



کاربرد رطوبت سنج های الکتریکی در چوب و محصولات چوبی

نویسنده و مسئول مکاتبه: سید محمود میری تباری، استادیار گروه علوم و تکنولوژی چوب، دانشکده مواد و علوم میان رشته ای، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران

آدرس: تهران- لویزان- خیابان شهید شعبانلو- دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی- دانشکده مواد و علوم میان رشته ای- گروه علوم و تکنولوژی چوب

Email: Miry.Mahmood@gmail.com

چکیده:

در این مقاله به بررسی نقش رطوبت سنج های الکتریکی در تعیین درصد رطوبت چوب و محصولات چوبی پرداخته می شود. مبنای عملکرد رطوبت سنج های الکتریکی بر پایه یک اصل ساده و بنیادی که همان تغییر ویژگی های الکتریکی چوب در اثر نوسانات رطوبتی می باشد، استوار است. آشنایی با انواع رطوبت سنج ها، نحوه استفاده از آن ها و کالیبره کردن این ابزارها برای تعیین درصد رطوبت چوب (ماسیو) و چوب هایی با کاربردهای ویژه (چوب های اصلاح شده و کندسوز شده) می تواند نیاز محققین و صاحبان صنایع را مرتفع کند. با در نظر گرفتن این واقعیت که روش های مذکور می توانند علاوه بر غیر مخرب بودن و سرعت عمل بالا، کارآمد بوده و از درصد اطمینان قابل قبولی برخوردار باشند، این مقاله به مرور انواع ابزارها و شیوه های تعیین درصد رطوبت در چوب و محصولات چوبی و تلاش های صورت گرفته در این زمینه می پردازد.

واژگان کلیدی: رطوبت سنج، گرا دیان رطوبتی، مقاومت الکتریکی، چوب و محصولات چوبی

مقدمه

در اغلب سازه های چوبی تبدلات رطوبتی مصنوعات چوبی با محیط پیرامون اجتناب ناپذیر است و آگاهی از میزان و شدت این تغییرات برای مصرف کنندگان امری ضروری می باشد (1). با رسیدن رطوبت تا محدوده هیگروسکوپیک، تغییرات عمده ای در خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چوب حادث می شود که متاثر از میزان هم کشیدگی و واکشیدگی چوب می باشد. همچنین با افزایش رطوبت چوب تا محدوده 20 درصد افزایش خطر هجوم عوامل مخرب زیستی نظیر قارچ ها و کپک ها دور از انتظار نیست (2). بنابراین ارزیابی و نظارت بلند مدت بر نوسانات رطوبتی در سازه های چوبی از طریق به کار گیری سنسورهای حرارتی و رطوبتی، می تواند منجر به اطمینان مصرف کنندگان از دوام و پایداری سازه های چوبی شود (3).

رطوبت چوب را می توان با هر دو روش مخرب و غیرمخرب تعیین کرد، که هر کدام از روش ها خود به دو دسته مستقیم و غیر مستقیم دسته بندی می شوند. در روش مستقیم میزان رطوبت واقعی (حقیقی) موجود در چوب اندازه گیری می شود. اما در روش غیر مستقیم، درصد رطوبت چوب با استفاده از متغیرهایی که خود متاثر از درصد رطوبت چوب می باشند، تعیین می شوند



(4). روش متعارف و مطمئن تعیین درصد رطوبت که همان محاسبه گرادیان رطوبتی چوب (روش خشک کردن در آون) همچنان مطمئن ترین روش برای محاسبه درصد رطوبت چوب می باشد که مطابق استاندارد ISO 12570 (5) انجام می شود.

اما در مقیاس تجاری و صنعتی به روشی نیاز است که با سرعت، دقت و با حداکثر اطمینان قابلیت ارزیابی درصد رطوبت چوب را داشته باشد (6). بنابراین شناسایی انواع ابزارها به همراه روش های استفاده و پردازش اطلاعات در محاسبه درصد رطوبت چوب ها به صورت ماسیو و توامان در محصولات چوبی لازم و ضروری به نظر می رسد. ارزیابی و نظارت طولانی بر نوسانات رطوبتی مانع از بروز مشکلاتی می شود که در اثر تغییرات رطوبتی در سازه های چوبی رخ می دهد و درک روش های موثر و کارآمد در تعیین درصد رطوبت چوب می تواند کمک بزرگی برای مصرف کنندگان و صاحبان صنایع باشد. با در نظر گرفتن اهمیت موضوع این مقاله به بررسی انواع روش های تعیین درصد رطوبت چوب از طریق معرفی ابزارها، نحوه عملکرد و عوامل موثر در صحت سنجی داده های قرائت شده می پردازد.

خواص الکتریکی چوب

خواص الکتریکی چوب که برای رطوبت سنج های الکتریکی مهم است، هدایت (مقاومت) جریان الکتریکی مستقیم، ثابت دی الکتریک و ضریب توان می باشد. رسانایی یا هدایت جریان الکتریکی خصوصیتی است که به واسطه آن مواد قادر خواهند بود جریان الکتریکی را از خود عبور دهند. شدت رسانایی، شار جریان در اثر اختلاف پتانسیل معین یا نیروی محرکه الکتریکی به وجود آمده در سرتاسر کندانکتور (رسانا) را تعیین می کند. در اغلب موارد، شدت رسانایی (مقاومت)، نیروی محرکه الکتریکی. جریان با نسبت ساده ای که تحت عنوان قانون اهم شناخته می شود قابل بیان است.

تاثیر درصد رطوبت

رسانایی (مقاومت) جریان مستقیم به طور قابل ملاحظه ای با درصد رطوبت چوب در زیر نقطه اشباع الیاف تغییر می کند. همگام با کاهش رطوبت در زیر نقطه اشباع الیاف (تقریباً رطوبت 30 درصد) تا رسیدن به رطوبت چوب خشک شده در اتوو، رسانایی چوب حدود 10 میلیون برابر کاهش می یابد. در این دامنه از درصد رطوبت، تقریباً رابطه خطی بین لگاریتم جریان با لگاریتم درصد رطوبت برقرار است. در درصد رطوبت های بالاتر از نقطه اشباع الیاف همبستگی کمی بین درصد رطوبت و میزان رسانایی جریان الکتریکی مشاهده می شود. افزایش درصد رطوبت از نقطه اشباع الیاف تا پر شدن کامل ساختمان چوب از آب آزاد، میزان رسانایی را حدود 50 برابر یا حتی کمتر از این مقدار افزایش می دهد. اغلب گونه ها در حالت کاملاً اشباع، رطوبت بالای 100 درصد بر حسب وزن چوب خشک شده در اتوو دارند. مقاومت الکتریکی گونه دوگلاس فیر که با الکترودهای رطوبت سنج هدایت الکتریکی در دمای اتاق اندازه گیری شد، در رطوبت 7 درصد معادل 22400 مگا اهم و در رطوبت 25 درصد معادل 0/46 مگا اهم محاسبه شد.

تاثیر درجه حرارت



با افزایش درجه حرارت رسانایی الکتریکی چوب نیز افزایش می‌یابد (7 و 8) که در فلزات این پدیده برعکس چوب است. مکانیسم افزایش رسانایی چوب با افزایش حرارت را مربوط به افزایش تعداد و مقدار جنبش مولکولی بیان نمودند. بنابراین هدایت جریان به وسیله چوب تا حدودی یونی می باشد. در درصد رطوبت‌های بالای ده درصد و در دمای بالای ده درجه سانتی‌گراد به ازای هر یک درجه افزایش دما میزان رسانایی تقریباً 2 برابر خواهد شد.

تاثیر زایه الیاف

هدایت الکتریکی چوب در راستای الیاف تقریباً 2 برابر هدایت الکتریکی در جهت عمود بر الیاف است. نسبت رسانایی الکتریکی در جهت عمود بر الیاف در مقایسه با جهت طولی معادل 0/055 در جهت شعاعی و 0/50 در جهت مماسی است.

ثابت دی الکتریک و ضریب توان

ثابت دی الکتریک یا گذردهی خلاء یک ماده، از نسبت ظرفیت خازنی یک ماده (استفاده از موادی به عنوان دی الکتریک) به ظرفیت همان خازن در خلاء (به عنوان دی الکتریک) تعیین می‌شود (در کاربردهای عملی عمدتاً از هوا استفاده می‌شود). به عبارت دیگر ثابت دی الکتریک عددی است که با توانایی یک ماده برای حمل جریان متناوب نسبت به توانایی خلاء برای حمل جریان متناوب مرتبط می‌باشد. این ثابت نشان می‌دهد در صورت قرار گرفتن ماده در یک میدان الکتریکی چه مقدار انرژی پتانسیل الکتریکی در آن ذخیره می‌شود. ضریب توان دی الکتریک به صورت میزان اتلاف انرژی الکتریکی به صورت گرما در مواد دی الکتریک نشان داده می‌شود. وقتی مواد دی الکتریک در یک میدان الکتریکی ثابت قرار می‌گیرند مقادیر معینی از انرژی الکتریکی را جذب نموده و به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره می‌کنند. با استفاده از یک ماده دی الکتریک کامل و تمام عیار، در صورت حذف میدان الکتریکی، تمام این انرژی قابل بازیابی است اما در عمل بخشی از این انرژی به صورت گرما بین مواد دی الکتریک ظاهر می‌شود. اگر مواد دی الکتریک در یک میدان الکتریکی که با فرکانس ثابت نوسان می‌کند قرار داده شود این مواد متناسب با میزان فرکانس و ضریب اتلاف، انرژی میدان الکتریکی را جذب و عبور می‌دهند. لازم به ذکر است که لزوماً رابطه بین انرژی جذب شده با افزایش فرکانس خطی یا حتی همسو نیست و به علت تأثیرات ضریب اتلاف ممکن است تفاوت‌های چشمگیری داشته باشد (9).

تاثیر درصد رطوبت

ثابت دی الکتریک با افزایش درصد رطوبت افزایش می‌یابد. تاثیر درصد رطوبت زمانی بارزتر می‌شود که بسامد میدان الکتریکی اعمال شده کاهش یابد. تقریباً یک رابطه خطی بین درصد رطوبت و لگاریتم ثابت دی الکتریک در تمامی بسامدها وجود دارد اما با کاهش بسامد، شیب این رابطه خطی افزایش پیدا می‌کند. معمولاً با افزایش درصد رطوبت ضریب توان افزایش می‌یابد اما گاهی اوقات ترکیب درصد رطوبت، حرارت و بسامد منجر به پیدایش شرایطی می‌شود که عکس حالت فوق اتفاق می‌افتد. ضریب توان، تابع غیر خطی از رطوبت، حرارت و بسامد است و ترکیب متفاوت این متغیرها منجر به پیدایش مقادیر حداقلی و حداکثری می‌شود.

تاثیر دانسیته



دیرینه‌گرایی راهبری صنایع چوب و مبلمان متحدان کردمان

ثابت دی الکتریک چوب با افزایش دانسیته تقریباً به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند اگرچه وقتی درصد رطوبت افزایش یابد نمودار اندکی به صورت تقعر صعودی تغییر حالت می‌دهد. ضریب توان چوب خشک شده در اتوو با افزایش دانسیته چوب تا $0/4$ گرم بر سانتی‌متر مکعب به سرعت افزایش می‌یابد. بالاتر از این دانسیته ضریب توان به صورت جزئی افزایش پیدا می‌کند. از آن جا که ضریب اتلاف متاثر از 2 کمیتی است که با افزایش دانسیته افزایش می‌یابند بنابراین ضریب اتلاف نیز با افزایش دانسیته افزایش پیدا خواهد کرد.

تأثیر حرارت

با افزایش درجه حرارت ثابت دی الکتریک چوب نیز افزایش پیدا می‌کند به جز در درصد رطوبت‌های بسیار بالا که ثابت دی الکتریک غیر قابل پیش‌بینی و احتمالاً با افزایش درجه حرارت کاهش می‌یابد. این نسبت عکس را می‌توان به نقطه اشباع پایین الیاف در حرارت‌های بالا مرتبط دانست (10). افزایش ثابت دی الکتریک با افزایش درجه حرارت نشان‌دهنده وقوع مکانیسم‌های پلاریزاسیون است که به صورت حرارتی فعال می‌شود. این مکانیسم‌ها احتمالاً پلاریزاسیون‌های حد واسط هستند یعنی میدان الکتریکی خارجی منجر به شارژ یونی می‌شود که به داخل محیط منفصل چوبی انتقال و سپس انباشته می‌شود و پلاریزاسیون دو قطبی شکل می‌گیرد که هم راستای جهت‌گیری مولکول‌های قطبی سلولز هستند که توسط میدان خارجی القاء شدند. سایر مکانیسم‌های پلاریزاسیون نیز در چوب وجود دارد نظیر گشتاور دو قطبی مولکولی القاء که البته به طور جزئی تحت تأثیر حرارت است. همان طور که پیش‌تر اشاره شد ضریب توان، تابع ساده حرارت نیست اما ممکن است با افزایش حرارت بسته به فرکانس و درصد رطوبت افزایش یا کاهش یابد.

تأثیر نوع گونه

معمولاً گونه‌هایی که دانسیته مشابه دارند خصوصیات الکتریکی مشابهی هم دارند. البته استثناء‌هایی هم وجود دارد به عنوان مثال گونه بلوط ابریشمی ظاهراً دارای مقادیر قابل توجهی از نمک‌های قابل انحلال و سایر الکترولیت‌ها می‌باشد که خصوصیات الکتریکی غیر متعارفی را به وجود می‌آورد.

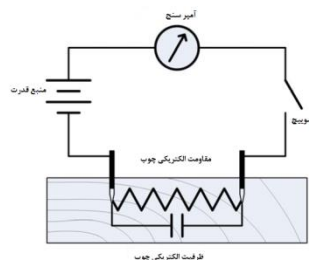
رطوبت‌سنج‌های نوع هدایت الکتریکی

این نوع سنجنده‌ها را می‌توان اهم سنج‌هایی با دامنه وسیع دانست که با باتری کار می‌کند. بیشتر مدل‌ها نمایشگری دارند که می‌توان مستقیماً اعداد را قرائت کرد و در درصد رطوبت یک گونه خاص کالیبره شده است و برای استفاده سایر گونه‌ها از جداول تصحیح استفاده می‌شود (شکل 1).



شکل 1- رطوبت سنج نوع هدایت الکتریکی (DC) پرتابل

برای محاسبه هدایت الکتریکی یک نمونه چوبی آن نمونه باید به شکل یک المنت برقی قرار داده شود. لازمه این امر تماس الکتریکی با چوب در دو نقطه است و استفاده از روشی که این تماس را دارای نتایج ثابت و معنی‌دار نماید. شکل (2) مدار معادل را نشان می‌دهد. در این مدار چوب (به عنوان دی الکتریک) می‌تواند به شکل یک مدار ساده موازی شامل یک خازن و یک مقاومت نشان داده شود.



شکل 2- مدار معادل

در رطوبت سنج‌های نوع هدایت الکتریکی معمولاً از دو نوع الکتروود استفاده می‌شود. الکتروود نوع تماس سطحی و الکتروود پینی شکل (میله ای شکل)

الکتروودهای تماس سطحی

به علت تغییرات در رسانایی متأثر از خشک شدن چوب تحت شرایط نرمال، این الکتروودها در رطوبت‌سنج‌های نوع هدایت الکتریکی (به جز در مورد روکش‌های نازک) قابل استفاده نمی‌باشد. در رطوبت‌سنج‌های نوع تماسی عمدتاً سطح خشک‌تر (که طبیعتاً مقاومت بیشتری دارد) در محاسبه رطوبت برتری دارد و تنها قرائت رطوبت سطح خشک مقدور خواهد بود. در واقع



الکترودهایی که در دو سطح مقابل هم قرار می‌گیرند نشان‌دهنده درصد رطوبت خشک‌ترین لایه چوبی است که بین الکترودها واقع شده است.

الکترودهای پینی شکل

این نوع الکترودها که به داخل چوب نفوذ می‌کند کاربرد بیشتری نسبت به الکترودهای سطحی دارد و سهولت استفاده از این الکترودها آنها را پرکاربرد کرده است. ساده‌ترین نوع این الکترودها دارای پایه‌هایی با پین‌های میخی شکل است که داخل چوب کوبیده می‌شود. الکترودهایی که به چوب پیچ می‌شوند کاربرد محدودی دارند. وقتی که الکترودها به داخل چوب کوبیده شوند، بیشترین هدایت الکتریکی در لایه نازک چوبی مشاهده می‌شود که بلافاصله با پین در تماس قرار می‌گیرد. رسانایی چوبی که مابین پایه‌های الکترودها قرار دارد و فاصله بین دو پایه تاثیر چندانی بر روی صحت قرائت رطوبت‌سنج ندارد.

الکترودهای پینی شکل به یک سطح نمونه کوبیده می‌شوند بنابراین رسانایی محاسبه شده در سطح موازی با نمونه است و در ضخامت آن نمی‌باشد. بنابراین گردش جریان الکتریکی در سطوح موازی که رطوبت تقریباً مشابهی دارند انجام می‌شود در نتیجه نمی‌توان توزیع غیر متعارف رطوبت را محاسبه کرد. به دلیل تغییرات شدید رسانایی هنگام خشک شدن چوب تحت شرایط نرمال، عملاً تمام جریان از مرطوب‌ترین لایه چوب که با هر دو پایه الکترودها در تماس است، عبور می‌کند.

اگر درصد رطوبت مرطوب‌ترین بخش چوبی که با یک پایه الکترودها در تماس است با سمت مقابل آن متفاوت باشد خشک‌ترین بخش بین دو نقطه هندسی مذکور جریان الکتریکی را محدود می‌کند و قرائت را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین موکداً توصیه می‌شود که قرائت صحیح در رطوبت‌سنج‌های نوع هدایت الکتریکی به تماس مرطوب‌ترین بخش چوب با هر دو پایه الکترودها بستگی دارد. معمولاً این بخش چوب دقیقاً در نوک محل کوبیده شدن الکترودها قرار می‌گیرد بنابراین با قرائت رطوبت در عمق‌های مختلف می‌توان گرادیان رطوبت را تخمین زد. چوب با مقطع عرضی مستطیل شکل که با سرعت تقریباً ثابت خشک شد و رطوبت آن به طور کلی زیر نقطه اشباع باشد، پراکنش رطوبتی آن در یک چهارم یا یک پنجم ضخامت چوب تقریباً معادل میانگین درصد رطوبت کل مقطع عرضی خواهد بود. این حالت به قانون یک چهارم یا یک پنجم ضخامت مشهور است. عمق متناظر برای گونه‌هایی با مقطع دایره‌ای شکل معادل یک ششم قطر است بنابراین پین‌های الکترودها حتماً باید به عمق مد نظر برسند تا میانگین درصد رطوبت را نشان دهد (11). از جریانی که در جهت موازی با الیاف عبور می‌کند اطلاعات مورد نیاز برای کالیبره کردن رطوبت‌سنج‌های نوع هدایت الکتریکی به دست می‌آید. به همین دلیل الکترودها در این نوع از سنجنده‌ها باید به شکلی قرار داده شوند که جریان در راستای موازی با الیاف عبور نماید. اگر اعداد نشان داده شده دارای انحراف است عددی که فوراً پس از کوبیدن الکترودها نشان داده می‌شود را مد نظر قرار می‌دهند.

محدوده رطوبتی مناسب در رطوبت‌سنج‌های نوع هدایت الکتریکی

محدوده رطوبتی مناسب برای رطوبت‌سنج‌های نوع هدایت الکتریکی تقریباً بین 7 تا 30 درصد است. در رطوبت‌های بالای 30 درصد تنها ممکن است یک مقدار تقریبی کیفی به دست آید. مشکل عمده در محاسبه رطوبت در محدوده رطوبتی پایین، رسانایی کم (مقاومت بالا) و در رطوبت‌های بالا (بالا‌تر از نقطه اشباع الیاف) تابع ضعیف و نامنظم درصد رطوبت عنوان شده است.



رطوبت سنج‌های نوع دی الکتریک

دو نوع عمده رطوبت‌سنج‌های دی الکتریک، رطوبت‌سنج نوع ظرفیت (توان) الکتریکی و دیگری نوع اتلاف توان است که قبلاً به آن‌ها اشاره شد. نوع سومی از این دست رطوبت‌سنج‌ها تحت عنوان ادمیتانس خازنی (گذرایبی خازنی) نیز وجود دارد که در حقیقت ترکیبی از دو نوع خازن ظرفیت الکتریکی و اتلاف توان است. در کاربردهای تجاری بعضاً همه انواع رطوبت‌سنج‌های دی الکتریک را منتسب به نوع رادیو فرکانسی یا ظرفیت الکتریکی منسوب می‌کنند که البته هیچکدام به طور مستقیم برای نامیدن رطوبت‌سنج دی الکتریک استفاده نمی‌شود. شکل 3 یک نوع از رطوبت‌سنج دی الکتریک را نشان می‌دهد.



شکل 3 - رطوبت سنج نوع دی الکتریک

سنجنده نوع ظرفیت (توان) الکتریکی

این نوع سنجنده بر اساس رابطه بین درصد رطوبت و ثابت دی الکتریک کار می‌کند. وقتی که الکتروود این رطوبت‌سنج با سطح چوب تماس پیدا می‌کند، نمونه چوبی تحت تاثیر میدان الکتریکی قرار می‌گیرد که با خازن مدار تعیین‌کننده نوسان در یک نوسانگر مرتبط است. فرکانس نوسانگر بر اساس تاثیر نمونه روی توان این خازن یا به عبارت دیگر بر اساس ثابت دی الکتریک نمونه تغییر می‌کند. دستگاه تشخیص دهنده فرکانس سیگنالی تولید می‌کند که متناسب با تغییرات فرکانس به وسیله رطوبت‌سنج قرائت می‌شود. با استفاده از رابطه بین درصد رطوبت و ثابت دی الکتریک می‌توان سنجنده را کالیبره نمود تا درصد رطوبت قرائت شود. به علت مشکلات تکنیکی و هزینه بالا این نوع از رطوبت‌سنج‌ها با استقبال زیادی در مقیاس تجاری مواجه نشدند.

رطوبت‌سنج نوع افت توان

این نوع از رطوبت‌سنج‌ها رابطه بین درصد رطوبت و ضریب اتلاف را بررسی می‌کند. نمونه چوبی تحت تاثیر تشعشعات میدان الکتریکی قرار می‌گیرد که از الکتروودی که به یک نوسانگر با توان کم در سنجنده متصل است منتج می‌شود. توان جذب شده به وسیله نمونه چوبی موجب شارژ نوسانگر شده و دامنه نوسان آن را کاهش می‌دهد که توسط عقربه مدرج دستگاه نشان داده می‌شود. از آنجاییکه افت توان به درصد رطوبت بستگی دارد عددی که صفحه مدرج نشان می‌دهد به درصد رطوبت چوب نسبت داده می‌شود.



رطوبت سنج نوع ادمیتانس (گذردهی) خازنی

الکتروود این سنجنده یک جزء خازنی در مدار پلوار مقاومت- ظرفیت است. وقتی الکتروود با نمونه چوبی در تماس قرار بگیرد ظرفیت الکتریکی و ادمیتانس (اتلاف) چوب افزایش می‌یابد در نتیجه متناسب با ثابت دی الکتریک و ضریب اتلاف نمونه تعادل مدار پلوار بهم می‌ریزد. این بهم خوردن تعادل که با درصد رطوبت چوب مرتبط است توسط عقربه مدرج رطوبت‌سنج نشان داده می‌شود.

الکتروودها

الکتروودهای مورد استفاده در رطوبت‌سنج‌های نوع دی الکتریک به داخل چوب کوبیده نمی‌شود و فرو نمی‌رود آنها با توجه به کاربرد خاص طراحی‌های متفاوتی دارند. اما برای استفاده همانند الکتروودهای رطوبت‌سنج نوع هدایت الکتریکی مخصوص یک دستگاه خاص است و قابل تعویض نمی‌باشد. الکتروود رطوبت‌سنج دی الکتریک جزء لاینفک یک دستگاه است.

محدوده کاربردی رطوبت‌سنج‌های دی الکتریک

اگرچه این نوع رطوبت‌سنج می‌تواند تا رطوبت‌های نزدیک صفر درصد را نیز محاسبه نماید اما در درصد رطوبت‌های خیلی کم، از دقت قرائت کاسته می‌شود. رطوبت‌سنج‌های اتلاف توان امروزی، محدوده رطوبتی بالاتری (تقریباً بین 15 تا 30 درصد) دارند. در مورد رطوبت‌سنج نوع ادمیتانس خازنی بیشترین دقت در محدوده زیر 30 درصد رطوبت است اما این رطوبت‌سنج حتی در رطوبت‌های بالاتر از 30 درصد نیز می‌تواند مقادیر کیفی را نشان دهد.

دقت رطوبت‌سنج‌ها

دقت رطوبت‌سنج‌ها در شرایط مناسب بخاطر عدم توانایی آنها در قرائت صحیح خصوصیات الکتریکی چوب یا اشتباه در ثبت رطوبت نیست بلکه این عدم دقت به پارامترهایی برمی‌گردد که روی رطوبت چوب تاثیر می‌گذارد و در برخی موارد کم اهمیت شمرده می‌شوند یا اصلاً به حساب نمی‌آیند. یکی از این موارد درجه‌بندی (کالیبریزاسیون) رطوبت‌سنج است. البته وظیفه درجه‌بندی بر عهده کارخانه تولید کننده دستگاه است و در بیشتر موارد مصرف کننده همان درجه‌بندی کارخانه را قبول دارد. چگونگی درجه‌بندی برای بیشتر مصرف‌کنندگان پوشیده می‌باشد به جز در مواردی که خود مشتری مشتاق به دانستن نحوه درجه‌بندی باشد و در فرایند درجه‌بندی سهیم شود. در سایر موارد درجه‌بندی از کنترل آنها خارج است. در هر حال برخی از فاکتورهایی که می‌تواند بر روی صحت قرائت تاثیرگذار باشد توسط مصرف کننده قابل کنترل است. صرف نظر از رطوبت، پارامترهای مربوط به نمونه که بر روی دقت سنجنده تاثیر گذار است (مانند نوع گونه، دانسیته، پراکنش رطوبت، ضخامت و حرارت) و همچنین نحوه تماس الکتروود با نمونه، زاویه الیاف، مواد شیمیایی موجود در چوب، شرایط آب و هوایی و مهارت اپراتور همگی بر روی دقت عدد قرائت شده به‌وسیله رطوبت‌سنج تاثیرگذار است.



کیفیت نمونه

اگر هر نمونه منفرد در بین دسته کلی الوار رطوبت یکسانی داشته باشد و رطوبت سنج برای هر جزء به تنهایی رطوبت یکسانی نشان دهد می‌توان رطوبت کل دسته را با یکبار قرائت یک نمونه منحصر بفرد تعیین کرد. اما در واقعیت نه تنها رطوبت اجزاء مختلف یک دسته بلکه در بین قسمتهای مختلف یک نمونه نیز تفاوت رطوبت در بخش‌های مختلف مشاهده می‌شود و نمی‌توان با اندازه‌گیری رطوبت یک نمونه آن را به کل دسته تعمیم داد. به همین دلیل برای حصول اطمینان از دقت رطوبت اندازه‌گیری شده به بیش از یکبار قرائت در یک دسته نیازمندیم. میانگین قرائت‌ها نشان‌دهنده رطوبت کل دسته است. قرائت را می‌توان بر روی تمام نمونه‌های موجود در یک دسته انجام داد اما روش کم هزینه‌تری نیز وجود دارد و آن انجام قرائت بر روی دسته کوچکی است که به طور مناسب از دسته کلی انتخاب شده است و نماینده نمونه‌های موجود در دسته بزرگ‌تر است. این نمونه‌گیری زمانی قابل اطمینان است که نمونه‌های انتخاب شده نماینده کل دسته باشند و هیچ‌گونه انحراف (بایاس) نداشته باشند و تعداد نمونه به اندازه کافی انتخاب شود تا از تاثیر پراکندگی بر سطح قابل پذیرش کاسته شود (12 و 13).

ویژگی‌های نمونه

ویژگی‌های نمونه موثر بر روی قرائت سنجنده، شامل نوع گونه، دانسیته، پراکنش رطوبت، ضخامت و حرارت می‌باشد.

نوع گونه

در یک درصد رطوبت معین هر دو ویژگی رسانایی و عایق بودن چوب به نوع گونه آن بستگی دارد. از منظر رسانایی، گونه‌ها از نظر ساختمانی و غلظت الکترولیت‌ها با هم متفاوت هستند و در مورد ویژگی عایق بودن علاوه بر فاکتورهای یاد شده، دانسیته گونه نیز موثر است. بنابراین باید از ضرایب تصحیح استفاده کرد. به این دلیل که معمولاً ضرایب تصحیح کمتر از 2 درصد است (مخصوصاً برای گونه‌های بومی رویش یافته در آمریکای شمالی) در صورت دسترس نبودن ضرایب تصحیح برای یک گونه از رطوبت سنج نوع هدایت الکتریکی استفاده می‌شود که به طور تقریبی رطوبت را قرائت نماید. همچنین در برخی موارد می‌توان از رطوبت سنج نوع دی الکتریک استفاده کرد با فرض اینکه نمونه مورد آزمون بر اساس داده‌های گونه دیگر ولی با دانسیته مشابه کالیبره شود که البته عاری از اشتباه نخواهد بود. اگر ضریب هم‌بستگی یک گونه خاص با چندین گونه تجاری بررسی شود قرائت حاصله دارای انحراف (بایاس) است و در مقایسه با حالتی که هر گونه به طور جداگانه در نظر گرفته شود دارای دقت کمتری می‌باشد.

دانسیته

قرائت انجام شده توسط رطوبت‌سنج‌های نوع هدایت الکتریکی عمدتاً مستقل از دانسیته گونه است. بر عکس این حالت قرائت رطوبت‌سنج‌های نوع عایق الکتریکی (دی الکتریک) تحت تاثیر دانسیته گونه است. یک بخش اساسی و مهم در تهیه ضرایب تصحیح گونه‌های قرائت شده به وسیله رطوبت‌سنج نوع دی الکتریک تصحیح بر اساس دانسیته است. ضریب تصحیح گونه باید بر اساس میانگین دانسیته گونه‌ها باشد. هر گونه تعیین رطوبت بر اساس یک نمونه منجر به ایجاد اشتباه خواهد شد



چون دانسیته یک نمونه با میانگین دانسیته آن گونه (به طور دقیق‌تر با میانگین نمونه به کار رفته برای کالیبره کردن سنجنده) تفاوت خواهد داشت.

کارخانه‌های امریکایی که رطوبت‌سنج‌های ائتلاف توان تولید می‌کنند، برای برخی از گونه‌های پرکاربرد دو نوع ضریب ضریب تصحیح در نظر می‌گیرند. یک نوع ضریب برای نمونه‌های با دانسیته بالا و دیگری برای نمونه‌های با دانسیته پایین تدوین می‌شود. به هر حال حتی اگر دانسیته یک گونه به راحتی قابل تعیین باشد و به طور معقولانه‌ای از دقت برخوردار باشد با این حال اطلاعات موجود در زمینه تاثیر دانسیته بر روی خصوصیات الکتریکی چوب آن قدر کافی و جامع نیست که به ما اجازه دهد بیش از مقادیر تقریبی ضریب تصحیح، مقادیر دیگری اعمال شود.

پراکنش رطوبت

رطوبت سطحی زیاد (در اثر باران یا شبنم) موجب تشکیل لایه سطحی با رسانایی، ثابت دی الکتریک و ضریب ائتلاف بالا می‌شود. به طور کلی رطوبت سطحی موجب قرائت بیش از اندازه رطوبت در تمام انواع رطوبت‌سنج‌ها خواهد شد. میانگین درصد رطوبت یک نمونه دارای رطوبت سطحی بالا را می‌توان به وسیله یک رطوبت‌سنج نوع هدایت الکتریکی که پین (سوزن) عایق مجهز است تعیین نمود.

اگر آب آزاد روی سطوح وجود داشته باشد با وجود سوزن عایق نیز احتمالاً قرائت نادرست رخ می‌دهد. پراکنش غیر یکنواخت رطوبت در طول یا ضخامت نمونه ممکن است منجر به عدم قرائت صحیح توسط سنجنده شود و عدد قرائت شده با میانگین واقعی رطوبت نمونه تفاوت فاحشی داشته باشد. به همین دلیل توصیه می‌شود اگر قرائت‌ها بر روی تمام نمونه‌ها به صورت مجزا انجام می‌شود بیش از یک بار قرائت بر روی هر نمونه انجام شود. از آنجا که سرعت خشک شدن در انتهای مقاطع سریعتر است حداقل فاصله برای قرائت صحیح رطوبت 50 سانتی‌متر انتهای نمونه می‌باشد.

گرا دیان رطوبت در چوب ممکن است در اثر خشک شدن غیر یکنواخت چوب باشد. در نتیجه قرائت رطوبت‌سنج‌های نوع هدایت الکتریکی در یک چهارم یا یک پنجم ضخامت چوب ممکن است با میانگین درصد رطوبت در مقطع عرضی تفاوت زیادی داشته باشد. شاید بتوان این حالت را با فرو برد الکتروود در نقاط مختلف چوب بهتر دریافت. خطای موجود در افزایش عدد قرائت شده با افزایش عمق نفوذ الکتروود و یا نشان دادن رطوبت نزدیک به 30 درصد در مرکز نمونه نشان دهنده این واقعیت است که قانون یک چهارم و یک پنجم برای این موارد قابل اعتناد نیست (14).

گرا دیان‌های نامنظم رطوبت، تاثیرات غیر قابل پیش‌بینی بر روی رطوبت‌سنج‌های نوع دی الکتریک دارد. درصد رطوبت موادی که نزدیکتر به الکتروودها هستند تاثیرات بیشتری بر روی قرائت دارند و در موارد شدیدتر (همان‌گونه که پیش‌تر در مورد سطوح تر اشاره شد) قرائت حاصله ممکن است به طرز چشمگیری با میانگین درصد رطوبت واقعی تفاوت داشته باشد.

ضخامت



مشکل اصلی و مهم در مورد ضخامت نمونه به پراکنش رطوبت یا گرادیان مرتبط می‌شود. اگر درصد رطوبت نمونه یکنواخت باشد، ضخامت زیاد نمونه بر روی دقت قرائت تاثیرگذار نیست. وقتی نمونه‌ها خشک می‌شوند باید گرادیان رطوبت در نظر گرفته شود. برای حصول اطمینان از قرائت صحیح میانگین درصد رطوبت، عمق قرائت باید متناسب با ضخامت نمونه باشد. بنابراین در مورد رطوبت‌سنج‌های نوع هدایت الکتریکی این مسئله بسیار مهم است که طول سوزن‌ها به اندازه‌ای بلند باشد که به عمق یک چهارم یا یک پنجم ضخامت نمونه دست یابد و میدان الکتریکی ناشی از الکترودها تا مرکز نمونه بدون هیچ‌گونه کاسته‌شدن از شدت آن برسد (که در عمل هیچگاه امکان‌پذیر نیست). در مورد هر دو نوع رطوبت‌سنج تا جایی که مقدور است الکترودها باید متناسب با ضخامت نمونه انتخاب شود. در مواردی که از رطوبت‌سنج‌های نوع دی الکتریک برای نمونه‌های بسیار نازک‌تر از آنچه که قبلاً رطوبت‌سنج برای آن ضخامت کالیبره شده بود، استفاده شود قرائت حاصله بسیار کوچک خواهد بود. همانگونه که قبلاً اشاره شد ممکن است پشت این نمونه‌های نازک موادی قرار داشته باشند که روی قرائت تاثیر بگذارد.

تیمارهای شیمیایی، چسب‌ها و پرداخت‌ها

چوب‌هایی که با نمک‌های مختلف برای مقاصد حفاظتی یا کندسوز شدن تیمار می‌شوند یا در تماس طولانی مدت با آب دریا هستند در درصد رطوبت‌های مشابه، عمدتاً رسانایی، ثابت دی الکتریک و ضریب اتلاف بیشتری نسبت به چوب‌های تیمار نشده دارند. در نتیجه قرائت سنجنده روی این چوب‌ها بسیار بالاتر خواهد بود. وقتی رطوبت چوب زیر 8 درصد باشد این اشتباه قابل اغماض است ولی با افزوده شدن درصد رطوبت این اشتباه نیز بارزتر می‌شود. در محدوده رطوبتی بین 8 تا 15 درصد این اشتباه بسیار چشمگیر می‌شود و نامنظمی روند امکان هر گونه تصحیح را غیر ممکن می‌کند.

مواد حفاظتی روغنی نظیر کرئوزوت و پنتاکلروفلن تاثیر چندانی روی قرائت رطوبت‌سنج‌های الکتریکی ندارد. برخی از انواع چسب‌های به کار رفته در تولید تخته لایه هادی جریان الکتریسیته است و ممکن است روی قرائت رطوبت‌سنج الکتریکی تاثیر بگذارد. تاثیر خط چسب تخته‌لایه بر روی قرائت سنجنده را این‌گونه می‌توان تعیین کرد. ابتدا سوزن‌های الکترودها به تخته لایه کوبیده می‌شود و از لایه اول عبور می‌کند. اگر در اثر تماس سوزن الکترودها با خط چسب قرائت به طور ناگهانی افزایش یافت آن قرائت قابل اعتنا نیست ولی اگر این اتفاق رخ نداد پس نشان می‌دهد چسب روی قرائت تاثیری نداشته است. پرداخت‌ها بندرت بر روی قرائت رطوبت‌سنج الکتریکی موثر است. برخی از موارد گمان می‌رود رزین یا پرداخت فلزی ممکن است هدایت الکتریکی را تحت تاثیر قرار دهد بنابراین می‌توان قرائت را به وسیله پین‌های (سوزن) عایق شده انجام داد. میزان رسانایی پرداخت را می‌توان با تحریک کردن فیلم پرداخت تشکیل شده روی چوب بررسی کرد اگر درصد رطوبت بالا قرائت شود نشان‌دهنده رسانایی پرداخت است، در حالی که پرداخت غیر رسانا هیچ‌گونه قرائتی را نشان نمی‌دهد. درب‌ها، میزها یا پانل‌هایی که از لایه‌های فلزی برای بهبود مقاومت در برابر آتش یا اشعه ایکس استفاده می‌شود منجر به قرائت نادرست رطوبت‌سنج‌های الکتریکی می‌شود.

شرایط آب و هوایی



دیرین‌گه‌ی راه‌بری صنایع چوب و مبلمان مرکز استان کرمان

اگر از رطوبت‌سنج‌های الکتریکی در هوای مه یا بارانی استفاده شود یا اینکه دستگاه از محیط سرد به محیط گرم‌تر انتقال یابد (مرطوب‌تر) لایه‌ای از رطوبت ممکن است روی بخش‌هایی از رطوبت‌سنج تشکیل شود. همچنین این لایه‌ها ممکن است با تراوش کردن روی عملکرد سنجنده تاثیر بگذارند. عمدتاً این حالت با ایجاد اشکال در تنظیم صحیح رطوبت‌سنج قابل شناسایی است (تنظیم کردن صفر دستگاه نامنظم و ناپایدار خواهد بود) یا اینکه هنگام قرائت بر روی مواد با درصد رطوبت پایین هیچ عکس‌العملی از دستگاه دریافت نمی‌شود.

مهارت اپراتور

استفاده از رطوبت‌سنج‌های الکتریکی معمولاً آسان است. با اینحال قرائت صحیح و سطح اطمینان اعداد قرائت شده به مهارت اپراتور بستگی دارد. موارد مهمی که باید مدنظر اپراتور قرار گیرد شامل تنظیم دقیق سنجنده، استفاده مناسب از ضرایب تصحیح لازم، استفاده درست از الکترودها، توجه به شرایط دستگاه و قرائت صحیح اعداد نشان شده توسط دستگاه است. اپراتور باید نمونه را به دقت انتخاب نماید تا محاسبه درصد واقعی رطوبت امکان‌پذیر شود.

مهم‌ترین نکته در نگهداری از دستگاه تعویض قطعات معیوب یا فرسوده است. کالیبره کردن دوباره معمولاً لزومی ندارد خصوصاً در مورد رطوبت‌سنج‌های نوع هدایت الکتریکی. با اینحال کالیبره کردن دوره‌ای با توجه به استانداردهای کارخانه تولید کننده دستگاه توصیه می‌شود.

بیشتر رطوبت‌سنج‌های الکتریکی پرتابل (دستی) با باتری داخلی کار می‌کنند و عمر متوسط این باتری‌ها (باتری‌های خشک) شش ماه تا یک سال است. با این وجود هنگام جابجا کردن دستگاه از یک محل به محل دیگر به هنگام بازرسی‌های دوره‌ای باتری‌ها را باید تعویض کرد. باتری‌های قابل شارژ به طور منظم باید شارژ شود. لامپ‌های خلاء که در رطوبت‌سنج‌های قدیمی‌تر استفاده می‌شوند معمولاً کمتر از توان اسمی‌شان استفاده می‌شوند و بنابراین چندین سال می‌توانند استفاده شوند. صرف‌نظر از لامپ‌ها و باتری‌ها سایر اجزاء الکتریکی ممکن است خراب شود و باید توسط متخصصین ماهر تعویض شود. سوزن‌های الکترودها (پین‌ها) در رطوبت‌سنج نوع هدایت الکتریکی به ناچار زیاد استفاده می‌شود و خم شدن یا شکسته شدن آنها هنگام استفاده بسیار رایج است. توصیه می‌شود سوزن یدکی و ابزار نصب آنها بر روی دستگاه تعبیه شود. الکترودها در تمام انواع سنجنده‌ها باید تمیز نگه داشته شود. هنگام حمل و نقل باید احتیاط کرد چون اجزاء نازک و ظریف رطوبت‌سنج در اثر حمل و نقل نادرست به راحتی آسیب می‌بینند.

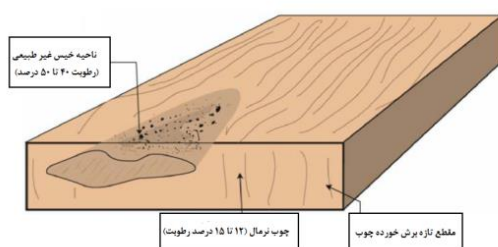
قرائت رطوبت در ناحیه خیس غیر طبیعی

برخی از گونه‌ها مستعد تشکیل ناحیه خیس غیر طبیعی هستند. این ناحیه مانع رسیدن چوب به گرادیان رطوبتی نرمال در تخته می‌شود. این مشکل در اثر حمله باکتری‌ها در درخت سرپا به وجود می‌آید که البته از نظر مقاومتهای مکانیکی و حتی رنگ چوب را متاثر نمی‌کند اما نفوذپذیری آبی و گازی چوب را کاهش می‌دهد. چون این ناحیه 3 تا 4 برابر دیرتر از ناحیه نرمال دیرتر خشک می‌شود. آلودگی باکتریایی در بخش وسیعی از درخت گسترش نمی‌یابد و تنها بخش از تخته را متاثر می‌کند. پس از



خشک شدن تخته‌ها در کوره چوب‌خشک‌کنی بخش‌های دارای رطوبت غیرطبیعی ممکن است رطوبت بین 30 تا 50 درصد داشته باشند در حال که سایر بخش‌های طبیعی رطوبتی در محدوده رطوبت نهایی مدنظر خواهند داشت (شکل 4).

اگر با استفاده از رطوبت‌سنج نوع هدایت الکتریکی درصد رطوبت بالا قرائت شود 3 یا 4 قرائت در سرتاسر نمونه باید انجام شود تا معلوم شود که آیا ناحیه خیس غیر طبیعی مسوول نشان دادن درصد رطوبت زیاد است یا رطوبت قرائت شده، میانگین درصد رطوبت نمونه می‌باشد. ناحیه خیس غیرطبیعی با محدوده کم جای نگرانی چندانی ندارد چون سرانجام در بین سایر قسمتهای تخته پخش و سپس خشک می‌شود (15).



شکل 4- ناحیه خیس غیر طبیعی متداول در مقطع عرضی تخته‌های گونه‌هایی نظیر نراد و همالاک غربی.

تعیین درصد رطوبت چوب‌های تیمار شده

چوب تیمار شده با CCA (آرستات مس کروماتی)

چوب‌های تیمار شده با CCA یکی از رایج‌ترین مصالح در سازه‌های چوبی است. در این روش ابتدا چوب خشک می‌شود و سپس توسط نمکهای محلول در آب تحت فشار اشباع می‌شود. در نتیجه علامت S-Dry بر روی چوب‌های تیمار شده نشان دهنده درصد رطوبت پس از تیمار نیست. چوب تیمار شده در دمای محیط انبار و یا برای مدت کوتاهی حرارت‌دهی می‌شود تا مواد شیمیایی بر روی الیاف چوب تثبیت شود و از چوب تیمار شده در مقابل پوسیدگی حفاظت کند. پروسه تیمار آب به چوب اضافه می‌کند اما برای مصارف خارجی این موضوع مسئله مهمی نیست. برای استفاده چوب تیمار شده با CCA در ساختمان‌سازی باید پس از تیمار حتما محصول در کوره خشک شود. از همان روشی که برای ارزیابی رطوبت چوب تیمار نشده استفاده می‌شود می‌توان برای چوب تیمار شده با CCA استفاده کرد. گزارش شده است که CCA نوع C رسانایی کمتری در مقایسه با سایر انواع محصولات تیمار شده با CCA دارد. میزان خطای محاسباتی درصد رطوبت برای کاج زرد جنوبی در محدوده رطوبتی بین 12 تا 25 درصد حدود 2 درصد گزارش شده است (16).

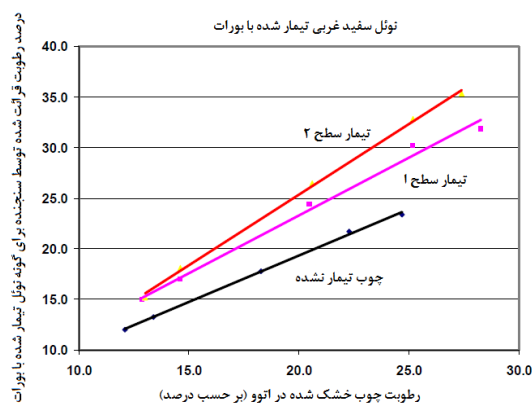
چوب تیمار شده با کوات مس قلیایی (ACQ) و کوپرازول (CA)



این محصولات به طور گسترده جایگزین چوب‌های تیمار شده با CCA شدند و در کاربردهای بیرونی نیز بسیار پر مصرف می‌باشند. این محصولات در مقایسه با CCA از میزان مس بیشتری برخوردارند و خاصیت خوردندگی آنها روی بست‌ها و اتصالات فلزی حفاظت نشده بسیار بیشتر است به طوری‌که باید از بست‌ها و اتصالات گالوانیزه هنگام استفاده از این ترکیبات بهره برد. تاکنون هیچ‌گونه اطلاعاتی از تاثیر تیمار با این مواد روی قرائت درصد رطوبت به وسیله رطوبت‌سنج‌های نوع هدایت الکتریکی و دی الکتریک در دسترس نیست (17).

چوب تیمار شده با بورات سدیم (SBX)

اخیرا در بازارهای امریکا و کانادا الوارها و مصالح ساختمانی تیمار شده با بورات سدیم گسترش زیادی یافته است. اگرچه این تیمار بر پایه آب است، ولی از نظر کاربردی در مکان‌های دور از بارش باران استفاده می‌شود. پس از فرآیند تیمار، تمام الوارها باید در کوره خشک شود. تیمار با این ماده مقاومت در برابر پوسیدگی را افزایش و خطر رویش کپک روی چوب را کاهش می‌دهد. مقاومت ویژه ظاهری به طور زیادی به سطح تیمار و نوع گونه بستگی دارد. بنابراین هر گونه قرائت توسط رطوبت‌سنج باید بررسی شود که آیا مقدار واقعی است یا بیشتر از درصد واقعی رطوبت نشان داده شده است (نمودار 1).



نمودار 1- رابطه تقریبی بین درصد رطوبت چوب خشک شده در آنوو و قرائت رطوبت‌سنج برای نمونه نوتل سفید غربی تیمار شده با بورات در دمای اتاق و سطوح مختلف تیمار.

چوب تیمار شده با کندسوز کننده‌ها

چوب تیمار شده با کندسوز کننده‌ها یا چوب FRT با فرآیندهای تحت فشار و یا پوشش‌دهی سطحی اعمال می‌شود. البته بخش زیادی از تیمارها به وسیله پوشش‌دهی سطحی انجام می‌شود و چون در این روش بخش‌های درونی چوب تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد، بنابراین محاسبه درصد رطوبت این بخش مشابه چوب تیمار نشده است. هنگام محاسبه درصد رطوبت توسط



سنگنده‌های الکتریکی بسیار مهم است که از پین‌های عایق شده سالم استفاده شود تا از هر گونه تماس الکتریکی با مواد کندسوزکننده اجتناب شود. در صورت انجام تیمار تحت فشار مقاومت ویژه چوب تحت تاثیر قرار می‌گیرد و به ضرایب تصحیح جداگانه نیاز است. در حال حاضر اطلاعات کافی در زمینه تفسیر قرائت رطوبت‌سنج‌ها برای این دسته از مواد در دسترس نیست. اگر نیاز باشد درصد رطوبت این مواد تعیین شود، برش نمونه‌های کوچک چوب برای محاسبه رطوبت به شیوه خشک کردن در اتو توصیه می‌شود. اگرچه تخمین دقیق درصد رطوبت در چوب‌های تیمار شده با برخی از انواع کندسوزکننده‌ها مشکل است با اینحال باید این نکته را در نظر گرفت که برخی از این تیمارها برای محافظت موادی در نظر گرفته می‌شوند که در محیط‌های با درصد رطوبت زیاد قرار دارد و با وجود درصد رطوبت بالا نسبت به چوب نرمال (حتی پس از اعمال ضرایب برای تغییرات در مقاومت ویژه) هیچ توجیهی وجود ندارد که بخش تیمار شده در معرض خطر باشد. البته این بدان معنی نیست که سایر بخش‌های ساختمان به وسیله منبع رطوبتی تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد (18).

نتیجه گیری

ضرورت ارزیابی و نظارت بر تبدلات رطوبتی بین چوب و محصولات چوبی با محیط پیرامون، مصرف کنندگان و صاحبان صنایع را به سمت استفاده از روش های نوین تعیین درصد رطوبت چوب سوق داده است. اگرچه همچنان روش هاش متعارف تعیین درصد رطوبت چوب نظیر خشک کردن در آون از درجه صحت و اعتبار بالایی برخوردار است، اما به علت محدودیت هایی مانند طولانی بودن فرآیند و مخرب بودن آن، موجب گرایش مصرف کنندگان به سمت استفاده از روش های سریع تر، غیرمخرب و با درجه اعتبار بالاتر شده است. اتخاذ بهترین روش نیازمند درک روابط بین آب و چوب، تاثیر رطوبت بر ویژگی های مختلف چوب و شناسایی و به کار گیری ابزارهای کاربردی در این زمینه می باشد. مقاله پیش رو سعی در تبیین و ارائه شیوه های موجود در شناسایی و اندازه گیری رطوبت موجود در چوب با یالترین سرعت، کمترین میزان تخریب و با درجه اعتبار بالا را دارد.

فهرست منابع

- 1-Petak A, Zach J, Misat P, Vanerek, j. Comparison of wood moisture meters operating on different principles of measurement. Buildings, 2023, 13, 531.
- 2-Hanhijarvi A. Advanced in knowledge of the influence of moisture changes on the long-term mechanical performance of timber, structures, Mater, struct, 2000, 33, 43-49.
- 3-Dietsch P, Franke S, Franke B, Gamper A, Winters S. Methods to determine wood moisture content and their applicability in monitoring concepts, J. Civ. Struct, Health Maint, 2015, 5, 115-127.
- 4-Otten K, Brischke C, Meyer C, Material moisture content of wood and cement mortars Electrical resistance-based measurement in the high ohmic range. Constr, Build, Mater, 2017, 153, 640-646.
- 5-ISO 12570:2000 (EN): Hygrothermal performance of building material and products determination of moisture content by drying at elevated temperature European Committee for standardization, Brussels, Belgium, 2000.
- 6-Hartley Y, Marchant J, Methods of determining the moisture content of wood, Research division state forests of new south wales Sydney, Australia, 1995. ISSN 1324-4345.



- 7-Davidson, R. W.. Effect of temperature on the resistance of wood. *Forest Products Journal*, 1958. 8(5): 160.
- 8-James, William L.. Calibration of electric moisture meters for some wood species grown in Hawaii. 1964, Res. Note FPL-061. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory
- 9-James, William L. The dielectric properties of wood and hardboard; variation with temperature, frequency, moisture content, and grain orientation. Res. Pap. FPL 245. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 1974
- 10-Tornari, V.; Basset, T.; Andrianakis, M.; Kosma, K. Impact of Relative Humidity on Wood Sample: A Climate Chamber Experimental Simulation Monitored by Digital Holographic Speckle Pattern Interferometry. *J. Imaging* **2019**, 5, 65.
- 11-American Society for Testing and Materials. 1968. Methods of measuring moisture content of wood. ASTM Standard D 2016. Philadelphia, PA.
- 12-Fell, J.; Hill, J. L. 1980. Sampling levels for hardwood kiln drying control. *Forest Products Journal*. 30(3): 32-36.
- 13-Freese, Frank. 1967. Elementary statistical methods for foresters. Agric. Handb. 317. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.
- 14-Skaar, C. 1964. Some factors involved in the electrical determination of moisture gradients in wood. *Forest Products Journal*. 14(6): 239-243.
- 15-Cai L, Oliveria L. A simulation of wet pocket lumber drying, *Drying Technology*, 2008, 26(5): 525-529.
- 16-18: Baranski J, Suchta A, Baranska S, Klement J, Vilkavaska T, Vilkosky P, wood moisture content measurement accuracy of impregnated and nonimpregnated wood. *National library of medicine*, 2021.

Abstract:

Electric moisture meters utilization for wood and wood based products

Author and corresponding author: Seyed Mahmoud Miri tari, Assistant professor at Shahid Rajaee teacher training university, Faculty of materials engineering and interdisciplinary science , Department of wood science and technology

In this paper, the role of electric moisture meters in determining the moisture content of wood and wood products is investigated. In fact, simple and fundamental principle which is humidity fluctuations that causes electrical changes in wood could be considered as electric moisture meters performances. Familiarity with types of hygrometers, how to use them and calibrate these tools to determine the moisture percentage of wood and wood with special applications (modified and fire-retardant treated wood) can meet the needs of researchers and industries. Considering the fact that the mentioned methods can be efficient and have an acceptable percentage of confidence in addition to being non-destructive and fast, this article reviews the types of tools and methods for determining the percentage of moisture in wood and wood-based products.



Keys: Moisture meters, Moisture gradient, electrical resistance, Wood and wood-based products.