

## بررسی تأثیر میزان رطوبت بر مقاومت چسبندگی کششی شفاف پوشه‌های سیلر - نیم پلی استر و پلی اورتان اعمال شده به سطح چوب

نوشه فاضلی<sup>۱</sup>، محمد غفرانی<sup>۲</sup> و فاطمه حسنی خورشیدی<sup>۳\*</sup>

۱- گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی مواد و فناوری‌های نوین، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

۲- استاد، گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی مواد و فناوری‌های نوین، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

۳- نویسنده مسئول، گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی مواد و فناوری‌های نوین، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران،

پست الکترونیک: F.H.khorshidi@gmail.com

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۷

### چکیده

در این تحقیق تأثیر رطوبت بر مقاومت چسبندگی کششی پوشش‌های شفاف در سطوح سیلر - نیم پلی استر و سیلر - پلی اورتان از گونه‌های چوب راش و ممرز منطقه شمال کشور بررسی شد. مقادیر PH گونه‌های چوب راش و ممرز به ترتیب ۵/۵۱ و ۵/۱۹ به دست آمد. نمونه‌های خشک شده برای رسیدن به رطوبت‌های ۷٪، ۱۱٪ و ۱۵٪ در شرایط اتاق کلیما قرار گرفتند. پس از آماده‌سازی و پرداخت، با استفاده از پیستوله، دو لایه سیلر بر روی نمونه‌ها اعمال شد. سپس پوشش‌های پلی اورتان و نیم پلی استر بر روی نمونه‌ها اعمال شد. آزمون مقاومت چسبندگی کششی (PULL-OFF) مطابق با استاندارد ASTM D 4541 انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار مقاومت چسبندگی کششی مربوط به شفاف پوشه سیلر - پلی اورتان بر روی گونه چوبی راش با رطوبت ۷٪ و کمترین مقدار مقاومت چسبندگی کششی مربوط به شفاف پوشه سیلر - نیم پلی استر بر روی گونه چوبی ممرز با رطوبت ۱۵٪ بود. نتایج نشان داد، افزایش میزان رطوبت باعث کاهش مقاومت چسبندگی شفاف پوشه‌ها در هر دو گونه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مقاومت چسبندگی کششی، شفاف پوشه، سیلر، نیم پلی استر، پلی اورتان.

### مقدمه

نم‌پذیری است؛ جذب رطوبت و جریان یافتن آن در چوب به دلیل خاصیت نم‌پذیری آن، چوب را به محیطی مناسب برای رشد عوامل زیستی و منبع تولید فساد تبدیل کرده است که علاوه بر کاهش زیبایی آن، باعث تخریب سازه می‌شود (Stamm & Millett, 1940). چوب ماده‌ای آبدوست است، جرم، ثبات ابعاد، دانسیته و خواص الاستیک مکانیکی، الکتریکی و گرمایی آن تحت تأثیر رطوبت قرار می‌گیرد. چوب در درخت سرپا و در محیطی اشباع از آب تشکیل می‌شود؛ اما بیشتر آب آن، پیش از استفاده حذف می‌شود. هنگام استفاده از

کاربردهای چوب در صنایع مختلف با پیشرفت فناوری و امکان فراوری چوب در حال افزایش است و با توجه به نیاز صنایع کاربردهای آن هم گسترش یافته است و به تبع آن استحصال چوب نیز زیاد شده است. همچنین اهمیت چوب ماسیو و کمبود آن در کشور و اهمیت صیانت از جنگل، استفاده اقتصادی و بهینه از چوب و افزایش دوام آن در زمان مصرف، مصرف‌کنندگان را به فکر حفاظت از آن انداخته است. چوب دارای خصوصیتی مانند ناهمگنی، هرسونایکسانی و به‌ویژه

کمتر است.

مقدار رطوبت چوب در مراحل خشک کردن، خمش، اشباع و پرداخت مهم است و مقدار نفوذ رنگ تابع گونه است و به ساختار ریخت شناسی و شرایط عملی فرایند بستگی دارد (Cote & Kollman, 1984).

Kureli (۱۹۹۶) بیان کرد که رطوبت درازمدت باعث می شود به سرعت چسبندگی پوشش های سلولزی از بین برود. Chang و همکاران (۲۰۰۳) با مطالعه اثر نوع گونه های پهن برگ و سوزنی برگ و همچنین وجود و عدم وجود پوشش های پلی اورتان شفاف دریافتند که مهمترین عامل در تغییرات رنگی، وجود لیگنین در چوب است؛ همچنین مشاهده شد که میزان تغییر رنگ سوزنی برگان نسبت به پهن برگان بیشتر است و بیشترین اثر پوشش های پلی اورتان بر سطوح پهن برگان مشاهده شد.

Sonmez و همکاران (۲۰۱۱) طی یک بررسی تأثیر رطوبت چوب بر عملکرد لایه ای پوشش های پایه آب را روی دو گونه کاج اسکاتلندی و راش شرقی با رطوبت ۸، ۱۰ و ۱۲ درصد مورد ارزیابی قرار دادند. آنان به این نتیجه رسیدند که تفاوت درصد رطوبت اثر زیادی بر روی سختی و مقاومت چسبندگی رنگ اعمال شده بر روی سطوح چوب دارد؛ به طوری که بالاترین میزان مقاومت در رطوبت ۸ و ۱۰ درصد و با رنگ پایه آب تک جزئی به دست آمد.

Sonmez و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی تأثیر مقدار رطوبت بر روی چسبندگی پوشش های ورنیش اقدام کردند. در این تحقیق نمونه های مورد آزمایش از گونه های چوبی کاج اسکات، راش اروپا و بلوط با مقدار رطوبت ۸٪، ۱۲٪ و ۱۵٪ به کمک ورنیش های سلولزی (نیتروسولوز)، پلی اورتان دو جزئی (اورتان آلکید) و ورنیش های محلول در آب (پلی اورتان با پیوند عرضی) آماده شده بود. نتایج نشان داد که تفاوت در مقدار رطوبت تأثیر قابل توجهی بر روی چسبندگی ورنیش های به کار برده شده بر روی سطح چوب داشت. به طوری که بیشترین چسبندگی مربوط به ورنیش پلی اورتان دو جزئی استفاده شده بر روی گونه چوبی بلوط با مقدار رطوبت ۸٪ بود.

چوب، میزان رطوبت و خواص وابسته به آن با تغییر در شرایط اتاق به ویژه رطوبت نسبی تغییر می کند (Skaar, 1984). در صورتی که مقاومت به عوامل محیطی از جمله رطوبت و هوازدگی را بتوان با پوشش مناسب بهبود داد، نیاز به استحصال دوباره هم کاهش یافته و از این منظر به اهداف اقتصادی و افزایش کاربرد فرآورده چوبی دست می یابیم. با توجه به ماهیت فیلم های رنگی که ممکن است حالت سخت و صلب بر روی سطوح چوب ایجاد کنند، شناخت این عوامل، عملکرد پوشش ها را در برابر رطوبت و گونه های چوبی مختلف پیش بینی می کند. به طور کلی هدف از پوشش دهی سطوح چوبی علاوه بر بهبود زیبایی ظاهری آن، کاهش تخریب فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی آن است. از مهمترین عواملی که باعث کاهش عمر مفید و تخریب سریع چوب می گردد، جذب و دفع رطوبت از آن می باشد. البته تغییر ابعاد چوب و وقوع ترک های ریز و درشت در آن در اثر جذب و دفع رطوبت، شرایط مناسبی را برای حمله انواع عوامل مخرب مانند قارچ ها و حشرات چوب خوار فراهم خواهد کرد؛ بنابراین با پوشش دهی سطوح چوب به وسیله پوشش های رنگی می توان میزان تخریب را کاهش داد (Latibari, 2007).

Manavi و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی تأثیر رطوبت چوب گونه های راش، ملج، توسکا و نوئل بر مقاومت چسبندگی کششی رنگ های شفاف (سیلر- کیلر و سیلر- نیم پلی استر)، نشان دادند که بیشترین مقدار چسبندگی کششی مربوط به رنگ سیلر- نیم پلی استر روی گونه ملج با رطوبت ۸٪ و کمترین مقدار چسبندگی کششی مربوط به رنگ سیلر- کیلر روی گونه نوئل با رطوبت ۱۵٪ بود.

Keshani (۲۰۰۶) با مقایسه کارایی پلی استر، نیم پلی استر و پوشش سیلر- کیلر بر خواص کاربردی مبلمان بر روی چوب و تخته لایه راش به این نتیجه رسیدند که نیم پلی استر، پوششی مطلوب برای حفاظت در برابر آب است. البته میزان جذب آب در نمونه های با پوشش پلی استر در ابتدا کمتر است. واکنشیدگی ضخامت نیز همانند جذب آب، با پوشش نیم پلی استر کم می شود؛ اما به طور کلی حفاظت کوتاه مدت پلی استر در برابر واکنشیدگی ضخامت

شد. این گونه‌ها به دلیل گستردگی کاربردها در صنایع مبلمان و بخش‌های تزئینی و نیز به دلیل ساختار ریخت-شناسی مختلفشان شامل گونه‌های نیمه بخش روزنه‌ای (راش) و پراکنده آوند (ممرز) مورد استفاده قرار گرفتند. ضمن رعایت اصول چوب خشک‌کنی، نمونه‌ها در چهار دسته جداگانه در یارد قرار گرفته و پس از یک ماه رطوبت چوب‌ها به حدود ۷ درصد رسید (Sonmez et al. 2011).

تخته‌های خشک‌شده، به تخته‌هایی با ابعاد  $20 \text{ mm}^2$   $250 \times 100 \times$  تبدیل شدند. تخته‌های بریده شده جداگانه در اتاق کلیما با شرایط متفاوت طبق استاندارد ASTM D 3924 قرار گرفتند. برای اینکه تخته‌ها به رطوبت‌های تعادل ۷٪، ۱۱٪ و ۱۵٪ برسند، در اتاق کلیما در دمای  $20 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و به ترتیب در رطوبت‌های نسبی  $35 \pm 5$ ٪،  $65 \pm 5$ ٪ و  $73 \pm 5$ ٪ قرار گرفتند. آزمون‌هایی با رطوبت تعادل ۷٪ به‌عنوان نمونه‌های شاهد در نظر گرفته شدند.

Ozdemir و همکاران (۲۰۰۷) اعلام کردند که آب به شکل رطوبت یا به‌عنوان حلال سبب واکنشیدگی الیاف نزدیک سطوح و در نتیجه کاهش مقاومت چسبندگی می‌شود. همچنین افزایش رطوبت، صافی سطح را کاهش می‌دهد؛ بنابراین توجه به آماده‌سازی سطح چوب مخصوصاً هنگامی که از رنگ‌های محلول در آب استفاده می‌شود، ضروریست. با توجه به سوابق پژوهشی موجود و بیان مسئله‌های طرح شده در رابطه با لزوم حفاظت سطوح چوب، در این تحقیق تأثیر میزان رطوبت بر مقاومت چسبندگی کششی شفاف پوشه‌های سیلر- نیم‌پلی‌استر و پلی‌اورتان اعمال شده به سطح گونه‌های راش و ممرز مورد مطالعه قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش از چوب‌های منطقه شمال کشور از گونه راش با جرم مخصوص  $0.57 \text{ g/cm}^3$  و PH ۵/۵۱ و گونه ممرز با جرم مخصوص  $0.77 \text{ g/cm}^3$  و PH ۵/۱۹ استفاده



شکل ۱- شرایط اتاق کلیما و هم‌دما سازی نمونه‌ها با دما و شرایط خاص

ساعت برای متعادل‌سازی رطوبت در محیط بسته نگهداری شد. قبل از خروج از کلیما برای اطمینان از رطوبت تخته‌ها، دوباره رطوبت کنترل شد، به این صورت که حتماً درصد رطوبت نمونه‌ها به مقداری ثابت رسید. میانگین درصد رطوبت نمونه‌ها به ترتیب  $7 \pm 0.5$ ٪،  $11 \pm 0.5$ ٪ و  $15 \pm 0.5$ ٪ درصد تعیین شد. بعد از این شرایط، به‌منظور یکنواخت شدن سطح و حذف پرز و

سپس با دستگاه رطوبت‌سنج الکتریکی و همچنین روش سنجش رطوبت توزینی، رطوبت نمونه‌ها بررسی شد. در روش سنجش رطوبت توزینی، ابتدا جرم اولیه همه نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها داخل آون با دمای  $103 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. پس از اینکه رطوبت تخته‌ها به اندازه موردنظر رسید، از اتاق کلیما خارج شده و ۲۴

سازی سطوح قبل از اعمال شفاف پوشه‌ها اعمال شد، سپس شفاف پوشه نیم‌پلی‌استر بر پایه آلکید و پلی‌اورتان بر پایه رزین پلی‌اورتان برای پوشش‌دهی سطح نمونه‌ها استفاده شد. مشخصات پوشش‌های مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ آورده شده است.

ناهمواری سطح نمونه‌ها، از سنباده‌های ۱۲۰ و ۱۸۰ (دستگاه سنباده لرزان) استفاده گردید تا سطح نمونه‌ها برای پوشش‌دهی آماده گردد.

شفاف پوشش‌های استفاده شده، عبارت‌اند از: سیلر به‌عنوان پرکننده بر پایه رزین نیتروسولولز که برای آماده-

جدول ۱- مشخصات شفاف پوشه‌ها

پوشش	PH	دانسیته (g/cm <sup>3</sup> )	درصد ماده خشک اولیه (%)	ماده خشک بعد از رقیق شدن با تینر (%)	مقدار سخت‌کننده (%)
سیلر	۲/۹	۰/۹۵	۱۱	۳۰	۰
نیم‌پلی‌استر	۳/۸	۰/۹۶	۱۱	۴۵	۱۰
پلی‌اورتان	۸/۵	۱	۱۱	۴۷	۲۵

بار تکرار با سرعت کشش ۰/۳ مگاپاسکال بر ثانیه با دستگاه اندازه‌گیری چسبندگی کششی اتوماتیک Posi Test AT اندازه‌گیری شد. برای هر بار محاسبه چسبندگی، بر اثر نیروی کششی، دالی از زیرآیند جدا شده و صفحه نمایشگر دستگاه نتیجه را گزارش می‌کند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه میانگین پارامترهای اندازه‌گیری از نرم‌افزار SPSS-18 آزمون T-test و ANOVA استفاده شد.

### نتایج

بررسی نتایج به‌دست آمده از اثر رطوبت‌های ۷٪، ۱۱٪ و ۱۵٪ بر مقاومت چسبندگی شفاف پوشه‌های سیلر-پلی‌اورتان و سیلر-نیم‌پلی‌استر روی دو گونه چوبی راش و ممرز نشان دادند، رطوبت و افزایش سطح آن تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش مقاومت چسبندگی شفاف پوشه‌ها دارد. همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است، در بین گونه‌های مورد بررسی بالاترین میزان مقاومت چسبندگی در گونه راش با پوشش پلی‌اورتان و کمترین میزان مقاومت چسبندگی در رطوبت ۱۵ درصد بوده است. در مقابل کمترین سطح مقاومت در گونه ممرز با پوشش

سطح نمونه‌ها باید تمیز و عاری از گرد و غبار و آلودگی باشد. سپس با استفاده از پیستوله، دو لایه پوشش سیلر روی نمونه‌ها اعمال شد. با اعمال سیلر، خلل و فرج چوب پر می‌شود و نمونه‌ها برای رنگ نهایی آماده می‌شوند. رنگ نیم‌پلی‌استر با ۱۰٪ سخت‌کننده (هاردنر) و ۵۰٪ تینر و رنگ پلی‌اورتان با ۲۵٪ سخت‌کننده و ۵۰٪ تینر آماده شده و بر سطح نمونه‌ها اعمال شد. ابتدا نمونه‌ها با کاغذ سنباده ۴۰۰ سنباده زده شد. سپس پوششی از نیم‌پلی‌استر و پلی‌اورتان مصرفی به مقدار ۱۰±۱۵ گرم بر مترمربع در دو مرحله بر روی نمونه‌ها با کمک پیستوله اعمال شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت رنگ کاملاً جذب چوب شد.

آزمون چسبندگی کششی طبق استاندارد ASTM D 4541 انجام شد. با استفاده از چسب دوجزئی اپوکسی دالی مخصوص به قطر ۲۰ میلی‌متر از جنس آلومینیوم، روی سطح نمونه‌های رنگ شده، چسبانده شد. مقدار چسب استفاده شده ۱۰±۱۵ گرم بر سانتی‌متر مربع تعیین شد. نمونه‌ها برای خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در شرایط دمایی ۲۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. میزان مقاومت چسبندگی نمونه‌ها برای هر آزمون با ۶

نیم پلی استر با درصد رطوبت ۱۵ بوده است.



شکل ۲- مراحل آزمون pull-off

جدول ۲- میانگین مقاومت چسبندگی شفاف پوشه (MPa)

نوع پوشش آزمونه	راش			ممرز		
	رطوبت (%)			رطوبت (%)		
	۷	۱۱	۱۵	۷	۱۱	۱۵
پوشش پلی اورتان	۹/۶۴	۷/۰۴	۴/۶۵	۸/۵۹	۶/۱۸	۳/۹۶
پوشش نیم پلی استر	۷/۲۱	۵/۳۹	۲/۸۹	۷/۱۴	۵/۲۰	۱/۹۳

جدول ۳- نتایج میانگین درصد کاهش مقاومت چسبندگی (MPa)

نوع پوشش آزمونه	راش		ممرز	
	رطوبت (%)		رطوبت (%)	
	۱۱	۱۵	۱۱	۱۵
پوشش پلی اورتان	۰/۲۷	۰/۵۲	۰/۲۹	۰/۵۴
پوشش نیم پلی استر	۰/۲۶	۰/۶۰	۰/۲۸	۰/۷۳

بررسی اثر مستقل نوع گونه چوبی و نوع شفاف پوشه‌ها بر مقاومت چسبندگی شفاف پوشه‌ها نشان داد، هریک از

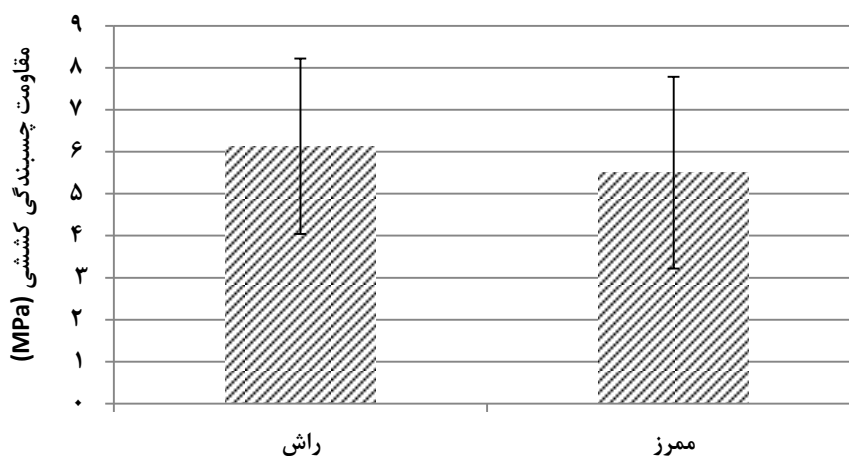
آنها اثر معنی داری بر مقاومت چسبندگی در سطح ۰/۹۵ داشتند (جدول ۴). گونه چوبی ممرز نسبت به راش با سطح

و گونه چوبی، در سطح اعتماد ۹۵٪ افزایش معنی داری بر مقاومت چسبندگی شفاف پوشه اعمال شده داشت (شکل ۳).

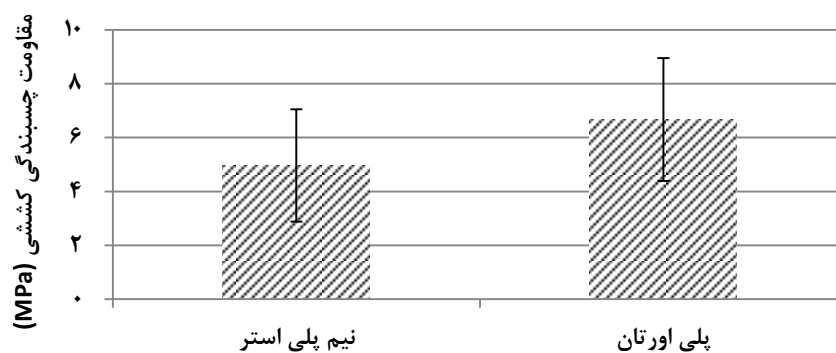
اعتماد ۹۵٪، کاهش چشمگیری در مقاومت چسبندگی کششی شفاف پوشه اعمال شده نشان داد. همچنین شفاف-پوشه پلی اورتان نسبت به نیم پلی استر فارغ از درصد رطوبت

جدول ۴- نتایج آزمون t بررسی تأثیر نوع گونه چوبی و نوع شفاف پوشه بر مقاومت چسبندگی شفاف پوشه

شاخص گروه‌ها	تعداد	میانگین	آماره (t)	درجه آزادی (df)	سطح معناداری (sig)
گونه چوبی	راش	۶/۱۳	۳/۱۴	۳۵	۰/۰۰
	ممرز	۵/۵۰	۳/۱۴	۳۵	۰/۰۰
نوع شفاف پوشه	نیم پلی استر	۴/۹۶	۷/۴۱	۳۵	۰/۰۰
	پلی اورتان	۶/۶۷	۷/۴۱	۳۵	۰/۰۰



الف



ب

شکل ۳- اثر مستقل نوع گونه چوبی (الف) و نوع شفاف پوشه‌ها (ب) بر مقاومت چسبندگی کششی

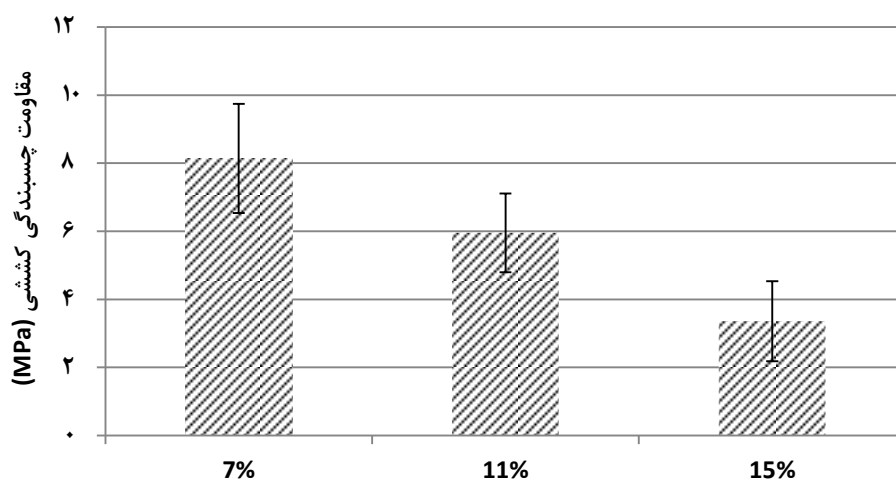
مطابق با جدول ۵، اثر مستقل رطوبت بر مقاومت چسبندگی شفاف پوشه، با سطح اعتماد ۹۵٪ حداقل یک اختلاف معنی دار بین سه سطح این متغیر نشان داد؛ بدین صورت که با افزایش سطح رطوبت، در مقاومت چسبندگی شفاف پوشه اعمال شده به سطح چوب کاهش معنی داری

ملاحظه شد.

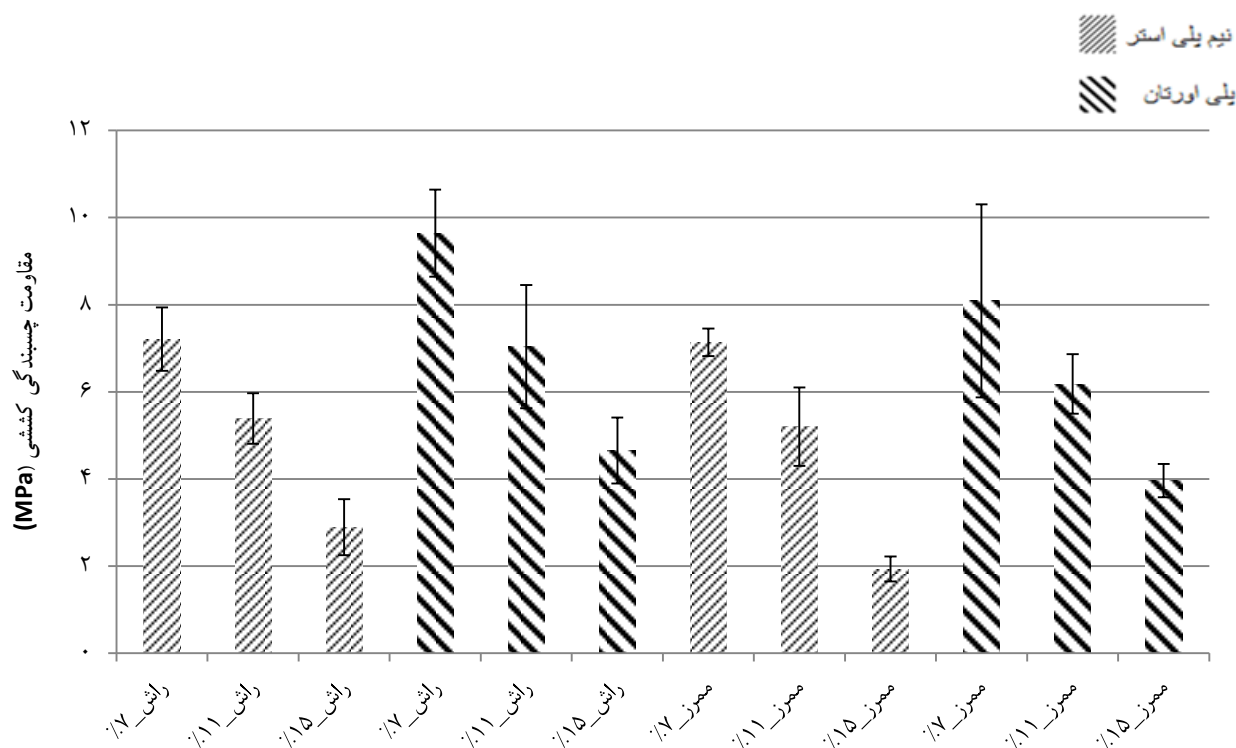
بررسی اثر متقابل گونه چوبی، نوع شفاف پوشه و درصد رطوبت، بیانگر عملکرد برتر نمونه های چوبی راش با سطح رطوبت ۷٪ دارای پوشش پلی اورتان بوده است (شکل ۵).

جدول ۵- نتایج آزمون ANOVA مربوط به بررسی تأثیر رطوبت بر مقاومت چسبندگی شفاف پوشه

سطح معناداری (Sig)	عدد F	میانگین مربعات (M.S)	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات (S.S)	
۰/۰۰	۷۴/۱۹۰	۱۳۷/۲۹۸	۲	۲۶۲/۵۷۸	بین گروهی
		۱/۷۷۰	۶۹	۱۲۲/۱۰۴	درون گروهی
			۷۱	۳۸۴/۶۸۲	مجموع



شکل ۴- اثر مستقل رطوبت بر مقاومت چسبندگی کششی



شکل ۵- اثر متقابل گونه چوبی، شفاف پوشه و درصد رطوبت چوب بر مقاومت چسبندگی کششی

## بحث

همان طور که مشاهده شد بیشترین مقدار مقاومت چسبندگی کششی مربوط به گونه چوبی راش و کمترین مقدار آن مربوط به گونه چوبی ممرز می باشد. چوب راش جزء پهن برگان نیمه بخش روزنه ای است و نسبت به گونه ممرز که پراکنده آوند است، تخلخل بیشتری دارد، این امر باعث نفوذ بیشتر و بهتر رنگ در سطح چوب راش و بهبود مقاومت چسبندگی رنگ بر روی این گونه شده است. پراکندگی آوندها و کوچک تر بودن آنها در بافت چوب ممرز سبب نفوذ کمتر رنگ در خلل و فرج چوب و در نتیجه کاهش مقاومت چسبندگی کششی رنگ در این گونه چوبی شده است.

برخی از محققان دیگر نیز معتقدند علت تفاوت مقاومت چسبندگی کششی در گونه های مختلف را می توان به عوامل مختلفی مانند سختی، ساختار سلولی، بافت چوب و ساختار

شیمیایی مواد استخراجی نسبت داد که تفاوت در آنها موجب تفاوت در میزان چسبندگی کششی خواهد شد (Kaygin & Akgun, 2008). میزان تخلخل بیشتر و به تبع آن کاهش دانسیته چوب های بخش روزنه ای و نیمه بخش روزنه ای نسبت به پراکنده آوندها، سبب بالا بردن مقاومت چسبندگی کششی می شود؛ زیرا تخلخل سبب نفوذ بیشتر پوشش و درگیر شدن فیزیکی آن با سطح چوب و در نتیجه افزایش نیروی چسبندگی می شود (Latibari, 2007).

عملکرد شفاف پوشه پلی اورتان بر مقاومت چسبندگی کششی از شفاف پوشه نیم پلی استر بهتر بود. به دلیل اینکه بیشترین مقاومت چسبندگی کششی در رنگ پلی اورتان مشاهده شد و به واکنش های پلیمریزاسیون پوشش پلی اورتان روی سطح چوب باز می گردد که پس از اعمال پوشش ادامه یافته و تکمیل می شود. همچنین مقاومت چسبندگی بالای پوشش پلی اورتان ناشی از ساختار



## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که پوشش‌دهی گونه راش نسبت به گونه ممرز بهتر بود. همچنین به لحاظ نوع شفاف-پوشه، پلی‌اورتان بر روی گونه چوب راش بالاترین مقاومت چسبندگی کششی و شفاف‌پوشه نیم‌پلی‌استر اعمال شده بر روی گونه چوبی ممرز کمترین مقاومت چسبندگی کششی را نشان داد. همچنین بیشترین مقاومت چسبندگی کششی در رطوبت ۷٪ و کمترین مقاومت چسبندگی کششی در رطوبت ۱۵٪ به دست آمد. با توجه به نتایج در این تحقیق توصیه می‌شود برای ساخت سازه‌های چوبی در جهت افزایش چسبندگی پوشش، از شفاف‌پوشه دوجزئی پلی‌اورتان و گونه‌های نیمه بخش روزه‌ای بیشتر استفاده شود تا دوام بیشتری را در سازه چوبی طی گذر زمان و نوسانهای رطوبتی شاهد باشیم.

## منابع مورد استفاده

- Budakci, M., 2003. Design and Production of a New Adhesion Testing Device and Its Utilization with Testing of Wood Varnishes, Ph.D. Thesis, Department of Furniture and Decoration, Gazi University, Ankara.
- Chang, H.T. and Chang, S.T., 2003. Improvements in dimensional stability and lightfastness of wood by butyrylation using microwave heating. *Journal of Wood Science*, 49(5), 455-460.
- Feng, S.X., Dvorchak, M., Hudson, K.E., Renk, C., Morgan, T., Stanislawczyk, V. and Papenfuss, J., 1999. New high performance two-component wood coatings comprised of a hydroxy functional acrylic emulsion and a water-dispersible polyisocyanate. *Journal of Coatings Technology*, 71(899), 51-57.
- Kayagin, B., and Akgun, E., 2008. Comparison of conventional varnishes with nanolake UV varnish with respect to hardness and adhesion durability, *Int.J.Mol.Sci*, 476-485.
- Keshani, S., 2006. The comparison of polyester, acid catalyzed lacquers and nitrocellulose lacquers effect on *Fagus orientalis* wood and plywood furniture, M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 231p (In Persian).
- Keskin, H., Atar, M., Korkut, S. and Tekin, A., 2010. Scratch resistance of cellulosic, synthetic, polyurethane, waterborne, and acid-hardening varnishes used on woods. *Industrial Crops and*

شیمیایی آن و خصوصیات فنی پوشش می‌باشد ( Keskin *et al.*, 2010). پوشش‌های پلی‌اورتان دو جزئی محلول در آب و پلی‌ایزوسیانات‌های فاقد جذب آب دارای پیوندهای عرضی مرتبط با پلی‌اول‌ها هستند که چسبندگی بیشتر پوشش را موجب می‌شوند (Feng *et al.*, 1999).

پلی‌اورتان دو جزئی، واکنش پلیمریزاسیون را بر سطح چوب کامل کرده و با چوب پیوند شیمیایی برقرار می‌کند و به همین دلیل اتصال قوی‌تری بر سطح ایجاد خواهد شد (Budakci, 2003).

نتایج نشان داد که افزایش میزان رطوبت موجب کاهش مقاومت چسبندگی شفاف‌پوشه‌ها می‌شود، به طوری که بیشترین مقدار مقاومت چسبندگی کششی مربوط به گونه چوبی راش با رطوبت ۷٪ و کمترین مقدار چسبندگی کششی مربوط به گونه چوبی ممرز با رطوبت ۱۵٪ بود.

Sonmez و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که افزایش رطوبت، مقاومت اتصال را کاهش می‌دهد. در این مورد، در اثر اشباع گروه‌های هیدروکسیل زنجیره‌های سلولز با مولکول‌های آب، اتصال لایه وارنیش ضعیف‌تر می‌شود. آب به شکل رطوبت یا حلال سبب واکنش‌دهی الیاف نزدیک سطوح و کاهش صافی سطح و در نتیجه کاهش مقاومت چسبندگی کششی می‌شود (Ozdemir & Hiziroglu, 2007). تحقیقات نشان داده است که با توجه به سختی، شفافیت و چسبندگی سطحی وارنیش‌های محلول در آب از وارنیش‌های حلال آلی ضعیف‌ترند (Yakin, 2001). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که رطوبت بیش از اندازه چوب می‌تواند باعث تضعیف چسبندگی پوشش شود (Kudela & Liptakova, 2006). تحقیقات Manavi و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که بیشترین مقدار چسبندگی کششی مربوط به رنگ سیلر- نیم‌پلی‌استر اعمال شده روی گونه ملج با رطوبت ۸٪ و کمترین مقدار چسبندگی کششی مربوط به رنگ سیلر- کیلر اعمال شده روی گونه نوئل با رطوبت ۱۵٪ بوده است.

- surface quality and adhesion strength of treated solid wood, *J. Mat.Processing Technol*, 186, 311- 314.
- Skaar, C., 1984. Wood – Water Relationships. Chapter 3. *Advances in Chemistry*, Vol. 207., pp 127–172.
- Sonmez, A., Budakci, M. and Pelit, H., 2011. The effect of moisture content of the wood on layer performance of water borne varnishes. *BioResources*, 6(3), 3166-3177.
- Sonmez, A., Budakci, M. and Bayram, M., 2009. Effect of wood moisture content on adhesion of varnish coatings. *Scientific Research and Essays*, 4(12), 1432-1437.
- Stamm, A.J. and Millett, M.A., 1940. The Internal Surface of Cellulosic Materials. Presented at the Seventeenth Colloid Symposium, held at Ann Arbor, Michigan, June 6-8, 43-45.
- Yakin, M., 2001. Effects of the resistance to adhesion, glossy and hardness at the waterborne varnishes, M.Sc. Thesis, Department of Furniture and decoration, Gazi University, Ankara.
- Products, 31(2), 219-224.
- Kudela, J. and Liptakova, E., 2006. Adhesion of coating materials to wood. *Jornal of adhesion science and technology*, 20(8), 875-895.
- Kureli, I., 1996. Search on application possibility of chip-Wood and fiber plates over wet surface, Ph.D. Thesis, Department of Furniture and Decoration, Gazi University, Ankara.
- Kollman, F.P., and Cote, W.F., 1984. *Solid wood, principles of Wood Science and Technology*, Reprint Springer – Verlag, Tokyo, 1:180.
- Latibari, A.J., 2007. Science and technology of lignocellulose materials adhesion. Islamic Azad University, Karaj Branch, Publications.
- Manavi, G.H., 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 Paper Sci. Res.* 27, 743-753.
- Ozdemir, T. and Hiziroglu, S., 2007. Evaluation of

## Investigation on the effect of wood moisture on tensile bonding strength of polyester and polyurethane clear paints on wood surface

A. Fazeli<sup>1</sup>, M. Ghofrani<sup>2</sup> and F. Hassani Khorshidi<sup>3\*</sup>

1- Wood Science and Technology Department, Faculty of Materials Engineering and New Technologies, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

2-Professor, Wood Science and Technology Department, Faculty of Materials Engineering and New Technologies, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

3\*-Corresponding author, Wood Science and Technology Department, Faculty of Materials Engineering and New Technologies, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran, E-mail:F.H.khorshidi@gmail.com

Received: July, 2018

Accepted: Nov., 2018

### Abstract

The present study was conducted to investigate the effect of wood moisture content on adhesion strength of half-polyester and polyurethane sealers on beech (*Fagus orientalis*) and hornbeam (*Carpinus betulus*) wood surface. PH values of beech and hornbeam woods were measured as 5.51 and 5.19, respectively. Dried specimens were placed in a constant climate chamber to reach moisture contents of 7%, 11% and 15%. After the preparation stage, two layers of sealer were placed on the specimens using a spray gun. Next, polyurethane and half-polyester were applied to the specimens. The pull-off test was performed on the specimens according to the ASTM D 4541 Standard. The results showed that the most of adhesion strength was due to the polyurethane sealer used on the beech wood with the moisture content of 7 percent and the least adhesion strength belonged to the half-polyester sealer applied on the hornbeam wood type with the moisture content of 15 percent. It was also observed that increasing moisture content caused a decrease in adhesion strength of both wood types.

**Keywords:** Adhesion strength, clear paints, sealer, half-polyester, polyurethane.