

## بررسی تأثیر تیمار کرونا بر بهبود خواص مکانیکی پوشش‌های نیترو سلولزی و پلی‌یورتانی در مبلمان چوبی

هادی غلامیان

- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، بست الکترونیک: Hadi\_gholamiyan@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۷

### چکیده

در این مطالعه، اثر تیمار کرونا بر بهبود دوام پوشش‌های نیتروسولولزی و پلی‌یورتان مورد استفاده در صنعت مبلمان چوبی قبل و بعد از هوازدهی بررسی شد. تخته‌های تهیه شده از گونه چوبی صنوبر و راش بعد از تیمار کرونا با دستگاه فیلم‌کش پوشش داده شد و به مدت ۳۰ روز در دستگاه هوازدهی تسریع شده قرار گرفت. سپس میزان تغییرات زاویه تماس، مقاومت به سایش خراشان و میزان چسبندگی کششی پوشش به سطح چوب مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج نشان داد در اثر تیمار کرونا میزان زاویه تماس در گونه‌های چوبی کاهش یافت و بیشترین میزان کاهش زاویه تماس در چوب راش مشاهده شد. همچنین، نتایج آزمون چسبندگی نشان داد که بیشترین میزان چسبندگی مربوط به پوشش پلی‌یورتان بود و پس از هوازدهی میزان چسبندگی پوشش‌ها کاهش یافت ولی استفاده از تیمار کرونا توانست علاوه بر افزایش مقاومت چسبندگی قبل از هوازدهی میزان چسبندگی را پس از هوازدهی به صورت معناداری بهبود ببخشد. نتایج آزمون سایش نشان داد، در اثر پوشش‌دهی میزان مقاومت به سایش در گونه‌های چوبی افزایش یافت و بیشترین میزان در گونه راش پوشش‌داده شده با پلی‌یورتان مشاهده شد. پس از هوازدهی میزان مقاومت به سایش در تمامی نمونه‌ها کاهش یافت ولی استفاده از تیمار کرونا باعث افزایش مقاومت به سایش گردید. به‌طور کلی می‌توان گفت استفاده از تیمار کرونا به صورت معناداری در سطح اعتماد ۹۵ درصد توانسته است قبل و بعد از هوازدهی میزان مقاومت به خواص مکانیکی و دوام پوشش‌ها را بهبود ببخشد، در نتیجه باعث افزایش طول عمر مبلمان و سازه‌های چوبی شود.

واژه‌های کلیدی: تیمار کرونا، زاویه تماس، سایش، آزمون چسبندگی، مبلمان چوبی.

### مقدمه

جنگل به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تولید چوب در جهان شناخته می‌شود و از چوب ماسیو و فراورده‌های چوبی در ساخت انواع سازه‌های چوبی مانند خانه‌های چوبی، آلاچیق، میز و صندلی استفاده می‌شود. با توجه به اینکه چوب جزء مواد طبیعی موجود در طبیعت می‌باشد در صورت قرارگیری در شرایط آب‌وهوای بیرونی و عدم حفاظت و نگهداری آن، دچار پوسیدگی شده و سازه چوبی کارایی خود را از دست می‌دهد (Malekani et al., 2014). برای حفاظت و افزایش

دوام مبلمان‌ها و سازه‌های چوبی از روش‌های متعددی مانند استفاده از مواد شیمیایی و پوشش‌دهی استفاده می‌شود (Baziar et al., 2007). مطالعات Matini و Tarmian (۲۰۱۳) نشان داد می‌توان با استفاده از مواد شیمیایی تیابندازول (IPBC) و مشتقات کربامات مقاومت به هوازدهی چندسازه‌های چوبی را افزایش داد. پوشش‌ها در ساخت سازه‌های چوبی از اهمیت زیادی در زیبایی و همچنین افزایش کاربرد و دوام چوب برخوردارند. همچنین، یکی از روش‌های رایج حفاظت مبلمان شهری در ایران استفاده از

در سال ۱۹۵۱ توسط Verner Eisby اختراع و ثبت گردید. این تیمار در فشار اتمسفر تولید شده و جایگزین برای تیمار پلاسما می‌باشد. همچنین، لازم به ذکر است که گاهی اوقات به‌عنوان پلاسمای هوا نامیده می‌شود (Acda et al., 2012). تیمار تخلیه کرونا<sup>۱</sup> (CDT) تکنیکی برای تیمار سطح است که از تخلیه الکتریکی برای تغییر خواص سطح مواد مختلف استفاده می‌کند (Lukowsky & Hora, 2002). کرونا با استفاده از ولتاژ بالا به یک الکتروود با نوک تیز تولید شده و در نهایت آرایه خطی از الکتروودها برای ایجاد پرده‌ای از کرونا در سطح مواد استفاده می‌شود (Uehara & sakata, 1990). این تغییرات شیمیایی سطحی اغلب باعث افزایش کشش‌پذیری سطح و چسبندگی پوشش‌های روبه می‌شود. مطالعات Riedl و همکاران (۲۰۱۴) نشان می‌دهد که افزایش میزان چسبندگی پوشش به سطح چوب بعد از تیمار پلاسما، ارتباط زیادی با قدرت و مدت زمان آن دارد. همچنین تغییرات رطوبتی سطح چوب و نفوذ بیشتر پوشش به داخل حفره‌های چوبی از عوامل مؤثر در تغییرات میزان چسبندگی می‌باشد. از تیمار کرونا در تغییر خواص سطحی چوب مورد مصرف در ساخت انواع فرآورده‌های لایه‌ای هم استفاده شده است، به‌طوری‌که تحقیقات Yamamoto و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد با تیمار کرونا می‌توان خواص تخته چندلایی را بهبود بخشید و مقاومت‌های آن را افزایش داد. Sakata و همکاران (۱۹۹۳) در مورد فعال‌سازی سطح چوب با استفاده از تیمار کرونا مطالعاتی انجام دادند و بیان کردند در اثر تیمار کرونا میزان زاویه تماس کاهش و خاصیت نم‌پذیری چوب افزایش می‌یابد که علت آن را تغییرات در سطح انرژی چوب به علت اکسیداسیون مواد استخراجی آبرگیز بیان کردند. مطالعات Podgorski و همکاران (۲۰۰۰) نشان می‌دهد که نوع گونه چوبی و نوع گاز مصرفی در فرایند تیمار کرونا بسیار قابل اهمیت می‌باشد و استفاده از گاز نیتروژن در مقایسه با اکسیژن باعث کشش‌پذیری بیشتری در سطح چوب می‌شود. عوامل زیادی در تیمار کرونا بر روی خواص

انواع پوشش‌های رنگی می‌باشد (Clausen et al., 2010). پوشش‌دهی به دلایل مختلفی انجام می‌شود که مهمترین آنها مقابله با معایبی است که در اثر قرارگیری در فضای باز مانند تخریب نوری، رطوبت و باد به وجود می‌آید (Godnjavec et al., 2012). پوشش‌های مبلمان شهری پس از مدتی به علت هوازدگی تخریب شده و باعث تغییرات ابعاد در چوب و ایجاد ترک سطحی می‌شوند. روش‌های زیادی برای افزایش عمر مفید پوشش‌های رنگی وجود دارد که می‌توان استفاده از رزین‌های رنگی مقاوم (Tuck, 2000)، نانو پوشش‌ها (Veronovski et al., 2013) و پوشش سل‌ژل (Tshabalala & Gangstad, 2003) را نام برد. مطالعات Gholamiyan و همکاران (۲۰۰۹) نشان می‌دهد که استفاده از نانو پوشش‌های رنگی باعث افزایش طول عمر سازه‌های چوبی در معرض فضای بیرونی می‌شود. تحقیقات Hui و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد، بهترین تیمار برای کاهش تغییرات رنگی چوب استفاده از پوشش ترکیبی سل‌ژل می‌باشد. یکی از مهمترین خواص اساسی و مهم پوشش‌ها، چسبندگی بالای آن است که تحقیقات Ghofrani و همکاران (۲۰۱۳)، Manevi و همکاران (۲۰۱۲)، Khojasteh و همکاران (۲۰۱۵) و Talaei و همکاران (۲۰۱۸) نشان‌دهنده آن است که این موضوع بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Nejad et al., 2013). از روش‌های جدیدی که امروزه برای بهبود خواص پوشش مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از تیمارهای الکتریکی سطح مواد می‌باشد. از رایج‌ترین روش‌های تیمارهای الکتریکی سطح چوب استفاده از تیمار پلاسما بوده که تحقیقات زیادی در مورد چوب در آن انجام شده است (Fahmy et al., 2016). بررسی‌های محققان نشان می‌دهد که تیمار پلاسما، ارتباط زیادی با قدرت، مدت زمان، رطوبت و گونه چوبی مورد استفاده در میزان تغییرات خواص سطحی آن دارد (Blanchard et al., 2009). یکی دیگر از روش‌های نوین بهبود خواص سطحی چوب و پوشش استفاده از تیمار کرونا می‌باشد. تیمار کرونا اولین بار

1- Corona discharge treatments

دستگاه تیمار کرونا ساخت شرکت تانتک ساخت کشور دانمارک (Tantec A/S) در این تحقیق استفاده شد. میزان قدرت دستگاه طی فرایند تیمار کرونا ۱۲۰ وات، ولتاژ ۳۰ کیلووات، شدت تیمار ۰/۱ (kWh/m<sup>2</sup>) و زمان ۶۰ ثانیه لحاظ گردید. لازم به ذکر است به دلیل عایق بودن چوب میزان ولتاژ واقعی سطح چوب در حدود ۲۵ تا ۲۷ کیلووات بود. برای ارزیابی خاصیت ترشوندگی از دستگاه اندازه‌گیری زاویه تماس Dataphysics به صورت استاتیک استفاده گردید و این آزمایش در ثانیه اول بر سطوح هر نمونه انجام شد. همچنین از آزمون چسبندگی کششی (Pull off) مطابق با استاندارد ASTM D ۴۵۴۱ و آزمون مقاومت به سایش خراشان (Taber) مطابق با استاندارد ASTM D ۴۰۶۰ که در شکل ۱ قابل مشاهده می‌باشد، استفاده شد. لازم به ذکر است، در آزمون سایش خراشان از دو دیسک عمودی، به وزن ۵۰۰ گرم که کاغذ سنباده نصب شده بر روی آن S-۴۲ بود و خلاف جهت یکدیگر به تعداد ۳۰۰ می‌چرخند، استفاده شد. از رابطه ۱ میزان مقاومت به سایش انواع پوشش‌ها محاسبه شد.



شکل ۱- دستگاه سایش خراشان تابر - مدل ۵۱۳۵

$$I = \frac{(A-B)1000}{C} \quad \text{رابطه ۱:}$$

I- پارامتر سایش، A- وزن نمونه قبل از سایش (میلی‌گرم)، B- وزن نمونه بعد از سایش (میلی‌گرم) و C- میزان چرخه (دور) سایش

سطحی چوب تأثیرگذار است که ولتاژ و زمان تیمار کرونا از پارامترهای مهم آن به‌شمار می‌آید که با افزایش آن میزان زاویه تماس کاهش و کشش سطحی چوب کاهش می‌یابد. بنابراین هدف از این مطالعه استفاده از تکنیک تیمار تخلیه کرونا<sup>۱</sup> (CDT) برای تحلیل پارامترهای میزان آبدوستی (Contact angle)، مقاومت به سایش خراشان (Taber) و میزان چسبندگی کششی (Pull off) در پوشش‌های رایج مبلمان چوبی قبل و بعد از هوازدهی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

روش اجرایی، چوب و پوشش مصرفی

از گونه چوبی صنوبر (*Populus nigra L.*) و راش (*Fagus orientalis*) در این پژوهش استفاده شد. با توجه به رطوبت اولیه در حدود ۶۰ درصد گرده‌بینه‌ها پس از انتقال به کارگاه، به مدت سه ماه در محیط کارگاه، برای یکسان‌سازی رطوبت قرار داده شدند و بعد به وسیله اره نواری برش‌های اولیه و با اره‌های گرد برش‌های ثانویه به ابعاد ۱۵ × ۷ × ۲ (طولی × مماسی × شعاعی) سانتیمتر انجام شد. نمونه‌های چوبی برای رسیدن به رطوبت تعادل ۱۲ درصد به مدت ۳۰ روز در اتاق کلیما نگهداری شد و بعد به وسیله آزمون کرونا مورد تیمار سطحی قرار گرفتند و بلافاصله پوشش‌های نیتروسولوزی و پلی‌یورتان پایه حلال (شرکت پارس اشن با درصد ماده خشک ۱۱ درصد) به وسیله دستگاه فیلم‌کش با ضخامت ۲۰۰ میکرون پوشش داده شدند و برای انجام آزمون هوازدهی در دستگاه هوازدهی تسریع‌شده قرار داده شد. همچنین، برای افزایش دقت در تمام آزمون‌ها از ۱۰ تکرار استفاده شد.

## آزمون‌ها

برای اندازه‌گیری مقاومت به هوازدهی از دستگاه هوازدهی تسریع شده مدل QUV (استاندارد ۶-۹۲۷ EN) به مدت ۴ هفته استفاده شد. دمای میانگین این دستگاه ۷۵°C و لامپ مورد استفاده (۱/۵۵W/m<sup>2</sup>) -۳۴۰ UVA بود. از

1- Corona discharge treatments

## آزمون آماری

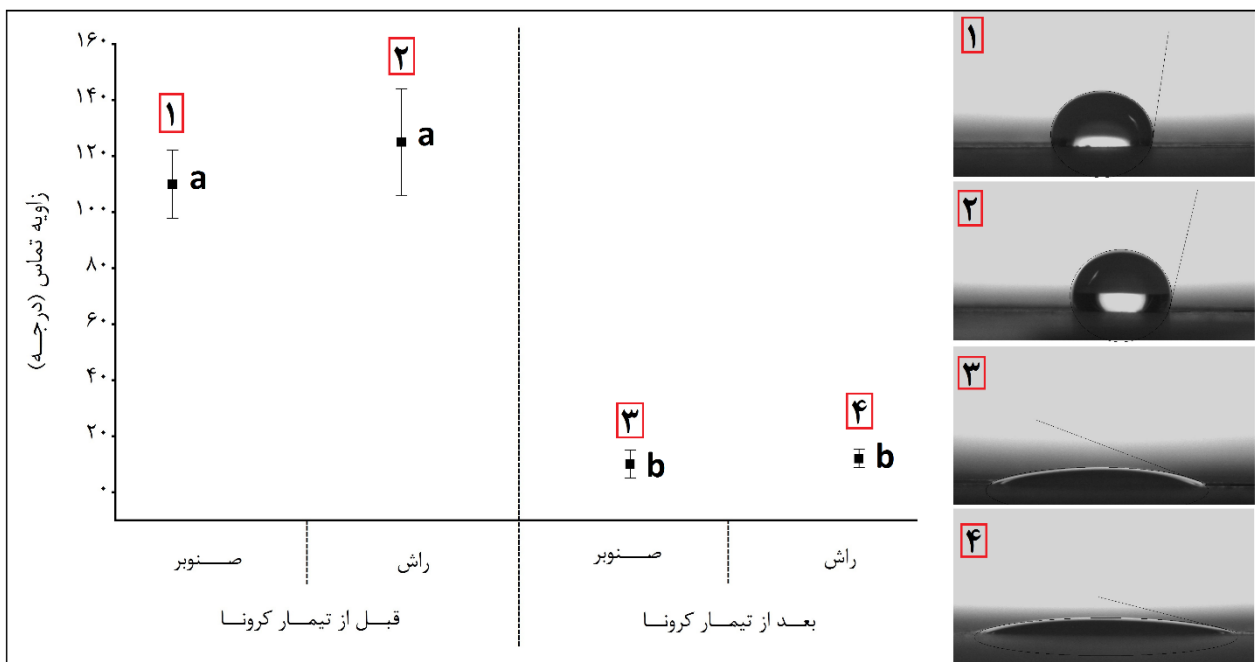
از طرح کاملاً تصادفی و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. همچنین، با استفاده از نرم‌افزار SPSS، معنی‌داری میانگین‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

## نتایج

### آزمون زاویه تماس

تغییر میزان زاویه تماس و تصاویر آنها در نمونه‌های چوبی صنوبر و راش قبل و بعد از تیمار کرونا و در ثانیه اول در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد میزان زاویه تماس قبل از تیمار کرونا در چوب صنوبر کمتر از چوب راش بود، به عبارت دیگر میزان زاویه تماس چوب صنوبر به میزان ۱۲ درصد کمتر از زاویه تماس چوب راش

مشاهده شد. همچنین، در اثر تیمار کرونا میزان زاویه تماس برای چوب‌های صنوبر و راش بسیار کاهش یافت. تحقیقات Riedl و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد که تیمار پلاسما می‌تواند زاویه تماس را کاهش و میزان کشش‌پذیری سطح را افزایش دهد. پس از تیمار کرونا به ترتیب برای چوب‌های صنوبر و راش به میزان ۹۰ و ۹۱ درصد میزان زاویه تماس کاهش یافت. پس از تیمار کرونا میزان اختلاف زاویه تماس چوب صنوبر و راش کاهش یافت و به میزان ۵ درصد رسید. نتایج بررسی آماری نشان داد، اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد بین نمونه‌های تیمار کرونا شده و نشده وجود داشت ولی اختلاف معناداری میان چوب صنوبر و راش مشاهده نشد. بنابراین می‌توان گفت استفاده از تیمار کرونا توانسته است میزان آبدوستی سطح چوب را افزایش دهد.



حروف انگلیسی نشان داده شده در تصویر مربوط به گروه‌بندی دانکن می‌باشد.

شکل ۲- میزان زاویه تماس قبل و بعد از تیمار کرونا

## آزمون چسبندگی

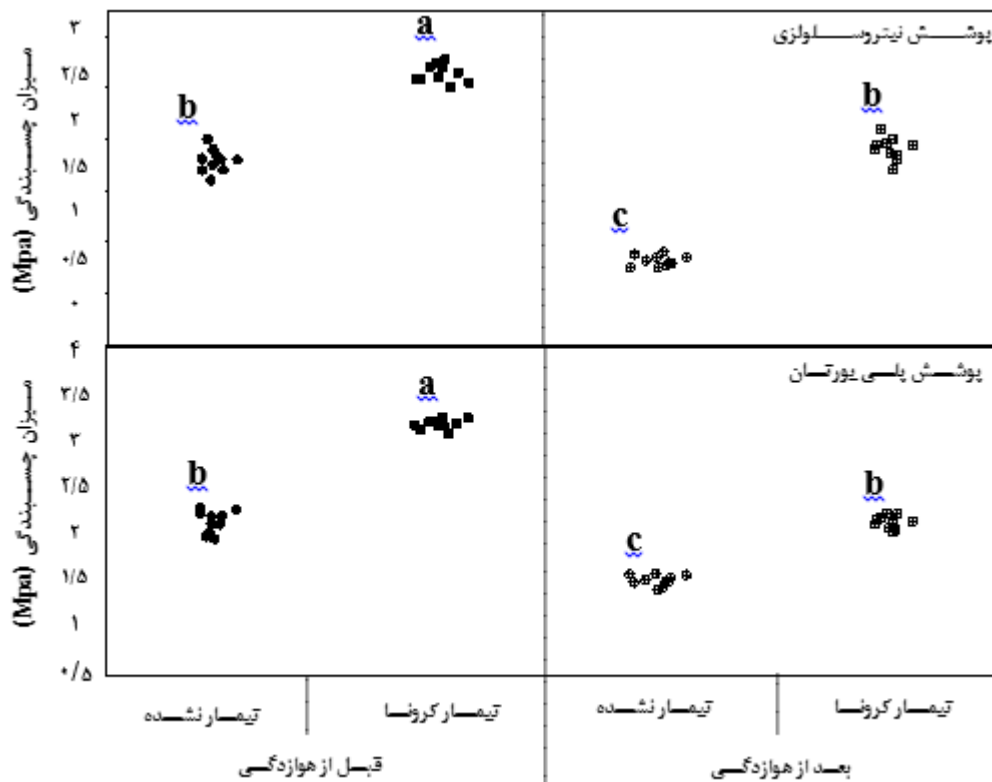
چوب صنوبر

میزان مقاومت چسبندگی کششی پوشش‌های نیتروسولولز و پلی‌یورتان، قبل و بعد از تیمار کرونا و هوازدگی در چوب صنوبر در شکل ۳ نشان داده شده است. قبل از هوازدگی بیشترین میزان چسبندگی کششی در نمونه‌های تیمار نشده مربوط به پوشش پلی‌یورتان بود و نتایج نشان داد که میزان چسبندگی پوشش پلی‌یورتان به میزان ۱۵ درصد بهتر از نیتروسولولزی می‌باشد. در اثر تیمار کرونا میزان مقاومت به چسبندگی در پوشش‌های نیتروسولولزی و پلی‌یورتان بهبود یافت و می‌توان گفت به ترتیب به میزان ۰/۸ و ۱/۲ مگاپاسگال افزایش یافته است. تحقیقات Fahmy و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که کاهش زاویه تماس و افزایش جذب و آبدوستی سطح چوب، از مهمترین پارامترهای افزایش میزان چسبندگی پوشش‌ها می‌باشد. همچنین پس از تیمار کرونا بیشترین میزان چسبندگی کششی مربوط به پوشش پلی‌یورتان بود و نتایج نشان داد که میزان چسبندگی پوشش پلی‌یورتان به میزان ۲۱ درصد بهتر از نیتروسولولزی می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که پوشش‌های پلی‌یورتان توانسته است پیوند مناسب‌تری با سطح چوب قبل و بعد از تیمار کرونا داشته باشد. نتایج بررسی آماری نشان داد، اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵ درصد بین پوشش‌های نیتروسولولزی و پلی‌یورتانی وجود دارد، همچنین تیمار کرونا توانسته است در سطح اعتماد ۹۹ درصد باعث اختلاف معناداری با نمونه‌های تیمار نشده شود.

در اثر هوازدگی میزان قدرت چسبندگی پوشش‌ها کاهش یافت و به ترتیب میزان قدرت چسبندگی پوشش نیتروسولولز و پلی‌یورتان تیمار نشده و پوشش نیتروسولولز و پلی‌یورتان تیمار کرونا شده به ترتیب به میزان ۱، ۰/۷، ۰/۷ و ۱/۲ مگاپاسگال کاهش یافت؛ به طوری که با مطالعات Riedl و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که هوازدگی باعث کاهش میزان مقاومت به چسبندگی پوشش‌ها می‌شود، مطابقت دارد. پس از هوازدگی بیشترین میزان چسبندگی در نمونه‌های تیمار نشده مربوط به پوشش پلی‌یورتان بود و نتایج نشان داد که

میزان چسبندگی پوشش پلی‌یورتان به میزان ۰/۶ مگاپاسگال (۴۳ درصد) بهتر از پوشش نیتروسولولزی می‌باشد. حتی پس از هوازدگی، در اثر تیمار کرونا میزان مقاومت به چسبندگی در پوشش‌های نیتروسولولزی و پلی‌یورتان بهبود یافت و می‌توان گفت به ترتیب به میزان ۱/۱ و ۰/۷ مگاپاسگال نسبت به نمونه تیمار نشده افزایش یافت. همچنین پس از تیمار کرونا بیشترین میزان چسبندگی کششی مربوط به پوشش پلی‌یورتان بود و نتایج نشان داد که میزان چسبندگی پوشش پلی‌یورتان به میزان ۱۰ درصد بهتر از نیتروسولولزی مشاهده شد. نتایج آزمون آماری نشان داد، اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵ درصد میان نمونه‌های هوازده شده و نشده وجود دارد و تیمار کرونا توانسته است در سطح اعتماد ۹۹ درصد باعث اختلاف معناداری میان تمامی تیمارها شود؛ بنابراین می‌توان گفت پوشش‌های تیمار کرونا شده مقاومت بالاتری را حتی پس از هوازدگی از خود نشان دادند که نشان‌دهنده چسبندگی بالای پوشش به سطح چوب می‌باشد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد تیمار کرونا توانسته است مقاومت پوشش‌ها را در هوازدگی بالا ببرد.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان نمود، صحیح است که میزان مقاومت به چسبندگی پوشش‌های نیتروسولولزی و پلی‌یورتان در اثر تیمار کرونا (قبل و بعد از هوازدگی) افزایش داشته ولی نکته مهم آن است که میزان افزایش مقاومت قبل از هوازدگی به ترتیب ۳۱ و ۳۶ درصد بوده است، در حالی که بعد از هوازدگی این میزان افزایش ۱۳۸ و ۵۰ درصد می‌باشد. این نتایج حکایت از آن دارد که تیمار کرونا توانسته تأثیر بسیار مناسبی در افزایش مقاومت به چسبندگی حتی پس از هوازدگی داشته باشد. بر اساس تحلیل و ارتباط نتایج آزمون زاویه تماس و چسبندگی می‌توان گفت، با توجه به کاهش زاویه تماس و افزایش خاصیت کشش‌پذیری بالای سطح چوب در اثر تیمار کرونا، بنابراین پس از تیمار کرونا میزان جذب پوشش‌ها بر سطح چوب افزایشی بوده و از عوامل مهم و اساسی در افزایش مقاومت به چسبندگی پوشش‌ها در اثر تیمار می‌باشد که با پژوهش Sakata و همکاران (۱۹۹۳) همخوانی دارد.



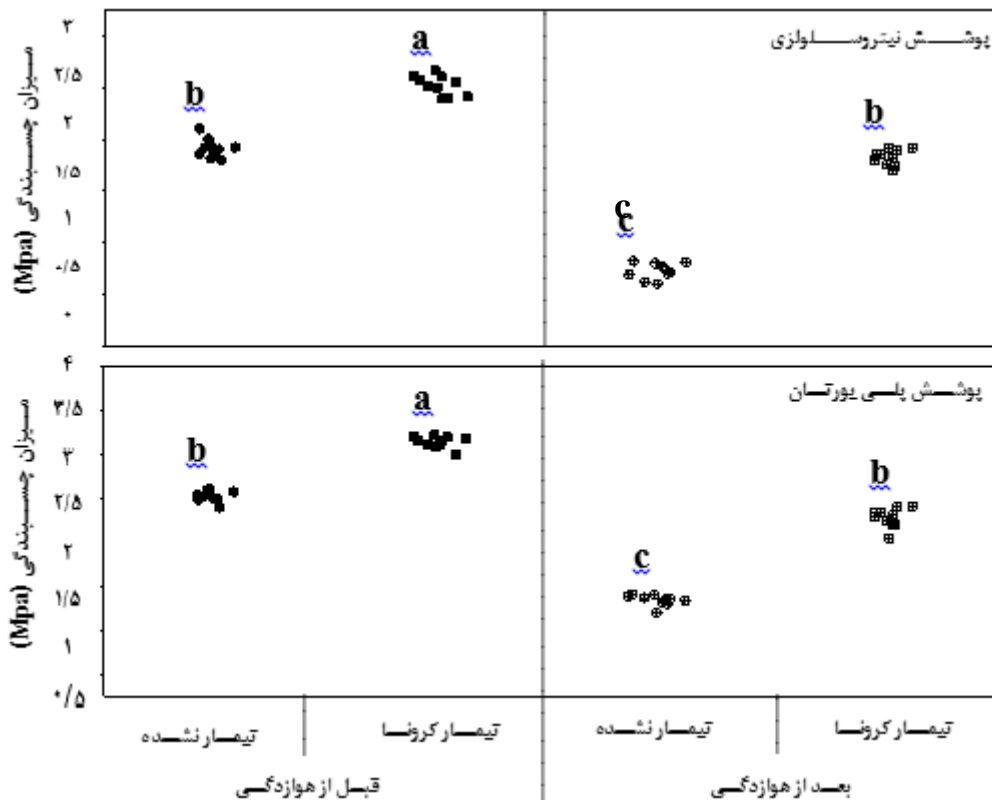
حروف انگلیسی نشان داده شده در تصویر مربوط به گروه بندی دانکن می باشد.

شکل ۳- میزان مقاومت به چسبندگی در گونه چوبی صنوبر قبل و بعد از هوازدگی

مشابهی مشاهده گردید و میزان چسبندگی پوشش پلی یورتان به میزان ۲۸ درصد بهتر از نیتروسولوزی بود. بررسی آماری نشان داد، اختلاف معنی داری در سطح اعتماد ۹۵ درصد بین نمونه های هوازده شده و نشده و بین پوشش های نیتروسولوزی و پلی یورتانی وجود دارد، همچنین تیمار کرونا توانسته است در سطح اعتماد ۹۹ درصد باعث اختلاف معناداری با نمونه های شاهد شود که با تحقیقات Acda و همکاران (۲۰۱۲) و Podgorski و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت دارد. در گونه چوبی راش مانند چوب صنوبر تیمار کرونا توانسته است مقاومت پوشش ها را در هوازدگی بالا ببرد و میزان افزایش مقاومت چسبندگی قبل از هوازدگی را به ترتیب در پوشش نیتروسولوزی و پلی یورتان به میزان ۳۲ و ۲۴ درصد برساند، در حالی که بعد از هوازدگی ۱۵۷ و ۷۶ درصد می باشد. این نتایج بیان کننده آن است که تیمار کرونا توانسته است تأثیر بسیار مناسبی در افزایش مقاومت چسبندگی پس از هوازدگی داشته باشد.

#### چوب راش

در شکل ۴ میزان مقاومت چسبندگی کششی پوشش های نیتروسولوز و پلی یورتان، قبل و بعد از تیمار کرونا و هوازدگی در چوب راش نشان داده شده است. بیشترین میزان چسبندگی کششی در نمونه های شاهد و قبل و بعد از هوازدگی مربوط به پوشش پلی یورتان بود و نتایج نشان داد که میزان چسبندگی پوشش پلی یورتان به میزان ۰/۶ مگاپاسگال بهتر از نیتروسولوزی می باشد. استفاده از تیمار کرونا قبل و بعد از هوازدگی میزان مقاومت به چسبندگی را در پوشش های نیتروسولوزی و پلی یورتان بهبود بخشید و به ترتیب قبل از هوازدگی در هر دو پوشش به میزان مقاومت ۰/۶ مگاپاسگال و بعد از هوازدگی ۱/۱ و ۱ مگاپاسگال افزایش یافت. همچنین پس از تیمار کرونا بیشترین میزان چسبندگی کششی مربوط به پوشش پلی یورتان بود و نتایج نشان داد که میزان چسبندگی پوشش پلی یورتان به میزان ۲۴ درصد بهتر از نیتروسولوزی بود. پس از هوازدگی نتایج



حروف انگلیسی نشان داده شده در تصویر مربوط به گروه بندی دانکن می باشد.  
 شکل ۴- میزان مقاومت به چسبندگی در گونه چوبی راش قبل و بعد از هوازدگی

هوازدگی باعث کاهش مقاومت نمونه ها در برابر سایش شده است ولی نمونه های پوشش داده شده توانسته است نسبت به نمونه های فاقد پوشش پس از هوازدگی مقاومت بیشتری را از خود نشان دهد. در اثر هوازدگی میزان پارامتر سایش در گونه های صنوبر و راش بدون پوشش به ترتیب به میزان ۱۲۱ و ۱۳۳ درصد پوشش داده شده با نیتروسولولزی ۱۹۲ و ۱۷۶ درصد و پوشش داده شده با پلی-یورتان ۳۵۵ و ۲۹۳ درصد افزایش یافته است. به عبارت دیگر درست است که پوشش دهی باعث افزایش مقاومت در برابر هوازدگی نسبت به نمونه های فاقد پوشش شده است ولی این کاهش مقاومت ها به دلیل تخریب پوشش ها و جدا شدن پوشش از سطح چوب است و بعد در اثر سایش لایه های فیلم رنگ از سطح چوب به راحتی جدا گردیده، در نتیجه میزان پارامتر سایش که مطابق با

پارامتر سایش در جدول ۱ میزان پارامتر سایش پوشش های تیمار کرونا شده و نشده قبل و بعد از قرارگیری در شرایط هوازدگی تسریع شده نشان داده شده است.

#### قبل از تیمار کرونا

نتایج نشان می دهد که میزان پارامتر سایش گونه راش کمتر از گونه صنوبر می باشد که می توان علت اصلی آن را دانسیته بالاتر گونه راش نسبت به گونه صنوبر بیان نمود. در اثر پوشش دهی میزان مقاومت به سایش نمونه ها افزایش یافته است و در اثر پوشش دهی میزان مقاومت گونه چوبی صنوبر و راش با پوشش نیتروسولولزی به ترتیب ۲/۶ و ۳/۶ برابر و پوشش پلی یورتان به ترتیب ۵/۳ و ۵/۱ برابر بیشتر از نمونه های فاقد پوشش مشاهده شد. همچنین،

درصد و پس از هواز دگی به میزان ۳۱ و ۴۲ درصد افزایش مقاومت به سایش داشته است.

بیشترین میزان مقاومت به سایش پس از تیمار کرونا در میان گونه‌های چوبی بدون پوشش مربوط به گونه راش بود. نتایج نشان داد، در میان نمونه‌های تیمار کرونا شده در اثر هواز دگی میزان پارامتر سایش در گونه‌های صنوبر و راش بدون پوشش به ترتیب به میزان ۲۹۶ و ۳۰۵ درصد و نمونه‌های پوشش داده شده با نیتروسولوزی به میزان ۱۱۰ و ۱۱۱ درصد و پوشش داده شده با پلی‌یورتان به ترتیب به میزان ۱۳۶ و ۱۰۰ درصد افزایش یافته است. همچنین، قبل و بعد از هواز دگی، در اثر پوشش دهی میزان مقاومت به سایش پوشش پلی‌یورتان بیشتر از پوشش نیتروسولوزی مشاهده شد و به ترتیب در گونه صنوبر و راش قبل از هواز دگی برابر با ۳۳ و ۳۲ درصد و بعد از هواز دگی برابر با ۲۵ و ۳۶ درصد بود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پوشش دهی باعث کاهش میزان سایش و افزایش مقاومت به سایش شده است. به عبارت دیگر، قبل و بعد از هواز دگی کمترین میزان مقاومت به سایش در میان تمامی تیمارها مربوط به نمونه صنوبر هواز ده بود و بیشترین مربوط به پوشش پلی‌یورتان گونه راش می‌باشد. همچنین تحلیل آماری نشان داد، اختلاف معناداری در سطح اعتماد ۹۵ درصد قبل و پس از هواز دگی و پوشش دهی میان انواع تیمارها وجود دارد. تحقیقات Podgorski و همکاران (۲۰۰۰) و Yamamoto و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که می‌توان با تیمار پلاسما خواص سطحی و مقاومت پوشش‌ها را حتی پس از هواز دگی افزایش داد، بنابراین می‌توان گفت تیمار کرونا باعث بهبود خواص مقاومت به سایش پوشش‌ها می‌گردد. همچنین نتایج نشان داد که تیمار کرونا باعث افزایش مقاومت نمونه‌های پوشش داده شده گردیده است، به بیان دیگر پس از تیمار کرونا نمونه‌های پوشش داده شده با نیتروسولوزی و پلی‌یورتان در گونه صنوبر به میزان ۱۲ و ۱۶ درصد و پس از هواز دگی به میزان ۳۷ و ۴۴ درصد و در گونه راش به میزان ۱۰ و ۱۵

فرمول ۱ محاسبه شده است میزان بیشتری را نشان می‌دهد که با تحقیقات Lukowsky و Hora (۲۰۰۲) مطابقت دارد. همچنین، میزان مقاومت پوشش‌ها نسبت به سایش متفاوت بود و میزان مقاومت به سایش پوشش پلی‌یورتان بیشتر از پوشش نیتروسولوزی مشاهده شد و به ترتیب در گونه صنوبر و راش قبل از هواز دگی برابر با ۴۴ و ۴۱ درصد و بعد از هواز دگی برابر با ۱۸ و ۳۳ درصد بیشتر بود؛ بنابراین می‌توان گفت قبل و بعد از هواز دگی کمترین میزان مقاومت به سایش در میان تمامی تیمارها مربوط به نمونه صنوبر هواز ده شده و بیشترین مربوط به پوشش پلی‌یورتان گونه راش می‌باشد. تحلیل آماری نشان داد، اختلاف معناداری در سطح اعتماد ۹۵ درصد میان میزان مقاومت به سایش چوب صنوبر و راش وجود دارد و پس از هواز دگی و پوشش دهی میزان اختلاف معناداری افزایش یافته است.

#### پس از تیمار کرونا

مطابق با جدول ۱، نتایج نشان می‌دهد در اثر تیمار کرونا میزان پارامتر سایش برای گونه‌های صنوبر و راش قبل از هواز دگی تغییرات معناداری نداشته است، ولی پس از هواز دگی پارامتر سایش در نمونه‌های بدون پوشش افزایش یافته است، به عبارت دیگر میزان مقاومت به سایش به ترتیب به میزان ۲۸ و ۳۱ درصد کاهش یافته است. از دلایل اصلی و تأثیرگذار در افزایش پارامتر سایش پس از هواز دگی در نمونه‌های بدون پوشش صنوبر و راش را می‌توان آبدوستی بیشتر سطح تحت تأثیر تیمار کرونا دانست که باعث شده است میزان جذب و نفوذ رطوبت در سطح چوب افزایش داشته و در نتیجه بافت سطحی به سادگی دچار تخریب گردد که با مطالعات Blanchard و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی دارد. همچنین نتایج نشان داد که تیمار کرونا باعث افزایش مقاومت نمونه‌های پوشش داده شده گردیده است، به بیان دیگر پس از تیمار کرونا نمونه‌های پوشش داده شده با نیتروسولوزی و پلی‌یورتان در گونه صنوبر به میزان ۱۲ و ۱۶ درصد و پس از هواز دگی به میزان ۳۷ و ۴۴ درصد و در گونه راش به میزان ۱۰ و ۱۵

#### بحث

این مطالعه به منظور بررسی تأثیر استفاده از تیمار سطحی کرونا بر مقاومت‌های مکانیکی و خواص سطحی پوشش‌های نیتروسولوزی و پلی‌یورتان در چوب صنوبر و راش قبل و بعد از هواز دگی تسریع شده انجام گردید. در نتیجه استفاده از تیمار



کرونا توانست میزان آبدوستی سطح چوب‌های صنوبر و راش را بهبود ببخشد و زاویه تماس به صورت معناداری کاهش یابد که این ویژگی در ادامه باعث بهبود مقاومت به چسبندگی کششی در پوشش‌های نیتروسولوزی و پلی‌یورتان گردید.

جدول ۱- میزان پارامتر سایش نمونه‌ها قبل و بعد از هوازدگی

گونه چوبی	نوع پوشش	قبل از تیمار کرونا		بعد از تیمار کرونا	
		قبل از هوازدگی	بعد از هوازدگی	قبل از هوازدگی	بعد از هوازدگی
صنوبر	بدون پوشش	*a۲/۴(۰/۰۵)	*d۵/۳(۰/۰۴)	**a۲/۳(۰/۰۱)	بعد از هوازدگی
راش		**b۲/۱(۰/۱۲)	*c۴/۹(۰/۰۶)	**b۲/۱(۰/۱۱)	بعد از هوازدگی
صنوبر	نیتروسولوزی	*c۰/۶۵(۰/۱۵)	*e۱/۹(۰/۰۹)	**b۰/۵۷(۰/۱۲)	بعد از هوازدگی
راش		**b۰/۵۸(۰/۰۸)	**e۱/۶(۰/۱۱)	*a۰/۵۲(۰/۰۲)	بعد از هوازدگی
صنوبر	پلی‌یورتان	*c۰/۴۵(۰/۱)	*f۱/۶(۰/۰۳)	*a۰/۳۸(۰/۰۷)	بعد از هوازدگی
راش		*b۰/۴۱(۰/۲۲)	**e۱/۲(۰/۰۱)	**a۰/۳۵(۰/۱۴)	بعد از هوازدگی

اعداد در داخل پرانتز: میزان انحراف معیار و \*، \*\* به معنی معناداری آزمون در سطح ۹۵٪ و ۹۹٪ است. همچنین، حروف انگلیسی به منظور گروه‌بندی دانکن می‌باشد.

فاکتورهایی است که دوام پوشش را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Gholamiyan et al., 2011). ترکیبات اصلی پوشش‌های نیتروسولوزی اتانول می‌باشد که انرژی درونی آن ۹۰ کیلوکالری بر مول است و در اثر قرارگیری در طول موج ۳۵۰ نانومتر (هوازدگی تسریع شده) به سادگی تخریب گردید؛ بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد وقتی که از تیمار کرونا با شرایط ذکر شده در سطح چوب استفاده شود، به دلیل افزایش میزان آبدوستی سطح چوب، جذب پوشش‌های سطحی در بافت چوب افزایش یافته، در نتیجه مقاومت‌هایی که به خواص سطحی مانند چسبندگی کششی و مقاومت به سایش وابسته است بهبود می‌یابد. تیمارهای سطحی مانند کرونا با توجه به نوع گونه چوبی، دمای تیمار، شرایط تیمار، رطوبت نمونه‌های چوبی، فاصله الکتروود از سطح چوب و ... می‌تواند خواص بسیار متغیری را در چوب ایجاد نماید و بعید است که حداقل در کوتاه مدت از این فناوری به صورت تجارتي در صنایع چوب و مبلمان به صورت گسترده استفاده شود؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده امکان تیمار کرونا بر روی سازه ساخته شده مبلمان چوبی و تأثیر استفاده از روش‌های مختلف تیمار کرونا با استفاده از فن پوشش-دهی مستقیم به صورت کووالانسی بر سطح چوب گونه‌های بومی

در مطالعه Nejad و همکاران (۲۰۱۳)، چوب‌های تیمار شده نسبت به چوب‌های تیمار نشده، قابلیت بهتری در نگهداری پوشش، مقاومت به ساییدگی و خراشیدگی از خود نشان دادند. بر اساس نتایج آزمون چسبندگی، می‌توان گفت نمونه‌های تیمار کرونا شده مقاومت چسبندگی بالاتری را نسبت به نمونه‌های تیمار نشده از خود نشان دادند که می‌توان علت آن را واکنش بهتر پوشش با سطح چوب در اثر تیمار و ایجاد اتصالات کووالانسی قوی‌تر که حتی مقاومت به چسبندگی را پس از هوازدگی بهبود بخشید، دانست (Yamamoto et al., 2017). در نتیجه برای دستیابی به مقاومت چسبندگی بالاتر، استفاده از تیمار کرونا پیشنهاد می‌شود و معناداری تحلیل نتایج آماری، آن را تأیید می‌نماید. همچنین، نتایج آزمون سایش نشان داد که بالاتر بودن مقاومت به سایش گونه چوبی راش نسبت به صنوبر می‌تواند به دلیل افزایش وزن مخصوص گونه راش باشد و به علاوه پوشش‌دهی توانست مقاومت به سایش را بسیار بهبود ببخشد. یکسان نبودن مقاومت به سایش پوشش‌های نیتروسولوزی و پلی‌یورتان که در تمامی تیمارها، مقاومت به سایش پوشش پلی‌یورتان بیشتر بود می‌تواند به دلیل نوع ترکیبات رزین آنها باشد، زیرا نوع رزین یکی دیگر از

و تجاری در ایران مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

### منابع مورد استفاده

- S.K.H. and Zeinaly, F., 2014. Influence of Fungal Decay On Chemi-mechanical properties of Beech wood (*Fagus Orientalis*). *J. of Cellulose Chemistry and Technology*, 48 (2): 97-103.
- Manevi, G., 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 Journal of Wood and Paper Science Research*, 27(4): 743-753.
- Matini, B. and Tarmian, A., 2013. Improvement of the weathering resistance of wood /polyethylene composite using carbamate derivatives (IPBC) and Thiabendazole preservative materials. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 28 (1): 123-133.
- Nejad, M., Shafaghi, R., Ali, H. and Cooper, P., 2013. Coating of oil-heat treated flooring, *BioResources* 8(2): 1881-1892.
- Podgorski, L., Chevet, B., Onic, L. and Merlin, A., 2000. Modification of wood wettability by plasma and corona treatments, *Int. J. Adhes. Adhes.* 20(2): 103-111.
- Riedl, B., Angel, C., Prégent, J., Blanchet, P. and Stafford, L., 2014. Effect of wood surface modification by atmospheric-pressure plasma on waterborne coating adhesion, *BioRes*, 9(3): 4908-4923.
- Sakata, I., Morita, M., Tsuruta, N. and Morita, K., 1993. Activation of wood surface by corona treatment to improve adhesive bonding. *J. Appl. Polym. Sci.* 49(7): 1251-1258.
- Talaei, A. Rezvani, M. and Doost Mohammadi, M., 2018. Investigation of Adhesion Strength of Alkyd and Nitro Cellulose Transparent Coatings in Different Heat-treated Poplar Wood. *Journal of color science and technology*, 12: 171-180.
- Tshabalala, M. and Gangstad, J., 2003. Accelerated Weathering of Wood Surfaces Coated with multifunctional Alkoxysilanes by Sol-Gel Deposition. *J Coat Technol*, 75: 37-43.
- Tuck, N., 2000. *Waterborne and Solvent Based Alkyds and Their End User Applications*. John Wiley & Sons in Association with SITA Technology Ltd Press, London.
- Uehara, T. and sakata, L., 1990. Effect of corona discharge treatment on cellulose prepared from beech wood. *J appl Polym Sci*, 41 (7/8): 1695-1706.
- Veronovski, N., Verhovsek, D. and Godnjavec, J., 2013. The influence of surface-treated nano-TiO<sub>2</sub> (rutile) incorporation in water-based acrylic coatings on wood protection. *Wood Sci Technol*, 47: 317-328.
- Yamamoto. A., Kymäläinen. M., Lindroos. T., Rohumaa. A., Sokka. K. and Rautkari. L., 2017. Surface Activation of Wood by Corona Treatment and NaOH Soaking for Improved Bond Performance in Plywood. *BioResources*, 12(4): 9198-9211.
- Acda, M.N., Devera, E.E., Cabangon, R.J. and Ramos, H.J., 2012. Effect of plasma on adhesion properties of wood. *Int. J. Adhes. Adhes*, 32: 70-75.
- Baziar, B., Parsapajoh, D., Khademy, Eslam, H.A., and Hamasi, S.A.H. (2007). Investigation physical properties of Poplar wood treated with hot linseed oil. *Science Agricultural Journal*, 13(1): 197-206.
- Blanchard, V., Blanchet, P. and Riedl, B., 2009. Surface energy modification by radiofrequency inductive and capacitive plasma at low pressures on sugar maple: An exploratory study. *Wood Fiber Sci*, 41: 245-254.
- Clausen, C., Green, F. and Kartal, S., 2010. Weatherability and Leach Resistance of Wood Impregnated with Nano-Zinc Oxide. *Nanoscale Res Lett*, 5: 1464-1467.
- Fahmy, A., Friedrich, J., Poncin-Epaillard, F. and Debarnot, D., 2016. Plasma polymerized allyl alcohol/O<sub>2</sub> thin films embedded with silver nanoparticles, *Thin Solid Films* 616: 339-347.
- Ghofrani, M. and khojasteh khosro, S., 2013. The Effect of Wood Surface Finishing Quality on the Adhesion Strength of Clear Coat. *Journal of Color Science and Technology*, 4: 339-346.
- Gholamiyan, H., Tarmian, A., Doost Hosseini, K. and Azadfallah, M., 2011. The effect of nano particles and common furniture paints on water resistance behavior of poplar wood (*P.nigra*). *Iranian Scientific Association of Wood & Paper Industries*, 2(1): 16-26.
- Godnjavec, J., Znoj, B., Vince, J., Steinbacher, M., znidarsic, A. and Venturini, P., 2012. Stabilization of rutile TiO<sub>2</sub> nanoparticles with glymo in polyacrylic clear coating. *Materials and Technology*, 46(1): 19-24.
- Hui, B., Li, Y., Huang, Q., Li, G., Li, J., Cai, L. and Yu, H., 2015. Fabrication of smart coatings based on wood substrates with photoresponsive behavior and hydrophobic performance. *Materials and Design*, 84:277-284.
- Khojasteh Khosro1, S., Ghofrani, M. and Ganjaee Sari, M., 2015. The effect of adding zinc oxide 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.
- Lukowsky, D. and Hora, G., 2002, Pretreatments of wood to enhance the performance of outdoor coatings. *Macromol. Symp*, 187: 77-85.
- Malekani, M., Khademeslam, H.o., Hosseinihashemi,

## The effect of corona treatment to improve the mechanical properties of nitrocellulose and polyurethane coatings in wooden furniture

H. Gholamiyan

-Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: Hadi\_gholamiyan@ut.ac.ir

Received: Jan., 2019

Accepted: April, 2019

### Abstract

In this study, the effect of corona treatment on improving the durability of nitrocellulose and polyurethane coatings in the wood furniture industry before and after weathering is investigated. The boards made from corona treated poplar and beech woods were coated by an automatic film applicator and accelerated weathering treated for 30 days. Then, the contact angle, abrasion resistance, and pull-off adhesion testing to the wood surface coatings were measured. The results showed that corona treatment reduced contact angle in wooden species and the highest contact angle reduction was found in beech wood. The results of the adhesion test showed that the highest adhesion was related to the polyurethane coating and after weathering treatment, the adhesion of the coatings decreased, but the use of corona treatment, in addition to increasing the adhesion strength before weathering, significantly improved adhesion after weathering. The results of the abrasion test showed that the wear resistance increased in wooden species due to the coating, and the highest value was observed in the beech wood coated with polyurethane. After weathering, wear resistance was reduced in all samples, but using corona treatment increased resistance to abrasion. In general, it can be expressed that the application of corona treatment can significantly (at 95% confidence level) improved the mechanical properties and durability of coatings before and after weathering and thus can increase the durability of the furniture and wooden structures.

**Keywords:** Corona treatment, contact angle, abrasion, adhesion test, wooden furniture.