیاف قرار گرفته و توانسته است نیروی 90 کیلونیوتن را تحمل کند. با استفاده از رابطه: $P_{c\parallel} = \frac{F}{A_c}$ ، مقاومت چوب راش را در برابر فشار موازی با الیاف محاسبه کنید.

۵- در تراورس راه‌آهن مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب مهم‌تر است یا مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف؟

۶- یک قطعه چوب افرا به ابعاد سطح مقطع 5×5 سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی فشار عمود بر الیاف قرار گرفته و نیرویی برابر 35000 نیوتن را تحمل کرده است. با استفاده از رابطه: $P_{c\perp} = \frac{F}{A_c}$ ، مقاومت چوب افرا را در برابر فشار عمود بر الیاف محاسبه کنید.

۷- مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف زیاده‌تر است یا مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف؟

۸- چوب افرا سنگین‌تر از چوب توسکا است. مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف کدام یک زیاده‌تر است؟

۹- اگر در رابطه $P_{\parallel} = I \times D$ مقدار I برابر 1250 و جرم مخصوص چوب $5/0$ باشد، مقاومت چوب را در برابر فشار موازی با الیاف محاسبه کنید.

۱۰- مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب راش خشک کمتر است یا چوب راش با رطوبت 15% ؟

۱۱- مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب افرا بدون گره بیشتر است یا چوب افرا گره‌دار؟

سؤال‌های فصل دهم

- ۱- مقاومت برشی موازی با الیاف چوب کمتر است یا مقاومت برشی عمود بر الیاف چوب؟
- ۲- وقتی یک تیر چوبی تحت تأثیر نیروی خمشی قرار می‌گیرد، در چه قسمت آن نیروی برشی افقی وجود دارد؟
- ۳- یک قطعه چوب راش تحت تأثیر نیروی برشی برابر 40° کیلونیوتن شکسته شده است. اگر سطح مقطع تحت تأثیر نیروی برشی 250° میلی‌متر مربع باشد با استفاده از رابطه $P = \frac{F}{A}$ ، مقاومت برشی چوب راش را محاسبه کنید.
- ۴- وقتی با یک چکش با دسته چوبی ضربه سنگینی بر یک میخ وارد می‌کنیم، دسته چکش تحت تأثیر چه نیرویی قرار می‌گیرد؟
- ۵- مقاومت در برابر ضربه چوب پوسیده زیادتر است یا چوب سالم؟

سؤال‌های فصل یازدهم

- ۱- جرم مخصوص چوب بلوط زیادتر از چوب صنوبر است. سختی کدام یک زیادتر است؟
- ۲- چوب راش سنگین‌تر از چوب کاج است. سختی کدام یک کمتر است؟
- ۳- چوب آزاد سنگین‌تر از چوب توسکا است. کدام یک آسان‌تر سنباده‌زنی می‌شوند؟
- ۴- اگر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف یک قطعه چوب آزاد 70° نیوتن بر میلی‌متر مربع باشد با استفاده از رابطه: $H = 2F - 500$ سختی چوب آزاد را محاسبه کنید.
- ۵- چوب افرا سخت‌تر از چوب توسکا است. کدام یک آسان‌تر رنده می‌شود؟

سؤال‌های فصل دوازدهم

- ۱- آیا با زیاد شدن جرم مخصوص چوب مقاومت‌های آن زیاد می‌شود یا کم می‌شود؟
- ۲- جرم مخصوص چوب گردوی ایرانی برابر 64° / گرم بر سانتی‌متر مکعب و جرم مخصوص چوب نمدار 49° / گرم بر سانتی‌متر مکعب است. مدول الاستیسیته در حالت خمش کدام یک زیادتر است؟
- ۳- جرم مخصوص چوب افرای چناروش زیادتر از جرم مخصوص نمدار است. قدرت نگهداری پیچ کدام یک زیادتر است؟

- ۴- مقاومت‌های چوب تر زیادتر است یا چوب خشک؟
- ۵- 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؟
- ۶- از یک قطعه تخته خرده چوب (تئوپان) یک طبقه کتابخانه ساخته شده است و تعدادی کتاب بر روی آن قرار داده‌اند، پس از مدتی قطعه تئوپان خمیده شده است. چرا؟
- ۷- اگر یک قطعه چوب را حرارت دهیم، مقاومت‌های آن کم می‌شود و یا زیاد می‌شود؟
- ۸- مقاومت‌های یک قطعه چوب با الیاف مورب زیادتر است یا یک قطعه چوب با الیاف راست؟
- ۹- مقاومت یک قطعه چوب با طول 50 سانتی‌متر و ابعاد سطح مقطع 2×2 زیادتر است یا مقاومت یک الوار با طول $2/5$ متر و ابعاد سطح مقطع 25×15 سانتی‌متر؟
- ۱۰- مقاومت یک الوار راش با گره‌های متعدد و بزرگ زیادتر است یا مقاومت یک الوار راش با گره‌های کوچک و تعداد کم؟

