

بررسی تأثیر روش پوشش دهی سطح چوب با شفاف پوشه‌ها بر مقاومت چسبندگی پوشش به سطح چوب

محمد غفرانی^۱، زهرا محمد مرادی^۲ و سعید خجسته خسرو^{۳*}

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

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

۳- نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

پست الکترونیک: saiedkhozasteh@gmail.com

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۴

چکیده

در این مطالعه به بررسی میزان تأثیر روش پوشش دهی سطح چوب با شفاف پوشه‌ها بر چسبندگی پوشش به سطح گونه‌های چوبی گردو (*Juglans regia*)، افرا پلت (*Acer velutinum*) و کاج (*Pinus eldarica*) پرداخته شد. به همین منظور نمونه‌هایی به ابعاد ۲۰×۱۰×۲۰ میلی‌متر و با رطوبت ۸ درصد تهیه گردیدند. سطح نمونه‌ها به ترتیب با سنباده‌های درجه ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ در راستای الیاف پرداخت شدند. سپس پس از زیرسازی نمونه‌های چوبی با سیلر، سطوح آنها به‌طور جداگانه با شفاف پوشه‌های کیلر و نیم پلی‌استر با استفاده از دو روش پوشش دهی توسط پیستوله و فیلم کش پوشش داده شدند. برای اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی پوشش از روش پول آف طبق استاندارد ASTM D 4541 استفاده گردید. برای بررسی عمق نفوذ پوشش در دو روش پیستوله و فیلم کش از تصویربرداری توسط میکروسکوپ فلورسنت استفاده شد. نتایج نشان داد که روش اعمال پوشش روی سطوح چوب تأثیر چشمگیری بر میزان مقاومت چسبندگی پوشش دارد، به طوری که بر اساس نتایج به دست آمده در تمامی نمونه‌ها، بالاترین میزان مقاومت چسبندگی در روش اعمال پوشش با فیلم کش مشاهده گردید. بررسی عمق نفوذ پوشش نیز بیانگر نفوذ مناسب تر پوشش در بستر چوب با روش فیلم کش در مقایسه با پیستوله بود. به نحوی که بیشترین اختلاف در مقاومت چسبندگی پوشش به سطح نمونه‌های پوشش داده شده با پیستوله و فیلم کش در گونه‌های گردو و افرا مشاهده گردید. در حالت کلی نیز بیشترین میزان مقاومت چسبندگی در میان تمامی نمونه‌های مورد بررسی، در نمونه‌های تهیه شده از گونه گردو که شفاف پوشه نیم پلی‌استر توسط فیلم کش روی سطح آنها اعمال شده بود، به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: پوشش‌های شفاف، مقاومت چسبندگی پوشش، عمق نفوذ پوشش، روش اعمال پوشش، فیلم کش، پیستوله.

مقدمه

(Bodig, 1989). با توجه به اینکه مواد چوبی دارای خصوصیات خاصی مانند سبکی، فرم‌پذیر بودن، تنوع رنگ، خواص فیزیکی و مکانیکی و بیولوژیکی نسبت به سایر مواد که خشک و بی روح هستند، بیشتر مورد توجه

چوب و فراورده‌های مرکب از گذشته‌های دور اهمیت اقتصادی بسیاری در کشورهای در حال توسعه و صنعتی دارند و یکی از مهمترین مصالح ساختمانی به‌شمار می‌روند

محصولات حاصل از گونه های چوبی که طرح و نقش زیبایی دارند و زیبایی آنها باید حفظ شود مورد استفاده قرار می گیرند (Nazerian, 2012). پوشش های شفاف علاوه بر پوشاندن سطح چوب و حفاظت از آن، لایه شفافی را بر روی چوب به وجود می آورد، بدون آنکه در نقش و موج چوب تغییری ایجاد کند. به طور کلی این پوشش ها می توانند علاوه بر حفظ رنگ طبیعی، بافت، زیبایی و درخشندگی چوب، نقش حفاظت آن در مقابل عوامل مختلف و افزایش عمر مفید آن را نیز ایفا کنند (Sarmadi & Kardan 2010; Nazerian, 2012; Bulian & Graystone, 2009). از نظر علمی، ویژگی های مهم پوشش عبارتند از: مقاومت چسبندگی پوشش به لایه زیرین، سختی، انعطاف پذیری، مقاومت در برابر فرسایش و ساییدگی، مقاومت در برابر آب و ... (Nazerian, 2012). تأثیر Khojasteh Khosro و Ghofrani (۱۳۹۲) بر پرداخت سطح چوب بر میزان مقاومت چسبندگی پوشش به سطح آن را مورد بررسی قرار دادند. آنان بیان کردند با کنترل فرایند پرداخت سطح چوب در طی عملیات قبل از پوشش دهی سطح، می توان عمر مفید محصولات ساخته شده را از طریق بهبود مقاومت چسبندگی پوشش افزایش داد. تحقیقات Sonmez و همکاران (۲۰۰۹) و همچنین Sonmez و همکاران (۲۰۱۱) در مورد تأثیر رطوبت چوب بر میزان مقاومت چسبندگی پوشش ها، حکایت از آن داشت که با افزایش میزان رطوبت چوب قبل از فرایند پوشش دهی آن، مقدار چسبندگی پوشش نهایی کاهش می یابد. در پژوهشی دیگر Manavi و همکاران (۲۰۱۲) پس از بررسی تأثیر رطوبت بر مقاومت چسبندگی پوشش های پرکاربرد در ایران مانند کیلر و نیم پلی استر اظهار داشتند که بیشترین میزان مقاومت چسبندگی در بین نمونه های مورد بررسی، مربوط به نمونه های چوبی با رطوبت ۸ درصد و پوشش نیم پلی استر بوده و افزایش رطوبت به میزان ۱۲ و ۱۵ درصد کاهش مقاومت چسبندگی را در پی داشت.

می باشند (Sarmadi & Kardan 2011). با توجه به نیاز هر صنعت، می توان از ویژگی های منحصر به فرد چوب بیشتر استفاده کرد (Gholamiyan *et al.*, 2010). چوب ماده ای آب دوست است و این رفتار چوب، استفاده از آن را محدود می سازد (Manavi *et al.*, 2012). جذب رطوبت توسط چوب، آن را به محیط مناسبی برای فعالیت برخی از عوامل مخرب قارچی تبدیل می کند (Sjostrom, 1993). Miller و Derbyshire (۱۹۸۱) بیان کردند که بخش عمده آسیب هایی مانند تغییرات رنگ، پوسیدگی، تغییر شکل و ... که به چوب ها وارد می شود مربوط به تأثیر مستقیم تغییرات رطوبت چوب می باشد. Stamm و Millett (۱۹۴۰) طی مطالعات خود اذعان داشتند در اثر جذب رطوبت مقاومت مکانیکی چوب نیز کاهش می یابد. تابش نور خورشید به لایه های سطحی فرآورده های چوبی در طولانی مدت، منجر به تغییر رنگ سلول های چوبی شده و سطوح چوبی به رنگ قهوه ای یا خاکستری تبدیل می شود که به علت تجزیه لیگنین موجود در دیواره سلولی می باشد (Derbyshire & Miller, 1981; Hon & Feist, 1981). بدین ترتیب هوازدگی چوب منجر به تخریب لایه های سطحی چوب می شود که با رنگ کردن چوب قابل پیشگیری است (Sarmadi & Kardan, 2010; Yonger *et al.*, 2011). Chin و همکاران (۲۰۰۵) این گونه بیان کردند که انتخاب پوشش مناسب می تواند بر دوام و پایداری محصولات چوبی و محافظت از آن مؤثر باشد. بررسی های Ozcifci (۲۰۰۶) نیز نشان داد که می توان به منظور محافظت چوب در برابر عوامل جوی و جذب آب، از مواد رنگی و پوشش های شیمیایی محافظ استفاده کرد. به طوری که کیفیت محصولات چوبی تا حد زیادی توسط ویژگی های پوشش های محافظ و تزئینی معین می شود. Gholamiyan و همکاران (۲۰۱۰) نیز در مطالعه ای در زمینه پوشش دهی سطح چوب با شفاف پوشه ها بیان کردند که یکی از مؤثرترین و پرکاربردترین روش های حفاظت چوب، استفاده از پوشش های شفاف است. پوشش های شفاف عمدتاً برای

مواد و روش‌ها

مواد

در این تحقیق، از سه گونه چوبی گردو (*regia*)، افرا پلت (*Acer velutinum*) و کاج (*Pinus eldarica*) استفاده شد. جرم مخصوص گونه‌های تهیه شده به ترتیب ۰/۶۸، ۰/۵۲ و ۰/۴۰ گرم بر سانتی متر مکعب بودند. دلیل انتخاب گونه‌های چوبی مورد استفاده، گستردگی کاربرد آن‌ها در صنایع مبلمان و دکوراسیون داخلی بود. با توجه به اهمیت استفاده از نمونه‌های سالم در انجام آزمون، نمونه‌های تهیه شده فاقد هرگونه عیبی مانند گره، چوب‌های واکنشی و پوسیدگی بودند. الوار تهیه شده از گونه‌های گردو، افرا و کاج برای خشک شدن و رسیدن به رطوبت ۸ درصد در کوره چوب خشک‌کنی قرار گرفتند. سپس الوار خشک شده به ضخامت نهایی ۲۰ میلی‌متر تبدیل و در نهایت نمونه‌هایی به ابعاد ۲۰×۱۰۰×۲۰ میلی‌متر از آنها برش داده شدند.

شفاف پوشش‌های مورد استفاده در این تحقیق، سیلر و کیلر بر پایه رزین نیتروسولولز و نیم‌پلی‌استر بر پایه رزین آلکید بودند که از پوشش‌های تولید داخل کشور تهیه شدند. حلال مورد استفاده برای این پوشش‌ها تینر فوری ۱۰۰۰۰ بود. خصوصیات فنی پوشش‌های مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ و ترکیبات شیمیایی آنها که توسط شرکت پارس اشن ارائه شده، در جدول ۲ آورده شده است.

روش‌های انتقال پوشش بر روی سطوح مصنوعات چوبی با استفاده از ابزارهای دستی بیشترین قدمت را دارند. پوشش‌دهی به روش پیستوله یکی از پرکاربردترین روش‌ها در صنعت مبلمان کشور می‌باشد. از معایب این روش دور ریز زیاد پوشش، سختی کار و آلودگی محیط به دلیل اسپری شدن پوشش می‌باشد. روش دیگری که برای پوشش‌دهی سطوح چوبی به ویژه سطوح صاف به صورت صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از روش پوشش‌دهی غلتکی می‌باشد. در این روش پوشش به صورت فیلمی یکنواخت و با ضخامتی معین روی سطح اعمال می‌شود. از طرفی به هنگام پوشش‌دهی، نقاط ویژه‌ای که در روش فیلم‌کش (غلتکی) به سختی قابل دسترسی می‌باشد، می‌توان از روش پیستوله استفاده کرد (Nazerian, 2012). با توجه به بررسی‌های مورد مطالعه، توجه به روش اعمال پوشش روی سطح چوب به دلیل تأثیر آنها بر کیفیت نهایی پوشش اعمالی روی سطح و پایداری آن، از اهمیت زیادی برخوردار است. در همین راستا هدف از این پژوهش، بررسی روش اعمال شفاف پوشه‌های کیلر و نیم‌پلی‌استر با روش اسپری (پیستوله) و انتقال پوشش با روش فیلم‌کش روی سطح چوب که از پرکاربردترین روش‌های اعمال پوشش در صنعت مبلمان می‌باشند، بر میزان مقاومت چسبندگی پوشش‌های شفاف بر سطوح مصنوعات چوبی است.

جدول ۱- مشخصات فنی شفاف پوشه‌های سیلر، کیلر و نیم‌پلی‌استر

پوشش	pH	دانسیته (g/cm ³)	درصد جامد (%)	ویسکوزیته (cP)	میزان سخت‌کننده (نسبت به جرم پوشش)	میزان استفاده از حلال (نسبت به جرم پوشش)
سیلر	۲/۹	۰/۹۵	۲۶/۵۸	۱۴۰	-	۲ برابر
کیلر	۳/۴	۰/۹۹	۲۷/۵۹	۲۰۰	-	۱/۵ برابر
نیم‌پلی‌استر	۳/۸	۰/۹۶	۳۷/۶۸	۱۳۲	۱۰ درصد*	۰/۵ برابر

*- پوشش نیم‌پلی‌استر، پوششی غیر هوا خشک (دوجزئی) بوده و به همین دلیل از ماده سخت‌کننده برای خشک شدن آن استفاده می‌شود.

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی شفاف پوشه‌های سیلر، کیلر و نیم‌پلی‌استر

نیم‌پلی‌استر	کیلر	سیلر
روغن سویا	نیترو سلولز E-560 (18 DOP%)	نیترو سلولز E-950 (30 IPA%)
رزین اوره فرم‌آلدئید	بوتیل استات	بوتیل استات
بوتیل استات	استن	استن
زایلین	بوتیل سلوسو	بوتیل سلوسو
ضد زل	زایلین	زایلین
	تولوئن	تولوئن
	ایزوپروپیل الکل	ایزوپروپیل الکل

آماده‌سازی سطح نمونه‌های چوب

پس از ماشین‌کاری نمونه‌های چوبی، ناهمواری‌هایی در سطوح آنها ایجاد می‌شود که لازم است قبل از پوشش‌دهی، برای صاف کردن سطوح چوبی و از بین بردن گام‌های ناشی از ماشین‌کاری، عملیات پرداخت انجام شود. بدین‌منظور سطوح نمونه‌های چوبی توسط دستگاه سنباده لرزان دستی- برقی، در سه مرحله از سنباده زبر به نرم در راستای الیاف چوب به‌ترتیب با شماره سنباده‌های ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ پرداخت شدند.

پوشش‌دهی سطح نمونه‌ها

پوشش‌دهی سطح نمونه‌ها به دو روش پیستوله و فیلم‌کش انجام شد. مراحل پوشش‌دهی سطح نمونه‌های تهیه‌شده بدین صورت بود که ابتدا سیلر روی سطح نمونه‌ها توسط دو روش پیستوله و فیلم‌کش در راستای جهت الیاف انتقال یافت. میزان استفاده از سیلر در فرایند پوشش‌دهی سطح نمونه‌ها توسط پیستوله، 10 ± 120 گرم بر مترمربع بود. در پوشش‌دهی سطح نمونه‌ها با سیلر توسط ابزار فیلم‌کش، ضخامت فیلم تراعمالی ۵۰ میکرون در نظر گرفته شد. بعد از خشک شدن کامل سیلر اعمال شده روی سطح نمونه‌ها، سطوح آنها برای صاف کردن، از بین بردن پرزهای ایجاد شده

و همچنین از بین بردن لایه تشکیل شده سیلر روی سطوح چوبی، به‌وسیله سنباده شماره ۳۶۰، به صورت کامل سنباده کاری شدند. بعد از پاک کردن گردوغبار حاصل از سنباده کاری، پوشش‌های نهایی کیلر و نیم‌پلی‌استر در دو مرحله جداگانه به‌وسیله پیستوله (با میزان 10 ± 150 گرم بر مترمربع) و فیلم‌کش (با ضخامت فیلم تر ۱۵۰ میکرون) بر روی سطوح نمونه‌های چوبی اعمال شدند. شرایط محیطی پوشش‌دهی نمونه‌های چوبی در هر دو روش برای تمامی نمونه‌ها ثابت در نظر گرفته شد. ترکیب‌بندی عوامل متغیر در بررسی مقاومت چسبندگی پوشش به سطح چوب در جدول ۲ ارائه شده است.

اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی پوشش

برای اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی پوشش، دالی‌هایی با قطر ۲۰ میلی‌متر و از جنس آلومینیوم به‌وسیله چسب اپوکسی^۱ دوجزئی ساخت کشور آلمان روی سطح نمونه‌ها چسبانده شدند. به هنگام چسباندن دالی‌ها روی سطوح پوشش داده‌شده توجه شد که سطح پوشش زیر دالی‌ها صاف و یکنواخت باشد تا دالی‌ها به‌صورت کامل به سطح پوشش بچسبند. نمونه‌ها به منظور خشک شدن کامل چسب

1-Epoxy

به وسیله دستگاه آزمون چسبندگی پوشش اتوماتیک PosiTest AT ساخت کشور آمریکا با سرعت کشش ۰/۳ مگاپاسکال بر ثانیه طبق استاندارد ASTM D 4541 اندازه‌گیری شدند. برای اطمینان از دقت نتایج، آزمون چسبندگی پوشش برای هر نمونه ۶ بار تکرار شد.

به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط آزمایشگاه (تقریباً ۲۰ درجه سلسیوس) قرار گرفتند. قبل از انجام آزمون چسبندگی، دور دالی‌ها با گردبر تا رسیدن نوک تیغه تا سطح چوب برش داده شد تا ارتباط پوشش زیر دالی با محیط اطراف آن قطع شود. سپس میزان مقاومت چسبندگی نمونه‌ها

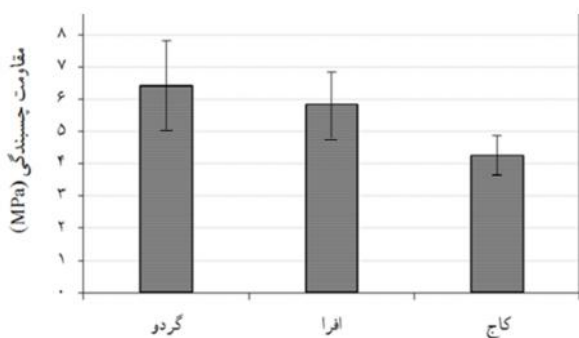
جدول ۳ - ترکیب‌بندی عوامل متغیر در بررسی مقاومت چسبندگی

تعداد تکرار آزمون مقاومت چسبندگی	عوامل متغیر		
	روش پوشش‌دهی	نوع پوشش	گونه چوبی
۶	پیستوله	کیلر	گردو
۶		نیم‌پلی‌استر	
۶	فیلم‌کش	کیلر	
۶		نیم‌پلی‌استر	
۶	پیستوله	کیلر	کاج
۶		نیم‌پلی‌استر	
۶	فیلم‌کش	کیلر	
۶		نیم‌پلی‌استر	
۶	پیستوله	کیلر	افرا
۶		نیم‌پلی‌استر	
۶	فیلم‌کش	کیلر	
۶		نیم‌پلی‌استر	

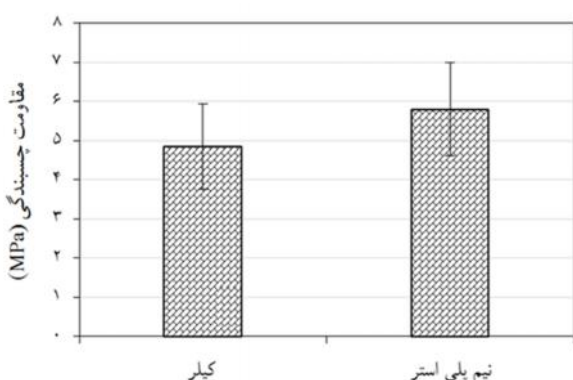
پوشش از تصویربرداری توسط میکروسکوپ فلورسنت استفاده شد. بدین منظور ابتدا رنگ‌دانه فلورسنت در دو فرایند جداگانه با پوشش‌های سیلر و نیم‌پلی‌استر به صورت کامل توسط همزن مغناطیسی مخلوط گردید. سپس پوشش آماده شده به وسیله دو روش پیستوله و فیلم‌کش و طبق روش توضیح داده شده در بخش پوشش‌دهی سطح نمونه‌های چوبی، روی سطوح نمونه‌های حاصل از گونه گردو اعمال شدند. در مرحله بعد قطعاتی با ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر از نمونه‌های پوشش داده شده بریده شدند. سپس توسط دستگاه میکروتوم لایه‌هایی به ضخامت ۱۵ میکرون از جهت

تصویربرداری توسط میکروسکوپ نوری برای بررسی میکروسکوپی سطح پوشش اعمال شده روی سطوح نمونه‌های چوبی با روش‌های پیستوله و فیلم‌کش، از میکروسکوپ نوری استفاده شد. به همین منظور پس از خشک شدن فیلم پوشش اعمالی روی سطوح نمونه‌های چوبی، تصاویری توسط میکروسکوپ نوری Dino-lite از سطوح آنها تهیه گردید.

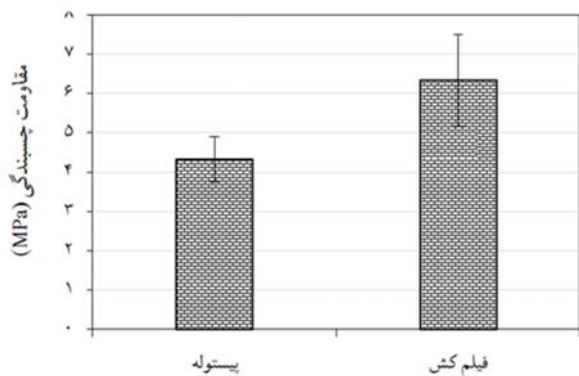
تصویربرداری توسط میکروسکوپ فلورسنت در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر پوشش‌دهی سطح چوب با روش‌های پیستوله و فیلم‌کش بر عمق نفوذ



شکل ۱- اثر تأثیر مستقل گونه چوبی بر مقاومت چسبندگی پوشش



شکل ۲- تأثیر مستقل نوع شفاف پوشه بر مقاومت چسبندگی پوشش



شکل ۳- تأثیر مستقل روش پوشش دهی سطح چوب بر مقاومت چسبندگی پوشش

به طوری که در این شکل مشاهده می شود، چسبندگی پوشش در نمونه های پوشش داده با روش فیلم کش در تمام

عرضی قطعات پوشش داده شده، تهیه شدند. پس از آماده سازی لایه های تهیه شده، از میکروسکوپ فلورسنت برای تصویربرداری از مقطع نمونه های پوشش داده شده استفاده گردید.

طرح آماری

برای بررسی اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر (گونه چوبی، نوع شفاف پوشه و روش اعمال پوشش)، نتایج با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین گروه ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد. نرم افزار آماری مورد استفاده برای انجام کارهای آماری، نرم افزار SPSS بود.

نتایج

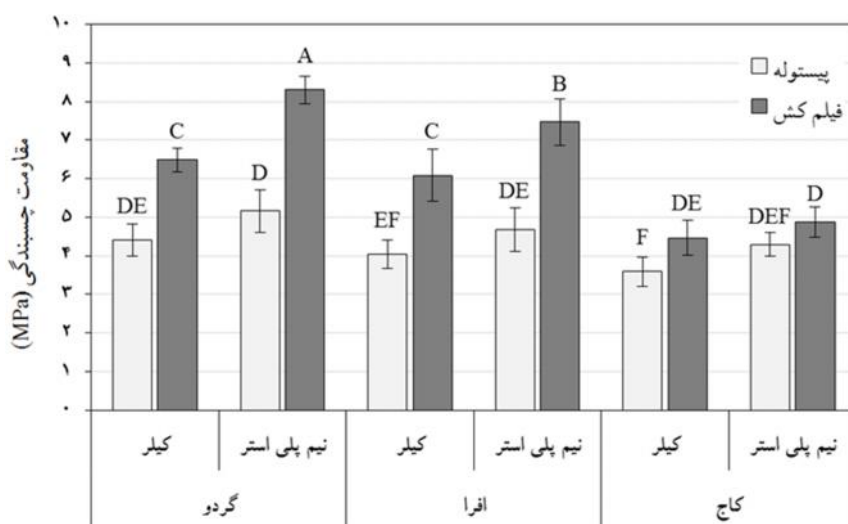
مقاومت چسبندگی پوشش

نتایج تأثیر مستقل عوامل متغیر بر میزان مقاومت چسبندگی بیانگر این بود که در تأثیر مستقل نوع گونه چوبی بیشترین میزان مقاومت چسبندگی در گونه گردو بود که به ترتیب بالاتر از دو گونه افرا و کاج بوده و کمترین مقدار این مقاومت در گونه کاج به دست آمده است (شکل ۱). در بررسی تأثیر نوع شفاف پوشه بر مقاومت چسبندگی پوشش، بیشترین میزان مقاومت چسبندگی در پوشش نیم پلی استر و کمترین مقدار آن در پوشش کیلر مشاهده شد (شکل ۲). در بررسی اثر مستقل روش اعمال پوشش مشخص شد که بیشترین میزان مقاومت چسبندگی در پوشش دهی سطح چوب به روش فیلم کش تعلق داشت که به صورت قابل توجهی بیشتر از پیستوله بود (شکل ۳).

نتایج به دست آمده از تأثیر متقابل عوامل متغیر (گونه چوبی، نوع شفاف پوشه و روش اعمال پوشش) بر میزان مقاومت چسبندگی پوشش در شکل ۴ آورده شده است.

روش فیلم‌کش ۱۴ درصد بالاتر از نمونه‌های مشابه در این گونه با روش پیستوله بود. در حالت کلی نیز می‌توان این گونه بیان کرد که بالاترین میزان مقاومت چسبندگی در نمونه‌های حاصل از گونه گردو با پوشش نیم‌پلی‌استر که با روش فیلم‌کش پوشش داده شدند، مشاهده گردید. گروه بندی دانکن ارائه شده در شکل ۴ نیز مؤید نتایج فوق است. به طوری که بالاترین میزان چسبندگی با رده A را در این نمونه مشخص کرده است. از طرف دیگر، کمترین میزان مقاومت چسبندگی پوشش در گونه کاج پوشیده شده با کیلر توسط پیستوله بود که گروه بندی دانکن نیز این نمونه را در گروه F دسته‌بندی کرده است.

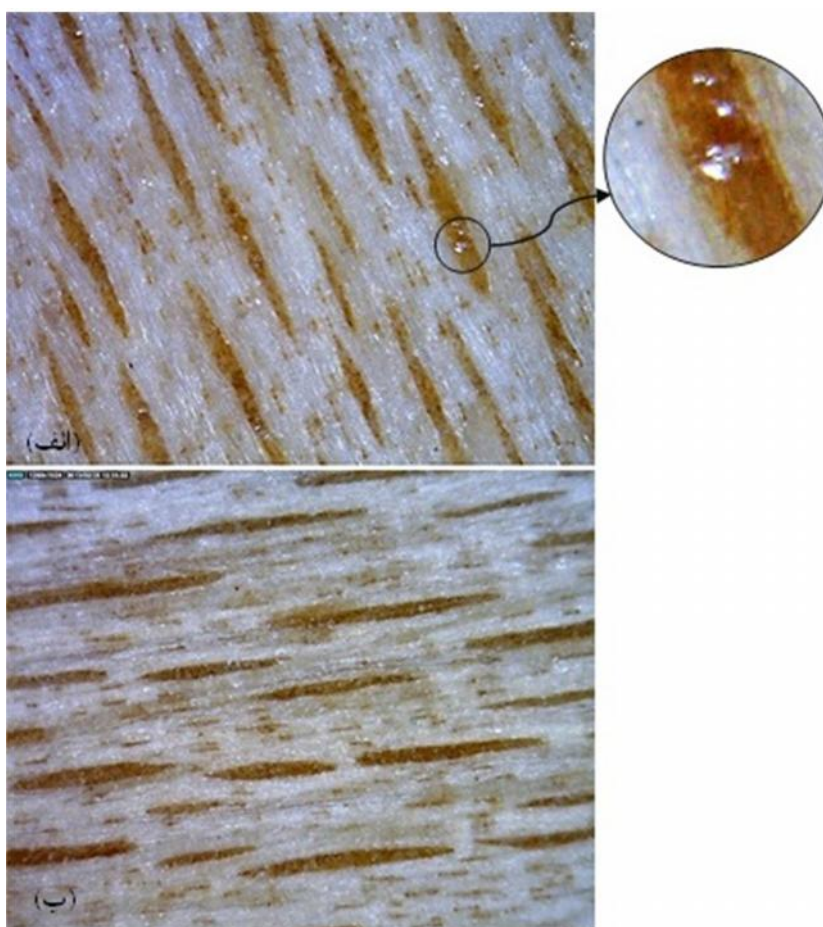
گونه‌های چوبی به نسبت قابل توجهی بالاتر از روش پیستوله است؛ اما عملکرد آن در بین گونه‌های چوبی مورد بررسی یکسان نیست. به طوری که بهترین عملکرد در روش فیلم‌کش نسبت به روش پیستوله در نمونه‌های تهیه شده از گونه گردو و افرا با پوشش نیم‌پلی‌استر بود. مقاومت چسبندگی این نمونه‌ها با روش فیلم‌کش نسبت به نمونه‌های مشابه در روش پیستوله، به ترتیب ۶۱ و ۵۸ درصد بالاتر بود. ولی در گونه کاج اختلاف به دست آمده بین نمونه‌های پوشش داده شده با روش فیلم‌کش و پیستوله مانند گونه‌های گردو و افرا نبود. در گونه کاج، چسبندگی در نمونه‌های پوشش داده شده با نیم‌پلی‌استر در



شکل ۴- اثر متقابل گونه چوبی، نوع شفاف‌پوشه و روش اعمال پوشش بر مقاومت چسبندگی پوشش

اعمالی به روش پیستوله، حباب‌های ریزی در فیلم پوشش اعمالی تشکیل شده است که باعث کاهش پیوستگی پوشش اعمالی روی سطح می‌شود؛ اما در پوشش اعمالی به روش فیلم‌کش، سطح پوشش اعمالی از یکنواختی خوبی برخوردار بوده و در فیلم پوشش به وجود آمده هیچ حبابی مشاهده نمی‌شود (شکل ۵ ب).

تصاویر میکروسکوپ نوری برای بررسی کیفیت پوشش اعمال شده روی سطوح نمونه‌های چوبی با دو روش فیلم‌کش و پیستوله از تصویربرداری میکروسکوپی استفاده شد. نتایج حاصل از تصویربرداری میکروسکوپی در شکل ۵ ارائه شده است. به طوری که در شکل ۵ (الف) مشاهده می‌شود در پوشش

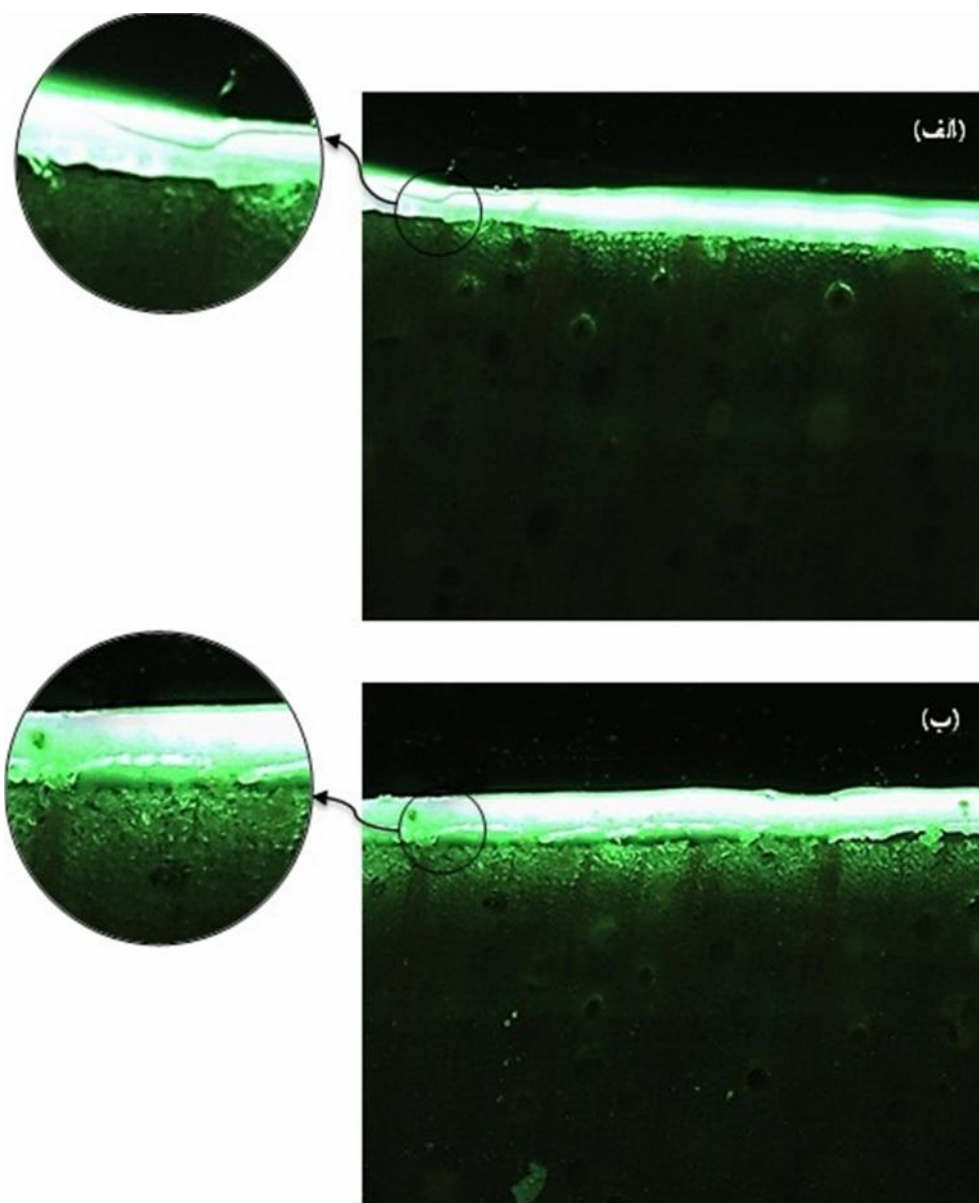


شکل ۵- تفاوت سطح فیلم پوشش تشکیل شده روی سطح چوب به دو روش پیستوله (الف) و فیلم کش (ب)

تصاویر میکروسکوپ فلورسنت

در این پژوهش برای بررسی عمق نفوذ پوشش در سطوح نمونه‌های چوبی پوشش داده شده با روش‌های پیستوله و فیلم کش از میکروسکوپ فلورسنت استفاده شد. نمونه‌های مورد بررسی برای این منظور، نمونه‌های تهیه شده از گونه گردو با پوشش نیم‌پلی‌استر بودند. به طوری که در شکل ۶ (الف) که مربوط به نمونه پوشش داده شده با روش پیستوله است، مشخص می‌باشد در این روش پوشش نتوانسته است به صورت مناسب و یکنواخت در بستر چوب نفوذ کرده و در بعضی از بخش‌ها عدم نفوذ مناسب پوشش به سطح چوب به وضوح قابل مشاهده است. ولی همان‌طور که در شکل ۶ (ب) مشاهده می‌شود نتایج تصویربرداری میکروسکوپی در

نمونه پوشش داده شده به روش فیلم کش بیانگر نفوذ مناسب و یکنواخت پوشش نیم‌پلی‌استر در تمامی سطوح گونه گردو است. علاوه بر این، همان‌گونه که در شکل ۶ مشخص است ضخامت پوشش نیم‌پلی‌استر اعمال شده روی سطح نمونه‌های گونه گردو در دو روش پیستوله و فیلم کش تقریباً یکسان بوده است (ضخامت به دست آمده برای نمونه پوشش داده شده با روش پیستوله حدود 93 ± 12 میکرون و برای روش فیلم کش حدود 97 ± 5 میکرون بود) که نشان می‌دهد فرایند پوشش‌دهی سطوح نمونه‌های چوبی در دو روش پیستوله و فیلم کش برای دستیابی به ضخامت پوشش یکسان و عدم تأثیر این عامل بر مقاومت چسبندگی در دو روش پوشش‌دهی مورد بررسی به درستی انجام شده است.



شکل ۶- عمق نفوذ پوشش نیم‌پلی‌استر در سطح گونه چوبی گردو:
(الف) نمونه پوشش داده شده با روش پیستوله، (ب) نمونه پوشش داده با روش فیلم‌کش

بحث

گونه چوبی

بررسی نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر گونه چوبی بر مقاومت چسبندگی نشان داد که گونه چوبی تأثیر معنی‌داری بر مقاومت چسبندگی پوشش دارد، به‌طوری‌که در بین گونه‌های مورد بررسی، بالاترین مقدار مقاومت چسبندگی در گونه گردو و کمترین مقاومت چسبندگی در گونه کاج مشاهده شد.

بالا بودن مقاومت چسبندگی در گونه گردو می‌تواند به دلیل دانسیته بیشتر و تخلخل کمتر بافت گونه گردو نسبت به سایر گونه‌های دیگر باشد. یکی از نکات مهم در چوب این است که هر چه تخلخل چوب زیادتر شود، چوب ضعیف‌تر و صدمات وارده به لایه‌های سطحی چوب طی آماده‌سازی و پرداخت سطح بیشتر و پیوستگی لایه سطحی کم می‌شود (Latibari, 2007) که در پی آن سطوح با لایه سطحی

که از پوشش‌های رایج در ایران هستند، پوشش نیم پلی‌استر اعمالی روی سطوح چوبی از عملکرد بهتری نسبت به سطوح چوبی با پوشش کیلر برخوردار بوده و بالاترین میزان مقاومت چسبندگی در این پوشش مشاهده شد. پوشش کیلر وزن مولکولی بالایی داشته و پوششی تک جزئی است. این پوشش در مجاورت هوا و تنها با از دست دادن حلال خود خشک می‌شود (Sonmez et al., 2009). شفاف‌پوشه نیم‌پلی‌استر دوجزئی بوده و خشک شدن آن همراه با پلیمریزاسیون انجام می‌شود. به این صورت که پس از افزودن ماده سخت‌کننده به پوشش نیم پلی‌استر قبل از آغاز عملیات پوشش‌دهی و اعمال آن روی سطح، نیم پلی‌استر شروع به واکنش بر روی سطح اعمال شده کرده و پلیمریزاسیون آن روی سطح انجام می‌گردد (Sonmez et al., 2009; Budacki, 2003). در نتیجه این پوشش در مقایسه با پوشش کیلر پیوندهای قوی‌تری با سطح چوب ایجاد می‌کند (Ghofrani & Khojasteh Khosro 2014). رطوبت نیز در دراز مدت تأثیر بیشتری بر شفاف‌پوشه کیلر داشته و با گذشت زمان مقاومت چسبندگی آن کمتر می‌شود (Kureli, 1996). به طوری که طبق مطالعات Keshani langerodi (۲۰۰۶) شفاف‌پوشه نیم‌پلی‌استر از مقاومت نسبی بالاتری در مقابل رطوبت نسبت به پوشش کیلر برخوردار بوده و می‌تواند حفاظت مطلوبی در برابر رطوبت داشته باشد. Manavi و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مورد شفاف‌پوشه‌های نیم‌پلی‌استر و کیلر به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان کردند که شفاف‌پوشه نیم‌پلی‌استر مقاومت چسبندگی بالاتری نسبت به شفاف‌پوشه کیلر دارد.

روش اعمال پوشش

در بررسی تأثیر نوع روش پوشش‌دهی سطح چوب مشخص شد که سطوح پوشش داده شده به روش فیلم‌کش در مقایسه با روش پوشش‌دهی به روش پیستوله از مقاومت چسبندگی بیشتری برخوردار بودند. در روش پوشش‌دهی سطح چوب به روش فیلم‌کش به دلیل وجود لبه پخش‌کننده پوشش در آن، شفاف‌پوشه به صورت فیلمی با ضخامت

ضعیف، مقاومت چسبندگی پایینی از خود نشان می‌دهند. Khojasteh Khosro (۲۰۱۴) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی در مورد تأثیر پیوستگی لایه سطحی چوب بر میزان مقاومت چسبندگی دست یافت؛ بنابراین می‌توان بیان کرد که کاهش کیفیت لایه‌های سطحی باعث کاهش مقاومت چسبندگی پوشش به سطح چوب می‌شود و نتایج نیز تأییدکننده این مطلب بوده و بالاترین چسبندگی در گونه گردو که دارای دانسیته بیشتری است، مشاهده گردید. از طرف دیگر یکی از عوامل مؤثر بر مقاومت چسبندگی پوشش میزان نفوذ پوشش به سطح چوب است (Cristae, 2011). در میان گونه‌های مورد بررسی، گونه گردو جزو گونه‌های نیمه بخش روزنه‌ای بوده و قطر حفرات آوندی بخش بهاره در این گونه بزرگ است ولی گونه افرا جزو گونه‌های بخش پراکنده آوند بوده و قطر حفرات آوندی آن کوچک است. به همین دلیل در هنگام اعمال پوشش روی سطوح نمونه‌های چوبی میزان نفوذ پوشش در گونه گردو بالاتر از گونه افرا بوده که نتیجه آن بالاتر بودن چسبندگی پوشش در این گونه است. تئوری مکانیکی چسبندگی نیز بر این موضوع تأکید دارد که نفوذ بالاتر پوشش به داخل منافذ چوب، مقاومت چسبندگی بالاتری را امکان‌پذیر می‌سازد. در مورد گونه کاج نیز از عوامل تأثیرگذار بر پایین بودن مقاومت چسبندگی پوشش، بالا بودن میزان مواد استخراجی موجود در این گونه می‌باشد. به طوری که مواد استخراجی از طریق کاهش کشش سطحی و نفوذ پوشش به داخل منافذ چوب باعث کاهش مقاومت چسبندگی پوشش می‌شود (Latibari, 2007; Ghofrani & Khojasteh Khosro 2014). به طور کلی تفاوت مقاومت چسبندگی پوشش در گونه‌های مختلف به دلیل ساختار آناتومیک متفاوت مانند دانسیته، ساختار سلولی و ترکیبات شیمیایی در هر گونه خاص می‌باشد که Kaygin و Akgun (۲۰۰۸) نیز در مطالعه خود به این مطلب اشاره کرده‌اند.

نوع شفاف‌پوشه

در بررسی تأثیر نوع پوشش بر مقاومت چسبندگی مشخص شد که در بین شفاف‌پوشه‌های کیلر و نیم پلی‌استر

نیم‌پلی‌استر در سطح نمونه‌های گونه چوبی گردو با دو روش پیستوله و فیلم‌کش نیز بیانگر این بود که در روش پیستوله، پوشش اعمالی نتوانسته است به صورت مناسب در بستر چوب نفوذ کرده و ناپیکنواختی در نفوذ پوشش کاملاً مشخص بود؛ اما در روش فیلم‌کشی پوشش نیم‌پلی‌استر نتوانسته است به صورت یکنواخت و مناسب در سطح چوب نفوذ کند که گواهی بر بالا بودن مقاومت چسبندگی پوشش در روش فیلم‌کش است.

با توجه به این مسئله که فرایند اعمال پوشش روی سطح چوب در بیشتر کارخانه‌های تولید محصولات چوبی تجربی بوده و از پشتوانه علمی کافی برخوردار نیست، از این رو بهره گرفتن نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه و سایر مطالعاتی که در این زمینه انجام شده می‌تواند منجر به شناخت بیشتر عوامل مؤثر بر مقاومت چسبندگی شفاف‌پوشه‌ها به سطوح چوبی و بکار بردن روش‌هایی به‌منظور دوام بیشتر مصنوعات چوبی و حفظ این منبع طبیعی شود.

منابع مورد استفاده

- ASTM D4541, 2002, Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers, Annual Book of ASTM Standard.
- Bodig, J. and Jayne, BA., 1989. Mechanics of wood and wood composite, translation by Ebrahimi G. Tehran: Tehran University Press.
- Bulian, F. and Graystone, J. A., 2009. Industrial Wood Coatings. Theory and practice, Eisevier BU Amsterdam-Oxford, 33-37.
- Chin, J., Byrd, E., Martin, J. and Nguyen, T., 2005. Validation of the Reciprocity Law for Coating Photo degradation, J. Coat. Technol. Res., 2 (7): 499-508.
- Derbyshire, H. and Miller, E. R., 1981. The photodegradation of wood during solar irradiation. Holz als Roh-und Werkstoff, 39(8): 341-350.
- Ghofrani, M. and Khojasteh Khosro, S., 2014. The effect of wood surface finishing quality on the adhesion strength of clear coat. Journal of Color Science technology 7: 339-345.
- Gholamiyan, M. Tarmian, A. and Azadfallah, H., 2010, Gas and Water Permeability of Poplar Wood Coated with Sealer and Nitrocellulose Lacquer, Polyester

یکسان و دقت بالاتر بر روی سطوح چوب قرار می‌گیرد. بدین ترتیب سطحی صاف، بدون موج و یکنواخت از پوشش روی سطح چوب ایجاد می‌شود و مواد حلال پوشش پس از انتقال شفاف‌پوشه و نفوذ لازم به عمق سطوح چوب، از آن خارج و پوشش بتدریج خشک می‌شود. در صورتی که در روش پیستوله با اسپری شفاف‌پوشه و پخش آن در فضا به‌صورت ذرات بسیار ریز، بخش کمی از مواد فرار (حلال) شفاف‌پوشه در هوا از آن جدا شده و احتمال پودر شدن ذرات شفاف‌پوشه قبل از رسیدن به سطح چوب وجود دارد. همچنین حباب‌های هوا و آب ناشی از هوای فشرده شده کمپرسی (کمپرسی تولید باد) به همراه پوشش بر روی سطوح چوب قرار می‌گیرد که نتیجه آن تشکیل حباب‌های هوا و آب داخل فیلم پوشش و ایجاد زمینه‌ای برای ضعیف شدن اتصال پوشش و پیوستگی آن می‌باشد که در پی آن کاهش مقاومت چسبندگی پوشش به سطح چوب رخ می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده در تصاویر میکروسکوپ نوری تهیه شده از سطح پوشش اعمالی به روش پیستوله نیز تأییدکننده این مطلب بود که در سطوح پوشش داده شده با روش پیستوله حباب‌های ریزی در فیلم پوشش تشکیل شده است؛ اما در روش فیلم‌کش هیچ‌گونه حبابی در سطوح پوشش مشاهده نشده و این پوشش از پیوستگی و یکنواختی مناسبی در سطح چوب برخوردار بود. Khojasteh Khosro (۲۰۱۴) نیز در مطالعه خود بیان کرد که در بحث مقاومت چسبندگی به‌ویژه در روش پول آف، پیوستگی پوشش رابطه مستقیمی با مقاومت چسبندگی آن دارد و کاهش پیوستگی پوشش، کاهش مقاومت چسبندگی آن را در پی دارد. همچنین دلیل دیگر در مورد مقاومت چسبندگی پایین در روش پیستوله را می‌توان به افزایش غلظت پوشش به دلیل از دست دادن بخشی از مواد فرار آن نسبت داد که باعث کاهش نفوذ پوشش در سطح چوب می‌شود. در پی این اتفاق امکان جذب و نفوذ پوشش به داخل منافذ لایه‌های زیرین سطوح چوبی کاهش می‌یابد و ارتباط ضعیفی بین پوشش با زیرآیند به وجود می‌آید که در نتیجه کاهش میزان چسبندگی پوشش در این سطوح به وجود می‌آید. نتایج بررسی نفوذ پوشش

- Nazerian, M., 2012. Protective and decoration coating of wood and wood product, Jahad University.
- Ozcifci, A., 2006. Effects of boron compounds on the bonding strength of phenol-formaldehyde and melamine-formaldehyde adhesives to impregnated wood materials. *Journal of adhesion science and technology*, 20(10): 1147-1153.
- Rehn, P., Wolkenhauer, A., Bente, M., Förster, S. and Viöl, W., 2003. Wood surface modification in dielectric barrier discharges at atmospheric pressure. *Surface and Coatings Technology*, 174: 515-518.
- Sjostrom, E., 1993. *Wood Chemistry Fundamentals and Applications*, Gulf Professional Publishing.
- Sonmez, A. Budakci, M. and Bayram, M., 2009. Effect of wood moisture content on adhesion of varnish coatings, *Scientific Research and Essay*. 4: 1432-1437.
- Sonmez, A., Budakci, M. and Pelit, H., 2011. The effect of the moisture content of wood on the layer performance of water-borne varnishes. *BioResources*, 6: 3166-3178.
- Stamm, A. J., 1956. Thermal degradation of wood and cellulose. *Industrial & Engineering Chemistry*, 48(3): 413-417.
- Sarmadi, A. and Kardan, SM., 2011. *Complete reference of wooden structures*, Tehran: Motafakeran press,
- Unger, A., Schniewind, AP. And Unger, W. 2011. *Conservation of wood artifacts*, translation by Tarmian, A. and Karimi, AN. Tehran: Tehran University Press.
- Lacquer and Nano-particles. *Journal of Forest and Wood Products*, 63(3): 281-291.
- Hon, D. N. S. and Feist, W. C., 1981. Free radical formation in wood: the role of water. *Wood Science*.
- Khojasteh Khosro, S., 2014. Investigation on the effect of nano Zinc Oxide on physical properties of polyurethane clear coat in wooden furniture surfaces. Master's thesis, Wood Science and Technology Department, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, 95p.
- Kureli, I., 1996. Search on Application Possibility of Chip-wood and Fiber Plates over Wet Surface, PhD Thesis, Department of Furniture and Decoration, Gazi University, Ankara,
- Keshani langerodi, A., 2006. Comparing the performance of polyester, half polyester cover and a clear sealer on wood furniture and functional properties of beech plywood, Master's thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran,
- Kaygin, B. and Akgun, E., 2008. Comparison of conventional varnishes with nanolake UV varnish with respect to hardness and adhesion durability, *Int. J.Mol.Sci.*, 9: 476-485.
- Latibari, A., 2007. Science and technology of adhesion for lignocellulosic substances, *Daneshgah azad eslami, Karaj*, 348p.
- 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 J. Wood Sci. Re.*, 27: 743-753.

Investigation on the effect of different methods of applying transparent coatings on adhesion strength of coating in wooden surfaces

M. Ghofrani¹, Z. Mohammad Moradi² and S. Khojasteh Khosro^{3*}

1- Associate Professor of Wood Science and Technology Department, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Lavizan, Shabanloo, Tehran, Iran

2- M.Sc., Wood Science and Technology Department, The Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

3*- Wood Science and Technology Department, The Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran, Email: saiedkhojasteh@gmail.com

Received: April, 2015

Accepted: Feb., 2016

Abstract

In present study the effect of different methods of applying transparent coatings on adhesion strength of coating on Walnut (*Juglans regia*), Maple (*Acer velutinum*) and Pine (*Pinus eldarica*) wood was investigated. For this purpose, samples were prepared with dimension of 200×100×20 mm and 8% moisture content. Samples' surfaces were sanded with 100, 120 and 180 grate sizes sandpaper significantly. Then after preparation of wooden samples with sealer, their surfaces were covered with clear and acid catalyzed transparent finish in separate processes using spray gun and applicator. Adhesion strength of coating was measured with Pull-Off method based on ASTM D4541 standard. Fluorescence microscopy test was used for the investigation of coating penetration in spray gun and applicator method. Results showed that the method of applying coating on wooden surfaces has significantly affected adhesion strength, and highest adhesion strength between all samples was observed in samples coated with applicator method. Investigation of coating penetration indicated that applicator method had good penetration in wood substrate in comparison to spray gun method. Highest differences in adhesion strength of coating between spray gun and applicator method were observed in Walnut and Maple samples. In general, highest adhesion strength of coating was found in Walnut samples covered with acid catalyzed transparent finish by using applicator method .

Key word: Transparent coatings, adhesion strength of coating, penetration of coating, coating applying method, applicator, spray gun.