

بررسی رنگ‌پذیری چوب تیمار حرارتی شده

عبدا... زمانی^{۱*} و محمدرضا ماستری فراهانی^۲

۱- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، تهران

پست الکترونیک: zamani.abdollah@yahoo.com

۲- دانشیار، عضو هیئت‌علمی، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۳

چکیده

در این تحقیق اثر تیمار حرارتی با روغن کلزا بر عملکرد پوشش‌های رزین شفاف، آلکیدی‌مات، سلولزی نیمه‌شفاف و آکرلیک مات بر روی صنوبر دلتوئیدس در محیط بیرونی (هوازدگی طبیعی) مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور نمونه‌هایی بدون عیب از برون‌چوب صنوبر دلتوئیدس با ابعاد ۲×۵۰×۵۰ میلی‌متر (طولی×مماسی×شعاعی) تهیه گردید. آنگاه نمونه‌های آزمایشی با روغن کلزا در درجه حرارت‌های ۱۸۰، ۲۰۰، ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان ۴ ساعت تیمار شدند. پوشش‌ها با ضخامت ۱۵۰ میکرومتر (ضخامت‌تر) توسط دستگاه لایه‌کش بر روی نمونه‌های آزمونی اعمال گردیدند. میزان چسبندگی پوشش‌ها بر طبق استاندارد ASTM D 4541 و خصوصیات رنگ نمونه‌ها بر طبق استاندارد ASTM D 2244 قبل و بعد از ۱۸۰ روز قرار گرفتن در معرض هوازدگی طبیعی اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل‌های آماری نتایج آزمون تغییر رنگ نشان دادند که اثر تیمار حرارتی بر روی تغییر رنگ وابسته به نوع پوشش می‌باشد. همچنین چسبندگی رنگ وابسته به ترکیبی از نوع پوشش، تیمار حرارتی در روغن و هوازدگی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تیمار حرارتی، روغن کلزا، صنوبر دلتوئیدس، چسبندگی، هوازدگی.

مقدمه

شدن نمونه‌ها می‌شود. این قارچ‌ها قادر به متابولیز لیگنین تخریب شده، هولوسلولزها و قندهای مشتق شده از آنها هستند (Ghosh, 2009).

آب در ترکیب با اشعه ماورای بنفش، نقش اصلی را در هوازدگی و تخریب سطحی چوب بازی می‌کند. پس از اینکه لیگنین تخریب شد، آب مواد به‌دست آمده از تخریب را می‌شوید و موجب سست شدن الیاف سلولزی در سطح چوب و زبر شدن سطح چوب می‌شود. آب همچنین موجب واکنشیدگی و هم‌کشیدگی چوب می‌شود، تنشی که در اثر

چوب محافظت‌نشده مستعد هوازدگی است. هوازدگی منجر به تغییرات نامطلوب از جمله تغییر رنگ، افزایش زبری، ایجاد ترک و کاهش خواص فیزیکی و مکانیکی چوب می‌گردد (Deka, 2008). تخریب با تغییر رنگ (کم‌رنگ شدن) چوب آشکار می‌شود و با کاهش صافی سطح و افزایش زبری و ایجاد ترک ادامه می‌یابد (Tamiz, 2007). کم‌رنگ شدن چوب همراه با کلنی کردن قارچ‌های باختگی در سطح است که در مدت زمان طولانی موجب خاکستری

می‌یابد. کاهش در جذب رطوبت چوب تیمار حرارتی شده مربوط به کاهش فضاهاى جذب در بین دیواره سلولولى است و بیشتر به علت تخریب ترکیبات همی سلولوز می‌باشد (Hill, 2006). کاهش حجم در اثر تیمار حرارتی، کاهش در رطوبت تعادل با توجه به نوع روغن، گونه چوب، دما و زمان تیمار حرارتی، متفاوت است و با افزایش دما و زمان تیمار رابطه دارند (Baziar, 2007). تیمار حرارتی با روغن، در کشور آلمان ابداع شد و به‌صورت تجاری توسعه یافته است (Rapp, 2010). چوب به‌دلیل ظاهر زیبا مورد توجه معماران و طراحان زیادى قرار گرفته است. این تمایل به‌ویژه در بازار برای استفاده در نمای خارجی ساختمان مشهود است که به‌دلیل قابلیت ظاهر وزین با شیشه و فولاد برابری می‌کند، بدین جهت استفاده از آن رو به گسترش است (Forsythe, 2007). هدف از تیمار حرارتی کاهش جذب آب، افزایش مقاومت در برابر عوامل مخرب بیولوژیک، اصلاح ویژگی‌های فیزیکی و ... است (Hill, 2006; Jimenez & Acda, 2011).

چوب تیمار حرارتی شده نسبت به چوب تیمار نشده مقاومت بهتری در برابر هواز دگی دارد اما این مقاومت افزایش چندانی ندارد و خود به‌عنوان یک نقطه ضعف برای استفاده از این محصول در محیط بیرون به‌حساب می‌آید (Lejeune, 2003 & Ayadi). همچنین چوب تیمار حرارتی شده در برابر قارچ کپک و باختگی مقاومت کمی دارد (Miltz & Altgen, 2011; Fojutowski, 2014). برای افزایش مقاومت به هواز دگی چوب تیمار شده نیاز به پوشش امری ضروریست. بدین‌وسیله با بکارگیری پوشش‌های مناسب بر روی چوب قبل از استفاده در شرایط بیرونی تخریب، چوب تیمار حرارتی شده به علت هواز دگی کاهش می‌یابد. اصولاً برای ایجاد حفاظت، پوشش‌ها باید حاوی رنگ‌دانه باشند که با توجه به نوع درخواست و کاربرد نهایی، انواع متفاوتی از رنگ‌دانه‌ها (معدنی و آلی) استفاده می‌شود، و یا در پوشش‌های شفاف باید تثبیت‌کننده‌های نور UV به میزان مناسب در شرایط سرویس وجود داشته باشند (Bulian & Graystone, 2009). نور UV به‌عنوان یک فاکتور غالب و تأثیرگذار در پایداری پوشش‌های پلیمری است، که عمدتاً عامل تخریب نوری نامیده می‌شود.

واکسیدگی و هم‌کشیدگی‌های متناوب به چوب وارد می‌شود، موجب ایجاد ترک و شکاف ریز در جهت الیاف می‌شود. چوب‌های سنگین نسبت به چوب‌های سبک تمایل به ترک‌خوری بیشتری دارند (Rowell, 2005).

راهکارهای متفاوتی برای تثبیت ابعادی چوب به کار گرفته شده است که روش‌های اصلاح چوب با مواد شیمیایی، اشباع با مونومر و اصلاح حرارتی از آن جمله هستند (Hill, 2006 and Rowell, 2005). روش‌های اصلاح با سازوکارهای متفاوت مانند واکنش مواد شیمیایی با گروه‌های هیدروکسیل و متعاقب آن افزایش حجم دیواره سلولولى یا پر کردن حفرات سلولولى با استفاده از یک مونومر و پلیمریزاسیون در داخل حفره سلولولى که دسترسی رطوبت به دیواره سلولولى را محدود می‌کند، همچنین حرارت با تخریب محل‌های جذب رطوبت (گروه‌های OH) در ترکیبات چوب مانند همی سلولوز و بخش‌های آمورف سلولوز جذب آب را کاهش می‌دهد (Aydemir, 2011; Dahmardeh, 2011). تیمار حرارتی با ایجاد تغییرات در سلولوز، همی سلولوز و لیگنین، افزایش مقاومت به پوسیدگی، تغییر در خواص فیزیکی و مکانیکی را در چوب تیمار شده به دنبال دارد (Jimenez 2011; Tuong, 2010). تیمار حرارتی معمولاً در حرارت‌های بین ۱۸۰-۲۶۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود (Hill, 2006; Aydemir, 2011). در حرارت ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد تنها کمی تغییر در خواص چوب ایجاد شده و حرارت بالای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد سبب تخریب شدید چوب می‌شود (Mirshokraei, 2003; Hill, 2006). تیمار حرارتی در هوای معمولی به علت وجود اکسیژن، فرایند اکسیداسیون را در پی دارد (Hill, 2003; Mirshokraei, 2006). برای جلوگیری از اکسیداسیون، در تیمار حرارتی از محیط‌های خنثی و روغن استفاده شده است (Hill, 2006). روغن انتقال حرارتی سریع و یکسان را در تمامی عناصر چوب به وجود آورده و با ایجاد مانع بین چوب و اکسیژن از اکسایش چوب جلوگیری می‌کند (Rapp, 2001). ثبات ابعادی چوب تیمار حرارتی شده با روغن افزایش (Baziar, 2007; Hill, 2006) و رطوبت تعادل آن کاهش

و شعاعی به کاتین‌هایی تبدیل شده و بعد به مدت ۵ ماه در هوای آزاد در محیط سرپوشیده خشک شدند. سپس از کاتین‌های تبدیلی، نمونه‌های بدون عیب و گره و راست تار از ناحیه برون چوب با ابعاد $۵۰ \times ۵۰ \times ۲$ میلی‌متری با رعایت شعاعی و مماسی بودن سطوح تهیه شدند. روغن کلزا مورد استفاده استخراج شده از دانه‌های روغنی کلزای کشت شده در استان گلستان بوده و دارای پایداری اکسیداتیو بالا و نقطه فرارایت حدود ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نمونه‌های تهیه شده قبل از تیمار حرارتی به مدت ۷ روز در اتاق کلیما با دمای ۲۰ ± ۲ و رطوبت نسبی ۶۵ ± ۵ قرار گرفتند تا به وزن ثابت (رطوبت ۱۲%) مطابق استاندارد ISO 554 رسیدند. نمونه‌ها ابتدا به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲ ± ۱۰.۳ درجه سانتی‌گراد در آن حرارت‌دهی شدند تا به وزن ثابت رسیده و خشک شوند. سپس در دایجستر حاوی روغن کلزا قرار داده شدند و به مدت ۲ و ۴ ساعت در دماهای ۱۸۰، ۲۰۰ و ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد تیمار شدند. سپس نمونه‌ها خارج و بعد از خارج شدن روغن اضافی نمونه‌ها در اتاق کلیما مطابق استاندارد ISO 554 در دمای ۲۰ درجه و رطوبت نسبی ۶۵ درصد متعادل‌سازی شدند. تیمار حرارتی چوب صنوبر دلتوئیدس: نمونه‌های چوب تهیه شده از صنوبر دلتوئیدس در زمان ۴ ساعت و دمای ۱۸۰ - ۲۰۰ - ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد در دایجستر محتوای روغن کلزا تیمار حرارتی شدند. تعداد تکرار ۹ در نظر گرفته شد. سپس نمونه‌ها خارج و بعد از خارج شدن روغن اضافی از نمونه‌ها، نمونه‌ها در اتاق کلیما مطابق استاندارد ISO 554 در دمای ۲۰ درجه و رطوبت نسبی ۶۵ درصد متعادل‌سازی شدند. پوشش‌دهی: مشخصات پوشش‌ها در جدول ۱ آمده است.

واکنش‌های شیمیایی نظیر: بریدگی زنجیرها، پیوندهای عرضی و اکسیداسیون سبب تأثیر در خصوصیات فیزیکی پوشش‌ها می‌گردد (Wite, 2006). از آنجایی که تیمار حرارتی بر روی انرژی سطح چوب تأثیر می‌گذارد (Mehri, 2012)، بنابراین تیمار حرارتی ممکن است بر روی رنگ‌پذیری چوب تأثیر بگذارد (Podgorski, 2010). بنابراین بررسی رنگ‌پذیری پوشش‌ها بر روی چوب تیمار حرارتی شده حائز اهمیت می‌باشد. از این رو با توجه به نوع گونه، میزان چسبندگی پوشش و تغییر رنگ متفاوت است (Nejad, 2013).

در ایران، پژوهش‌های وسیعی در زمینه هوازنگی چوب تیمار حرارتی شده انجام نشده است. با توجه به کشت انواع گیاهان روغنی در ایران و امکان استفاده از بعضی روغن‌های استخراج شده از این گیاهان در تیمار حرارتی چوب، امکان کاربرد تیمار حرارتی با روغن در مقیاس تجاری برای بهبود برخی از خواص چوب گونه‌های بومی ایران وجود دارد. از جمله گونه‌های چوبی پهن‌برگ دست‌کاشت، صنوبر دلتوئیدس است (Ekhtera, 2009)، که در صنایع چوب داخل کشور کاربردهای فراوانی دارد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی رنگ‌پذیری چوب صنوبر تیمار حرارتی شده با روغن کلزا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

چوب مورد استفاده در این پژوهش از ارتفاع ۲۵۰-۱۵۰ سانتی‌متری صنوبر دلتوئیدس جنگل پژوهشی دکتر بهرام نیا واقع در شصت کلاته طرح دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان که دارای قطر تقریباً ۴۰-۳۵ سانتی‌متر بود، تهیه شد. ابتدا قطعات درخت‌های قطع شده با رعایت جهات مماسی

جدول ۱- مشخصات پوشش

نوع رنگ	کد	رنگ	حلال	محصول
آکریلیک مات	AC	سفید	آب	شرکت هایولکس
آلکیدی مات	AL	قهوه‌ای	تینر	شرکت الوان
سلولزی نیمه شفاف	CL	اخراپی	تینر فوری ۱۰۰۰	پارس اشن
رزین شفاف	Anti-Uv	خودرنگ	تینر رزین	گروه تولیدی افشار

میزان روشنایی است و مقدار آن از صفر برای سیاه تا ۱۰۰ برای سفید متغیر است. a^* و b^* نشان‌دهنده خلوص رنگ هستند که a^* برای قرمز (+۶۰) و $-a^*$ برای رنگ سبز (-۶۰)، b^* برای رنگ زرد (+۶۰) و $-b^*$ برای رنگ آبی (-۶۰) تعیین شده است. مشخصات رنگ‌ها اندازه‌گیری و تغییرات آنها با فرمول‌های زیر محاسبه شد.

$$L^* = L_2^* - L_1^*$$

$$a^* = a_2^* - a_1^*$$

$$b^* = b_2^* - b_1^*$$

$$E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}}$$

ΔE مقدار کلی تغییر رنگ نمونه‌ها و L^* ، a^* و b^* تغییرات L^* ، a^* و b^* نمونه‌ها در اثر هوازدهی می‌باشند. $L_1 - a_1 - b_1$ و $L_2 - a_2 - b_2$ به ترتیب پارامترهای رنگ قبل از هوازدهی و بعد از هوازدهی می‌باشند.

محاسبات آماری: نتایج حاصل از آزمون چسبندگی و تغییرات رنگ با استفاده از آزمون GLM و گروه‌بندی میانگین‌ها توسط آزمون توکی تجزیه و تحلیل شد.

نتایج

چسبندگی پوشش‌ها

میانگین چسبندگی پوشش‌ها قبل و بعد از هوازدهی بر روی نمونه‌های تیمار شده و شاهد در جدول ۲ آمده است.

برای پوشش‌دهی از دستگاه لایه‌کش TQC مدل ۰۸۱-۲۱۴۷ VF ساخت کشور هلند استفاده شد. ابتدا نمونه‌ها متعادل‌سازی شده و بعد سطح نمونه‌ها تمیز و پوشش‌های رقیق شده با حلال پایه با ضخامت ثابت ۱۵۰ میکرومتر (ضخامت‌تر) با استفاده از دستگاه لایه‌کش بر روی نمونه‌ها اعمال شدند.

آزمون چسبندگی پوشش‌ها: برای بررسی تأثیر تیمار حرارتی با روغن بر چسبندگی پوشش‌ها روی چوب صنوبر قبل و بعد از هوازدهی، از دستگاه اندازه‌گیری (اتوماتیک) چسبندگی به روش Pull-Off، مدل Defelsko بر طبق استاندارد ASTM D 4541 استفاده شد.

آزمون هوازدهی طبیعی: برای ارزیابی اثر عملکرد تیمار حرارتی بر روی مقاومت به هوازدهی پوشش‌ها، نمونه‌ها تحت زاویه ۴۵ درجه و با ارتفاع ۵۵ سانتی‌متری از سطح زمین در جهت جنوب به مدت ۱۸۰ روز در سایت آزمون هوازدهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در معرض هوازدهی طبیعی قرار داده شدند.

تغییر رنگ پوشش‌ها در معرض قرارگیری با هوازدهی طبیعی: خصوصیات رنگ سطح پوشش‌ها (قبل و بعد از هوازدهی) بر اساس استاندارد ASTM D 2244 به وسیله دستگاه X-Rite SP60 ساخت کشور آمریکا (مخصوص اندازه‌گیری تغییرات رنگ در سطح) اندازه‌گیری شد. در اندازه‌گیری رنگ‌سنجی، مشخصات رنگ نمونه‌ها بر اساس پارامترهای L^* ، a^* و b^* بیان می‌شود، که L^* نشان‌دهنده

جدول ۲- میزان چسبندگی نمونه‌ها قبل و بعد از هوازدهی (مگاپاسگال)

رزین هوازده	رزین هوازده	آلکیدی هوازده	آلکیدی هوازده	سلولزی هوازده	سلولزی هوازده	اکریلیک هوازده	اکریلیک هوازده	چسبندگی پوشش	
								Mpa	Clma
۱/۵۴۸۳۳۳	۱/۹۵۱۲۵	۱/۷۰۷۷۷	۱/۷۱	۱/۵۴۳۷	۱/۳۱۲۵	۱/۲۱۱۴	۱/۰۴۳۷	۰	C
۱/۵۶۷۲۷۳	۱/۵۳۱۲۵	۱/۳۹۷۷۷۸	۱/۵۲۴۴۴۴	۱/۰۷۷۵	۰/۹۴۵	۰/۳۱۲۲۲۲	۰/۳۶۷۱۴۳	۱۸۰	C
۱/۳۷۲۵	۱/۷۲۸	۱/۴۶۸۷۵	۱/۵۷۱۲۵	۰/۹۲۲۵	۰/۶۶۷۷۷۸	۰/۲	۰/۳۷	۲۰۰	C
۱/۲۵۱۱۱۱	۱/۳۲۵۵۵۶	۱/۱۹۶	۱/۴۷۲۵	۰/۸۳۵	۰/۸۲	۰/۲۰۵۷۱۴	۰/۲۰۲	۲۲۰	C

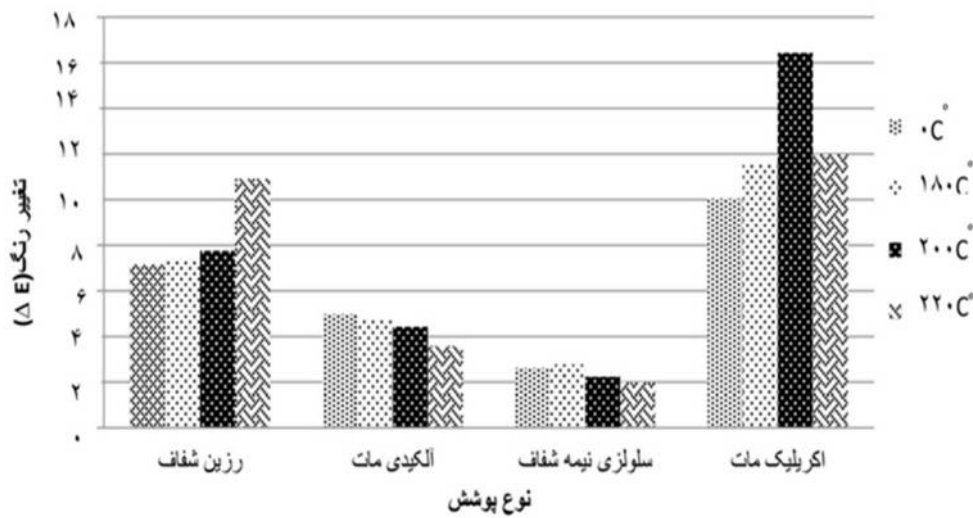
نتایج تجزیه واریانس چسبندگی پوشش‌ها در جدول ۳ آمده است. اثر متقابل بین سه فاکتور مورد مطالعه معنی‌دار شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس برای چسبندگی پوشش‌ها قبل و بعد از هوازدگی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره آزمون	معنی‌داری
هوازدگی	۱	۰/۷۲۸۳	۰/۱۸۱۸	۳/۸۳	۰/۰۵۲
دما	۳	۱۰/۵۱۷۳	۴/۰۱۵۹	۸۴/۶۰	۰/۰۰۰
پوشش	۳	۴۴/۳۳۴۹	۱۴/۱۵۸۹	۲۹۸/۲۷	۰/۰۰۰
هوازدگی*دما	۳	۰/۱۵۱۴	۰/۰۳۸۲	۰/۸۰	۰/۴۹۲
هوازدگی*پوشش	۳	۱/۱۵۱۱	۰/۴۱۳۷	۸/۷۱	۰/۰۰۰
دما*پوشش	۹	۳/۰۵۲۷	۰/۳۴۰۲	۷/۱۷	۰/۰۰۰
هوازدگی*دما*پوشش	۹	۰/۹۰۶۰	۰/۱۰۰۷	۲/۱۲	۰/۰۲۹
خطا	۲۲۵	۱۰/۶۸۰۷	۰/۰۴۷۵		
کل	۲۵۶	۷۱/۵۲۲۴			

تغییر رنگ بر اثر هوازدگی

میزان تغییر رنگ نمونه‌ها پس از ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱- تغییر رنگ (E*) پس از ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی

نتیجه تجزیه واریانس برای داده‌های تغییر رنگ حاصل از ۱۸۰ روز هوازدگی در سطح اطمینان ۹۵ درصد در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴- تجزیه واریانس E* پوشش‌ها بعد از هوازدگی طبیعی

معنی‌داری	آماره آزمون	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	
۰/۲۰۲	۱/۵۶	۲۱/۶۸	۶۰/۷۲	۳	دما
۰/۰۰۰	۳۸/۶۰	۵۳۶/۲۴	۱۶۲۲/۲۸	۳	پوشش
۰/۰۰۳	۳/۰۲	۴۲/۰۲	۳۷۸/۱۵	۹	دما*پوشش
		۱۳/۸۹	۱۷۵۰/۴۶	۱۲۶	خطا
			۳۸۱۱/۶۱	۱۴۱	کل

نتیجه تجزیه واریانس برای داده‌های L* حاصل از ۱۸۰ روز هوازدگی در سطح اطمینان ۹۵ درصد در جدول ۶ آمده است.

تغییر روشنایی (L*) و تغییر ویژگی‌های رنگی (a*, b*) نمونه‌های تیمار حرارتی شده با روغن کلزا و شاهد بعد از ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵- میانگین تغییرات L* a*, b* بعد از ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی

L*	a*	b*	دمای تیمار	نوع پوشش
-۴/۲۷۴۴۴	۲/۴۲	۲۱/۷۸۳۲۱	۰	رزین شفاف
۶/۸۴۴۴۴	-۱/۸۲۸۸۹	۳/۱۰۲۲۲۲	۱۸۰	
۸/۱۱۱۱۱۱	-۱/۶۹	۲/۵۰۳۳۳۳	۲۰۰	
۸/۱۶۶۶۶۷	-۱/۴۸۷۷۸	۳/۹۱۱۱۱۱	۲۲۰	آلکیدی مات
۳/۹۴۷۵	-۱/۵۷۷۵	-۲/۵۶۷۵	۰	
۳/۶۲	-۱/۵۷۲۲۲	-۲/۶۱۱۱۱	۱۸۰	
۳/۳۶۲۲۲۲	-۱/۲۵	-۲/۵۹	۲۰۰	سلولزی نیمه شفاف
۲/۳۷۷۷۷۸	-۱/۲۲۷۷۸	-۲/۲۶	۲۲۰	
-۰/۴۳	-۲/۰۹۳۳۳	-۱/۴۶۸۸۹	۰	
۳/۶۲	-۱/۷۵۱۲۵	-۱/۹۳۶۲۵	۱۸۰	آکرلیک مات
۰/۵۸۱۱۱۱	-۱/۴۵۱۱۱	-۱/۴۲۶۶۷	۲۰۰	
۰/۴۷۴۴۴۴	-۱/۳۸۴۴۴	-۱/۲۷۳۳۳	۲۲۰	
-۹/۸۷۷۷۸	۰/۶۱۵۵۵۶	۱/۴۲۸۸۸۹	۰	آکرلیک مات
-۱۱/۵۱۵۶	۰/۶۴۸۸۸۹	-۰/۱۸۲۲۲	۱۸۰	
-۱۵/۹۲	۰/۸۳۲۲۲۲	-۱/۹۷۸۸۹	۲۰۰	
-۱۱/۴۹۸۹	۰/۷۴۱۲۵	-۰/۹۶۷۵	۲۲۰	

جدول ۶- تجزیه واریانس L^* پوشش‌ها بعد از هوازگی طبیعی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره آزمون	معنی داری
دما	۳	۱۷۳/۵۴	۴۴/۵۵	۲/۳۴	۰/۰۷۷
پوشش	۳	۶۵۲۵/۴۰	۲۱۸۵/۳۶	۱۱۴/۷۴	۰/۰۰۰
دما*پوشش	۹	۱۰۳۱/۴۶	۱۱۴/۶۱	۶/۰۲	۰/۰۰۰
خطا	۱۲۵	۲۳۸۰/۷۶	۱۹/۰۵		۱
کل	۱۴۰	۱۰۱۱۱/۱۵			۱

نتایج تجزیه واریانس a^* و b^* پوشش‌ها در اثر هوازگی طبیعی در جدول ۷ و ۸ آمده است.

جدول ۷- تجزیه واریانس a^* پوشش‌ها بعد از هوازگی طبیعی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره آزمون	معنی داری
دما	۳	۱۹/۵۹۱	۶/۰۸۶	۲/۲۱	۰/۰۹۰
پوشش	۳	۱۱۹/۱۵۵	۳۹/۸۴۳	۱۴/۴۸	۰/۰۰۰
دما*پوشش	۹	۹۷/۹۸۴	۱۰/۸۸۷	۳/۹۶	۰/۰۰۰
خطا	۱۲۶	۳۴۶/۷۴۹	۲/۷۵۲		۱
کل	۱۴۱	۵۸۳/۴۷۹			۱

جدول ۸- تجزیه واریانس b^* پوشش‌ها بعد از هوازگی طبیعی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره آزمون	معنی داری
دما	۳	۲۰/۶۶	۷/۱۰	۰/۴۹	۰/۶۸۷
پوشش	۳	۳۸۷/۶۷	۱۲۸/۹۵	۸/۹۷	۰/۰۰۰
دما*پوشش	۹	۲۱۴/۱۵	۲۳/۷۹	۱/۶۶	۰/۱۰۷
خطا	۱۲۶	۱۸۱۰/۵۵	۱۴/۳۷		
کل	۱۴۱	۲۴۳۳/۰۳			

بحث

چسبندگی پوشش‌ها

مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. به طوری که تأثیر تیمار حرارتی در روغن بر روی پوشش‌های دیگر کمتر بوده و در بیشتر موارد سبب کمی کاهش در چسبندگی شد. شایان ذکر است با پوشش رزینی شفاف و آلکیدی هوانزده، چسبندگی پوشش در اثر تیمار حرارتی کاهش چندانی نیافت. اما بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثر متقابل بین سه فاکتور

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تیمار حرارتی بیشترین تأثیر خود را بر روی چسبندگی پوشش و بر روی پوشش آکرلیک داشته است. در اثر تیمار حرارتی در دمای ۱۸۰-۲۲۰ درجه سانتی‌گراد، چسبندگی پوشش آکرلیک به

اکریلیک اعمال شده بر روی چوب صنوبر پس از ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی، افزایش در تغییرات رنگ بیشتر از سایر پوشش‌هاست؛ و کمترین تغییر رنگ مربوط به پوشش سلولزی می‌باشد. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌گردد اثر متقابل بین نوع پوشش و دمای تیمار حرارتی با روغن کلزا پس از ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. معنی‌دار شدن اثر متقابل بدین معنی می‌باشد که اثر تیمار حرارتی بر روی میزان تغییر رنگ پوشش وابسته به نوع پوشش می‌باشد. به‌طوری‌که برای پوشش آکریلیک که بیشترین میزان تغییر رنگ را نشان داد تیمار حرارتی سبب افزایش تغییر رنگ در اثر هوازدگی شد. اما تیمار حرارتی اثر قابل ملاحظه‌ای را بر روی تغییر رنگ پوشش سلولزی نداشت.

نتایج آنالیز آماری (E^*) پوشش‌ها بر اساس آزمون توکی نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین پوشش سلولزی و آکریلیک وجود ندارد اما پوشش اکریلیک و رزین اختلاف معنی‌داری هم با خود و هم با دو پوشش دیگر دارند. بالاترین تغییر رنگ مربوط به پوشش آکریلیک مات و کمترین میزان تغییر رنگ مربوط به پوشش سلولزی نیمه شفاف می‌باشد. بر طبق داده‌ها در جدول ۵ تیمار حرارتی با روغن بیشترین اثر را بر پارامتر (L^*) در پوشش اکریلیک داشت. کمترین میزان تغییر (L^*) مربوط به نمونه‌های چوب تیمار شده در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد برای پوشش سلولزی نیمه شفاف مشاهده شد. همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌گردد اثر متقابل بین نوع پوشش و دمای تیمار حرارتی با روغن کلزا پس از ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. به‌طوری‌که معنی‌دار شدن اثر متقابل بدین معنی است که اثر تیمار حرارتی بر روی میزان L^* پوشش وابسته به نوع پوشش می‌باشد.

مطابق نتایج بدست آمده علت اصلی تغییر رنگ در پوشش مات آکریلیک که بیشترین تغییر رنگ را نشان داد کاهش روشنایی می‌باشد. این کاهش روشنایی که در تصاویر نمونه‌های در معرض قرارگرفته به‌ویژه در روی نمونه‌های تیمار حرارتی شده به‌صورت لکه‌های سیاه‌رنگ مشهود می‌باشد، به

مورد مطالعه معنی‌دار شد. این بدین معنی می‌باشد که چسبندگی پوشش‌های مورد مطالعه تحت تأثیر ترکیبی از نوع پوشش، دمای تیمار (تیمار حرارتی) و هوازدگی می‌باشد. به‌نحوی که ترشوندگی سطح چوب در اثر تیمار حرارتی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. شرایط تیمار حرارتی بر روی وضعیت ترشوندگی چوب اصلاح‌شده اثر دارد (Mehri, 2012). هنگامی که ترشوندگی چوب کاهش یابد نفوذ پوشش‌ها خصوصاً پوشش‌های بر پایه آب در چوب کاهش می‌یابد (Nejad et al., 2013). با نفوذ عمیق‌تر پوشش‌ها در صورت سازگاری آنها با سطح، امکان چسبندگی بیشتر وجود دارد. بنابراین شاید بتوان گفت که افزایش در چسبندگی رزین شفاف (پایه حلال) و کاهش قابل ملاحظه چسبندگی آکریلیک مات (پایه آب) هم می‌تواند مربوط به تأثیر تیمار حرارتی با روغن در میزان ترشوندگی سطح آن باشد. این نتایج مطابق نتایج بدست‌آمده توسط Podgorski و همکاران (2010) می‌باشد. آنان گزارش کردند که تیمار حرارتی بدون حضور روغن، چسبندگی خشک بعضی از پوشش‌ها را کاهش می‌دهد. در این تحقیق علاوه بر چسبندگی خشک، چسبندگی پوشش‌ها بعد از در معرض قرارگیری با هوازدگی که اطلاعات بهتری را از عملکرد پوشش‌ها در محیط بیرونی می‌دهد، نیز مورد بررسی قرار گرفت. چسبندگی کلیه پوشش‌ها به‌استثنای پوشش رزین بر روی چوب تیمار حرارتی شده در روغن، بعد از در معرض قرارگیری با هوازدگی به‌ویژه در دماهای پایین‌تر تیمار حرارتی، مقدار کمی کاهش یافت. البته شایان ذکر است که این مقادیر کاهش در چسبندگی، توسط روش اندازه‌گیری Pull off که روش حساس‌تر از روش Cross-cut می‌باشد و اطلاعات بیشتری از تأثیر سطح چوب بر روی چسبندگی پوشش می‌دهد (Podgorski et al., 2010) اندازه‌گیری گردید. بنابراین با روش Cross-cut ممکن بود در بیشتر موارد هیچ کاهش در چسبندگی پوشش مشاهده نگردد.

تغییر رنگ بر اثر هوازدگی

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد در پوشش

داخل پوشش‌ها باشد.

اثر تیمار حرارتی بر روی میزان تغییرات رنگ، وابسته به نوع پوشش می‌باشد. تیمار حرارتی با روغن، تغییر رنگ (E^*) پوشش‌های رزین، سلولزی، و آلکیدی را در اثر هوازگی کاهش می‌دهد اما در پوشش آکرلیک تغییر رنگ بیشتر از نمونه‌های شاهد بود. علت اصلی تغییر رنگ در پوشش مات اکریک که بیشترین تغییر رنگ را نشان داد کلنی کردن قارچ‌های رنگ‌دانه‌ای می‌باشد. البته افزایش قارچ‌های رنگ‌دانه‌ای بر روی پوشش آکرلیک در اثر تیمار حرارتی می‌تواند بدلیل تولید محصولات حاصل از تخریب کربوهیدرات‌های چوب در اثر حرارت باشد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده چسبندگی رنگ وابسته به ترکیبی از تأثیر نوع پوشش، تیمار حرارتی در روغن و هوازگی می‌باشد. به طوری که در اثر تیمار حرارتی در دمای ۱۸۰-۲۲۰ درجه سانتی‌گراد، چسبندگی پوشش آکرلیک به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. تأثیر تیمار حرارتی در روغن بر روی پوشش‌های دیگر کمتر بوده و در بیشتر موارد سبب مقدار کمی کاهش در چسبندگی شد. شایان ذکر است با پوشش رزینی شفاف و آلکیدی هوازده، چسبندگی پوشش در اثر تیمار حرارتی کاهش چندانی نیافت.

منابع مورد استفاده

- Ayadi, N., Lejeune, F., Charrier, F., Charrier, B. and Merlin, A., 2003. Colour stability of heat treated wood during artificial weathering. Holz Roh-Werkst, 61: 221-226.
- ASTM D., 2244 - 07 e1, Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, American Society for Testing and Materials. USA.
- ASTM, D. 4541. Standard Test Method for Pull Off Sterng of Coating Using Portable Adhesion Testers.
- Aydemir, D., Gunduz, G., Altuntas, E., Ertas, M., Sahin, H.T. and Alma, M.H., 2011. Investigating changes in the chemical constituents and dimensional stability of heat-treated hornbeam and uludag fir wood. Bio. Resources, 6: 2. 1308-1321.
- Baziar, B., Parsapajoh, D., Khademy eslam, H.A. and Hamasi, S.A.H., 2007. Investigation physical

دلیل کلنی کردن قارچ‌های رنگ‌دانه‌ای می‌باشد. افزایش قارچ‌های رنگ‌دانه‌ای بر روی پوشش آکرلیک در اثر تیمار حرارتی می‌تواند بدلیل تولید محصولات حاصل از تخریب کربوهیدرات‌های چوب در اثر حرارت که حساس‌تر به قارچ‌های باختگی و کپک می‌باشند و رشد این قارچ‌ها را سرعت می‌بخشد ناشی شده باشد (Militz & Altgen, 2014). همچنین چوب تیمار حرارتی شده در روغن همانند چوب تیمار حرارتی شده بدون حضور روغن مقاوم به کپک نمی‌باشد (Fojutowski, 2011). البته حضور آشکار قارچ‌های رنگ‌دانه‌ای بر روی تنها پوشش آکرلیکی می‌تواند از حساسیت بیشتر پوشش‌های بر پایه آب نسبت به پوشش‌های بر پایه حلال به قارچ‌های مولد کپک ناشی شده باشد (Bulian & Graystone, 2009). در مورد سایر پوشش‌ها، که حساسیت کمتری به قارچ‌های مولد کپک داشتند، تغییر رنگ در اثر هوازگی نه تنها توسط تیمار حرارتی افزایش نیافت بلکه کمی کاهش هم نشان داد. البته تغییر رنگ پوشش رزین شفاف (به علت وجود نداشتن رنگ‌دانه) احتمالاً بر اثر تغییر رنگ چوب تیمار حرارتی شده بوده است.

نتایج تجزیه واریانس a^* و b^* پوشش‌ها در اثر هوازگی طبیعی در جدول ۷ و ۸ آمده است. نتایج a^* نشان داد که اثر متقابل دمای تیمار و نوع پوشش در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است.

از جمله عواملی که می‌تواند باعث تغییر پارامترهای پوشش‌ها گردد، تخریب نوری (برش زنجیرها و یا پیوندهای عرضی) توسط واکنش پلیمرهای ماکرومولکول در اثر جذب نور است. اگر انرژی جذب شده از نور UV خیلی زیاد باشد پیوندهای شیمیایی ممکن است بشکند و دو رادیکال تشکیل شود (White, 2006). در یک جو ساکن رادیکال‌ها می‌توانند دوباره ترکیب شوند و یا هیدروژن را در پلیمرهای استحکام دهنده تجزیه کنند و در حضور اکسیژن اکسایش نوری حاصل می‌شود. همچنین شسته شدن محصولات تخریب شده (رنگ‌دانه‌ها) توسط باران موجب کم‌رنگ شدن سطح پوشش‌های مات می‌شود. به علاوه هنگامی که رنگ سطح چوب تغییر می‌کند می‌تواند در اثر حل شدن بخشی از مواد

- Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC, 2014.
- Moradi, S., 2013, Investigating the effect of nano- zinc oxide treatment on paintability of poplar wood A thesis fulfillment of M.Sc. of College of wood and paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Mehri, S., 2012. Effect of heat treatment on the decay resistance ,A thesis fulfillment of M.Sc. of College of wood and paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Mirshokraei, S.A., 2003. Wood chemistry. Aeeizh Press, 248p. (In Persian)
- Nejad, M., Shafaghi, R., Ali, H., and Cooper, P., 2013. Coating performance on oil-heat treated wood for flooring. *Bioresources*. 8(2): 1881-1892.
- Ozcifici, A., Ozpak, A. and Sertan, A., 2008. Impacts of impregnation solutions on the adhesion strength of outer usage varnish coating, *Construction and building Materials*, 22(4): 513-520.
- Podgorski, L., Grull, G., Truskaller, M., Lanvin, J.D., Georges, V. and Bollmus, s., 2010. Wet and dry adhesion of coatings on modified and unmodified wood. Conference Biarrits, france. IRG/WP 10- 40524.
- Rapp, A.O. and Sailer, M., 2001. Oil heat treatment of wood in Germany-State of the art. In: Review on heat treatments of wood. COST Action E22, Environmental optimisation of wood protection. Proceedings of the special seminar held in Antibes, Forestry and Forestry Products, France, 66p.
- Richardson, B.A., 1993. Wood preservation. London, UK: E& FN Spon.
- Rowell, R.M., 2005. Handbook of wood chemistry and wood composites. CRC Press. Boca Raton, London, Pp: 142-144.
- Shahrani. H., 2012. Investigating the effect of nano copper oxide treatment on paintability of poplar wood A thesis fulfillment of M.Sc. of College of wood and paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Tamiz, A., Trezive, N., Eillkenes, M. and Hafren, J., 2007. Effect of accelerated weathering on surface chemistry of modified wood“. *Appl. Surf. Sci.* 253: 5355-5362.
- Tuong, V.M. and Li, J., 2010. Effect of heat treatment on the change in color and dimensional stability of acacia hybrid wood. *Bio. Resources*, 5: 2. 1257-1267.
- White, J. R. 2006. Polymer ageing: physics, chemistry or engineering? Time to reflect. *C. R. Chim.* 9(11): 1396-1408.
- Williams, R.S., Winandy, J.E. and Feist, W.C., 1987. Adhesion of paint to weathered wood, *Forest products Journal*. 37(11/12): 291-300.
- properties of Poplar wood treated with hot linseed oil. *Sci. Agric. J.* 13: 1. 197-206.
- Bulian, F., and Graystone, J.A., 2009. Wood coatings-theory and practice. Published by Elsevier B.V. 320p.
- Deka, M., Humar, M., Rep, G., Kricej Sentjurc, M. and Petric, M., 2008. Effects of UV light irradiation on colour stability of thermally modified, copper ethanamine treated and non-modified wood : EPR and DRIFT spectroscopic studies. *Wood Sci. Technol.* 42: 5-20.
- Dahmardeh-Ghalehno, M. and Nazerian, M., 2011. Changes in the Physical and Mechanical Properties of Iranian Hornbeam Wood. (*carpinus betulus*) with Heat Treatment, *Europ. J. Sci. Res.* 51: 4. 490-498.
- Ekhtera, M.H., Portahmasbi, K. and Karimi, A.N., 2009. Identifying wood- Accurate results with simple tools. Aeeizh Press, 248p. (In Persian)
- Feist, W.C. and Hon, D.N.S., 1984. Chemistry of weathering and protection. In: The chemistry of solid wood. Ed. R.M. Rowell. *Advances in chemistry series*, no. 207. American chemical society, Washington, DC. Pp: 401-405.
- Fojutowski, A. N. Kropacz, and Noskowiak, A. J., 2011. The susceptibility of poplar and alder wood to mould fungi attack. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW Forestry and Wood Technology* 74 2011: 56-62.
- Forsythe, P., 2007. Improving Timber cladding For builders and designers. Forest and wood Products Research and Development Corporation, report PN06.1027, Melbourne, Australia.
- Ghosh, S.C., Militiz, H. and Mai, C., 2009. Natural weathering of Scots pine (*phnus sylvestris* L) boards modified with functionalized commercial silicone emulsion, *bioresources*, 4: 2. 659-673.
- Hill, C.A.S., 2006. Wood modification: thermal, chemical and other processes. John Wiley and sons. Ltd. chichester, London, 240p.
- Hon, D.N.S., 1981. Photochemical degradation of lignocellulosic materials, *Developments, in Polymer Degradation*, N. Grassie (ed.), *Appl. Sci. Publ.* London, Pp: 229-281.
- Jimenez, J.P.Jr., Acda, M.N., Razal, R.A. and Madamba, P.S., 2011. Physico- Mechanical properties and durability of thermally modified malapapaya [*polyscias nodosa* (blume) seem.] wood. *Philippine J. Sci.* 140: 1. 13-23.
- Militz, H. and Altgen, M., 2014. Processes and Properties of Thermally Modified Wood Manufactured in Europe. American Chemical Society In *Deterioration and Protection of Sustainable Biomaterials*; Schultz, T., et al.; ACS

An investigation on paintability of heat treated wood

A. zamani^{1*} and M.R. Mastari Farahani²

1* -Corresponding author, M.Sc. Student, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Tehran, Iran, E-mail: zamani.abdollah@yahoo.com

2-Assistant Prof., Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: Feb., 2015

Accepted: Oct., 2015

Abstract

In this research, the effect of oil heat-treated on the outdoor performance of coatings namely, transparent resin stain, alkyd paint, semi-transparent cellulosic stain, acrylic paint coated on eastern cotton wood was investigated. For this purpose, sound specimens with the dimensions of 50×50×2 mm (Longitudinal × tangential × radial) were prepared from sapwood. Test samples were treated with canola oil at temperatures of 180, 200 and 220 °C for 4 hours. The coatings with the wet film thickness of 150µm were applied on the specimens using an applicator. The coating adhesion was measured according to ASTM D 4541 standard, and the color characteristics of the coating were measured according to ASTM D 2244 before and after a natural weathering for 180 days. The statistical analysis of the color change data showed that the effect of the oil heat-treatment on the color change depended on coating type. The statistical analysis of the adhesion strength data showed that the adhesion strength depended on the combination of weathering, oil heat-treatment and coating type.

Keyword: Heat-treated, canola oil, *populous deltoids*, adhesion, weathering.