

## بررسی تأثیر نانو و لاستونیت بر میزان مقاومت به رطوبت در رنگ‌های سیلر-کیلر و سیلر-نیم پلی استر روی گونه‌های راش، صنوبر و نراد

مجید عارفی<sup>۱\*</sup>

حمیدرضا تقی یاری<sup>۲</sup>

حمیدرضا پیرایش<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد، تربیت دبیر شهید رجایی، دانشکده مهندسی عمران، تهران، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار تربیت دبیر شهید رجایی، دانشکده مهندسی عمران، تهران، ایران

<sup>۳</sup> دانش‌آموخته دکتری، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه علوم و مهندسی صنایع چوب و کاغذ

مسئول مکاتبات:

[majidarefi56@gmail.com](mailto:majidarefi56@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۷

### چکیده

در تولید مبلمان، فرآیندهای پرداخت برای عملکرد فنی، اقتصادی و زیبایی مواد چوبی بسیار مهم می‌باشد. بطوریکه، پوشش سطوح چوب بارنگ‌ها بتواند در برابر عوامل محیطی خاص از جمله: رطوبت، تغییرات در ابعاد و تخریب توسط میکروارگانیسم‌ها و قارچ‌ها حفظ شود. هدف از این تحقیق، تأثیر نانو و لاستونیت (با سطوح ۰، ۵ و ۱۰ درصد) بر میزان مقاومت به رطوبت در رنگ‌های سیلر-کیلر و سیلر-نیم پلی‌استر روی گونه‌های چوبی راش، صنوبر و نراد می‌باشد. نتایج حاصل نشان داد که از بین گونه‌های مورد مطالعه، راش تیمار شده با نانو و بدون نانو مقاومت چسبندگی بهتری در مقایسه با نراد داشت. همچنین، عملکرد رنگ نیم پلی‌استر در مقایسه با رنگ کیلر بر روی مقاومت چسبندگی کششی بهتر بود. در نهایت، بیشترین مقاومت چسبندگی مربوط به تیمار با سطح ۵ درصد نانو و لاستونیت بود.

**واژگان کلیدی:** مقاومت مکانیکی، نیم پلی‌استر، کیلر، نانو و لاستونیت.

### مقدمه

چوب ماده‌ای متخلخل، دارای خاصیت جذب و دفع رطوبت (هیگروسکوپیک)، هرسونایکسان (آنیزوتروپ) و ناهمگن (هتروژن) است و مستعد حمله حشرات و مورانه‌ها به‌ویژه در محیط مرطوب می‌باشد. چوب نراد به عنوان یکی از پرکاربردترین سوزنی‌برگان در صنعت چوب ایران و نیز گونه راش به‌عنوان غالب‌ترین گونه پهن‌برگ بومی کشور برخلاف تمام مزیت‌هایی که دارند در برابر قارچ‌ها و حشرات از مقاومت پایینی برخوردار می‌باشد و اکثراً دچار پوسیدگی می‌گردد [۱]. در حقیقت، کاربردهای متنوع و نقش غیرقابل‌انکار چوب باعث شده که بشر جهت افزایش دوام و کیفیت ظاهری آن اقداماتی انجام دهد. از جمله این اقدامات رنگ‌کاری و پوشش دهی می‌باشد.

هدف از پوشش دهی سطوح چوبی علاوه بر بهبود زیبایی ظاهری آن کاهش تخریب خواص فیزیکی و مکانیکی چوب است. از آنجایی که ساختمان چوب فیبری - اسفنجی و عناصر آن رشته‌ای می‌باشد. لذا آمادگی پذیرش عوامل مخرب بیرونی مانند رطوبت، قارچ‌ها، حشرات و انواع آلودگی‌ها را دارد. بعلاوه، ترکیبات موجود در چوب مانند سلولز و همی سلولز هر دو نم‌گیر می‌باشند. به همین دلیل میزان رطوبت و اثرات ناشی از آن بر پوشش‌های رنگی و سطوح رنگ‌شده در سازه‌های چوبی ضروری می‌باشد [۲]. تغییرات رطوبت در چوب باعث تغییر در شکل و حجم، یا با اصطلاح نجاران، بازی کردن و تغییر وزن مخصوص و مقاومت آن می‌گردد. در نتیجه خواص چوب در تغییرات رطوبت هوا همواره در تغییر است [۳]. به عبارت دیگر،

و مقدار چسبندگی را افزایش داده اما استحکام کششی و دوام خارجی آن را کم می‌کند. برای ساخت لاک‌های نیترو سلولزی از سه نوع حلال از جمله: اول حلال‌های فعال مانند استرها و کتون‌ها و دوم حلال‌های پنهان مانند الکل‌ها و سوم رقیق‌کننده‌ها مانند هیدروکربن‌های آروماتیک استفاده می‌شود. حلال این رنگ نیز تینر فوری است [۵-۸]. نیم‌پلی‌استر نیز جزء لاک‌های براق و از خانواده وارنیش‌ها می‌باشد و معمولاً از مخلوط آلکید کوتاه روغن غیرهوا خشک و رزین‌های اوره فرم آلدئید بوتیل تشکیل می‌شود. برای خشک شدن آن از یک کاتالیزور اسیدی استفاده می‌شود. نیم‌پلی‌استر در دو نوع مات و براق به بازار عرضه می‌شود. از این لاک برای جلا دادن و صیقل شدن سطح کار استفاده می‌شود. این لاک‌ها نیاز به پولیش ندارند با تینر فوری رقیق می‌شوند [۹]. استفاده از نانوذرات با توجه به اندازه ذرات بسیار ریز، مساحت سطح بالا، واکنش‌پذیری بالا می‌توان ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی چوب را بهبود بخشید. در اثر استفاده از نانوذرات سطح ویژه (سطح تماس بین ذرات) افزایش یافته و مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات انجام‌گرفته توسط [۱۰، ۱۱]. نشان می‌دهد که با استفاده از نانو ذرات می‌توان مقاومت چوب را در مقابل رطوبت افزایش داد. نانو پوشش‌ها خواص مختلفی از جمله خاصیت ضد فرسایش، ضد سایش و ضد رطوبت دارند [۱۲-۱۴]. پوشش دادن سطح چوب با ترکیبات پلی‌ولفین اصلاح‌شده با نانوزیرکونیم<sup>۱</sup> به دلیل افزایش زاویه تماس آب، مقاومت آن را نسبت به جذب آب افزایش می‌دهد [۱۴]. استفاده از نانوذرات فلزی با ضرایب رسانایی حرارتی<sup>۲</sup> بالا برای بهبود برخی ویژگی‌های چوب‌های ماسیو و مواد کامپوزیت چوبی استفاده می‌شوند [۱۵، ۲].

هدف از این پژوهش بررسی و اندازه‌گیری مقاومت‌های چسبندگی رنگ‌های شفاف از جمله مقاومت به جذب رطوبت و در چوب ماسیو با استفاده از نانو ذرات و همچنین اتخاذ تدابیر لازم جهت تقویت مقاومت‌های پوشش‌های

وجود رطوبت در چوب می‌تواند باعث تحریک و ایجاد شرایط مناسب برای حمله عوامل مخرب زیادی مانند انواع قارچ‌ها، کپک‌ها و ... گردد. در چنین شرایطی پوشش آن بارنگ‌های شفاف، کمک به بهبود خواص کاربردی چوب خواهد کرد، خصوصاً اگر در محیط‌هایی با نوسانات شرایط آب و هوایی زیاد واقع گردد. پوشش‌های رنگی یکی از عواملی است که بسیاری از خواص فیزیکی و مکانیکی چوب و سازه‌های چوبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از جمله این خواص می‌توان به قابلیت جذب و دفع رطوبت که منجر به واکنش‌دهی و هم‌کشیدگی (تغییر شکل) سازه چوبی می‌شود و جذب آلودگی مانند چربی‌ها اشاره کرد. با توجه به این‌که منابع تولید چوب در جهان به دلایل مختلف از جمله قطع بی‌رویه درختان، تغییرات آب‌وهوایی و آتش‌سوزی روزبه‌روز در حال کاهش می‌باشد؛ و از طرفی دیگر افزایش جمعیت نیز تقاضای مصرف چوب و فرآورده‌های چوبی را بالا برده، پس ضروری می‌باشد که برای تأمین این تقاضا هم از جنگل محافظت نمود و هم چوب آلات مصرفی را در مقابل عوامل مخرب فیزیکی و مکانیکی مانند خراش، آلودگی، ضربه و رطوبت محافظت کرد. استفاده از نانو تکنولوژی در رنگ باعث افزایش کیفیت رنگ و کاهش مصرف آن می‌گردد [۴]. رنگ‌کاری چوب به دلایل مختلفی از جمله: زیبایی، پنهان شدن معایب، جلوگیری از نفوذ حشرات موذی، رطوبت و حفاظت در مقابل صدمات مکانیکی انجام می‌شود. برای رنگ‌آمیزی رنگ‌های مختلفی وجود دارند که بسته به نوع رنگ‌آمیزی انتخاب می‌شوند. انواع رنگ‌های پرکاربرد مورد استفاده عبارتند از سیلر، کیلر، نیم‌پلی‌استر. سیلر به رنگ کرم می‌باشد و جهت پر کردن منافذ و خلل و فرج چوب قبل از رنگ نهایی استفاده می‌شود. حدوداً ۱۵ دقیقه تا ۲ ساعت طول می‌کشد تا خشک شود و با تینر فوری رقیق می‌شود و نباید در کنار حرارت مستقیم یا زیر نور مستقیم خورشید استفاده شود چون باعث طبله زدن می‌شود [۵]. کیلر جزء وارنیش‌ها بوده و در دسته لاک‌های نیترو سلولزی قرار دارند. اجزای اساسی رنگ‌ها و لاک‌های نیترو سلولزی عبارتند از خودرنگ پایه سلولوزی که قدرت و سختی به آن می‌دهد و یک رزین سخت که معمولاً صمغ استر یا رزین طبیعی است و درصد برق فیلم

<sup>1</sup> Nano zirconium-modified-polyolefin

<sup>2</sup> Thermal conductivity coefficients

شهید رجایی منتقل شد. همه الوارها به علت داشتن رطوبت بالاتر از نقطه اشباع فیبر (FSP) مطابق برنامه چوب خشک‌کنی با کد T<sub>6E3</sub> (جدول ۱) تا رطوبت نسبی ۸ درصد خشک شدند، سپس الوارها در کارگاه به ابعاد مناسب‌تر با استفاده از اره نواری برش داده شد و در نهایت تخته‌های با ابعاد ۴۲۰×۹۰×۲۰ میلی‌متر تهیه شد. تخته‌های بریده‌شده برای متعادل‌سازی رطوبت، در اتاق کلیما در دمای ۲۰ °C و رطوبت نسبی (RH) ۶۴ درصد قرار داده شدند تا به رطوبت تعادل ۱۲ درصد برسند.

رنگی بر روی چوب در راستای کاهش جذب رطوبت و در نتیجه بهبود ثبات ابعادی چوب می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### مواد

### گونه‌های مصرفی

الوارهای نراد و راش مورد استفاده از منطقه طالقان استان البرز و الوار صنوبر از منطقه گلپایگان تهیه شد و به کارگاه و آزمایشگاه گروه صنایع چوب دانشگاه تربیت دبیر

جدول ۱- برنامه مورد استفاده برای خشک کردن چوب نراد، راش و صنوبر (کد T<sub>6E3</sub>)

رطوبت تعادل (درصد)	رطوبت نسبی (درصد)	اختلاف دمای تر و خشک (°C)	دمای تر (°C)	دمای خشک (°C)	رطوبت گونه چوبی (درصد)
۱۸/۴	۸۴	۳	۴۶	۴۹	بیشتر از ۶۰
۱۶	۸۰	۴	۴۵	۴۹	۶۰
۱۲/۹	۶۹	۶	۴۳	۴۹	۵۰
۹/۸	۵۳	۱۰	۳۹	۴۹	۴۰
۵/۱	۲۲	۱۹	۳۰	۴۹	۳۵
۱/۴	۱۰	۲۸	۲۶	۵۴	۳۰
۲/۵	۱۴	۲۸	۳۲	۶۰	۲۵
۱/۶	۱۸	۲۸	۳۷	۶۵	۲۰
۶/۳	۲۵	۲۸	۵۴	۸۲	۱۵
۶/۳	۲۵	۲۸	۵۴	۸۲	۱۰
۶/۳	۲۵	۲۸	۵۴	۸۲	۸
۹	۵۰	۱۸	۶۴	۸۲	متعادل‌سازی
۱۴/۱	۸۰	۸	۷۴	۸۲	مشروط‌سازی

درصد ماده‌ی خشک برای رنگ‌کاری ۱۱ درصد بودند. مشخصات رنگ‌های مصرفی در جدول ۲ نشان داده شده است.

### رنگ‌های مصرفی

در این تحقیق از رنگ‌های سیلر، کیلر و نیم پلی‌استر براق بر پایه‌ی رزین آلکید استفاده شد. رنگ‌های مصرفی از کارخانه‌ی صنایع رنگ و رزین پارس اشن تهیه شدند و

جدول ۲- مشخصات رنگ‌های مورد استفاده

نوع رنگ	حجم خشک (درصد)	حلال	رنگ	زمان خشک شدن اولیه (دقیقه)
سیلر	۳۷/۸	تینر فوری	شیری	۲۰
کیلر	۴۲/۵	تینر فوری	شفاف	۲۰
نیم پلی‌استر	۶۵/۲	تینر فوری	شفاف	۲۰

## نانو ولاستونیت

ولاستونیت یک متاسیلیکات کلسیم سوزنی شکل بارنگ سفید تا خاکستری یا قهوه‌ای می‌باشد. این ماده طبیعی با فرمول شیمیایی  $\text{CaSiO}_3$  و ترکیب شیمیایی شامل  $\frac{48}{3}$  درصد اکسید کلسیم و  $\frac{51}{7}$  درصد اکسید سیلیسیم می‌باشد که باهدف اصلی افزایش مقاومت‌های مکانیکی چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. نانو ولاستونیت مورد استفاده در این پژوهش به صورت پودر از شرکت فرآورده‌های صنعتی ورد در استان خراسان جنوبی تهیه گردید. محدوده ابعاد نانوالیاف ولاستونیت ۳۰ تا ۱۱۰ نانومتر بود.

## نحوه ترکیب رنگ‌ها با نانو ولاستونیت، تیمار حرارتی و رنگ‌کاری نمونه‌ها

پودر نانو ولاستونیت ابتدا در مقدار تینر مصرفی جهت رقیق کردن رنگ‌ها حل شد، سپس محلول حاصل به رنگ‌ها اضافه شود و توسط دستگاه اولتراسونیک مخلوط گردید. سپس نمونه‌ها در داخل اتو اتو روشن شده در دمای  $185^{\circ}\text{C}$  به مدت ۴ ساعت قرار گرفتند. در نهایت، رنگ‌کاری به روش اسپری توسط پیستوله انجام شد.

## اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی

### آزمون مقاومت به جذب آب

پس از خشک شدن پوشش‌های رنگی، مقاومت به جذب آب نمونه‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مطابق با استاندارد EN ۹۲۷-۵ (۲۰×۷۰×۱۵ میلی‌متر) اندازه‌گیری شد.

### آزمون مقاومت مکانیکی

آزمون مکانیکی آزمون چسبندگی کششی (Pull-Off) طبق استاندارد ASTM D 4541 انجام شد. در روش‌های مکانیکی، چسبندگی به وسیله اعمال یک نیرو به پوشش اندازه‌گیری می‌شود.

## آنالیز آماری

نتایج با نرم‌افزار آماری SPSS مورد آنالیز قرار گرفت. از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده

شد. برای بررسی اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر، نتایج با استفاده از آزمون فاکتوریل در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین گروه‌ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد.

## نتایج و بحث

### مقایسه چسبندگی کششی<sup>۳</sup>

#### اثر مستقل نوع گونه چوبی و نوع رنگ بر مقاومت

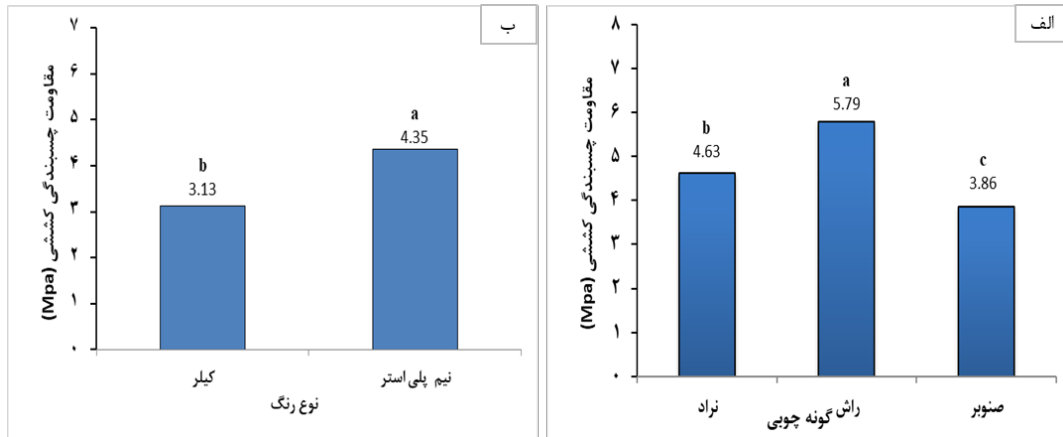
#### چسبندگی کششی (Pull-Off)

نتایج بررسی تأثیر مستقل گونه چوبی بر شاخص مقاومت چسبندگی کششی نشان داد که بیشترین مقدار مقاومت چسبندگی کششی ( $5.79 \text{ MPa}$ ) مربوط به گونه-ی راش بوده و کمترین مقدار مقاومت چسبندگی کششی ( $3.86 \text{ MPa}$ ) نیز مربوط به گونه‌ی صنوبر می‌باشد (شکل ۱الف)). به عبارت دیگر، در بررسی حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها گونه راش، نراد و صنوبر مشخص گردید که به‌طور کلی راش تیمار شده با نانو و بدون نانو مقاومت چسبندگی به مراتب بهتری در مقایسه با نراد و صنوبر داشته است. در آزمایشات مشابه که بر روی گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ انجام دادند به این نتیجه رسیدند که گونه پهن‌برگ به مراتب مقاومت چسبندگی بهتری داشته‌اند که دلیل اصلی آن ساختار متفاوت آن‌ها (بافت، مواد استخراجی، چوب برون، چوب درون، و غیره...) می‌باشد [۱۸]. نتایج بررسی تأثیر مستقل نوع رنگ مصرفی بر مقاومت چسبندگی کششی بیانگر آن است که رنگ‌های نیم پلی‌استر به‌طور معنی‌داری بیشترین شاخص مقاومت چسبندگی کششی را در مقایسه بارنگ کیلر نشان داده‌اند (شکل ۴ ب)). شاید دلیل اصلی چسبندگی بالای رنگ نیم پلی‌استر ساختار متفاوت آن در مقایسه بارنگ‌های سیلر کیلر باشد که باعث می‌شود که واکنش پلیمریزاسیون روی سطح چوب را کامل شود و پیوند شیمیایی با چوب ایجاد گردد. در نتیجه چسبندگی قوی‌تری روی سطح ایجاد کند. نتایج فوق مطابق با نتایج Hags و Knospe، ۲۰۰۸ می‌باشد [۱۷]. آنها در تحقیقشان به ارزیابی تأثیر استیلاسیون چوب راش بر کاهش میزان چسبندگی سطحی رنگ‌های شفاف سیلر-

<sup>3</sup> Pull-Off

در مقایسه با پوشش رنگ سیلر- کیلر دارای مقاومت چسبندگی بالاتری است.

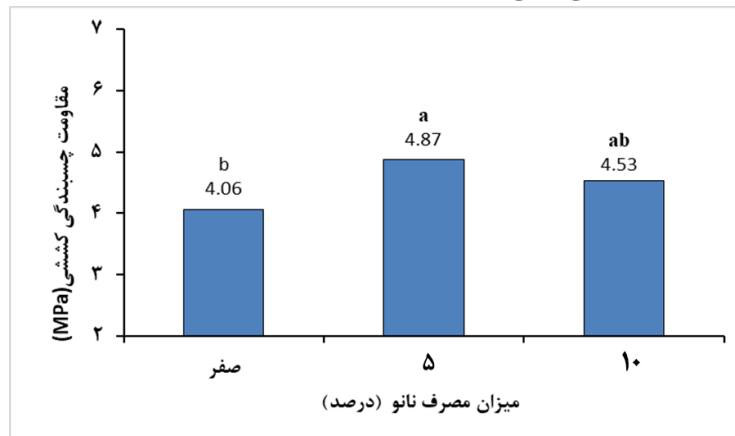
کیلر و نیم پلی استر پرداختند. نتایج به دست آمده آن‌ها نشان داد که استفاده از پوشش رنگ سیلر- نیم پلی استر



شکل-۱ الف) تأثیر مستقل نوع گونه چوبی و (ب) تأثیر مستقل نوع گونه چوبی بر مقاومت چسبندگی کششی

مصرف نانو می‌باشد. بیشترین درصد از دست دادن چسبندگی مربوط به نانو ولاستونیت ۵ درصد بوده و کمترین درصد از دست دادن چسبندگی مربوط به نانو ۰ درصد می‌باشد (شکل ۲).

اثر مستقل مصرف نانو بر مقاومت به چسبندگی بین مقادیر مربوط به میزان مصرف نانو بر درصد از دست دادن چسبندگی در سطح اعتماد ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. یعنی به احتمال بیش از ۹۵ درصد تغییرات درصد از دست دادن چسبندگی ناشی از میزان



شکل ۲. تأثیر مستقل میزان بر مقاومت چسبندگی کششی

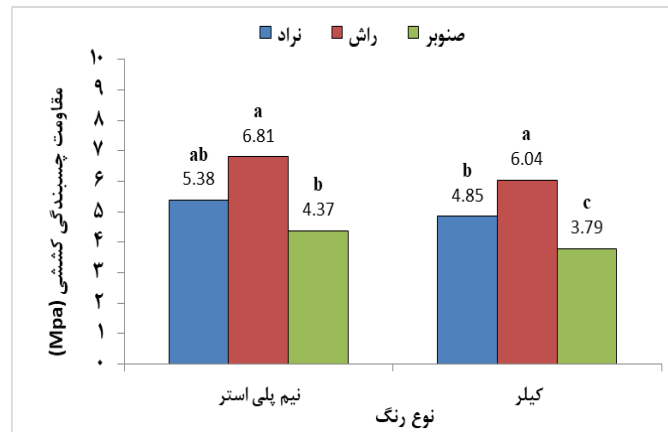
اساس نتایج به دست آمده، در گونه‌های راش و نراد، تغییر نوع رنگ تأثیر معنی‌داری بر شاخص مقاومت چسبندگی کششی نشان نداد و نتایج آزمون نیز این تیمارهای آزمایشی را در یک گروه مشابه قرار داده است. همچنین در رنگ‌های مختلف مورد بررسی، گونه راش (بارنگ نیم پلی استر) و سنوبر (بارنگ کیلر) به ترتیب بیشترین و

تأثیر متقابل گونه‌ی چوبی و نوع رنگ بر مقاومت چسبندگی کششی (Pull-Off)

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، اثر متقابل گونه‌ی چوبی و نوع رنگ بر مقاومت چسبندگی کششی در سطح اعتماد ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بر

را بر روی گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ با درصد رطوبت مختلف را بررسی نمودند و گزارش کردند که بهترین مقاومت چسبندگی در گونه‌های پهن‌برگ بارنگ نیم پلی‌استر بوده است.

کمترین مقادیر مقاومت چسبندگی کششی را نشان داده است به طوری که این مقادیر به ترتیب  $6/81$  MPa و  $3/79$  می‌باشند. در مقایسه با این پژوهش [۷]. مقاومت چسبندگی پوشش‌های سیلر - نیم پلی‌استر و سیلر - کیلر



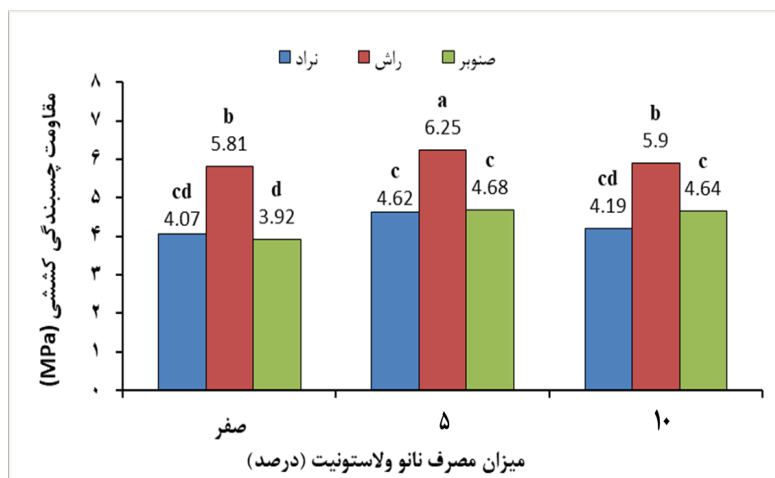
شکل ۳- میانگین اثر متقابل گونه چوبی و نوع رنگ مصرفی بر مقاومت چسبندگی کششی

مصرف آن نسبتاً تأثیر به مراتب بهتری برافزایش مقدار مقاومت چسبندگی کششی داشته است هر چند در سطح مصرف ۱۰ درصد، مقاومت چسبندگی کششی در تمامی گونه‌های مورد مطالعه نیز کاهش یافته است. در مجموع در سطوح مختلف نانو ولاستونیت، گونه چوبی راش و همچنین در تمامی گونه‌های چوبی مورد بررسی، استفاده از ۵ درصد نانو ولاستونیت بیشترین مقادیر مقاومت چسبندگی کششی را نشان داده‌اند.

#### تأثیر متقابل گونه‌ی چوبی و سطوح مختلف نانو

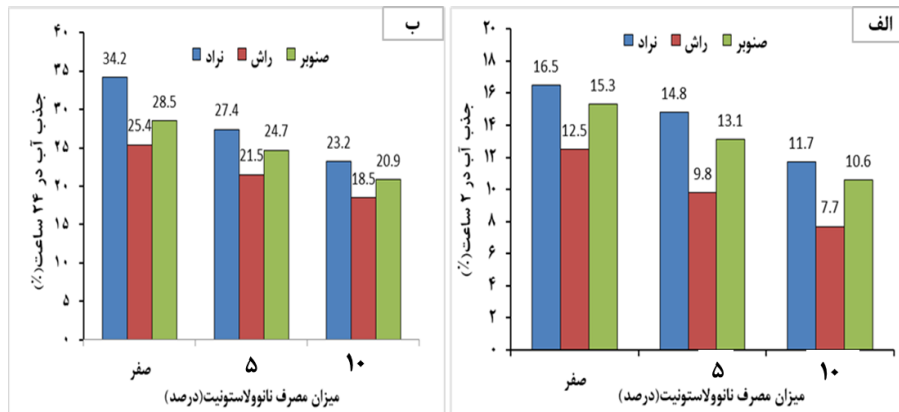
##### بر مقاومت چسبندگی کششی

نتایج تجزیه و تحلیل آماری اثر متقابل گونه چوبی و سطوح مختلف نانو ولاستونیت بر مقاومت چسبندگی کششی حاکی از اختلاف معنی‌دار این شاخص اندازه‌گیری شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد می‌باشد (شکل ۴). در گونه چوبی راش، استفاده از نانو ولاستونیت و تغییر میزان



شکل ۴. میانگین اثر متقابل گونه چوبی و میزان مصرف نانو ولاستونیت بر مقاومت چسبندگی کششی

صنوبر بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد. همچنین در شکل ۵ (الف و ب) مشاهده می‌گردد، با افزایش مقدار نانو تا حد ۵ درصد، جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت گونه‌های چوبی کاهش داشت. به نحوی که کمترین مقدار جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری، مربوط به استفاده از ۵ درصد نانو و گونه چوبی راش بود که نسبت به نمونه شاهد خیلی کاهش داشت.



شکل ۵. میانگین اثر متقابل گونه چوبی و مقدار نانو مصرفی بر جذب آب ۲ ساعت (الف) و جذب آب ۲۴ ساعت (ب)

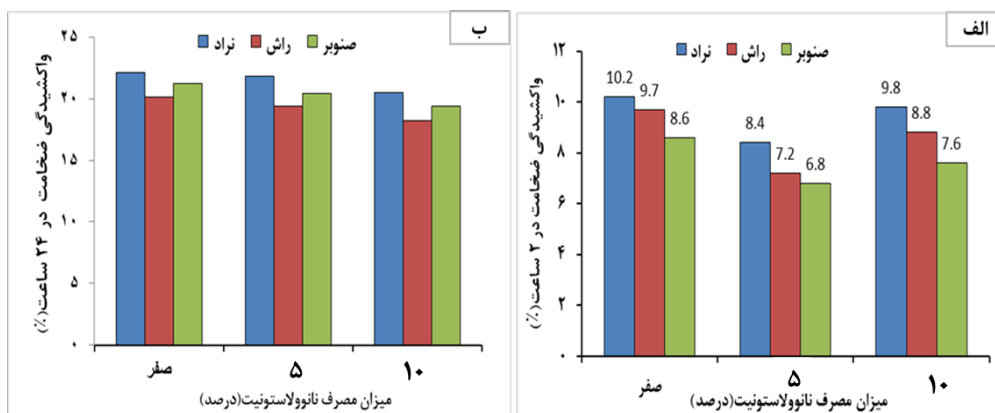
این شکل مشاهده می‌گردد، با افزایش مقدار صفر تا ۱۰ درصد، واکنشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت گونه‌ها کاهش یافت. مطابق نتایج گروه‌بندی دانکن بین مقدار واکنشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت تخته‌های حاوی ۱۰ درصد در گونه راش با سایر تیمارها در سطح اطمینان آماری ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار بود. شایان‌ذکر است که دلیل این کاهش می‌تواند به خاطر حضور نانو و لاستونیت باشد که باعث می‌شود میزان نم‌پذیری و نفوذپذیری را کاهش داد چون یکی از خصوصیات اصلی و مهم نانولاستونیت خاصیت ضدآب بودن است [۱۹، ۴].

## بررسی ویژگی‌های فیزیکی گونه‌های چوبی جذب آب

جذب آب در گونه‌های چوبی از ویژگی‌های مهمی است که مصارف نهایی این قبیل گونه‌های چوبی را تعیین می‌کند. آزمایش ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقدار جذب آب توسط گونه‌های چوبی و تأثیر آن را بر ابعاد فرآورده را مشخص می‌کند. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تأثیر مقدار نانو در گونه‌های راش، نراد و

## واکنشیدگی ضخامت

واکنشیدگی ضخامت یکی از خصوصیات فیزیکی حائز اهمیت می‌باشد که میزان پایداری ابعاد گونه‌ها را در برابر آب مشخص می‌کند و در تعیین کاربرد آن بسیار مؤثر است [۴]. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تأثیر مقدار نانو بر واکنشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت گونه‌های ساخته‌شده در سطح اطمینان آماری ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد. مقادیر مربوط به واکنشیدگی ضخامت نمونه‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت در شکل ۶ (الف و ب) نشان داده شده است. همان‌طور که در



شکل ۶. میانگین اثر متقابل گونه چوبی و مقدار نانو مصرفی بر واکنش‌دهی ضخامت ۲ ساعت (الف) و واکنش‌دهی ضخامت ۲۴ ساعت (ب)

### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی با توجه به نتایج این تحقیق، از بین گونه‌های راش، نراد و سنوبر، راش تیمار شده با نانو و بدون نانو مقاومت چسبندگی به مراتب بهتری در مقایسه با نراد و سنوبر داشت. همچنین، عملکرد رنگ نیم‌پلی‌استر در مقایسه با رنگ کیلر بر روی مقاومت چسبندگی کششی بهتر بود. بعلاوه، از بین سطوح مختلف نانو ولاستونیت بکار رفته در پوشش‌های رنگی مشخص شد که در مجموع سطح ۵ درصد مقاومت چسبندگی بالاتر نسبت به بقیه سطوح داشته است و کمترین چسبندگی مربوط به نمونه‌های شاهد بود. شایان ذکر است که دلیل این کاهش می‌تواند به خاطر حضور نانو ولاستونیت باشد که باعث می‌شود میزان نم‌پذیری و نفوذپذیری را کاهش داد چون یکی از خصوصیات اصلی و مهم نانو ولاستونیت خاصیت ضدآب

بودن است که این بهبود در سطوح بالاتر نانو ولاستونیت به واسطه کلوخه شدگی احتمالی ضعیف بوده است. ارزیابی چشمی نمونه‌های رنگ‌کاری شده بیانگر این بود که نمونه‌هایی که با نانو ولاستونیت ۵ درصد تیمار شدند دارای رنگ کدرتری نسبت به نمونه شاهد بودند. در نهایت، نتایج نشان داد که با تغییر در درصد نانو ولاستونیت، جذب آب ناشی از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب تغییر کرد به عبارت دیگر به‌طور کلی، با افزایش نانوذرات جذب آب تخته‌ها کاهش یافت. در این گروه‌بندی تخته‌های بدون نانو (شاهد) در گروه C بیشترین میزان جذب آب و تخته‌های با نانو ولاستونیت ۵ درصد در گروه A کمترین میزان جذب آب قرار دارند که در مقایسه با نمونه شاهد جذب آب کاهش یافت.

### منابع

- [1] Ebrahimi, Gh. 1997. Mechanics of wood and its composite products. University of Tehran Press. (In Persian)
- [2] Asadi, A. 1392. The effect of nanosilver treatment on the gas permeability of beech wood and determining the correlation with color resistance, M.Sc. Thesis, Faculty of Civil Engineering, Tarbiat Dabir Shahid Rajaei University. (In Persian)
- [3]- Gholamian, H., 1389. Increasing the resistance to water absorption and weathering of wood by using nano-zycosyl and nano-zycophiles and colored coatings. M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. (In Persian)
- [4] Gholamian, H., Tarmian, A., Doost Hosseini, K. and Azad Fallah, M. 2010. Hydrophobicity of poplar wood using transparent dyes reinforced with zycophilic zycosyl nanoparticles. Iranian Journal of Wood and Paper Sciences and Industries.



- [5] Keshani, A. 2006. Comparison of the performance of polyester, semi-polyester and sealer and killer coatings. Applied properties of wood furniture and beech plywood. M.Sc., Faculty of Natural Resources, University of Tehran. (In Persian)
- [6] Kashani, A., Moradian, S., 2010. The effect of nano-alumina on the physical-mechanical properties of a transparent coating based on water-based acrylic resin. *Journal of Color Science and Technology*. 4, 169-174. (In Persian)
- [7] Maanavi, Gh. Ghofrani, M., 2012. Investigation of adhesion resistance of transparent paints (sealer-killer, semi-polyester) Massive furniture surfaces made of beech, mulch, alder and spruce wood species. *Iranian Journal of Wood and Paper Sciences*, 27(4)753-743. (In Persian)
- [8] Chang, Ting, H. Feng Yeh, T. Tzen Chang. S.2002. Comparisons of chemical characteristic variations for photodegraded softwood and hardwood with/without 6polyurethane clear coatings. *Polymer Degradation and Stability*. 77. 129-135.
- [9] Anonymous., 1980. Structure of Wood; United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, March 1980; FPL-04.
- [10] Ash, B. J., D. F. Rogers, C. J. Wiegand, L. S. Schadler, R. W. Siegel, B. C. Benicewicz, and T. Apple. 2002. Mechanical behavior of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/polymethylmethacrylate nanocomposites. *Polym. Compos*. 23, 1014-1019.
- [11] Amerio, E., M. Sangermano, G. Colucci, G. Majucelli, M. Messori, R. Taurino, and P. Fabbri. 2008. Preparation and characterization of hyperbranched polymer/silica hybrid nanocoatings by dual-curing process. *Macromol. Mater. Eng*. 293, 700-707.
- [12] Eldwson, T., Bergstrom, and M. Hamalainen. 2003. Moisture dynamics in Norwayspruce and scots pin during outdoor exposure in relation to different surface treatments and handling condition *Holzforschung*. vol 57:219-227.
- [13] Kollmann, F.P., 1984. *Solid Wood, Principles of Wood Science and Technology*, Reprint Springer-Verlag, Tokyo, 1: 180.
- [14] Stamm, A.J. and Millett, M.A. 1940. The Interior Surface of Cellulosic Materials. Presented at the Seventeenth Colloid Symposium, held at Ann Arbor, Michigan, June 6-8. Pp: 43-45.
- [15] Chen, Y., S. Zhou, G. Chen, and L. Wu. 2005. Preparation and characterization of polyester/ silica nanocomposite resins, *Prog. Org. Coat*. 54 -120-126.
- [16] Kashani, A., and S. Moradian. 2010. Effects of nano alumina on some physical and mechanical properties of an acrylic water based clear coat. *J. Color Sci. Tech*. 4, 169-174.
- [17] Hagas, J. and M. Knospe. 2008. Wear resistance of acrylic coatings, [http://www.BYK\\_Chemie.com/coatings/wear](http://www.BYK_Chemie.com/coatings/wear), accessed online Feb.
- [18] Kaygin, B, E .Akgun.2008. Comparison of Conventional Varnishes with Nanolack UVVarnish with Respect to Hardness and Adhesion Durability, *Int. J. Mol. Sci*. 9: 476-485.
- [19] Kardar, P., M. Ebrahimi, and S. Bastani. 2008. Study the effect of nano-alumina particles on physical-mechanical properties of UV cured epoxy acrylate via nano-indentation. *Prog. Org. Coat*. 62, 321-325.

## The effect of nano-wollastonite on moisture resistance in clear-sealer and sealer-semi-polyester paints on *Fagus orientalis*, *Abies* sp. and *Populus* sp.

### Abstract

In furniture production, polishing processes are very important for the technical, economic, and aesthetic performance of wood materials. Thus, surface coating with paints can protect wood against specific environmental factors such as moisture, changes in dimensions, and degradation by microorganisms including fungi. This study aimed to investigate the effect of nano-wollastonite (0, 5, and 10%) on moisture resistance in clear-sealer and sealer-semi-polyester paints on *Fagus orientalis*, *Abies* sp, and *Populus* sp. The results showed that among the studied species, beech treated with nano and without nano had better adhesion resistance compared with *Abies*. Also, the performance of semi-polyester paint was better on tensile strength compared with clear paint. Finally, the highest adhesion resistance was related to the 5% nano-wollastonite.

**Keywords:** Mechanical resistance, semi-polyester, clear-sealer coating, nano-wollastonite.

M. Arefi<sup>1\*</sup>  
H. Taghiyari<sup>2</sup>  
H. Pirayesh<sup>3</sup>

<sup>1</sup> M.Sc., Department of Wood Industry Faculty of Civil Engineering Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Wood Industry Faculty of Civil Engineering Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Ph.D., Student, Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:  
[majidarefi56@gmail.com](mailto:majidarefi56@gmail.com)

Received: 2021/01/16  
Accepted: 2021/03/17