

بررسی اثر نانو ذرات آلومینا بر مقاومت چسبندگی پوشش‌های شفاف سیلر - کیلر، سیلر - نیم‌پلی‌استر و پلی‌اورتان روی گونه‌های چوبی گردو و نوئل

محمد غفرانی

- استاد، گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران. پست الکترونیک: Ghofrani@srttu.edu

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۱

تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۰

چکیده

در این مطالعه با افزودن نانو ذرات آلومینا به پوشش‌های شفاف (سیلر- کیلر، سیلر- نیم‌پلی‌استر و پلی‌اورتان)، تغییرات مقاومت چسبندگی کششی روی گونه‌های چوبی گردو (*Juglans regia*) و نوئل (*Picea Spp.*) بررسی شد. برای این منظور، تخته‌های مورد نظر با ابعاد ۳۰۰×۱۰۰×۱۰ میلی‌متر برش داده شدند. سپس به مدت یک ماه با رعایت اصول چوب خشک‌کنی در هوای آزاد، در کوره چوب خشک‌کنی تا رطوبت ۸ درصد خشک شدند. پس از پرداخت نمونه‌ها، شفاف‌پوشه‌های تیمار شده با نانو آلومینا به روش پنوماتیکی با پیستوله بر روی سطوح نمونه‌ها انتقال داده شد. آزمون مقاومت چسبندگی بر روی نمونه‌ها انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقاومت چسبندگی مربوط به پوشش پلی‌اورتان با ۶ درصد نانو آلومینا، در گونه چوبی گردو و کمترین مقاومت چسبندگی مربوط به پوشش سیلر- کیلر نمونه شاهد بدون نانو، استفاده شده بر روی گونه چوبی نوئل است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از کنترل غلظت نانو آلومینا در یک حد معین، می‌توان مقاومت چسبندگی پوشش‌های شفاف به سطح چوب را افزایش داد. همچنین بهبود و افزایش مقاومت چسبندگی پوشش به سطح چوب می‌تواند منجر به افزایش مقاومت و دوام پوشش شده، در نتیجه آن طول عمر سازه مبلمان و محصولات چوبی در حال سرویس افزایش یافته که علاوه بر آن می‌توان از هدررفت سرمایه عظیمی مانند چوب جلوگیری کرد و باعث کاهش هزینه‌های خانواده و مصرف چوب در جامعه گردید.

واژه‌های کلیدی: نانو آلومینا، مقاومت چسبندگی، پوشش شفاف، سیلر- کیلر، گردو.

مقدمه

افزایش جمعیت و در پی آن افزایش روزافزون مصرف چوب ماسیو در دهه‌های اخیر باعث افزایش قیمت آن شده است. یکی از راهکارهای صیانت از جنگل و استفاده اقتصادی و بهینه چوب، افزایش دوام چوب‌آلات و عمر مفید محصولات چوبی است. اگر سازه‌های چوبی بادوام شوند، می‌توانند موجب کاهش مصرف چوب شده، در نتیجه از جنگل‌ها حفاظت کرده و فرصت تجدید حیات جنگل را فراهم کنند. چوب با دارا بودن خصوصیاتی مانند ناهمگن بودن،

هرسونایکسانی، نپذیری و تغییر ابعاد در شرایط خاص تخریب می‌شود (Sjostrom, 1993; Stamm & Millett, 1940). ایجاد شرایطی مناسب برای مقاومت چوب در برابر تأثیر عوامل بیولوژیک (قارچ‌ها، کپک‌ها، حشرات و غیره) و عوامل فیزیکی و مکانیکی (نور خورشید، آب و رطوبت، سائیدگی و ...)، باعث استفاده مناسب از آن می‌شود. از چوب به دلیل ساختار ویژه، داشتن نقش و طرح‌های زیبای طبیعی در ساخت مبلمان، کابینت، دکوراسیون، آثار هنری و غیره استفاده بسیاری می‌شود. در صورت عدم محافظت مناسب

که تأثیر بر مقاومت چسبندگی روی گونه‌های چوبی را منجر می‌شوند مانند: سختی، ساختار سلولی، ترکیبات شیمیایی و مواد استخراجی (Kaygin & Akgun 2008). استفاده از پوشش‌های شفاف در سطح چوب، یکی از روش‌های افزایش کیفیت و زیبایی چوب و محصولات چوبی است. البته استفاده از پوشش‌های شفاف در سطح چوب علاوه بر حفظ زیبایی آن، یک لایه محافظ نیز بر روی سطح چوب تشکیل می‌دهد. کیفیت پوشش‌های اعمال شده روی سطوح چوب و همچنین چسبندگی مناسب آن به سطح چوب به‌طور مستقیم تحت تأثیر آماده‌سازی سطح چوب و عملیاتی که قبل از اعمال پوشش نهایی روی سطح آن اعمال می‌شود، قرار می‌گیرند. چسبندگی مناسب پوشش به سطح چوب از عوامل تأثیرگذار بر دوام و پایداری پوشش در سطح چوب است، به‌طوری‌که با بررسی و مطالعه عوامل تأثیرگذار بر مقاومت چسبندگی پوشش به سطح چوب و با از بین بردن و یا کاهش تأثیر عوامل منفی تأثیرگذار بر مقاومت چسبندگی پوشش به سطح چوب، می‌توان دوام محصول نهایی ساخته شده از چوب را افزایش داد. در بررسی‌های انجام شده نانو مواد می‌تواند به‌عنوان فراوری سطوح چوب و یا بهینه کردن خواص پوشش‌های سطح چوب در آینده کاربردهای وسیعی پیدا کند (Gholamian et al., 2011). یکی از نانو موادی که می‌توان از آن برای آماده‌سازی سطح چوب استفاده کرد، نانو ذرات آلومینا است. نانو آلومینا ماده‌ای محلول در آب و دوستدار محیط‌زیست است. هدف از این مطالعه، بررسی مقاومت چسبندگی پوشش‌های شفاف (سیلر- کیلر، سیلر- نیم پلی‌استر و پلی‌اورتان) تیمار شده با نانو آلومینا بر روی گونه‌های چوبی گردو و نوئل، برای تقویت چسبندگی پوشش به چوب و طولانی‌تر کردن دوام و پایداری پوشش‌های شفاف که یکی از عوامل مؤثر نمایان کردن نقش و نگار طبیعی چوب هستند، است.

مواد و روش‌ها

گونه چوبی

گونه‌های چوبی مورد مطالعه در این تحقیق گونه‌های

چوب بیشتر مقاومت‌های مکانیکی آن کاهش می‌یابد (Chin et al., 2005). پوشش دادن چوب با رنگ‌های مناسب یکی از راه‌های جلوگیری از تخریب چوب و افزایش عمر آن است. تحقیقات Xie و همکاران (۲۰۰۶)، بر روی تأثیر پرداخت و اصلاح سطح چوب با N-methylol بر خواص پوشش‌های رنگی پایه آب و حلال نشان داد که با اصلاح سطح چوب می‌توان خواص پوشش‌ها را افزایش داد. نتایج آماده‌سازی زیرآیند (سطح چوب) چهار گونه صنوبر (*Picea orientalis*)، کاج زرد (*Pinus sylvestris*)، راش (*Fagus orientalis*) و شاه بلوط (*Castanea sativa*) با مواد شیمیایی محلول آمونیاک، آب اکسیژنه و محلول آلکالین مس (ACQ) نشان‌دهنده این بود که آماده‌سازی سطح چوب با مواد شیمیایی ذکر شده باعث افزایش مقاومت چسبندگی در مقایسه با نمونه‌های شاهد می‌شود (Ozdemir et al., 2007). Ghofrani و Khojasteh Khosro (۲۰۱۳) طی مطالعه‌ای آماده‌سازی و چربی‌زدایی سطح چوب‌های چرب عناب و پسته را با تینر فوری ۲۰۰۰۰ و استون مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آنها بیانگر این بود که با آماده‌سازی مناسب و چربی‌زدایی سطح چوب‌های چرب با استون می‌توان مقاومت چسبندگی پوشش به سطح چوب را افزایش داد که نتیجه آن افزایش کیفیت و عمر آثار هنری مانند منبت و معرق که از چوب‌های چرب در ساخت آنها استفاده شده است. در مطالعات دیگر، Gholamian و همکاران (۲۰۱۰) و همچنین Gholamian و همکاران (۲۰۱۱)، بررسی بر روی تأثیر آمایش سطح چوب با نانو زایکوسیل بر خواص فیزیکی چوب انجام داده و بیان کردند که نانو زایکوسیل تأثیر قابل توجهی روی کاهش میزان نم‌پذیری، جذب آب و انتشار بخار آب در چوب دارد. حفاظت و پایداری یک محصول چوبی متأثر از انتخاب پوشش مناسب برای محافظت و ارائه جلوه و زیبایی آن است. با پوشش دادن چوب با مواد ضد آب و آب‌گریز می‌توان از نفوذ آب به درون چوب جلوگیری کرد و به‌این‌ترتیب از تأثیر منفی جذب آب در خواص کاربردی چوب کاست (Bagheri 2013). همچنین در بررسی تأثیر نوع گونه چوبی بیان شد که عوامل زیادی وجود دارند

سنباده درجه ۱۰۰، برای از بین رفتن گام‌های ناشی از آثار تیغه دستگاه رنده و در مرحله دوم با سنباده درجه ۱۸۰ سطح نمونه‌ها پرداخت شدند تا سطوح آنها کاملاً صاف و یکنواخت شده و برای اعمال پوشش آماده شوند.

پوشش شفاف

در این تحقیق از پوشش‌های شفاف (شفاف پوشه) سیلر و کیلر بر پایه نیترات سلولز و نیم پلی‌استر (براق) بر پایه رزین آلکید، ساخت کارخانه پارس اشن و همچنین پوشش شفاف پلی‌اورتان دو جزئی، رایج در رنگ‌کاری چوب استفاده شد (جدول ۱).

(*Juglans regia*) و نوئل (*Picea Spp.*) بودند. عامل مهم در انتخاب گونه‌های چوبی، کاربرد قابل توجه آنها در صنایع چوب، دکوراسیون، تزئینات داخلی و همچنین تولید انواع مبلمان از این چوب‌ها بوده است. در ایران بعد از چوب راش در ساخت مبلمان کلاسیک (استیل) به لحاظ دوام و زیبایی از چوب گردو استفاده می‌شود. نمونه‌های مورد آزمایش به ابعاد ۳۰۰×۱۰۰×۱۰ میلی‌متر از الوارهای خشک برش داده شد. چوب‌های تهیه شده ابتدا مدتی در هوای آزمایشگاه نگهداری و بعد در کوره چوب خشک‌کنی تا رطوبت ۸ درصد خشک شدند. در نهایت سطوح تمامی تخته‌ها توسط دستگاه سنباده لرزان، در دو مرحله پرداخت گردیدند. در مرحله اول با کاغذ

جدول ۱- خصوصیات پوشش‌های شفاف مورد استفاده و درصد افزودن نانو ذرات آلومینا

Table 1- Properties of transparent coatings, use and percentage of adding alumina nanoparticles

نوع پوشش	رنگ	مقدار اعمال پوشش (g/m ²)	درصد مواد جامد	تیمار با نانو نسبت به سطح خشک (درصد)	حلال	ساختار
Transparent coating type	Color	Amount of coating (g/m ²)	The percentage of solids	Nano treatment relative to dry surface (%)	solvent	Structure
سیلر sealer	شیری Milky	150±2	30	(0.3 and 6)	Thinner 10000 instant	یک جزئی* one minor*
کیلر Keeler	شفاف Clear	150±2	30	(0.3 and 6)	Thinner 10000 instant	یک جزئی one minor
نیم پلی‌استر Half polyester	شفاف Clear	150±2	45	(0.3 and 6)	Thinner 10000 instant	دو جزئی** two minor**
پلی‌اورتان Polyurethane	شفاف Clear	150±2	54	(0.3 and 6)	Thinner 10000 instant	دو جزئی two minor

*: پوشش با ساختار تک جزئی پوششی است که فقط با از دست حلال خود خشک می‌شود.

** : پوشش‌های دو جزئی برای خشک شدن نیاز به اضافه کردن ماده سخت‌کننده دارند، در واقع خشک شدن آنها منوط به افزودن سخت‌کن به آنها قبل از اعمال پوشش است.

*: The coating with a single-component structure is a coating that dries only by removing its solvent.

** : Two-component coatings require the addition of a hardener to dry, in fact, their drying depends on adding a hardener to them before applying the coating.

(سیلر- کیلر، سیلر- نیم پلی‌استر و پلی‌اورتان) اضافه گردید و به کمک دستگاه همزن مکانیکی به مدت ۴۵ دقیقه در دمای اتاق مخلوط شد (جدول ۲).

نانو ذرات و افزودن آن به پوشش‌های شفاف نانو آلومینای مورد استفاده در این تحقیق از شرکت نانو ساو خریداری شد. متوسط اندازه ذرات نانو آلومینا ۴۰ نانومتر بود. پودر نانو آلومینا نسبت به جرم خشک پوشش شفاف

جدول ۲- ویژگی‌های نانو ذرات آلومینا

Table 2- Properties of alumina nanoparticles

نوع نانو	چگالی در دمای ۲۵°C	رنگ	سطح تماس	اندازه ذرات	نوع حلال	اندازه ذرات
Nano type	gr/cm ³ Density at temperature 25 c° gr/m ³	Color	gr/m ³ contact surface gr/m ³	Particle size	Solvent type	Particle size
آلومینا Alumina	1.36	سفید White	200	30-40	آب Water	4-6 nm

انتقال پوشش‌های شفاف روی سطوح نمونه‌ها در این بررسی، پوشش به روش اسپری و توسط پیستوله انجام شد. برای این کار، ابتدا سطح نمونه‌های چوبی تمیز گردید. در مرحله بعد سیلر به‌عنوان پرکننده روی سطوح نمونه‌ها انتقال یافت. در هر مرحله نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند و بعد از خشک شدن با استفاده از کاغذ سنباده شماره ۴۰۰ سطوح نمونه‌های سیلر خورده برای برزگیری سنباده شدند. بعد از پاک کردن آلودگی و غبار سطوح نمونه‌ها، لایه پوشش اصلی اعمال گردید. کیلر به دلیل تک جزئی بودن بدون اضافه کردن ماده‌ای دیگر، توسط پیستوله روی سطوح نمونه‌های مربوط به آنها اسپری شد. پوشش نیم‌پلی‌استر براق به دلیل دو جزئی بودن آن، ۱۰ درصد کاتالیزور به‌عنوان ماده سخت‌کننده (هاردنر)، برای تسریع در خشک شدن به نیم‌پلی‌استر اضافه شد و توسط پیستوله بر روی نمونه‌ها اسپری گردید. پلی‌اورتان مورد استفاده در این تحقیق از نوع دو جزئی بوده که با جزء دوم، ماده سخت‌کننده (هاردنر) مخلوط شد و به‌وسیله پیستوله بر روی نمونه‌های مربوطه اسپری شد. پلی‌اورتان مصرفی در دو مرحله بر روی نمونه‌ها اسپری گردید.

۲۳±۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۵ درصد نگهداری شدند. سپس قطعه‌های استوانه‌ای (Dolly) از جنس آلومینیوم با قطر ۲۰ میلی‌متر به‌وسیله چسب اپوکسی دوجزئی ساخت کشور آلمان با میزان ۱۰±۱۵۰ گرم در هر مترمربع در شرایط دمایی محیط آزمایشگاه، روی سطح نمونه‌ها چسبانده و برای خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت در شرایط دمایی ذکر شده قرار گرفتند. مقاومت چسبندگی نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری چسبندگی خودکار PosiTest AT ساخت کشور آمریکا با سرعت کشش ۰/۳ مگاپاسکال در ثانیه اندازه‌گیری شدند. برای اطمینان از دقت نتایج، آزمون مقاومت چسبندگی روی هر نمونه ۶ بار تکرار شد.

طرح آماری

نتایج به‌دست‌آمده با نرم‌افزار آماری SPSS تحلیل شد. برای بررسی اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر (نوع گونه چوبی، درصد نانو آلومینا و نوع پوشش شفاف)، نتایج با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سطح اطمینان ۹۹ درصد مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایج

آزمون مقاومت چسبندگی کششی روی دو گونه چوبی گردو و نونل، پوشش‌های شفاف سیلر-کیلر، سیلر-نیم‌پلی‌استر و پلی‌اورتان با ترکیب نانو آلومینا با درصدهای ۰، ۳ و ۶ درصد انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس انجام شده در سطح اعتماد ۹۹ درصد در جدول ۳ ارائه گردیده است.

اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی

در این مطالعه برای بررسی چسبندگی پوشش به سطوح نمونه‌ها از روش تعیین مقاومت چسبندگی به‌صورت Pull-Off طبق استاندارد ASTM D-4541 استفاده شد. بدین‌صورت که برای اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی ابتدا نمونه‌های پوشش داده شده به مدت دو هفته در شرایط دمایی

طبق این جدول به غیر از تأثیر متقابل نوع پوشش و سطوح نانو ذرات و همچنین تأثیر متقابل تمامی عوامل متغیر (نوع گونه، سطوح نانو و نوع پوشش‌های شفاف) تمامی تأثیرات مستقل و متقابل در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بودند.

جدول ۳- تجزیه واریانس و اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر بر روی مقاومت چسبندگی

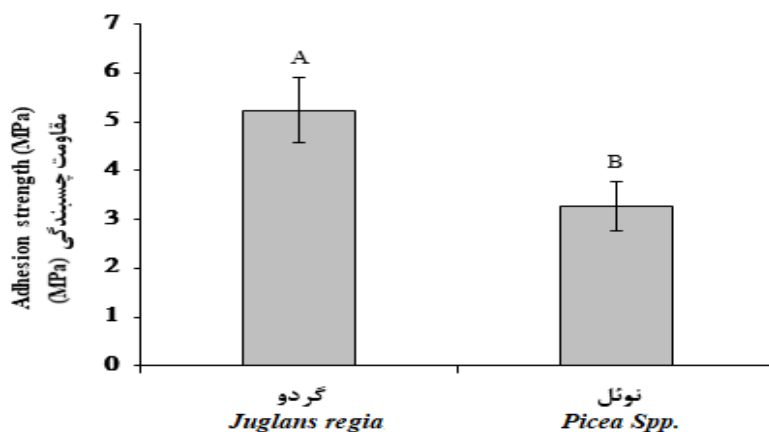
Table 3- Analysis of variance and independent and mutual effects of variable factors on adhesion strength

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات MS	F	Sig.
نوع گونه Species type	2	85.963	1988.833	0.000 **
نوع پوشش شفاف Transparent coating type	2	2.407	55.696	0.000 **
سطوح نانو Nano surfaces	2	1.902	44.002	0.000**
نوع گونه * نوع پوشش شفاف Species type * Clear cover type	2	0.902	20.787	0.000**
نوع گونه * سطوح نانو Species type * Nano levels	2	0.444	10.278	0.000**
نوع پوشش شفاف * سطوح نانو type of transparent coating * Nano surfaces	4	0.062	1.440	0.231 ^{ns}
نوع گونه * نوع پوشش شفاف * سطوح نانو Species type * Clear coating type * Nano levels	4	0.018	0.406	0.804 ^{ns}

** : significance at the 99% confidence level, ns: non-significance

ns: عدم معنی‌داری

** : معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد



شکل ۱- اثر نوع گونه چوبی بر مقاومت چسبندگی پوشش

Figure 1- The effect of wood species on coating adhesion strength

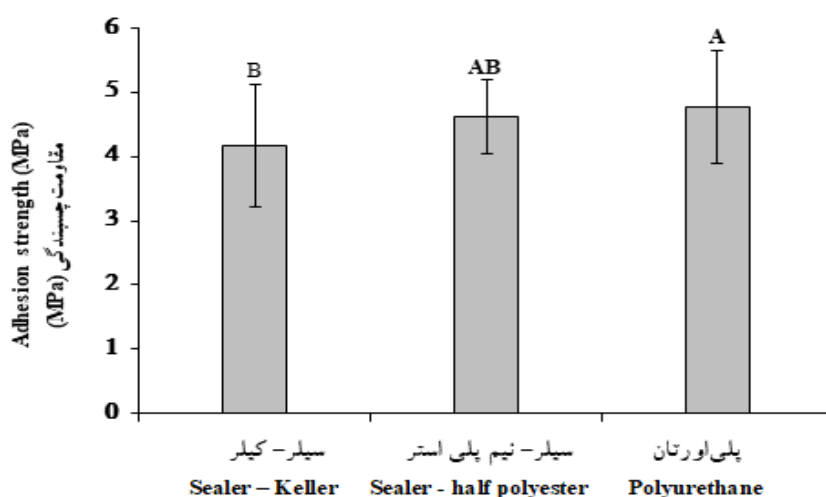
پوشش اعمال شده روی گونه گردو، مقاومت چسبندگی بالاتری (۵/۲۴ مگاپاسکال) نسبت به گونه نوئل (۳/۲۷)

نتایج حاصل از تأثیر مستقل نوع گونه چوبی در شکل ۱ آورده شده است. به طوری که در این شکل مشاهده می‌شود

کمترین چسبندگی نیز در پوشش سیلر-کیلر به دست آمد. گروه بندی دانکن انجام شده نیز پوشش های پلی اورتان و سیلر-کیلر را به ترتیب با بالاترین و کمترین مقاومت چسبندگی در گروه های A و B دسته بندی کرد.

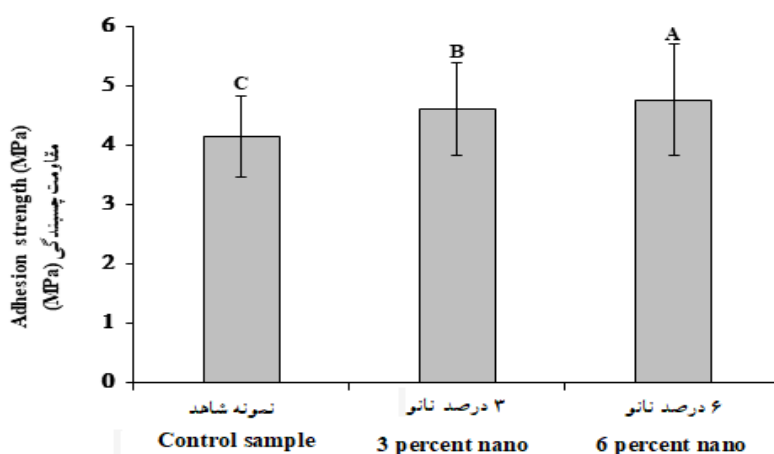
مگاپاسکال) داشته است که گروه بندی دانکن نیز با قرار دادن این گونه در گروه A مؤید این نتیجه است.

بررسی تأثیر مستقل نوع پوشش های شفاف اعمالی روی سطوح نمونه های چوبی بیانگر این بود که بالاترین چسبندگی پوشش مربوط به پوشش پلی اورتان با ۴/۷۷ مگاپاسکال بود.



شکل ۲- اثر نوع پوشش شفاف بر مقاومت چسبندگی

Figure 2- Effect of type of transparent coating on adhesion strength



شکل ۳- اثر درصد نانو ذرات آلومینا بر مقاومت چسبندگی

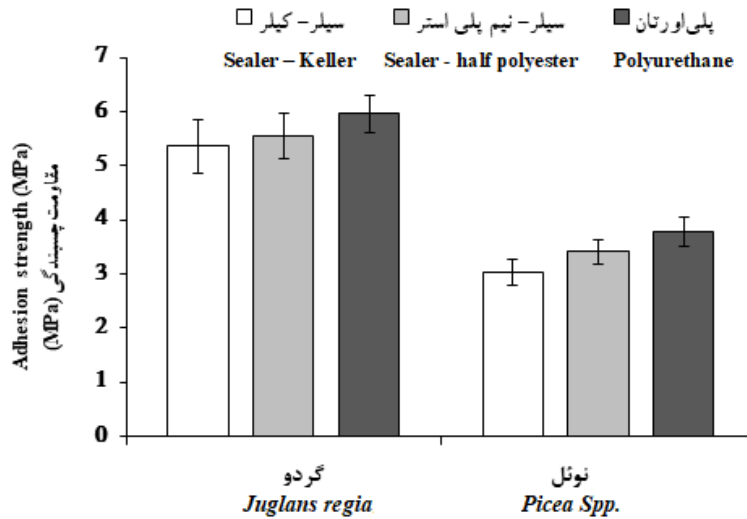
Figure 3- The effect of the percentage of alumina nanoparticles on adhesion strength

نانو ذرات از ۰ تا ۶ درصد باعث افزایش ۱۵ درصدی چسبندگی پوشش ها شده است. البته میزان ۳ درصد نانو نیز افزایش معنی دار چسبندگی را در پی داشته است. گروه بندی نتایج نیز نشان

نتایج حاصل از بررسی تأثیر افزودن نانو ذرات آلومینا بر مقاومت چسبندگی پوشش نشان داد که این نانو ذرات تأثیر قابل توجهی بر مقاومت چسبندگی داشتند. به طوری که افزایش میزان

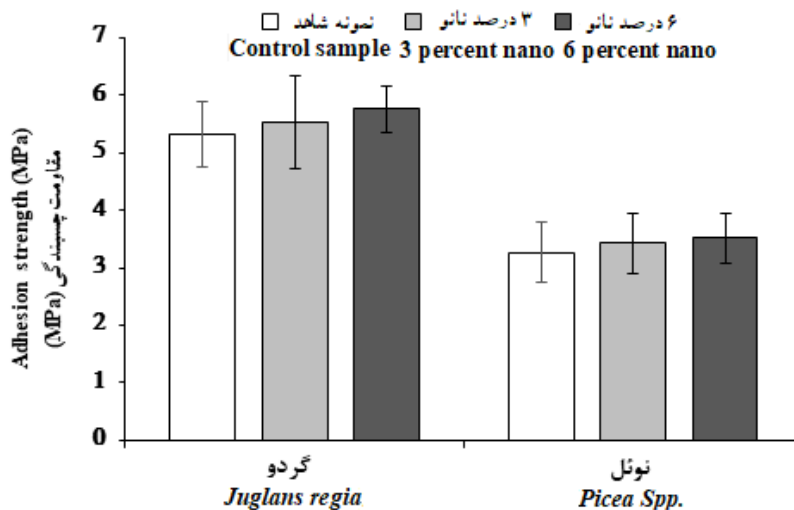
همان‌طور که در این شکل قابل مشاهده است به‌صورت کلی پوشش‌های اعمالی روی نمونه‌های گونه گردو چسبندگی بالاتری نسبت به گونه نوئل داشته‌اند. از سوی دیگر، در هر دو گونه چوبی نیز پوشش پلی‌اورتان به‌ترتیب از چسبندگی بالاتری نسبت به پوشش‌های سیلر- نیم پلی‌استر و سیلر- کیلر برخوردار بوده است.

داد که بالاترین چسبندگی با قرار گرفتن در گروه‌های A و B مربوط به میزان ۳ و ۶ درصد نانو بوده و کمترین چسبندگی نیز با گروه‌بندی C در پوشش شاهد حاصل شده است. نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر متقابل نوع گونه چوبی و نوع پوشش شفاف بر مقاومت چسبندگی در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۴- اثر متقابل نوع گونه چوبی و نوع پوشش شفاف بر مقاومت چسبندگی

Figure 4- The mutual effect of the type of wood species and the type of transparent coating on adhesion strength



شکل ۵- تأثیر متقابل نوع گونه و درصد نانو آلومینا بر مقاومت چسبندگی

Figure 5- The mutual effect of species type and percentage of nano alumina on adhesion strength

رسیدند که بیشترین چسبندگی مربوط به گونه‌های چوبی پهن‌برگان بوده است. همچنین نتایج تحقیقات مشابه نشان داده است که مقاومت چسبندگی متفاوت در گونه‌های مختلف به ساختار آناتومیک متفاوت آنها مانند سختی، ساختار سلولی، ترکیبات شیمیایی و مواد استخراجی مربوط می‌شود (Kaygin & Akgun 2008).

اثر درصد نانو ذرات بر مقاومت چسبندگی نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان داد، نانو ذرات آلومینا اثر مثبتی بر روی قدرت چسبندگی پوشش ایفا می‌کنند، به طوری که چسبندگی پوشش‌های حاوی نانو ذرات بسیار بالاتر از پوشش بدون نانو بوده است. بیشترین چسبندگی نیز در بین نمونه‌های حاوی نانو، مربوط به پوشش‌های حاوی بیشترین میزان نانو ذرات آلومینا (۶ درصد نانو) بود. در مطالعات دیگر نیز Kaygin و Akgun (۲۰۰۸)، Kaygin و Akgun (۲۰۰۹)، Khojasteh Khosro و همکاران (۲۰۱۵) و Ghofrani و Khojasteh Khosro (۲۰۱۳) در بررسی‌های مختلف بر تأثیر مثبت نانو ذرات بر افزایش چسبندگی پوشش‌های شفاف اذعان داشتند. از سوی دیگر، یکی از عواملی که می‌تواند بر افزایش چسبندگی پوشش به‌ویژه در روش اندازه‌گیری چسبندگی به روش کششی (Pull-off) تأثیر مثبت داشته باشد، پیوستگی و خواص مکانیکی پوشش است (Khojasteh *et al.*, 2015). افزودن نانو ذرات آلومینا به پوشش‌های شفاف، به دلیل سطح ویژه بالای این نانو ذرات باعث درهم‌رفتگی و پراکنش مناسب نانو در پوشش، افزایش کریستالیت و صلبیت پوشش می‌شود. با این اتفاق و با توجه به افزایش پیوندهای عرضی بین پوشش و نانو ذرات، پیوستگی و خواص مکانیکی پوشش نیز بهبود یافته و باعث تأثیر مثبت روی چسبندگی می‌شود. Kashni و Moradian (۲۰۱۰) نیز بر تأثیر مثبت نانو ذرات آلومینا بر خواص مکانیکی به‌ویژه مقاومت به خراش آنها به دلیل افزایش پیوستگی و صلبیت پوشش تأکید کردند.

با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۵ مشاهده می‌شود که پوشش‌های آمایش شده با نانو ذرات آلومینا چسبندگی بالاتری به سطح گونه‌های گردو و نوئل در مقایسه با پوشش بدون نانو (پوشش شاهد) داشته‌اند. در این بین میزان ۶ درصد نانو عملکرد بهتری نسبت به ۳ درصد نانو در بحث مقاومت چسبندگی از خود نشان داد. به طوری که ۶ درصد نانو به ترتیب در دو گونه گردو و نوئل بهبود ۱۲ و ۸ درصدی مقاومت چسبندگی نسبت به نمونه‌های شاهد را باعث شد. به صورت کلی نمونه‌های پوشش داده شده گردو چسبندگی بالاتری نسبت به گونه نوئل داشتند.

بحث

اثر نوع گونه چوبی بر مقاومت چسبندگی با توجه به نتایج به دست آمده، گونه نوئل مقاومت چسبندگی بسیار کمتری نسبت به گونه گردو داشت. دلیل این پدیده می‌تواند به دلیل حضور مواد استخراجی در چوب نوئل و نفوذپذیری کم این گونه باشد. از سوی دیگر، این گونه از دانسیته بسیار کمتری نسبت به گردو برخوردار بوده و چوب بسیار سست‌تری نسبت به گردو دارد. به طوری که در زمان بررسی چسبندگی پوشش در آزمایش‌ها مشاهده شد که چوب نوئل در مقابل نیروی کششی اعمالی از دستگاه تسلیم شده و دالی‌ها از سطح آن جدا شدند و شکست رخ داده به جای سطح مشترک گونه نوئل و فیلم رنگ، بیشتر در چوب بود؛ اما در مورد گونه گردو، مقاومت چسبندگی تا زمان جدا شدن دالی همراه با رنگ ادامه داشت و هیچ موردی از جدا شدن سطح چوب با پوشش مشاهده نشد. Ghofrani و همکاران (۲۰۱۶a) نیز با بررسی‌های انجام شده نفوذپذیری پایین گونه نوئل را نشان داده و بیان کردند که این گونه چسبندگی پوشش کمتری نسبت به پهن‌برگان دارد. همچنین در مطالعه Ghofrani و همکاران (۲۰۱۶a) مشاهده شد که مواد استخراجی تأثیر قابل توجهی بر کاهش چسبندگی و نفوذپذیری پوشش دارند. Sonmez و همکاران (۲۰۱۱) نیز در بررسی اثر چسبندگی پوشش‌های شفاف روی نمونه‌های آزمایشی از گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌بزرگ، به این نتیجه

اثر نوع پوشش شفاف بر مقاومت چسبندگی

نتایج تأثیر نوع شفاف پوشه بر مقاومت چسبندگی بیانگر این بود که پوشش پلی اورتان نسبت به ترکیب پوشش سیلر- نیم پلی استر و سیلر- کیلر از مقاومت بهتری برخوردار است. پوشش پلی اورتان دو جزئی بوده و خشک شدن آن منوط به افزودن ماده سخت کننده به آن قبل از اعمال است. از سوی دیگر، با افزودن ماده سخت کننده و اعمال پوشش روی سطح، پوشش دو جزئی طی یک مجموعه تغییرات شیمیایی سخت شده و پلیمریزاسیون آن روی سطح چوب انجام می شود، به همین دلیل مقاومت بالاتری نسبت به پوشش های شفاف دیگر در این تحقیق با توجه به نتایج به دست آمده می توان بیان کرد که نوع گونه چوبی، درصد نانو آلومینا و نوع پوشش رنگی تأثیر قابل توجهی روی مقاومت چسبندگی پوشش دارد. به طوری که بیشترین مقدار مقاومت چسبندگی در گونه گردو با رنگ پلی اورتان و نانو آلومینا در سطح ۶ درصد و کمترین مقدار مقاومت چسبندگی در گونه نوئل با رنگ سیلر- کیلر و بدون نانو مشاهده شد. نتایج تأثیر نوع پوشش رنگی بر مقاومت چسبندگی بیانگر این بود که پوشش سیلر- نیم پلی استر نسبت به ترکیب پوشش سیلر- کیلر از مقاومت بهتری برخوردار است. پوشش نیم پلی استر دو جزئی بوده و خشک شدن آن منوط به افزودن ماده سخت کننده به آن قبل از اعمال است. با افزودن ماده سخت کننده و اعمال پوشش روی سطح، نیم پلی استر سخت شده و پلیمریزاسیون آن روی سطح چوب انجام می شود، به همین دلیل مقاومت بالاتری نسبت به کیلر که تنها با از دست دادن حلال خود سخت می شود دارد. همچنین با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق و دلایل ارائه شده، در مجموع می توان نتیجه گرفت که مقاومت به چسبندگی در پهن برگان بیشتر از سوزنی برگان است؛ زیرا تداخل سبب نفوذ بیشتر رنگ و درگیر شدن فیزیکی آن با سطح چوب و در نتیجه افزایش نیروی چسبندگی بیشتر پوشش می شود و میزان تداخل بیشتر چوب گردو نیم بخش روزنه ای، ممکن است دلیلی برای مقاومت چسبندگی بیشتر آن باشد، این مشاهدات با نتایج آزمایش Akgun و Kaygin (۲۰۰۸) مطابقت دارد. بررسی تأثیر درصد نانو آلومینا که

مورد بررسی دارد. ناظریان (۲۰۱۲)، معنوی و همکاران (۲۰۱۲)، Ghofrani و Khojasteh Khosro (۲۰۱۳) نیز به نتایج مشابهی دست یافته اند. Sonmez و همکاران (۲۰۰۹) نیز در مطالعه خود بیان کردند که پوشش های پلی اورتان از مقاومت چسبندگی بسیار بالاتری نسبت به پوشش های آلکیدی (نیم پلی استر) و سلولزی (کیلر) برخوردار هستند. از سوی دیگر، پوشش پلی اورتان از پایداری بسیار بیشتری نسبت به رطوبت که عامل مهم و تأثیرگذار بر چسبندگی پوشش است در مقایسه با پوشش آلکیدی و سلولزی برخوردار می باشد (Budakci, 2003; Kureli 1996).

ماده ای محلول در آب و دوستدار محیط زیست بوده، نشان دهنده اثر مثبت این فرایند بود و با کنترل غلظت این نانو در یک حد معین، می توان مقاومت چسبندگی شفاف پوشه ها به سطح چوب را افزایش داد. بهبود و افزایش مقاومت چسبندگی پوشش به سطح چوب می تواند منجر به افزایش مقاومت و دوام پوشش شده، در نتیجه آن طول عمر سازه مبلمان و محصولات چوبی در حال سرویس افزایش یافته که علاوه بر آن می توان از هدررفت سرمایه عظیمی مانند چوب جلوگیری کرد و باعث بهبود توسعه پایدار در حفاظت از جنگل ها شد.

منابع مورد استفاده

- Annual Book of ASTM Standard, D 3359. 1997. Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test.
- Annual Book of ASTM Standard, D 3924. 1996. Standard Specification for Standard Environment in Conditioning and Testing Stain Varnish, Lacquer and Related Materials.
- Bagheri, h., 2013. The effect of wood primer finishing on bounding strength of the coats in furniture and wood products, Master of science thesis, Shahid rajaei teacher training university.
- 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.
- Chin, J., Byrd, E. and Martin, J. and Nguyen, T., 2005. Validation of the Reciprocity Law for Coating Photo degradation, J. Coat. Technol. Res., 2 (7):499-508.
- Ghofrani, M. and Khojasteh Khosro S., 2013. The effect

- nanoparticles on color change and adhesion strength of polyurethane coating on wood surface. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 30(4): 690-704.
- 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.
- Maanavi, Gh., ghofrani, M. and mirshokraei, A., 2012. The effect of type, moisture content and type of coating on bounding strength of adhesive of clear varnishes used in furniture industry. *Journal of wood and paper science and research*. (2)27: 753-743.
- Nazerian, M., 2012. Preservative coatings, ornamental wood and wood products, *Jehad daneshgahi publication*. Tehran. Iran.
- Ozdemir, T. and Hiziroglu, S., 2007. Evaluation of surface quality and adhesion strength of treated solid wood, *J. Mat. Processing Technol.* 186: 311-314
- Sjostrom, E., 1993. *Wood Chemistry Fundamentals and Applications*; Academic Press: San Diego, p 293.
- Sonmez A., Budakci, M. and Bayram, M., 2009. Effect of wood moisture content on adhesion of varnish coatings, *Scientific Research and Essay*. 4(12): 1437-1432.
- 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(3): 3178-3166.
- Stamm, A. and Millett, J. 1940. The interial surface of cellulosic materiales Persented at the seventeenth colloid symposium, held at ann arber, Michigan, 843-45.
- Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers, *Annual Book of ASTM Standard*, ASTM Standard, D4541, 2002.
- Wood - Sampling methods and general requirements for physical and mechanical tests, *TSE: Ankara, Turkey*, TS- 2470, 1976.
- Xie, Y., Krause, A., Militz, H. and Mai, C., 2006. Coating performance of finishes on wood modified with an N- methylol compound. *Progress in Organic Coatings* 57, 291-300.
- of surface preparing with zikosyle nano particles on bounding strength of clear varnishes. *National Conference of environmental science engineering and development*. Bahman17.
- Ghofrani, M. and Khojasteh Khosro, S., 2013. Effect of wood surface defatting on bounding strength of clear varnishes. *Journal of science and technology of paint*. 02-02-2013-1426 JCST.
- Ghofrani, M., Mirkhandouzi, F. Z. and Ashori, A., 2016b. Effects of extractives removal on the performance of clear varnish coatings on boards. *Journal of Composite Materials*, 50(21), 3019-3024.
- Ghofrani, M., Samadi, E. and Khojasteh Khosro, S., 2016a. Heat treatment of wood and the investigation of its effect on surface wettability and adhesion strength of coating. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 31(2): 362-373.
- Gholamian, H. and Tarmian, A., 2010. Measuring gas permeability factor and liquid in populus nigra coated with clear varnishes and nanoparticles. *Journal of Iran forest and wood products*.
- Gholamian, H., tarmian, A., Dousthoseini, K., azadfallah, m., 2011. The effect of clear varnishes and zayokosyle and nanokofyle nano particles on surface tension and water absorption in poplar wood. *Journal of wood and paper science and research* (1)2: 26-16.
- Kashani, A. and Moradian, S., 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.
- 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.
- Kaygin, B. and Akgun, E., 2009. A nano-technological product: An innovative varnish type for wooden surfaces, *Scientific Research and Essays*, 4 (1): 1-7.
- 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(2008), 476-485.
- Khojasteh Khosro, S., Ghofrani, M. and Ganjaee Sari, M., 2015. The effect of adding zinc oxide

The Effect of alumina nanoparticles addition on adhesion strength of clear varnishes applied on walnut and spruce wood

M. Ghofrani

-Prof., Wood Science and Technology Department, Civil Engineering Faculty, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran, Email: Ghofrani@srttu.edu

Received: Nov., 2021

Accepted: Aug., 2022

Abstract

In this study, alumina nanoparticles were added to clear varnishes (Sealer, semi-polyester and polyurethane), and the changes in adhesion strength on Walnut (*Juglans Regia*) and spruce (*Picea Spp.*) wood specimens were studied. The experimental samples were prepared from defect-free woods (300×100×10 mm) and dried to 8% moisture content first air dried and then kiln dried. The samples surfaces were finished and the clear varnishes were applied on samples surfaces using pneumatic spry gun. The bond strength was measured. The result of this study showed that the highest adhesion strength was observed in polyurethane varnishes with 6% alumina nanoparticles on walnut wood, and the lowest adhesion strength was measured on cellulosic varnishes (sealer and clear) with 0% nanoparticles on spruce wood. It can be concluded that with the control of Nano alumina addition in varnishes the adhesion strength of the clear varnishes increases. Also, with the improvement of varnishes' adhesion strength on wood surface, the varnishes durability increases.

Keywords: Nano alumina, adhesion strength, clear varnishes, cellulosic varnishes, walnut.