DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwpr.2016.105776

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران

جلد ۳۱، شماره ۲، صفحه ۳۷۳-۳۶۲، (۱۳۹۵)

تیمار گرمایی چوب و بررسی تأثیر آن بر ترشوندگی سطح و مقاومت چسبندگی شفاف‌پوشه‌ها

محمد غفرانی[۱*]، ابراهیم صمدی[۲] و سعید خجسته خسرو[۳]

۱*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم و تکنولوژی صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

پست الکترونیک: ghofrani@srttu.edu

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و تکنولوژی صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

۳- کارشناس ارشد، گروه علوم و تکنولوژی صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۴

چکیده

در این پژوهش تأثیر تیمار حرارتی گونه‌های چوبی توسکا (*Alnus glutinosa*)، صنوبر (*Populus nigra*) و نوئل (*Picea abies*) بر مقاومت چسبندگی شفاف‌پوشه‌های کیلر و نیم‌پلی‌استر بررسی شد. برای همین منظور نمونه‌هایی با ابعاد ۱۸×۱۰۰×۲۰۰ میلی‌متر (طولی × مماسی × شعاعی) از قسمت برون‌چوب با سطوح مماسی برش داده شدند. آنگاه نمونه‌ها به‌ترتیب در دمای ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس در داخل آون به مدت ۳ ساعت تحت تیمار حرارتی قرار گرفتند. بعد از انجام تیمار، سطح نمونه‌های چوبی به‌ترتیب به‌وسیله سنباده با درجه ۱۲۰ و ۱۸۰ پرداخت شدند. زاویه تماس قطره با روش قطره‌گذاری آب قبل و بعد از تیمار انجام شد. سپس سطوح نمونه‌های چوبی در دو فرایند جداگانه با پوشش‌های کیلر و نیم‌پلی‌استر پوشش داده شدند. مقاومت چسبندگی پوشش با روش Pull Off بر طبق استاندارد ASTM D-4541 اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تیمار حرارتی چوب باعث افزایش زاویه تماس قطره شده و با افزایش دما، این روند صعودی ادامه می‌یابد که نتیجه آن کاهش ترشوندگی سطح نمونه‌ها است. نتایج همچنین بیانگر این بود که تیمار حرارتی چوب تأثیر معنی‌داری بر مقاومت چسبندگی داشته، به‌طوری‌که نمونه‌های شاهد مقاومت چسبندگی بالاتری نسبت به نمونه‌های تیمار شده داشتند و کمترین میزان مقاومت چسبندگی، در نمونه‌های تیمار شده با دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تیمار گرمایی چوب، مدیوم خشک، ترشوندگی سطح، مقاومت چسبندگی پوشش، گونه‌های چوبی، پوشش‌های شفاف.

مقدمه

چوب ماده ای مرکب از پلیمرهای سلولز، همی سلولز و لیگنین است. این پلیمرها ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی چوب را تحت تأثیر قرار داده و از آن یک ماده مهندسی و ساختمانی مفید می سازند. این ماده ارزشمند دارای معایبی نیز می‌باشد که کاربرد آن را محدود می‌کند. چوب به علت متخلخل بودن و ترکیبات آب‌دوست تشکیل‌دهنده آن به‌ویژه همی‌سلولز و سلولز به‌شدت نم‌پذیر بوده و در اثر جذب رطوبت دچار واکشیدگی می‌شود. علاوه بر این، رطوبت چوب، آن را به محیط مناسبی برای فعالیت برخی از

عوامل مخرب قارچی تبدیل می‌کند (Sjostrom, 1993). وابستگی صنایع چوب و کاغذ ایران به منابع جنگلی از یکسو و افزایش تقاضا برای فراورده‌های چوبی به دلیل رشد جمعیت از سوی دیگر منجر به کاهش روزافزون این منابع شده و محدودیت‌های زیادی را برای این صنعت ایجاد کرده که لزوم استفاده بهینه از این ماده با ارزش را بیشتر کرده است.

تلاش های بسیاری انجام شده تا با روش ها و تیمارهای مختلف، ویژگی های فیزیکی، مکانیکی و کاربردی چوب به ویژه برای فراورده‌های چوبی مورد استفاده در خارج از ساختمان بهبود یابد (Boonstra *et al*., 1998). استفاده از تیمارهای گرمایی چوب به دلیل بهبود ثبات ابعادی آن Tjeerdsma *et al*., 2006) و افزایش دوام چوب در مقابل عوامل بیولوژیک (Tjeerdsma *et a*l., 2000) و همچنین به‌دلیل دوست‌دار محیط زیست بودن، یکی از روش های کارآمد در حفاظت چوب است. مطالعات انجام شده در زمینه استفاده از تیمار گرمایی نشان داده‌اند که با انجام تیمار گرمایی، سرعت پخش شدن و تحلیل رفتن قطره آب کاهش می یابد. این موضوع سبب کاهش میزان جذب آب و ترشوندگی چوب های تیمار شده و افزایش ویژگی آب‌گریزی آنها می‌شود (Mirzaei *et al*., 2012). اما از سوی دیگر تیمار حرارتی چوب‌آلات با کاهش خواص مکانیکی چوب (مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته، مقاومت های فشاری و مقاومت به ضربه) و تغییر رنگ آن همراه می‌شود (Tanaomi *et al*., 2012). از طرف دیگر استفاده از پوشش های شفاف در ساخت محصولات چوبی از اهمیت زیادی در زیباتر کردن این فراورده‌ها و همچنین افزایش کاربرد و دوام چوب برخوردار است. به همین دلیل پوشش‌دهی سطح چوب با شفاف پوشه ها به دلیل بهبود دوام چوب و همچنین افزایش زیبایی چوب امری ضروریست. به‌طورکلی پوشش‌دهی چوب به دلایل مختلفی انجام می شود که مهمترین آنها عبارت اند از: زیبایی، جلوگیری از نفوذ حشرات موذی، نفوذ رطوبت، حفاظت در مقابل صدمات و کاهش تخریب فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی. اولین و مهمترین خاصیت اساسی و حفاظتی پوشش، چسبندگی است، زیرا برای ایجاد لایه‌ای محافظ یا تزئینی، پوشش باید چسبندگی خوبی داشته باشد و در طول زمان و با توجه به شرایط محیط این چسبندگی باقی بماند. کیفیت پوشش های اعمال شده روی سطوح چوب و همچنین چسبندگی مناسب آن به سطح چوب به‌طور مستقیم تحت تأثیر آماده‌سازی سطح چوب و عملیاتی که قبل از اعمال پوشش نهایی روی سطح آن اعمال می‌شود، قرار می‌گیرند(Ghofrani & Khojasteh Khosro, 2014). تیمار گرمایی چوب با ایجاد تغییرات در سلولز، همی‌سلولز و لیگنین، در خواص فیزیکی و مکانیکی چوب تغییر ایجاد کرده که *et* (Salim *al*., 2010; Jimenez *et al*., 2011) می‌تواند بر دوام و چسبندگی پوشش در سطح چوب و درنتیجه بر دوام نهایی محصول ساخته شده تأثیر داشته باشد. در همین راستا و با توجه به مطالب ارائه شده، هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر تیمار گرمایی چوب بر مقاومت چسبندگی پوشش بود تا بتوان علاوه بر بررسی تأثیر تیمار گرمایی چوب در مدیوم خشک بر مقاومت چسبندگی پوشش، حد مناسب تیمار گونه‌های مختلف را انتخاب کرده و با به‌کار بستن آن از هدر رفت سرمایه برای انجام تیمار گرمایی در درجات دمایی جلوگیری به‌عمل آورد.

مواد و روش‌ها

مواد

نمونه چوب های مورد استفاده در این مطالعه از سه گونه چوبی توسکا (*Alnus glutinosa*)، صنوبر (*Populus nigra*) و نوئل (*Picea abies*) بودند که میانگین جرم مخصوص آنها به‌ترتیب ۰/۵۴، ۰/۴۸ و ۰/۳۷ گرم بر سانتیمتر مکعب بود. دلیل مهم انتخاب این سه گونه، کاربرد زیاد آنها در صنعت مبلمان ایران می‌باشد.

شفاف پوشش‌های استفاده شده در این تحقیق، عبارت بودند از: کیلر بر پایه رزین نیتروسلولز و نیم پلی استر بر پایه آلکید. همچنین از ماده سیلر که نوعی ماده پرکننده بر پایه رزین نیتروسلولز است، برای آماده‌سازی سطوح قبل از اعمال شفاف پوشه‌های کیلر و نیم‌پلی‌استر استفاده شد. مشخصات پوشش های مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات شفاف‌پوشه‌ها و سیلر مورد استفاده

پوشش	pH	دانسیته (g/cm3)	درصد جامد (٪)	ویسکوزیته (cP)	حلال	میزان استفاده از حلال (نسبت به جرم پوشش)
سیلر	۲/۹	۰/۹۵	۲۶/۵۸	۱۴۰	تینر فوری ۱۰۰۰۰	۲ برابر
کیلر	۳/۴	۰/۹۹	۲۷/۵۹	۲۰۰	تینر فوری ۱۰۰۰۰	۱/۵۰ برابر
نیم‌پلی‌استر	۳/۸	۰/۹۶	۳۷/۶۸	۱۳۲	تینر فوری ۱۰۰۰۰	۰/۵۰ برابر

روش کار

برای تهیه نمونه‌های چوبی، ابتدا الوارهای تهیه شده از سه گونه توسکا، صنوبر و نوئل برای رسیدن به حد مطلوب رطوبتی، در کوره چوب خشک‌کنی و با رعایت اصول چوب خشک کنی تا رطوبت ۸ درصد خشک شدند. الوارها پس از خشک شدن به نمونه‌هایی به ابعاد ۱۸×۱۰۰×۲۰۰ میلی‌متر (طولی × مماسی × شعاعی) از قسمت برون‌چوب با سطوح مماسی تبدیل شدند. با توجه به اهمیت استفاده از نمونه‌های سالم در آزمایش‌ها، نمونه‌های مورد آزمایش از بین نمونه‌های دارای شرایط رشد عادی و عاری از هرگونه ترک، شکاف، چوب های واکنشی، کج تاری، پوسیدگی و بیماری‌های قارچی انتخاب شدند.

تیمار حرارتی

برای تیمار حرارتی نمونه های چوبی در شرایط خشک (مدیوم خشک)، نمونه‌های تهیه شده به دو دسته جدا تقسیم شدند. سپس برای انجام تیمار حرارتی، نمونه‌ها با توجه به دسته بندی انجام شده در داخل آون با دمای ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. مدت تیمار گرمایی برای نمونه ها ثابت بوده و ۳ ساعت در نظر گرفته شد. بعد از تیمار حرارتی، تمامی نمونه‌های تهیه شده برای متعادل شدن و رسیدن به یک شرایط رطوبتی در شرایط آزمایشگاهی قرار گرفتند.

آماده‌سازی سطح

آماده‌سازی و عملیات پرداخت سطح چوب، برای یکنواخت کردن سطوح نمونه های چوبی و از بین بردن ناهمواری های سطحی آنها می باشد. برای این منظور سطوح نمونه های چوبی طی مراحلی به‌ترتیب با سنباده زبر تا نرم در جهت الیاف چوب توسط دستگاه سنباده لرزان دستی برقی کارگاهی به‌طور یکنواخت و در یک زمان مشخص پرداخت شدند. بدین صورت که در مرحله اول از کاغذ سنباده شماره ۱۲۰ برای پرداخت سطح استفاده شد. در مرحله دوم از کاغذ سنباده شماره ۱۸۰ استفاده گردید تا سطوح نمونه ها کاملاً صاف و یکنواخت شده و برای مراحل بعدی آماده شوند.

اندازه‌گیری ترشوندگی سطح

برای اندازه‌گیری میزان ترشوندگی سطح نمونه ها از روش قطره‌گذاری آب دیونیزه استفاده گردید. برای این منظور ترشوندگی سطح نمونه ها قبل و بعد از تیمار حرارتی به وسیله دستگاه زاویه تماس مدل PG-X و روش اندازه‌گیری زاویه تماس دینامیک با حجم قطره ۴/۵ میلی لیتر و ۵ بار تکرار در لحظه رهاسازی قطره روی سطح تعیین شد.

پوشش‌دهی سطح

پوشش‌دهی نمونه های چوبی در این تحقیق به روش اسپری توسط پیستوله انجام شد. مراحل کار به این صورت بود که برای پوشش‌دهی سطح نمونه ها، ابتدا سطوح نمونه های چوبی به‌وسیله سیلر که برای آماده‌سازی زیرآیند شفاف‌پوشه‌ها مورد استفاده قرار می گیرد، در جهت موازی الیاف به وسیله پیستوله پوشش داده شدند. سپس در مرحله دوم از کاغذ سنباده شماره ۳۶۰ استفاده شد تا سطوح نمونه ها کاملاً صاف و یکنواخت شده و برای رنگ‌کاری نهایی نمونه‌ها آماده شدند. در مرحله آخر نمونه‌ها به دو دسته تقسیم شده و پوشش‌های شفاف نهایی مورد استفاده در دو سیستم پوششی کیلر و نیم پلی استر روی

سطوح نمونه‌ها انتقال یافتند. لازم به ذکر است که پوشش کیلر جزو پوشش‌های تک جزئی است ولی پوشش نیم‌پلی‌استر در دسته پوشش‌های دوجزئی جای دارد و باید قبل از اعمال آن ماده سخت‌کننده به این پوشش اضافه شود. میزان استفاده از سخت‌کننده در این پوشش، ۱۰ درصد جرم پوشش بود.

اندازه‌گیری چسبندگی بین الیاف و مقاومت چسبندگی پوشش

برای اندازه‌گیری چسبندگی بین الیاف گونه‌های چوبی توسکا، صنوبر و نوئل در نمونه‌های بدون پوشش و همچنین مقاومت چسبندگی پوشش در نمونه‌های پوشش داده‌شده، از آزمون چسبندگی کششی (Pull Off) استفاده شد. بدین‌منظور ابتدا قطعات استوانه‌ای شکل (دالی[1]) از جنس آلومینیوم با قطر ۲۰ میلی‌متر و به‌وسیله چسب اپوکسی دوجزئی ساخت کشور آلمان روی سطح نمونه های بدون پوشش و پوشش داده‌شده، چسبانده شدند. سپس نمونه‌ها برای سخت شدن چسب به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. میزان مقاومت چسبندگی نمونه‌ها با روش پول آف طبق استاندارد ASTM D-4541 به‌وسیله دستگاه آزمون چسبندگی خودکار PosiTest AT ساخت کشور آمریکا با سرعت کشش ۰/۳ مگاپاسکال در ثانیه اندازه‌گیری شدند. برای بررسی اطمینان از دقت نتایج به‌دست‌آمده، آزمون چسبندگی بر روی هر نمونه ۶ بار تکرار شد. در جدول ۲ نیز ترکیب‌بندی عوامل متغیر در بررسی مقاومت چسبندگی پوشش نمونه‌ها ارائه شده است.

جدول ۲- ترکیب‌بندی عوامل متغیر در بررسی مقاومت چسبندگی پوشش

عوامل متغیر			تعداد تکرار آزمون مقاومت چسبندگی
نوع گونه	تیمار حرارتی	نوع شفاف‌پوشه	
توسکا	شاهد	کیلر	۶
		نیم‌پلی‌استر	۶
	۱۵۰ درجه سانتی‌گراد	کیلر	۶
		نیم‌پلی‌استر	۶
	۱۸۰ درجه سانتی‌گراد	کیلر	۶
		نیم‌پلی‌استر	۶
صنوبر	شاهد	کیلر	۶
		نیم‌پلی‌استر	۶
	۱۵۰ درجه سانتی‌گراد	کیلر	۶
		نیم‌پلی‌استر	۶
	۱۸۰ درجه سانتی‌گراد	کیلر	۶
		نیم‌پلی‌استر	۶
نوئل	شاهد	کیلر	۶
		نیم‌پلی‌استر	۶
	۱۵۰ درجه سانتی‌گراد	کیلر	۶
		نیم‌پلی‌استر	۶
	۱۸۰ درجه سانتی‌گراد	کیلر	۶
		نیم‌پلی‌استر	۶

1 - Dolly

طراحی آزمایش

نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های زاویه تماس قطره و مقاومت چسبندگی پوشش با نرم افزار آماری SPSS مورد آنالیز قرار گرفت. برای بررسی اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر، نتایج با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه وتحلیل آماری قرار گرفت. برای مقایسه میانگین گروه‌ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد.

نتایج

زاویه تماس قطره

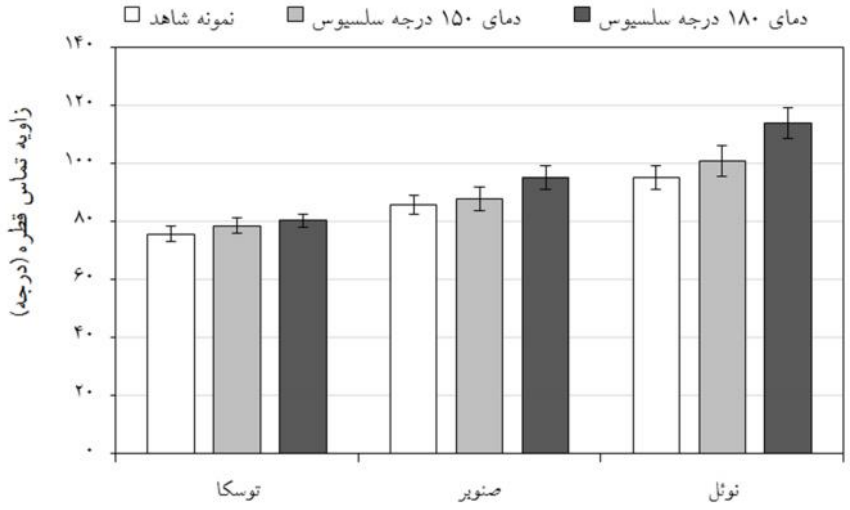
نتایج به‌دست‌آمده از بررسی تأثیر مستقل نوع گونه چوبی بر زاویه تماس قطره بیانگر تأثیر قابل توجه این عامل بر زاویه تماس قطره بوده است. به‌طوری‌که در جدول ۳ مشخص است، در بین گونه‌های مورد بررسی بالاترین میزان زاویه تماس قطره در گونه نوئل بوده که گروه‌بندی دانکن نیز زاویه تماس قطره این‌گونه را در گروه A قرار داده است. از طرف دیگر، کمترین میزان زاویه تماس قطره و به‌عبارت‌دیگر بالاترین میزان ترشوندگی سطح در گونه توسکا به‌دست‌آمده است. گروه‌بندی دانکن ارائه شده نیز مؤید این نکته است. در تأثیر مستقل تیمار گرمایی بر زاویه تماس، به‌طوری‌که در جدول ۳ نیز مشخص است این فرایند باعث افزایش قابل توجه زاویه تماس قطره نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه شاهد شده است. به‌طوری‌که کمترین زاویه تماس قطره در نمونه شاهد بوده و بالاترین میزان زاویه تماس قطره با افزایش ۱۴ درصدی این صفت نسبت به نمونه‌های شاهد، در نمونه‌های تیمار شده در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس حاصل شده است. گروه‌بندی ارائه شده در جدول ۳ نیز زاویه تماس نمونه‌های شاهد را در گروه C و نمونه‌های تیمار شده در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس را در گروه A قرار داده است.

جدول ۳- نتایج مقایسه اثر مستقل گونه چوبی و تیمار گرمایی بر زاویه تماس قطره

عوامل متغیر	سطوح متغیر	زاویه تماس قطره (درجه)	انحراف معیار	گروه‌بندی دانکن
گونه چوبی	توسکا	۷۸	۳/۳۲	C
	صنوبر	۸۹	۵/۳۰	B
	نوئل	۱۰۳	۸/۷۹	A
تیمار گرمایی	شاهد	۸۶	۸/۹۷	C
	۱۵۰	۹۱	۱۰/۶۶	B
	۱۸۰	۹۸	۱۵/۱۹	A

نتایج حاصل از بررسی زاویه تماس قطره در تأثیر متقابل گونه چوبی و تیمار حرارتی در شکل ۱ آورده شده است. به‌طوری‌که مشخص است تیمار حرارتی باعث افزایش زاویه تماس قطره شده است. بالاترین میزان زاویه تماس قطره (کمترین میزان ترشوندگی سطح) در هر سه گونه چوبی توسکا، صنوبر و نوئل، در نمونه‌های تیمار حرارتی شده بوده است و با افزایش دمای تیمار تا ۱۸۰ درجه سلسیوس بیشترین افزایش در زاویه تماس قطره مشاهده شد. به‌عبارت‌دیگر، ترشوندگی سطح نمونه‌ها با تیمار حرارتی کاهش قابل توجهی نسبت به نمونه‌های شاهد داشت. البته میزان افزایش زاویه تماس قطره در نمونه‌های چوبی تیمار شده در دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس نسبت به نمونه‌های شاهد بسیار چشمگیر نبود. در حالت کلی نیز بیشترین کاهش در ترشوندگی گونه نوئل بود، به‌طوری‌که کمترین

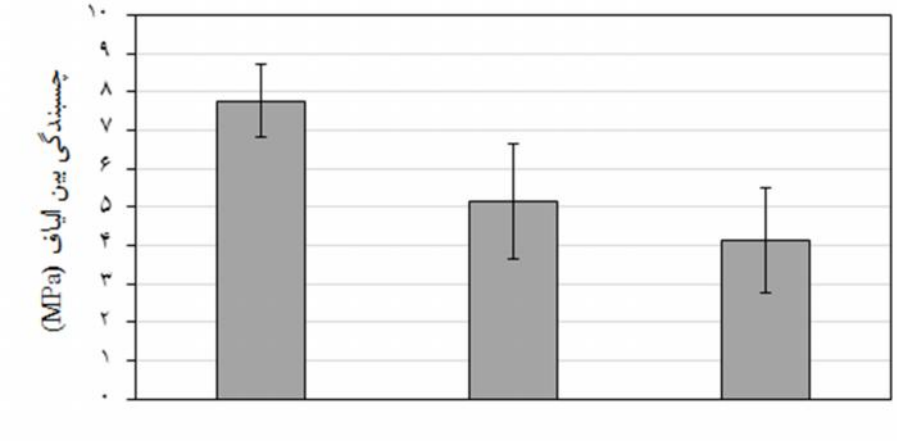
میزان ترشوندگی در نمونه‌های تهیه شده از گونه نوئل که با دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس تیمار شده بودند، مشاهده شد. بالاترین میزان ترشوندگی سطح نیز در نمونه‌های شاهد حاصل از گونه توسکا به‌دست آمد.



شکل ۱- تأثیر متقابل گونه چوبی و تیمار حرارتی بر زاویه تماس قطره

چسبندگی بین الیاف

برای ارزیابی میزان پیوستگی سطحی (چسبندگی بین الیاف) گونه‌های توسکا، صنوبر و نوئل، دالی‌هایی روی سطح نمونه‌های بدون پوشش این گونه‌ها چسبانده شد و عمل کشش آنها توسط دستگاه آزمون چسبندگی کششی انجام شد. نتایج حاصل از ارزیابی چسبندگی بین الیاف گونه‌های مورد بررسی در شکل ۲ آورده شده است. نتایج به دست آمده بیانگر این بود که نمونه های تهیه شده از گونه توسکا چسبندگی بین الیاف بیشتری را نسبت به گونه‌های صنوبر و نوئل داشت و بیشترین مقاومت در این گونه مشاهده شد. درواقع گونه توسکا دارای پیوستگی بین الیاف بالایی بوده و ساختار مستحکم‌تری نسبت به گونه‌های دیگر داشت.



شکل ۲- چسبندگی بین الیاف گونه‌های توسکا، صنوبر و نوئل

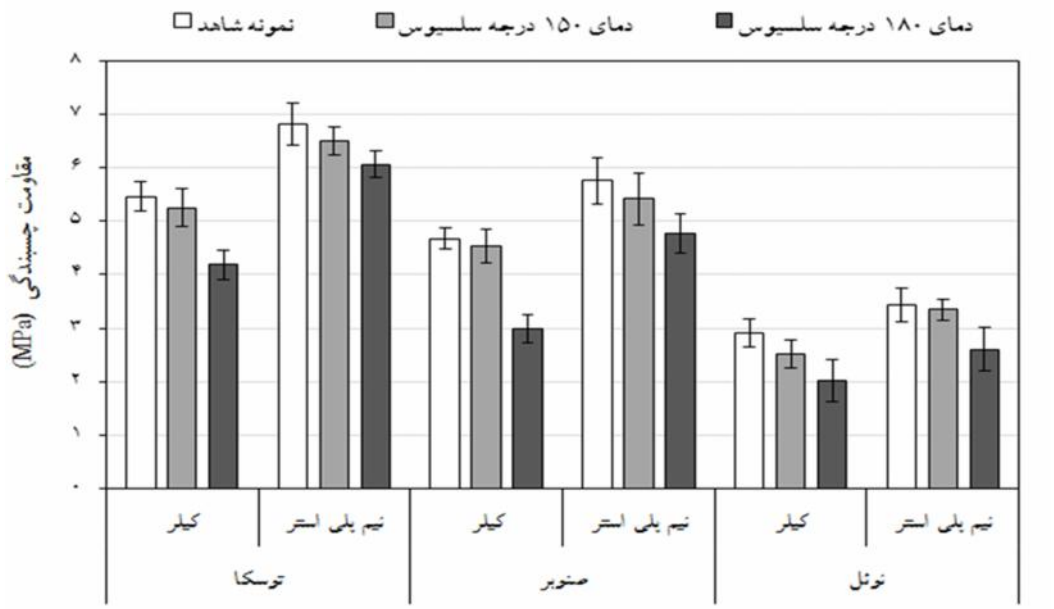
مقاومت چسبندگی پوشش

نتایج تأثیر مستقل عوامل متغیر بر مقاومت چسبندگی در جدول ۴ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تأثیر مستقل نوع گونه بر مقاومت چسبندگی بالاترین میزان مقاومت چسبندگی پوشش در گونه توسکا بوده و کمترین میزان در گونه نوئل به‌دست‌آمده است. گروه‌بندی دانکن انجام شده نیز در دسته‌بندی خود، گونه توسکا را با بالاترین میزان مقاومت چسبندگی نسبت به گونه‌های دیگر در گروه A قرار داد. همچنین کمترین میزان مقاومت چسبندگی با گروه C در گونه نوئل به‌دست آمد. در اثر مستقل تیمار گرمایی بر مقاومت چسبندگی، بالاترین میزان این مقاومت در نمونه‌های شاهد و کمترین میزان مقاومت چسبندگی با کاهش ۳۱/۲ درصدی نسبت به نمونه شاهد، در نمونه‌های تیمار شده در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به‌دست آمد. در گروه‌بندی دانکن انجام شده نیز بالاترین میزان مقاومت چسبندگی کششی با گروه A در نمونه شاهد و کمترین مقاومت چسبندگی نیز در نمونه تیمار شده در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس با گروه C مشاهده شد. در مورد اثر مستقل نوع پوشش، بیشترین میزان مقاومت چسبندگی در پوشش نیم‌پلی‌استر و کمترین میزان در کیلر بود. گروه‌بندی دانکن انجام شده نیز مؤید نتیجه بالاست.

جدول ۴- نتایج مقایسه اثر مستقل گونه چوبی، تیمار گرمایی و نوع شفاف‌پوشه بر مقاومت چسبندگی پوشش

عوامل متغیر	سطوح متغیر	مقاومت چسبندگی (MPa)	انحراف معیار	گروه‌بندی دانکن
گونه چوبی	توسکا	۵/۶۶	۰/۹۱۹	A
	صنوبر	۴/۶۷	۰/۹۲۵	B
	نوئل	۲/۷۸	۰/۶۰۵	C
تیمار گرمایی	شاهد	۴/۸۴	۰/۹۵۰	A
	۱۵۰	۴/۵۴	۰/۹۵۱	B
	۱۸۰	۳/۷۳	۰/۹۰۶	C
نوع شفاف‌پوشه	کیلر	۳/۷۹	۱/۰۰۸	B
	نیم‌پلی‌استر	۴/۹۵	۰/۹۴۰	A

بررسی تأثیر متقابل گونه چوبی، تیمار حرارتی و نوع شفاف‌پوشه نیز بیانگر این بود که در حالت کلی بالاترین میزان مقاومت چسبندگی پوشش در گونه‌های چوبی مورد بررسی (گونه‌های توسکا، صنوبر و نوئل)، در نمونه‌های بدون تیمار حرارتی (شاهد) مشاهده شد. کمترین کاهش و اختلاف در بین مقاومت چسبندگی پوشش در بین نمونه‌های تیمار شده با نمونه‌های شاهد، در تیمار حرارتی نمونه‌ها در دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس به‌دست آمد؛ اما با افزایش دمای تیمار تا ۱۸۰ درجه سلسیوس، مقاومت چسبندگی کششی پوشش به‌طور قابل توجهی نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش یافت. در بین نمونه‌های پوشش داده‌شده با دو شفاف‌پوشه کیلر و نیم‌پلی‌استر نیز پوشش نیم‌پلی‌استر عملکرد بهتری نسبت به پوشش کیلر داشت، به‌طوری‌که در تمامی نمونه‌های تیمار گرمایی شده و شاهد، بالاترین مقاومت چسبندگی پوشش به سطح چوب در شفاف‌پوشه نیم‌پلی‌استر مشاهده شد (شکل۳).



شکل ۳- تأثیر متقابل گونه چوبی، تیمار حرارتی و نوع شفاف‌پوشه بر مقاومت چسبندگی کششی

بحث

زاویه تماس قطره

با توجه به نتایج حاصل از بررسی زاویه تماس قطره در گونه‌های چوبی توسکا، صنوبر و نوئل می‌توان بیان کرد که در بین این گونه‌ها، بیشترین میزان ترشوندگی سطح در گونه توسکا بوده و کمترین میزان ترشوندگی سطح در گونه نوئل بود. از دلایل پایین بودن ترشوندگی سطحی در گونه نوئل، می‌توان به مواد استخراجی به‌ویژه مواد رزینی این‌گونه اشاره کرد که باعث کاهش قابل توجه ترشوندگی سطح چوب شده است (Latibari, 2007). کاهش ترشوندگی در تیمار گرمایی را می‌توان به عواملی مختلفی نسبت داد. کشش سطحی چوب با انجام تیمار گرمایی کاهش می‌یابد که یک دلیل آن می‌تواند به دلیل حذف آب باشد. دلیل دیگر را می‌توان به تغییرات شیمیایی ایجاد شده در مواد تشکیل‌دهنده چوب و یا مواد استخراجی در اثر شرایط محیطی نظیر حرارت نسبت داد (Latibari, 2007). کاهش کشش سطحی چوب، ترشوندگی را کاهش می‌دهد و می‌تواند پراکندگی پوشش را تحت تأثیر قرار داده و اجازه ندهد تا مقاومت چسبندگی مطلوب پوشش به لایه چوبی زیرین تأمین شود (Enayati, 2010).

چوب یک ماده قطبی بوده و قطبیت آن به دلیل وجود گروه‌های هیدروکسیل است. تیمار گرمایی با کاهش تعداد گروه‌های هیدروکسیل باعث کاهش میزان پیوندهای هیدروژنی بین الیاف و کاهش قطبیت چوب می‌شود؛ بنابراین با کاهش قطبیت، خاصیت ترشوندگی چوب کاهش می‌یابد (Hatefnia *et al*., 2012). به‌طورکلی نمونه‌های تیمار حرارتی شده قطبیت کمتری نسبت به نمونه‌های بدون تیمار دارند که نتیجه آن کاهش ترشوندگی است (Candan *et al*., 2012). از دلایل دیگر کاهش ترشوندگی، می‌توان به صورت‌بندی زیست بسپارهای چوب اشاره کرد، به‌طوری‌که Hakkou و همکاران (2005) طی مطالعه‌ای در آنالیز شیمیایی چوب‌های تیمار گرمایی شده بیان کردند که تیمار گرمایی چوب باعث تأثیر بر صورت‌بندی زیست بسپارهای چوب به‌ویژه پلاستیکی شدن لیگنین می‌شود که نتیجه آن کاهش ترشوندگی می‌باشد. همچنین تیمار گرمایی باعث تخریب محل‌های جذب رطوبت (گروه‌های OH) در ترکیبات

چوب مانند همی‌سلولز و کاهش بخش‌های آمورف سلولز (Dahmardeh & Nazerian, 2011) و افزایش کریستالیته سلولز چوب در این فرایند می شود که درنتیجه آن خاصیت ترشوندگی سطح کاهش می‌یابد (Petrissans *et al.*, 2003).

مقاومت چسبندگی پوشش

در بررسی تأثیر تیمار گرمایی بر مقاومت چسبندگی پوشش، مشخص شد که تیمار گرمایی چوب در محیط خشک باعث کاهش معنی دار مقاومت چسبندگی پوشش به سطح چوب می‌شود. یکی از عوامل مهمی که در مقاومت چسبندگی پوشش نقش مؤثری دارد، ترشوندگی مناسب سطح چوب و عمق نفوذ پوشش در چوب می‌باشد (Cristea *et al.*, 2011). تیمار گرمایی چوب، ترشوندگی سطح آن را کاهش می‌دهد و کاهش ترشوندگی سطح چوب، مانع نفوذ مناسب پوشش به سطح چوب می‌شود. با کاهش نفوذپذیری و ترشوندگی سطح چوب، نفوذ پوشش به داخل حفره‌های سلولی کاهش می‌یابد که درنتیجه آن مقاومت چسبندگی پوشش در چوب تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش پیدا می‌کند. Ghofrani و Khojasteh Khosro (۲۰۱۴) نیز در مورد تأثیر ترشوندگی سطح چوب بر مقاومت چسبندگی پوشش به نتایج مشابهی دست یافتند. از سوی دیگر، از دلایل دیگری که می‌تواند باعث کاهش قابل‌توجه مقاومت چسبندگی در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس شود، تخریب بیشتر الیاف سطحی چوب در این دما و کاهش پیوستگی آن می‌باشد. به‌طوری‌که هنگام ارزیابی مقاومت چسبندگی پوشش، کاهش پیوستگی بافت سطحی چوب باعث عدم مقاومت کافی لایه‌های سطحی آن در برابر نیروی کششی شده و بخشی از بافت چوب همراه با پوشش از سطح جدا می‌شود.

در مورد تأثیر نوع گونه، از دلایل بالا بودن مقاومت چسبندگی پوشش در گونه توسکا را می توان به دانسیته و به‌ویژه ساختار سلولی این‌گونه نسبت داد. به‌طورکلی گونه‌هایی که دارای جرم مخصوص بالایی بوده و از آن مهمتر چسبندگی بین الیاف (پیوستگی) و مقاومت بالاتری دارند، در طی فرایند اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی، مقاومت بیشتری در مقابل نیروی وارده تحمل کرده و شکست در آنها ایجاد نمی‌شود؛ اما گونه‌های با چسبندگی بین الیاف و بافت ضعیف تحمل نیروی کمتری در مقابل نیروی کششی وارده طی آزمون چسبندگی داشته، به راحتی شکست در آنها ایجاد و در بسیاری موارد، بخشی از چوب همراه با پوشش از سطح چوب جدا می‌شود (Khojasteh Khosro, 2014). نتایج حاصل از این مطالعه نیز بیانگر چسبندگی بین الیاف بالا و ساختار مستحکم‌تر گونه توسکا نسبت به گونه‌های صنوبر و نوئل بود که یکی از دلایل بالا بودن مقاومت چسبندگی پوشش در این گونه است. از طرف دیگر، به‌طوری‌که از نتایج به‌دست‌آمده از بررسی زاویه تماس قطره روی نمونه‌های بدون پوشش مشخص بود، در بین گونه‌های مورد بررسی، توسکا کمترین میزان زاویه تماس قطره را داشت که نشان‌دهنده ترشوندگی بهتر سطح این گونه به‌وسیله پوشش بود؛ که در پی آن نفوذ مناسب‌تر پوشش در این گونه انجام شده و چسبندگی بهتری به‌دست آمد. علت پایین بودن مقاومت چسبندگی پوشش در گونه نوئل نیز به دلیل چسبندگی ضعیف مولکول های پوشش با مواد چوبی و همچنین نفوذپذیری کم پوشش می باشد که این موضوع را می‌توان به نوع مواد استخراجی سوزنی‌برگان و نیز نفوذپذیری کم آنان نسبت داد (Manavi *et al.*, 2012). نتایج به‌دست‌آمده در اندازه‌گیری ترشوندگی سطح نیز بیانگر ترشوندگی و نفوذپذیری کم در گونه نوئل بود.

در مقایسه بین مقاومت چسبندگی پوشش‌ها، نتایج نشان داد که به‌طورکلی پوشش نیم‌پلی‌استر عملکرد بهتری نسبت به پوشش کیلر داشته و مقاومت چسبندگی پوشش در نیم پلی استر بالاتر از پوشش کیلر بود. بنابراین به نظر می‌رسد به دلیل استفاده از سخت‌کننده در پوشش نیم‌پلی‌استر، واکنش‌های پلیمریزاسیون این پوشش روی سطح چوب تشکیل شده و کامل می شود،

درنتیجه پیوندهای قوی‌تری با چوب ایجاد می‌کند. به‌صورت کلی مقاومت چسبندگی بالای پوشش نیم‌پلی‌استر ناشی از ساختار شیمیایی آن و خصوصیات فنی این پوشش می‌باشد (Manavi *et al*., 2012). پوشش کیلر در مجاورت هوا خشک شده و به نوعی یک پوشش تک جزئی است و واکنش آن در فرایند تولید تشکیل می شود. درنتیجه پیوندهای ضعیف تری با سطح چوب (زیرآیند خود) ایجاد می‌کند. البته بالا بودن وزن مولکولی پوشش سلولزی (کیلر) نیز می تواند از دلایل دیگر پایین بودن مقاومت چسبندگی در این پوشش‌ها باشد (Sonmez *et al*., 2009). Manavi و همکاران (۲۰۱۲) و همچنین Ghofrani و Khojasteh Khosro (۲۰۱۴) نیز در مورد پوشش‌های نیم‌پلی‌استر و کیلر به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان کردند که پوشش نیم‌پلی‌استر مقاومت چسبندگی بالاتری نسبت به پوشش کیلر دارد.

به‌طور کلی در مورد نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه می‌توان این‌گونه بیان کرد که نمونه‌های چوبی تیمار گرمایی شده در مدیوم خشک دارای مقاومت چسبندگی پایین‌تری نسبت به نمونه‌های شاهد بودند و افزایش دمای تیمار، تأثیر بیشتری بر کاهش مقاومت چسبندگی داشت؛ اما به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که کاهش میزان مقاومت چسبندگی پوشش در نمونه های تیمار شده در دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس نسبت به نمونه شاهد بسیار قابل‌توجه نبوده و می‌توان تیمار چوب در این دما را برای چوب‌هایی که باید بعد از تیمار حرارتی توسط شفاف‌پوشه‌ها پوشیده شوند، پیشنهاد کرد. از طرف دیگر توجه به نوع چوب و شفاف‌پوشه مورد استفاده در پوشش‌دهی چوب نیز از اهمیت فراوانی برخوردار بوده و برای رسیدن به دوام مناسب فراورده چوبی تولیدی باید با توجه به محل استفاده و حداکثر دوامی که از محصول تولیدی انتظار می‌رود، از گونه مناسب و پوشش با پایداری کافی استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

-Boonstra, M.J., Tjeerdsma, B.F. and Groeneveld, H.A.C., 1998. Thermal modification of non-durable wood species. 1. The Plato Technology: Thermal modification of wood. The International Research Group on Wood Preservation, IRG Document No. IRG/WP98-40123

-Candan, Z., Buyuksarı, U., Korkut, S., Unsal, O. and Cakıcıer, N., 2012. Wettability and surface roughness of thermally modified plywood panels. Industrial Crops and Products, 36(1): 434-436.

-Cristea, M.V., Riedl, B. and Blanchet, P., 2011. Effect of addition of nanosized UV absorbers on the physico-mechanical and thermal properties of an exterior waterborne stain for wood. Progress in Organic Coatings, 72(4): 755-762.

-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.

-Enayati, A.A. 2010. Wood Physics. Tehran University Press, Tehran.

-Ghofrani, M. and Khojasteh Khosro, S., 2014. The effect of wood surface finishing quality on the adhesion strength of clear coat. J. Color. Sci, (7): 339-345.

-Hakkou, M., Petrissans, M., Zoulalin, A. and Gerardin, P., 2005. Investigation of wood wettability changes during heat treatment on the basis of chemical analysis. Polymer Degradation and Stability, 89: 1-5.

-Hatefnia, H., Enayati, A., Doost Hoseini, K. and Azad Fallah, M., 2012. Effect of steam treatment on chemical changes of wood components. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(4): 682-698.

-Jahan Latibari, A. 2007. Science and technology of adhesion for lignocellulosic substances. Daneshgahe azad eslami, Karaj.

-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.

-Khojasteh Khosro, S., 2014. Investigation on the effect of nano Zinc Oxide on physical properties of polyurethane clear coat in wooden furniture surfaces, degree of M.Sc, Shahid Rajaee Teacher Training University, Iran.

-Manavi, Gh., Ghofrani, M. and Mirshokraei, S.A., 2012. Effects of wood type, moisture content and paint type on adhesion strength of conventional clear paints used in furniture manufacture. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 27: 743-753.

-Mirzaei, Gh., Mohebby, B. and Tabarsa, T., 2012. Collapsibility and Wettability of Hydrothermally Treated Wood. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 3: 1-11.

-Petrissans, M., Gerardin, P. and Serraj, M., 2003. Wettability of heat-treated wood. Holzforschung, 57(3): 301-307.

-Salim, R., Ashaari, Z. and Samsi, H.W., 2010. Effect of Oil Heat Treatment on Physical properties of Semantan Bamboo (Gigantochloa scortechinii Gamble). Modern Applied Science, 4(2): 107-113.

-Sjostrom, E. 1993. Wood Chemistry Fundamentals and Applications; Academic Press: San Diego.

-Sonmez, A., Budakci, M. and Bayram, M., 2009. Effect of wood moisture content on adhesion of varnish coatings. Scientific Research and Essay, 4(12): 1432-1437.

-Tanaomi, A.R., Mohebby, B. and Ghahri, S., 2012. The Effect of Oleothermal Treatment on Physical and Mechanical Properties of Beech Wood. Journal of Wood & Forest Science and Technology, 19(3): 111-126.

-Tjeerdsma, B.F. and Militz H., 2006. Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heat-treated wood, Holzals Roh- und werkst off, 63:102-111.

-Tjeerdsma, B.F., Stevens, M. and Militz, H., 2000. Durability of (hydro) thermal treated wood. The International Research Group on Wood Preservation, IRG Document No. IRG/WP 00-40160

Heat treatment of wood and the investigation of its effect on surface wettability and adhesion strength of coating

M. Ghofrani[1*], E. Samadi[2] and S. khojasteh khosro[3]

1*- Corresponding author, Associate Professor of Wood Science and Technology Department, Faculty of Civil Engineering, shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran, Email: ghofrani@srttu.edu.
2- M.Sc. student, Wood Science and Technology Department, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.
3- M.Sc., Wood Science and Technology Department, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

Received: Sep., 2015 Accepted: Feb., 2016

Abstract

In this study, the effect of heat treatment of Alder (*Alnus glutinosa*), Poplar (*Populus nigra*) and Spruce (*Picea abies*) wood on adhesion strength of clear and acid catalyzed transparent coating was investigated. For this purpose, wood samples were prepared with dimension of 200×100×18 mm (longitudinal, tangential, radial) from sapwood on tangential surface. Samples were kept under heat treatment in oven with 150 and 180˚C temperatures for about 3 hours. After treatment, sample surfaces were sanded with 120 and 180 grit size sand paper, respectively. Contact angle of water was measured before and after treatment. Samples' surfaces were covered with a transparent coat in two separate processes with clear and acid catalyzed coating. Adhesion strength of coating was measured with Pull Off method according to ASTM D-4541 standards. Results showed that the heat treatment increased contact angle. This increase continues as the heat treatment temperature goes higher and it leads to decrease in wettability of samples surfaces. Results also indicated that heat treatment of wood had significant effect on adhesion strength of coating. Adhesion strength compared to control samples was more than heat treated samples. Lowest coating strength was observed in samples which were heat treated in 180 ˚C.

Key words: Heat treatment, dry medium, surface wettability, adhesion strength of coating, wood species, transparent coat.