بررسی مقاومت به چسبندگی رنگ‌های شفاف رایج در صنایع مبلمان بر روی گونه‌های چوبی راش، ملج، توسکا و نوئل

محمد غفرانی[1*]
غلامحسین معنوی[2]
سید احمد میرشکرائی[3]

[1]دانشیار، [2]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
[3]استاد گروه شیمی، بخش علوم، دانشگاه پیام نور

مسئول مکاتبات:
ghofrani@srttu.edu

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۵/۲۰

چکیده

در این تحقیق، مقاومت به چسبندگی (آزمون خراش- نوارچسب Cross-Cut) رنگ‌های شفاف سیلر- کیلر و سیلر- نیم پلی‌استر، و با توجه به درصدرطوبت، در گونه‌های چوبی‌راش (*Fagus orientalis*)، ملج (*Ulmus smontana*)، توسکا (*Alnus glutinosa*) و نوئل (*Picea glauca*) مورد مطالعه قرارگرفت. تخته‌هایی به ابعاد ۱۲×۱۱۰×۵۵۰ میلی‌متر از قسمت برون چوب و از تخته مماسی تهیه شدند و به مدت یک ماه با رعایت اصول روش‌های چوب خشک کنی در هوای آزاد قرار گرفتند. سپس برای متعادل‌سازی رطوبت، به طور مجزا برای رسیدن به رطوبت ۸، ۱۲ و ۱۵٪ در سه اتاق کلیما قرار داده شدند. تمامی سطوح نمونه‌ها با استفاده از پیستوله رنگ‌کاری شدند و آزمون‌های مقاومت به خراش بر روی آن‌ها انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار مقاومت به خراش، با درصد از دست دادن چسبندگی ۱۰/۴٪، مربوط به رنگ سیلر- نیم پلی‌استر استفاده شده بر روی گونه‌ی چوبی ملج با رطوبت ۸٪ و کمترین مقدار مقاومت به خراش با درصد از دست دادن چسبندگی ۵۳/۶٪، مربوط به رنگ سیلر- کیلر استفاده شده بر روی گونه‌ی چوبی نوئل با رطوبت ۱۵٪ بوده‌است.

واژگان کلیدی: مقاومت به چسبندگی، رنگ‌های شفاف، گونه‌ی چوب، سیلر، کیلر، نیم‌پلی‌استر

مقدمه

تحقیقات نشان داده‌است که رنگ پوششی پلی‌استر ساختاری صلب، سخت و شکننده دارد و با وجود ترک‌های ریزی که در اثر کهنگی در آن به وجود می‌آید، اما واکشیدگی در ضخامت چوب را در کوتاه مدت بهبود می‌بخشد [۱]. علت بهبود مقاومت به جذب آب چوب در اثر اندودکردن با سیلر و کیلر، ناشی از نفوذ سیلر به درون حفرات سلولی و منافذ دیواره‌ای و مسدود کردن آنها است، در فاز اول سیلر به درون حفرات سلولی نفوذ کرده و به سرعت خشک شده و مسیر نفوذ از طریق حفرات را مسدود می‌نماید و سپس کیلر در سطح حالت شیشه‌ای و صلبی ایجاد می‌کند و از نفوذ آب با ایجاد یک لایه، جلوگیری می‌کند [۲]. حفاظت و دوام طبیعی مواد چوبی با توجه به مسائل اقتصادی و فناوری‌های نوین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۳]. در اثر جذب رطوبت، مقاومت‌های مکانیکی چوب نیز کاهش می‌یابد [۴].

بنابراین اگر بتوان مقاومت در برابر جذب آب چوب را با پوشش دادن با مواد آب‌گریز و مقاوم به رطوبت ارتقاء داد، می‌توان کاربرد و دوام چوب را وسعت بخشید. حرکت آب در چوب تحت تأثیر عوامل زیادی مانند نوع گونه، نحوه تولید و الگوی برش چوب‌آلات می‌باشد ولی عمدتاً تحت تأثیر نوع پوشش رنگی مورد استفاده است [۵]. Faucheu و همکاران (۲۰۰۶) متوجه شدند که با پوشش دادن سطح چوب با پلی‌وینیلید فلوراید می‌توان مقاومت چوب را تا مدت ۱۰ سال در برابر عوامل محیطی افزایش داد، همچنین کریستالی‌شدن سطوح رنگی بیشتر به اندازه منافذ بستگی دارد تا رنگدانه‌ها [۶]. مقدار نفوذ رنگ، تابع گونه چوبی است و به ساختار آناتومی و شرایط عملی فرآیند بستگی دارد. برای مثال نسبت بین چوب پایان و چوب آغاز یکی از پارامترهای مهم و موثر بر نفوذ پوشش است [۷]. در سال‌های اخیر تحقیقات برای مقاومت به چسبندگی مواد پوششی که بر روی زیرآیند[1]هایی نظیر چوب، پلاستیک، فلز و فرآورده‌های شیشه‌ای می‌تواند به کار رود، رو به افزایش است. مواد چوبی که ماده اولیه مبلمان محسوب می‌شوند، تحت تأثیر عوامل شیمیایی، فیزیکی، بیولوژیکی و مکانیکی می باشند. عوامل مکانیکی شامل خراش، سایش و ضربه است [۸]. نانو پوشش حفاظتی براق (nanolacke) مقاوم به اشعه فرابنفش، مقاومت به خراش و سختی سطح بهتری نسبت به پوشش های رایج دارد. همچنین نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت به خراش با پوشش اکریلیک[2] بدست می‌آید، در حالی‌که کمترین مقاومت به چسبندگی با پوشش سلولزی حاصل می‌شود [۹]. پوشش‌های پلی اورتانی دو جزئی پایه آب با افزایش جمعیت در چند سال گذشته به دلیل کارایی بیشتر، عدم وجود فرمالدهید، گرماسخت و پایه آبی بودن، در بازار امروزی متقاضیانی را به خود اختصاص داده‌است. پلی‌ایزوسیانات‌های فاقد جذب آب دارای پیوندهای عرضی مرتبط با پلی‌ائول‌ها برای مصارفی همچون پوشش مواد، بطور ویژه گسترش یافته‌اند [۱۰]. پیوندهای عرضی امولسیون اکریلیک، مقاومت پوشش را افزایش داده و کیفیت آن را بهبود می‌بخشد. با پلی‌اورتان‌های فاقد جذب آب، مقاومت به خراش، سختی و سایش بهبود می‌یابد [۱۱]. اکثر کابینت‌های آشپزخانه، برخی مبلمان اداری و تعدادی از ملزومات داخلی که با استفاده از صفحات روکش ملامینه مانند تخته‌خرده‌چوب و MDF ساخته می‌شوند. مقاومت به خراش و سایش برای کاربرد نهایی‌شان بسیار مهم است [۱۲]. در حقیقت تخلخل چوب که حدود ۵۵ تا ۷۰ درصد است به جرم ویژه چوب بستگی دارد و درصد رطوبت یکی از فاکتورهای مهمی است که بر میزان چسبندگی نمونه‌های متصل شده تاثیر می‌گذارد [۱۳]. اگر درصد رطوبت چوب زیاد باشد چسبندگی مناسب بین لایه پوشش و سطح چوب ایجاد نمی‌شود [۱۴]. در بعضی موارد افزایش رطوبت چوب بر روی پوشش پلی‌استر، پلی‌اورتان و واکنش‌های دیگر، معایبی را در لایه‌ها ایجاد می‌کند. مخصوصاً در کاربردهای پوشش پلی‌اورتان که به صورت دو جزئی اعمال می‌شوند، در درصد رطوبت بالا مانع خشک شدن و واکنش رنگ می‌شود [۱۵]. مکانیسم عمومی چسبندگی بین پوشش و سطح چوب مورد بررسی قرار گرفته‌است. انواع مکانیسم-های چسبندگی شامل چسبندگی مکانیکی، جذب فیزیکی، جذب شیمیایی، نفوذ و الکترواستاتیکی هستند [۱۶].

Sonmez (۲۰۰۹) به بررسی تأثیر درصد رطوبت چوب بر روی چسبندگی پوشش‌های شفاف اقدام کرد. نمونه‌های مورد آزمایش شامل کاج، راش و بلوط با درصد رطوبت ۸ ، ۱۲ و ۱۵٪ می‌باشند که با پوشش‌های نیترو سلولزی، پلی اورتان دو جزئی و پایه آب، پرداخت شده‌اند. نتایج نشان داد که بیشترین چسبندگی مربوط به پلی‌اورتان دو جزئی استفاده شده بر روی چوب بلوط با رطوبت ۸٪ بود [۱۷]. Keskin (۲۰۱۰) به بررسی مقاومت به خراش پوشش‌های سلولزی، سنتزی، پلی‌اورتان پایه آب و سخت-شونده با اسید مورد استفاده بر روی گونه‌های چوبی کاج اسکات، راش و بلوط اروپا، صنوبر سیاه، نمدار و گردوی سیاه پرداخت. نتایج نشان داد که بیشترین مقاومت به خراش از چوب گردو و کمترین آن برای چوب تبریزی بدست می‌آید. همچنین بیشترین مقاومت به خراش برای پوشش سنتزی به‌دست آمد در حالی که پوشش سلولزی کمترین مقاومت به خراش را داشت [۱۸]. با توجه به اهمیت چوب ماسیو و کمبود آن در کشور، یکی از راه-کارهای صیانت از جنگل، استفاده اقتصادی و بهینه از

[1] Substrate
[2] Acrylic

چوب و افزایش دوام آن در حین مصرف می‌باشد. بنابراین استفاده از رنگ‌های شفاف به عنوان یک لایه محافظ بر روی چوب می‌تواند از لحاظ اقتصادی و سهولت کاربرد بر روش‌های اشباعی ارجح باشد. مبلمان چوبی تحت تأثیر عوامل محیطی مثل نور، رطوبت محیط و عوامل مخرب بیولوژیک قرار می‌گیرند و از آنجائیکه اشباع چوب با مواد حفاظتی هزینه زیادی در برداشته و در محیط‌های داخلی مقرون به صرفه نیست و مصرف آنها از نظر بهداشتی نیز دارای محدودیت می‌باشند، لذا رنگ‌های پوششی ترجیح داده می‌شوند. هدف از انجام این تحقیق تعیین مقاومت به چسبندگی رنگ‌های شفاف کیلر و نیم‌پلی‌استر بر روی گونه‌های چوبی مورد مصرف در صنایع مبلمان می‌باشد. تا بتوان راهکاری برای تقویت مقاومت به چسبندگی رنگ و طولانی تر کردن دوام رنگ ارائه کرد.

مواد و روش‌ها

مواد چوبی

چوب نمونه‌های پهن‌برگ مورد استفاده (ملج، راش و توسکا) از منطقه سواد کوه استان مازندران و نوئل از چوب‌های وارداتی کشور روسیه تهیه گردید. نمونه‌ها، سالم و عاری از گره و هر گونه عیب بودند. دلیل انتخاب گونه‌های چوبی این تحقیق، گستردگی کاربرد آنها در صنایع مبلمان و دکوراسیون داخلی و همچنین بررسی تعامل ساختار آناتومی مختلف این گونه‌ها با پوشش‌های مورد استفاده می‌باشد که در جدول ۱ آمده‌است. نمونه‌های مورد آزمایش در کارگاه صنایع چوب دانشگاه شهید رجایی تهران به وسیله ماشین اره نواری به ابعاد ۱۵×۱۲۰×۶۰۰ میلی‌متر(طولی×شعاعی×مماسی) از قسمت برون چوب تخته مماسی از الوارهای نیمه خشک برش داده شد. و سپس با رعایت اصول چوب خشک‌کنی در هوای آزاد در چهار دسته جداگانه، در یارد قرار گرفتند. پس از طی یک ماه، رطوبت چوب‌ها به حدود ۸٪ رسید. تخته‌های خشک شده به وسیله دستگاه گندگی به ضخامت نهایی ۱۲میلی‌متر تبدیل شدند و در نهایت تخته‌هایی با ابعاد ۱۲×۱۱۰×۵۵۰ میلی‌متر (طولی×شعاعی×مماسی) بر طبق دستورالعمل ASTM D 3359 تهیه شد [۲۱]. نمونه‌های بریده شده برای متعادل‌سازی رطوبت، به‌طور مجزا در سه اتاق کلیما بر اساس دمای ۲°c±۲۰ و رطوبت نسبی (RH) ۵±۴۲ درصد برای ۸٪ رطوبت، دمای ۲°c±۲۰ و رطوبت نسبی (RH) ۵±۶۵ درصد برای ۱۲٪ رطوبت و دمای ۲°c±۲۰ و رطوبت نسبی (RH) ۵±۷۳ درصد برای ۱۵٪ رطوبت بر طبق دستور العمل ASTM D 3924 انتخاب شدند [۲۲]. پس از آن‌که تخته‌ها به رطوبت مورد نظر رسیدند از اتاق کلیما خارج شده و مدت زمان ۲۴ ساعت برای متعادل‌سازی رطوبت در محیط بسته نگهداری شدند، سپس توسط دستگاه رطوبت‌سنج الکتریکی، میزان رطوبت تخته‌ها کنترل شد. میانگین درصد رطوبت نمونه‌ها به ترتیب ۸ ±۰/۵، ۱۲ ±۰/۵ و ۱۵ ±۰/۵ تعیین شد. بعد از این شرایط، سطوح تمامی تخته‌ها توسط دستگاه سنباده لرزان، در دو مرحله پرداخت شد. در مرحله اول با کاغذ سنباده شماره ۱۰۰به مدت ۵ دقیقه برای از بین بردن گام‌های ناشی ازآثار تیغه‌ی دستگاه گندگی و در مرحله دوم با کاغذ سنباده شماره ۲۲۰ پرداخت نهایی شد تا سطوح نمونه‌ها برای انتقال پوشش کاملاً صاف و یکنواخت گردد.

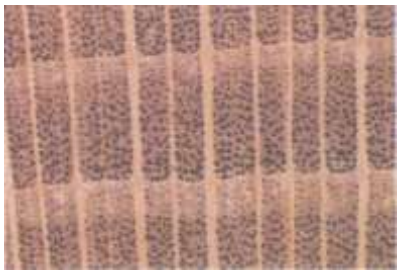
رنگ‌ها

در این تحقیق از رنگ‌های سیلر و کیلر بر پایه رزین‌آلکید، نیترات سلولز و نیم‌پلی‌استر(نیمه مات) بر پایه رزین‌آلکید، ساخت کارخانه پارس اشن، رایج در رنگ‌کاری مبلمان استفاده شد. درصد ماده خشک سیلر و کیلر استفاده شده بعد از رقیق شدن با تینر و آماده برای رنگ‌کاری ۱۱ درصد و قبل از رقیق شدن با حلال ۳۰ درصد بود. نیم‌پلی‌استر استفاده شده نیمه مات (به نسبت مساوی از نیم‌پلی‌استرمات و براق استفاده شد) و درصد ماده خشک آن بعد از رقیق شدن با تینر و آماده‌سازی برای رنگ‌کاری ۱۱ درصد و درصد ماده خشک آن قبل از رقیق شدن با حلال ۴۵ درصد بود.

روش رنگ‌کاری نمونه‌ها

در این تحقیق رنگ‌کاری به روش اسپری توسط پیستوله انجام شد و تمامی سطوح نمونه‌ها رنگ شد تا درصد رطوبت نمونه‌ها حفظ شود. برای رنگ‌کاری، ابتدا سطح نمونه‌های‌چوبی را تمیز کرده سپس، دو لایه رنگ سیلر به عنوان پر کننده اعمال شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فنی و مقطع عرضی گونه‌های مختلف مورد استفاده

گونه چوبی	ویژگی‌ها	مقطع عرضی
نوئل *Picea glauca*	سوزنی‌برگ دارای کانال‌های رزینی است. حلقه‌های رویشی آن کمتر مشخص است. اشعه چوبی نوئل واجد تراکئیدهای عرضی است. وزن مخصوص در رطوبت ۱۲٪ ۰/۴۲ gr/cm^3 تا ۰/۳۷	
ملج *Ulmus smontana*	پهن‌برگ، بخش روزنه‌ای درشت بافت بوده و الیاف آن معمولاً نامنظم‌اند. چوب ناهمگن، با چوب‌درون مشخص است. وزن مخصوص نسبتاً زیادی دارد. وزن مخصوص در رطوبت ۱۲٪ ۰/۸۵ gr/cm^3 تا ۰/۶۵	
راش *Fagus orientalis*	پهن‌برگ، نیمه بخش روزنه‌ای عمدتاً راست‌تار، دارای بافتی ریز و یکنواخت است. چوب همگن، با چوب درون کاذب (دل قرمزی) است. وزن مخصوص متوسطی دارد. وزن مخصوص در رطوبت ۱۲٪ ۰/۶۴ gr/cm^3	
توسکا *Alnus glutinosa*	پهن‌برگ، پراکنده آوند ریز بافت و فاقد طرح مشخص است. چوب همگن، بدون چوب‌درون مشخص است. وزن مخصوص متوسطی دارد. وزن مخصوص در رطوبت ۱۲٪ ۰/۵۵ gr/cm^3 تا ۰/۴	

سیلر با تینر فوری ۱۰۰۰۰ به نسبت مشخص رقیق شده تا بتواند خلل و فرج چوب را پر کند. انتقال پوشش به صورت اسپری توسط پیستوله مناسب رنگ‌کاری با فاصله ۲۶-۲۵ سانتی‌متر انجام شد. مقدار سیلر مصرفی برای هر متر مربع ۱۰±۱۵۰ گرم که در دو مرحله بر روی نمونه‌ها اسپری شد، و پس از خشک شدن، سطوح سیلر خورده با استفاده از کاغذ سنباده شماره ۴۰۰ پرزگیری و صاف گردید. زمان مورد نیاز برای خشک شدن سیلر در شرایط آزمایشگاهی، ۱۵ الی ۲۰ دقیقه است، ولی در این تحقیق برای تثبیت بهترِ رنگ بر روی سطوح، نمونه‌های رنگ شده به مدت ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاه نگه‌داری شدند تا سطوح سیلر کاری شده خشک شود. سپس با استفاده از کاغذ سنباده شماره ۴۰۰ سنباده‌زنی و سپس سطوح مربوطه از آلودگی و غبار تمیز گردید و لایه دوم سیلر اسپری شد و برای خشک شدن مجدد در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند. نیمی از نمونه‌ها با کیلر که توسط تینر فوری ۱۰۰۰۰ به نسبت مشخص رقیق شده بود، توسط پیستوله رنگ‌آمیزی شد و بقیه نمونه‌ها با رنگ نیم‌پلی‌استر نیمه‌مات با تینر فوری ۱۰۰۰۰ به نسبت مشخص رقیق شد. سپس ده درصد کاتالیزور (سخت‌کننده[1]) به منظور خشک‌شدن سریع‌تر به رنگ

[1] Hardner

اضافه شد و توسط پیستوله بر روی نمونه‌ها اسپری شد. زمان خشک‌شدن رنگ در محیط آزمایشگاهی ۲۵ الی ۳۰ دقیقه به طول انجامید. مقدار کیلر و نیم‌پلی‌استر مصرفی برای هر متر مربع ۱۰±۱۵۰ گرم می‌باشد که در دو مرحله و پس از مدت ۲۴ ساعت بر روی نمونه‌ها اسپری شد. تعداد تکرار برای هر آزمون ۵ بار در نظر گرفته شد. در نتیجه تعداد کل نمونه‌های مورد آزمایش ۱۲۰ نمونه می‌باشد.

اندازه‌گیری مقاومت به چسبندگی، (خراش-Cross-Cut)

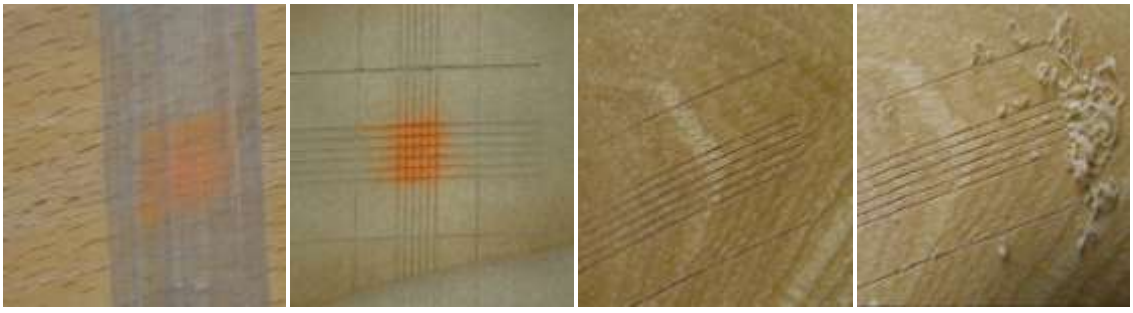
یکی از ابزارهای اندازه‌گیری مقاومت به چسبندگی رنگ‌های روی سطوح چوب و اجسام دیگر مقاومت در برابر خراش است نمونه‌های رنگ‌کاری شده و خشک‌شده برای متعادل‌سازی در شرایط با دمای ۲ ± ۲۳درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ ± ۵۰ درصد به مدت دو هفته بر طبق دستورالعمل ASTM D 3924 قرار داده شدند، سپس بر طبق دستورالعمل ASTM D 3359 آزمون Cross-Cut به وسیله دستگاه مخصوص صورت گرفت(شکل۱). در این روش، خطوط موازی روی سطح رنگ شده ایجاد می‌شود. (فاصله بین آنها یک میلیمتر است) به‌طوریکه سطح زیرآیند دیده می‌شود. شش خط عمود بر خطوط اصلی نیز رسم می‌شود که در نتیجه این شبکه متشکل از ۲۵ مربع ایجاد می‌شود. سپس چسب نواری مخصوص آزمون، بر روی این مربع‌ها چسبانیده و با استفاده از یک پاک‌کن مخصوص فشرده می‌شود (شکل ۲). سپس نوار چسب با یک حرکت محکم پیوسته کنده می‌شود (شکل۳).

وضعیت محل آزمایش به کمک ذره‌بین مورد بررسی قرار گرفت و با جدول استاندارد ASTM D3359 (جدول۲) مقایسه و میزان از دست دادن چسبندگی گزارش شد. برای کمّی کردن نتایج این آزمایش، درصد از دست دادن چسبندگی را می‌توان به صورت زیر گزارش کرد.

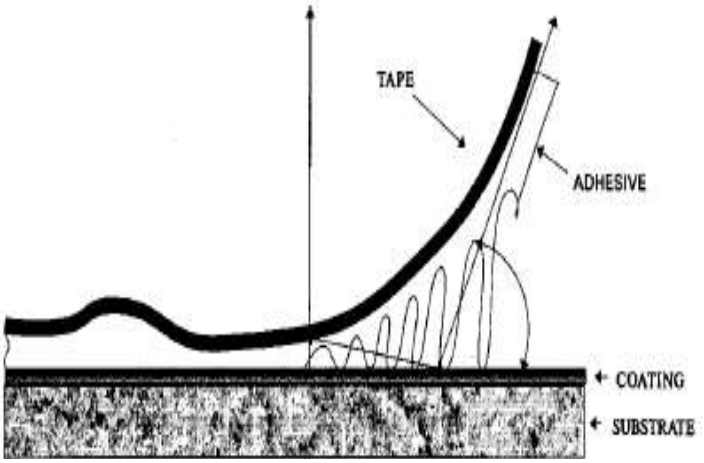
درصد از دست دادن چسبندگی =X/25×100

X- تعداد متوسط مربع‌هایی است که پوشش آنها جدا شده است.

شکل ۱- دستگاه آزمون Cross-Cut

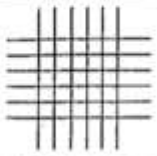
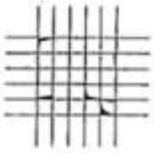
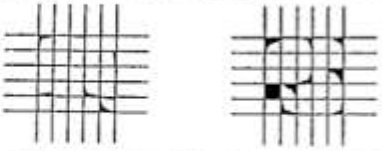
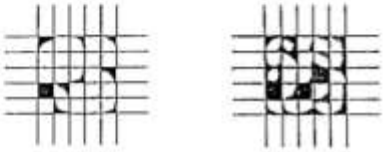
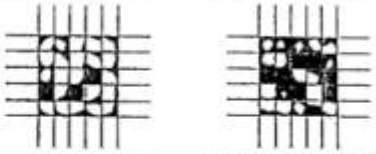
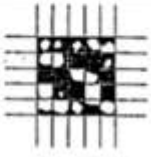


شکل۲- مراحل آزمون نوار چسب (Cross-Cut) از راست به چپ



شکل ۳- نحوه کندن نوار چسب

جدول ۲- میزان از دست دادن چسبندگی(Cross-Cut)

CLASSIFICATION OF ADHESION TEST RESULTS		
CLASSIFICATION	PERCENT AREA REMOVED	SURFACE OF CROSS-CUT AREA FROM WHICH FLAKING HAS OCCURRED FOR SIX PARALLEL CUTS AND ADHESION RANGE BY PERCENT
5B	0% None	
4B	Less than 5%	
3B	5 - 15%	
2B	15 - 35%	
1B	35 - 65%	
0B	Greater than 65%	

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج با نرم‌افزار آماری SPSS مورد آنالیز قرار گرفت. برای بررسی اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر، نتایج با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سطح اطمینان ۹۵٪ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین گروه‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج

نتایج تحلیل واریانس چندگانه برای اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مقاومت به چسبندگی با سطح اعتماد ۹۵ ٪ در جدول ۳ آمده‌است.

بر طبق جدول۳ اثر متقابل (گونه چوبی × درصد رطوبت)، اثر متقابل (نوع رنگ × درصد رطوبت) و همچنین اثر متقابل (گونه چوبی × درصد رطوبت × نوع رنگ) در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار نبودند. آنالیز و گروه‌بندی دانکن (جدول۴) نشان داد که بیشترین مقاومت به چسبندگی با رنگ نیم‌پلی‌استر بدست آمد. در حالیکه کمترین آن با رنگ کیلر بدست آمد. برای گونه چوبی، ملج دارای بیشترین مقاومت به چسبندگی، در حالی که برای نوئل کمترین مقاومت به چسبندگی بدست آمد و برای درصد رطوبت چوب، بیشترین مقاومت به چسبندگی در رطوبت ۸٪ بدست آمد و رطوبت ۱۵٪ نشان داد که مقاومت به چسبندگی کمی دارد.

جدول ۳- تحلیل واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مقاومت چسبندگی کششی

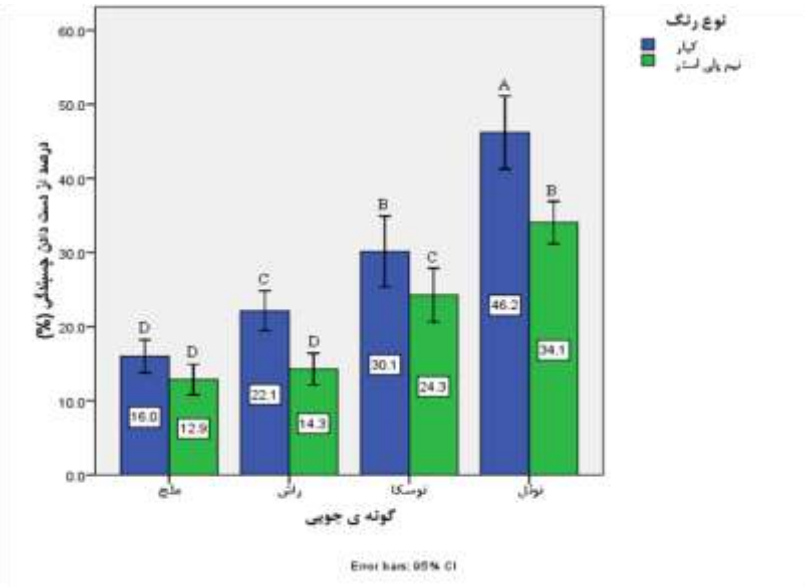
عوامل متغیر	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	F محاسبه شده	سطح معنی‌داری	سطح اعتماد ٪۹۵
گونه چوبی	۳	۱۱۷۵۲/۵۵۸	۳۹۱۷/۵۱۹	۱۲۸/۵۸۴	۰/۰۰۰	*
درصد رطوبت	۲	۹۰۸/۲۱۷	۴۵۴/۱۰۸	۱۴/۹۰۵	۰/۰۰۰	*
نوع رنگ	۱	۱۵۷۶/۸۷۵	۱۵۷۶/۸۷۵	۵۱/۷۵۷	۰/۰۰۰	*
گونه چوبی × درصد رطوبت	۶	۷۲/۱۱۷	۱۲/۰۱۹	۰/۳۹۵	۰/۸۸۱	
نوع رنگ × گونه چوبی	۳	۳۲۳/۱۵۸	۱۰۷/۷۱۹	۳/۵۳۶	۰/۰۱۸	*
نوع رنگ × درصد رطوبت	۲	۸/۷۵۰	۴/۳۷۵	۰/۱۴۴	۰/۸۶۶	
گونه چوبی × درصد رطوبت × نوع رنگ	۶	۱۷۰/۵۱۷	۲۸/۴۱۹	۰/۹۳۳	۰/۴۷۵	
خطا	۹۶	۲۹۲۴/۸۰۰	۳۰/۴۶۷			
مجموع	۱۲۰	۹۲۶۸۷/۰۰۰				

* تفاوت معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد

جدول ۴- نتایج مقایسه مجزا برای گونه چوبی، درصد رطوبت و نوع رنگ

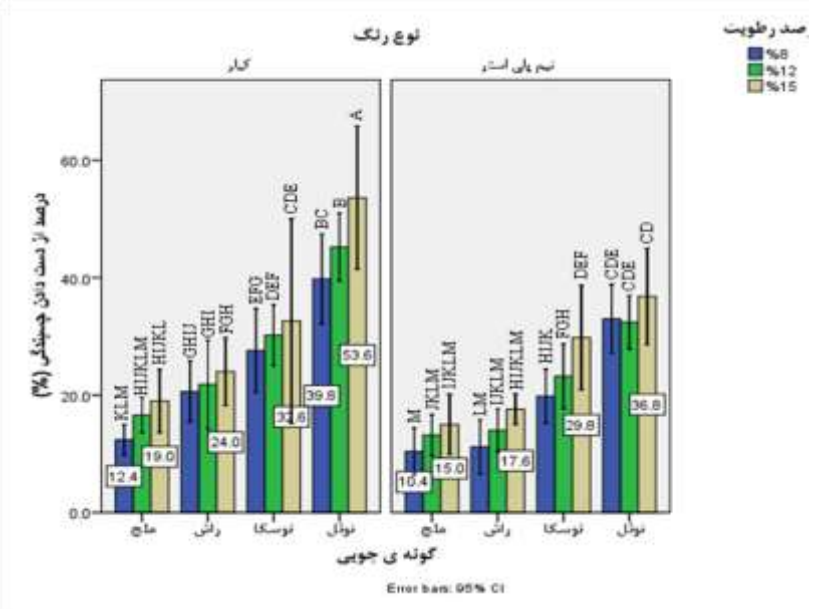
عوامل متغیر	سطوح متغیر	میانگین از دست دادن چسبندگی (٪)	انحراف معیار	گروه بندی دانکن
گونه چوب	نوئل	۴۰/۱۳	۹/۴۴	A
	توسکا	۲۷/۲۰	۸/۰۹	B
	راش	۱۸/۲۰	۵/۸۸	C
	ملج	۱۴/۴۳	۴/۱۲	D
درصد رطوبت	٪۱۵	۲۸/۵۵	۱۳/۸۱	A
	٪۱۲	۲۴/۵۷	۱۰/۹۶	AB
	٪۸	۲۱/۸۵	۱۰/۹۸	B
نوع رنگ	کیلر	۲۸/۶۱	۱۳/۲۷	A
	نیم‌پلی‌استر	۲۱/۳۶	۹/۸۷	B

بررسی اثر متقابل گونه چوبی و نوع رنگ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار مقاومت به جسبندگی مربوط به گونه چوبی ملج با رنگ نیم‌پلی‌استر با درصد از دست دادن چسبندگی (۱۲/۹٪) و کمترین مقدار مقاومت به چسبندگی مربوط به گونه چوبی نوئل با رنگ کیلر با درصد از دست دادن چسبندگی(۴۶/۲٪) می‌باشد (شکل۴).



شکل۴- اثر متقابل گونه چوبی و نوع رنگ بر مقاومت به چسبندگی

همچنین اثر متقابل گونه چوبی، درصد رطوبت و نوع رنگ نشان داد که بیشترین مقدار مقاومت به چسبندگی مربوط به گونه چوبی ملج با رطوبت ۸٪ و رنگ مصرفی نیم‌پلی‌استر با درصد از دست دادن چسبندگی(۱۰/۴٪) و کمترین مقدار مقاومت به چسبندگی مربوط به گونه چوبی نوئل با رطوبت ۱۵٪ و رنگ مصرفی کیلر با درصد از دست دادن چسبندگی(۵۳/۶٪) می‌باشد (شکل۵).



شکل۵- اثر متقابل گونه چوبی، درصد رطوبت و نوع رنگ بر درصد از دست دادن چسبندگی

بحث و نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، عملکرد رنگ نیم‌پلی‌استر بر روی مقاومت به چسبندگی از رنگ کیلر بهتر بود. علت این است که واکنش‌های پلیمریزاسیون رنگ نیم‌پلی‌استر روی سطح چوب پس از استعمال ادامه می‌یابد و کامل می‌شود و به مرور زمان نوعی پیوند فیزیکی (چسبندگی) قوی با چوب ایجاد می‌کند. در نتیجه، مقاومت به چسبندگی بالای رنگ نیم‌پلی‌استر ناشی از ساختار شیمیایی آن و خصوصیات فنی رنگ می‌باشد. Keskin (۲۰۱۰) به نتایج مشابهی دست یافت [۱۸]. با توجه به گونه چوب، بیشترین مقاومت به چسبندگی برای گونه ملج به دست آمد، در حالی که برای گونه نوئل کمترین مقاومت به چسبندگی حاصل شد. بر طبق این نتایج، مقاومت به چسبندگی چوب ملج بیشتر از راش، توسکا و نوئل است. نوع آرایش، ساختار الیاف و میزان تخلخل بیشتر چوب ملج (بخش روزنه‌ای) می‌تواند دلیلی برای مقاومت به چسبندگی بیشتر آن باشد. تخلخل سبب نفوذ بیشتر رنگ و درگیرشدن فیزیکی بیشتر آن با سطح چوب و در نتیجه افزایش نیروی چسبندگی بیشتر پوشش می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر و دلایل ارایه شده در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که مقاومت به چسبندگی در پهن‌برگان بیشتر از سوزنی‌برگان است. این مشاهدات با نتایج آزمایش Kaygin و Akgun (۲۰۰۸) مطابقت دارد [۱۹]. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین مقاومت به چسبندگی در رطوبت ۸٪ بدست آمد درحالی که در رطوبت ۱۵٪ کمترین مقاومت به چسبندگی مشاهده می‌شود. می‌توان این‌گونه استنباط کرد که افزایش رطوبت، سبب ضعیف شدن اتصال رنگ به سطح چوب و درنتیجه کاهش مقاومت به چسبندگی رنگ می‌شود. این نتایج با نتایج تحقیق Sonmez (۲۰۰۹) مطابقت دارد [۱۷].

Ozdemir و Hiziroglu (۲۰۰۷) اعلام کردند که آب به شکل رطوبت یا به عنوان حلال سبب واکشیدگی الیاف نزدیک سطوح و درنتیجه کاهش مقاومت چسبندگی رنگ می‌شود [۲۰]. افزایش رطوبت، همچنین اتصالات لایه سطحی الیاف را ضعیف می‌کند. لذا باید توجه زیادی به آماده‌سازی سطح چوب صورت پذیرد مخصوصاً هنگامی‌که از رنگ‌های محلول در آب استفاده می‌کنیم. برای گونه چوب و نوع رنگ، بیشترین مقاومت به چسبندگی مربوط به گونه چوبی ملج با رنگ نیم‌پلی‌استر با درصد از دست دادن چسبندگی (۱۲/۹٪) بدست آمد ولی کم‌ترین مقاومت به خراش مربوط به گونه چوبی نوئل با رنگ کیلر با درصد از دست دادن چسبندگی (۴۶/۲٪) می‌باشد. در نتایج بدست آمده مهمترین عوامل مؤثر، نیروی چسبندگی بین لایه رنگ و سطح چوب (چسبندگی) و نیروی چسبندگی داخلی بین مولکول‌های رنگ (پیوستگی) هستند. برای ترکیبی از گونه چوب، درصد رطوبت و نوع رنگ، بیشترین مقاومت به چسبندگی برای گونه چوبی ملج با رطوبت ۸٪ و رنگ نیم پلی‌استر با درصد از دست دادن چسبندگی (۱۰/۴٪) و کم‌ترین مقاومت به چسبندگی را گونه چوبی نوئل با رطوبت ۱۵٪ و رنگ کیلر با درصد از دست دادن چسبندگی (۵۳/۶٪) به خود اختصاص داده‌است. علت این امر برای چوب ملج، بخش-روزنه‌ای بودن گونه چوبی نمونه و خصوصیات فنی رنگ و ساختار شیمیایی آن و همچنین درصد رطوبت پائین می-باشد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی عملکرد سایر رنگ‌های مورد مصرف در صنایع چوب و نیز استفاده از بهبوددهنده‌های چسبندگی نظیر نانو ذرات، تفاوت چوب درون و چوب برون و... مورد بررسی قرار گیرد و همچنین فاکتورهایی که علت این تفاوت هستند مشخص گردد.

مراجع

[1] Keshani, S. 2006. The comparison of polyester, acid catalyzed lacquers and nitrocellulose lacquers effect on ”*Fagus orientalis*” wood and plywood furniture, MSc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 231p (In Persian).

[2] Gholamiyan, H. 2010. Improvement of water and weathering resistance of wood using nanozycosil, nanozycofil and clear coatings, MSc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 82p (In Persian).

[3] Higley, T.L. and Kink, T.K., 1990. Biological degradation of wood. Phytopathology 69(1): 1151–1158.

[4] Chin, J., Byrd, E., Martin, J. and Nguyen, T., 2005. Validation of the Reciprocity Law for Coating Photo degradation, Journal of Coating Technology and Research 2(7): 499–508.

[5] Eldwson, T., Bergstrom, P. and Hamalainen, M., 2003. Moisture dynamics in Norway spruce and scots pin during outdoor exposure in relation to different surface Hutments and handling condition Holzforschung 57: 219-227.

[6] Faucheu, J., Wood, K.A., Sung, L.P. and Martin J.W., 2006. Relating gloss loss to topographical features of a PVDF coating. Journal of Coatings Technology and Research 3: 29-39.

[7] Kollmann, F.P. and Côté, W.F., 1984. Solid Wood, Principles of Wood Science and Technology, Reprint Springer-Verlag, Tokyo. 180p.

[8] Berkel, A., 1972. Wood Material Technology. Istanbul University Faculty of Forestry Publications, Istanbul, Publication Number. 1:745.

[9] Ozdemir, T., 2003. The Investigations of varnishes' features at some tree species grown in Turkey. Ph.D. Thesis. K.T.U. Institute of Science and Technology, Trabzon, Turkey, 314p.

[10] Feng, S.X., Dvorchak, M., Hudson, K.E., Renk, C., Morgan, T., Stanislawczyk, V., Shuster, F., Todd, D., Bender, H. and Papenfus, 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 and Research 71(12): 51–57.

[11] Ginkel, M.V., 2001. New development in water based polymers for industrial wood coatings. Surface Coatings International 2: 3–8.

[12] Nemli, G. and Usta, M., 2004. Influences of some manufacturing factors on the important quality properties of melamine impregnated papers. Building and Environment 39(5): 567–570.

[13] Zavarin, E., 1984. Activation of wood surface and non-conventional bonding, In: R. Rowell (Ed.), The Chemistry of Solid Wood, ACS,Washington.

[14] Sonmez, A. and Budakci, M., 2004. Protective Layers and Paint/Varnish Systems, Finishing on Woodworking II, Gazi University Technical Education Faculty, Ankara.

[15] Sonmez, A., 1989. Durability of Varnishes Used on Surfaces of Wood Furniture Against Important Physical, Mechanical, and Chemical Effects, Ph.D. Thesis, Department of Furniture and Decoration, Gazi University, Ankara.

[16] Rijckaert, V., Stevens, M. and Acker, J.V., 2001. Effect of some formulation parameters on the penetration and adhesion of water-borne primers into wood, Holz als Roh-und Werkstoff. 59: 344-350.

[17] Sonmez, A., 2009. Effect of wood moisture content on adhesion of varnish Coatings, Gazi University, Ankara. Scientific Research and Essay 4 (12): 432-437.

[18] Keskin, H., 2010. Scratch resistance of cellulosic, synthetic, polyurethane, waterborne, and acid-hardening varnishes used on woods. Gazi University, Ankara, Turkey. Industrial Crops and Products 31(10): 219–224.

[19] Kaygin, B. and Akgun, E., 2008. Comparison of conventional varnishes with nanolacke UVVarnish with respect to hardness and adhesion durability. International Journal of Molecular Sciences 9: 476-485.

[20] Ozdemir, T. and Hiziroglu, S., 2007. Evaluation of surface quality and adhesion strength of treated solid wood. Journal of Materials Processing Technology 186: 311-314.

[21] Annual Book of ASTM Standard, D 3359, 1997. Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test.

[22] Annual Book of ASTM Standard, D 3924, 1996. Standard Specification for Standard Environment in Conditioning and Testing Stain Varnish, Lacquer and Related Materials.

Investigation on the Scratch Strength of Clear Paints Used in Furniture Industries on the Wood Species Beech, Elm, Alder and Spruce

Abstract

In This research, the scratch strength (Cross-Cut Test) of clear paints (nitrocellulose lacquers and acid catalyst lacquers) of wood species Beech, Elm, Alder and spruce were studied as a function of moisture content (MC) of the samples. For this purpose, lumbers (550×110×12 mm) were cut from sapwood in tangential surfaces and were air dried for one month according to wood drying procedures. Then, for pre-conditioning of moisture content, at the levels of 8%, 12% and 15%, the samples were placed in three clima rooms. Then, finish applied and strength tests were performed. The results revealed that for acid catalyst lacquers the highest scratch strength (10.4%) belongs to Elm wood with 8% moisture content, and the lowest scratch strength (53.6%) belongs to Spruce wood with nitrocellulose lacquers having 15% moisture content.

Keywords: Scratch strength, Clear paints, Wood species, Nitrocellulose lacquers, Acid catalyst lacquers

M. Ghofrani[1*]
G. H. Manevi[2]
S. A. Mirshokraei[3]

[1,2] Associate Prof. and M.Sc. student, Wood science and Technology faculty of Civil Engineering, Shahid Rejaei Teacher Training University Tehran, Iran

[3] Professor, Department of Chemistry, Payam Noor University, Tehran, Iran

Corresponding author:
ghofrani@srttu.edu

Received: 2012.07.23
Accepted: 2013.08.11