

اثر لایه‌های ساخته شده از پوشش‌های شفاف بر روی تغییرات رنگ و کیفیت سطح چوب پس از هوازگی تسریع شده در مبلمان شهری

چکیده

در این تحقیق، اثر قرارگیری لایه‌های ساخته شده از پوشش‌های شفاف بر تغییرات رنگی و کیفیت سطح چوب زیر آن با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (CLE) و میکروسکوپ لیزری هم کانون (CLSM) قبل و بعد از هوازگی مورد بررسی قرار گرفت. برای ساخت لایه‌ها از سه پوشش آلکیدی، پلی‌یورتان پایه حلال و پلی‌یورتان پایه آب استفاده شد. سپس لایه‌های ساخته شده با استفاده از نوار چسب مخصوص الیاف کربنی و آلومینیومی بر روی سطوح چوبی تثبیت شدند. پس از آن نمونه‌ها به مدت ۴۵ روز در دستگاه هوازگی تسریع شده (QUV) قرار گرفتند و میزان تغییرات رنگ و زبری پوشش و سطح چوب قبل و بعد از هوازگی مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج نشان داد که در اثر هوازگی فیلم‌های پوشش و سطح چوب دچار تغییر رنگ شدند و به ترتیب کمترین میزان تغییر رنگ مربوط به پوشش پلی‌یورتان پایه حلال، پلی‌یورتان پایه آب و آلکیدی بود. همچنین، نتایج میکروسکوپ لیزری هم کانون نشان داد الگوهای تغییرات زبری در سطح چوب بستگی زیادی به نوع پوشش رویه دارد و عامل اصلی در تغییرات زبری سطحی وابسته به درصد جذب و مقاومت پوشش رویه نسبت به عبور اشعه فرا بنفش می‌باشد. به ترتیب کمترین و بیشترین میزان زبری در اثر هوازگی در سطح چوب زیر لایه مربوط به نمونه پوشش پلی-اورتان پایه حلال و آلکیدی بود.

واژگان کلیدی: پوشش، رنگ‌سنجی، زبری، چوب نوئل، مبلمان.

هادی غلامیان^{۱*}
اصغر طارمیان^۲

^۱ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۲ دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:

Hadi_gholamiyan@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۰

مقدمه

امروزه استفاده از پوشش‌ها و رنگ‌های مصنوعی در سازه‌های چوبی و مبلمان‌های شهری بسیار رواج یافته است و هدف اصلی استفاده از آنها، ایجاد زیبایی بصری و حفاظت و افزایش طول عمر سازه چوبی می‌باشد [۱]. برای افزایش دوام در برابر عوامل مخرب طبیعی و مصنوعی سازه‌های چوبی، پوشش‌های مختلفی نظیر انواع پوشش‌های آلکیدی، پلی‌یورتان، اکریلیکی، اپوکسی و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲، ۳]. همچنین، یکی از

دلایل استفاده و کاربرد فراوان چوب در سازه‌های داخلی و خارجی ساختمان، وجود نقش و نگارهایی از بافت چوب است و تمامی صنعتگران و تولید کنندگان مبلمان تلاش می‌نمایند تا این نقوش را هرچه زیباتر در معرض دید خریداران قرار دهند [۴]. پس از قرارگیری سازه‌های چوبی در شرایط بیرونی، پوشش‌های سطوح تحت شرایط محیطی قرار گرفته و عوامل مخربی نظیر نور خورشید، رطوبت، و گرما باعث تخریب پوشش شده و در نهایت سازه چوبی را دچار هوازگی و تخریب می‌کند [۵، ۶]. در اثر

هوازدهی، تغییرات زیادی در پوشش‌ها و سطح چوب ایجاد می‌شود که می‌توان تغییرات رنگی، تغییرات کیفیت سطح، زبری و کاهش مقاومت به چسبندگی را جزو مهمترین آنها دانست [۷، ۸ و ۹]. مطالعاتی زیادی در خصوص بررسی تاثیر انواع پوشش‌ها بر خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی چوب انجام شده است. تحقیقات D'Auria و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که یکی از پارامترهای موثر در تغییرات رنگی چوب پوشش داده، نوع پوشش سطحی و مقدار نور تابیده شده بر سطح چوب است و همچنین استفاده از تیمارهای گرمایی و پوشش‌های محافظ می‌تواند میزان تغییرات رنگی را در چوب کاهش دهد [۱۰]. Hui و همکاران (۲۰۱۵) بر روی تغییرات رنگی سطح چوب با استفاده از فیلم‌های پوششی بررسی‌هایی انجام دادند و نتایج نشان داد که یکی از عوامل مهم و تاثیر گذار در تغییرات رنگی سطح چوب نوع پوشش و گونه چوبی است. آنها بهترین پوشش در برابر تغییرات رنگی را پوشش ترکیبی سلژل نامیدند [۱۱] همچنین پژوهش Custodi و Eusebio (۲۰۰۶) تاثیر مثبت پوشش‌های رنگی در هوازدهی را تایید نمود [۱۲]. تاثیر هوازدهی بر تغییرات میزان زبری در میان پوشش‌های ترکیبی اکریلیک‌ها، پلی-اورتان و اپوکسی‌ها متفاوت است. مطالعات Bulcke و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که بیشترین مقاومت به زبری مربوط به پوشش پلی‌اورتان پایه حلال است [۱۳]. بررسی‌های Lung و همکاران (۲۰۰۸) بر روی تاثیر پوشش‌های رنگی بر افزایش ثبات و جلوگیری از تغییر رنگ سطوح چوبی نشان داد که پلی‌یورتان‌های آلیفاتیک مقاومت بیشتری به تغییرات رنگی نسبت به پلی‌یورتان‌های آروماتیک دارند [۱۴]. Yamaguchi و Enomae (۲۰۰۶) و Fernando و همکاران (۲۰۰۶) تاثیر پوشش‌دهی و هوازدهی بر میزان زبری سطح چوب را مطالعه نمودند و نتایج نشان داد در اثر هوازدهی و برخورد بیشتر اشعه فرا بنفش به سطح چوب در طولانی مدت میزان زبری سطح افزایش می‌یابد [۱۵، ۱۶]. در اغلب تحقیقات مذکور صرفاً به تغییرات خواص سطح پوشش خورده در اثر هوازدهی پرداخته شده است و به ندرت مطالعه‌ای در راستای بررسی تغییرات سطح چوب زیر پوشش^۱ در اثر

هوازدهی انجام شده است. خواص حفاظتی پوشش‌ها یکسان نبوده و وابسته به پارامترهای زیادی مانند ماهیت رزین، پرداخت‌کاری، ضخامت پوشش و وجود رنگدانه تقویتی و غیره است [۱۷، ۱۸]. خاصیت جذب اشعه فرا بنفش در انواع پوشش‌ها متفاوت است و به دو عامل اصلی نوع ترکیبات اصلی رزین و ضخامت پوشش شفاف بستگی زیادی دارد [۱۹]. در پوشش‌ها اشعه فرا بنفش از فیلم پوشش عبور نموده و چوب تقریباً تمام طول موج طیف الکترومغناطیسی نور خورشید را جذب می‌کند و به همین ترتیب واکنش‌های فوتوکاتالیستی، اکسید کننده و ترمو اکسیداتیو را در پی خواهد داشت [۲۰]. در میان ترکیبات اصلی چوب نظیر سلولز، همی سلولز و لیگنین، تنها لیگنین به طور نسبتاً قوی در منطقه جذب فعالیت نموده و با نسبت حدود ۸۰-۹۵٪. طول موج ۲۸۰ الی ۴۰۰ نانومتر را جذب می‌کند [۲۱، ۲۲ و ۲۳]. بنابراین، بررسی اثر مستقل انواع فیلم‌های پوششی بر کیفیت سطح چوب نیازمند مطالعات بیشتری بوده و در این تحقیق تاثیر لایه‌های ساخته شده از پوشش‌های شفاف بر تغییرات رنگی و کیفیت سطح چوب پس از هوازدهی تسریع شده مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

چوب مصرفی

گونه چوبی نوئل (*Picea abies L.*) از یک چوب فروشی در شهر کرجهتیه شد. رطوبت اولیه الوارها در حدود ۲۵ درصد بود. چوب‌ها پس از برش به ابعاد کوچکتر، برای رسیدن به رطوبت تعادل ۱۲ درصد اخل اتاق کلیما (رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای ۲۰ درجه سانتیگراد) قرار داده شدند. سپس نمونه‌های چوبی متعادل شده به ابعاد استاندارد ۲×۱۰×۱۵ و مطابق با استاندارد EN ۹۲۷-۵ (طولی×شعاعی×مماسی) برش داده شدند.

پوشش‌ها

پوشش‌های استفاده شده در این تحقیق و توضیحات مربوط به هر یک از آنها در جدول ۱ خلاصه شده است. در این تحقیق از شفاف پوشه‌های با کدهای زیر استفاده شد:

^۱ - Under coating

جدول ۱ - پوشش‌های استفاده شده و نمادهای استفاده شده برای آنها

کد پوشش	مواد تشکیل دهنده پوشش
شاهد	نمونه شاهد
SA	سیلر و کیلر بر پایه رزین آلکید (تولیدی کارخانه صنایع پارس اشن بود و درصد ماده خشک آن بعد از رقیق شدن با تینر و آماده برای رنگ‌کاری ۱۱ درصد و قبل از رقیق شدن با حلال ۳۰ درصد بود).
SP	سیلر و کیلر بر پایه رزین پلی‌اورتان (تحقیق تولیدی کارخانه صنایع رنگ و رزین پارس اشن بود و درصد ماده خشک آن بعد از رقیق شدن با تینر و آماده برای رنگ‌کاری ۱۱ درصد و قبل از رقیق شدن با حلال ۴۵ درصد بود).
PW	پوشش تک جزئی پلی‌اورتان پایه آب (رزین پلی‌اورتان پایه آب ساخت کارخانه بونا* آلمان).

Bona*

آرامی از سطح کاغذ جدا شدند. پوشش‌های جدا شده توسط نوار چسب مخصوص الیاف کربنی و آلومینیومی از اطراف به سطح چوب متصل شدند. در شکل ۱ نمایی از نحوه قرارگیری پوشش‌ها بر روی سطح چوب نمایش داده شده است.

نحوه قرارگیری لایه ساخته شده از فیلم‌های پوششی بر روی سطح چوب

ابتدا به وسیله دستگاه فیلم‌کش پوشش‌هایی به ضخامت ۲۰۰ میکرون بر روی کاغذهای روغنی مخصوص ایجاد شد. پس از ۲۴ ساعت و خشک‌شدن پوشش‌ها به



شکل ۱- نحوه قرارگیری لایه‌های ساخته شده بر روی سطوح چوبی: SA (الف)، SP (ب) و PW (ج)

مقاومت فیلم‌های پوششی و سطح چوب زیری استفاده شد. مشخصات فنی دستگاه هوازدگی در جدول ۲ نشان داده شده است.

آزمون هوازدگی تسریع شده

از دستگاه هوازدگی تسریع شده مدل QUV ساخت کشور آلمان مطابق با استاندارد EN ۹۲۷-۶ برای بررسی

جدول ۲ - مشخصات دستگاه هوازدگی مورد آزمون

دستگاه QUV	
دمای میانگین	۸۰°C الی ۴۵°C
ظرفیت دستگاه	۴۸ نمونه (۱۵۰×۷۵)mm
نوع برق مصرفی	۲۳۰/۵۰؛۹A و ۱۲۰/۶۰؛۲۰A
میزان آب مصرفی	۸ لیتر در روز
مساحت مفید	۴۰۰۰ cm ²
لامپ	UVA-۳۴۰ (۱,۵۵ W/m ²)
طول عمر لامپ	۵۰۰۰ ساعت

آزمون رنگ‌سنجی

از دستگاه رنگ‌سنج مدل NR110 و سیستم رنگ-سنجی $L^*a^*b^*$ یا CLE Lab جهت بررسی میزان تغییر رنگ در لایه‌های ساخته شده از پوشش‌های مختلف و همچنین چوب زیری استفاده شد. آزمون‌های رنگ‌سنجی قبل و بعد از هوازگی انجام شدند و پارامترهای C^* و ΔE^* بر اساس رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شد:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (۱) \text{ رابطه}$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (۲) \text{ رابطه}$$

در معادله‌های فوق:

L^* ، a^* ، b^* = مختصات رنگی (L^*): نشان دهنده میزان روشنی، a^* : نشان دهنده میزان قرمزی و سبزی و

b^* : نشان دهنده میزان آبی و زردی)، ΔE = میزان تغییر رنگ $C^* =$ شفافیت

میکروسکوپ لیزری هم‌کانون

برای بررسی کیفیت سطح لایه‌های ساخته شده از پوشش‌های مختلف و سطح چوب زیری و همچنین اندازه-گیری زبری و توپوگرافی سطوح از میکروسکوپ لیزری هم‌کانون (VK-9700) استفاده شد. مکانیسم کار این دستگاه به این صورت است که دستگاه بر اساس مقیاس داده شده شروع به اسکن سطح مورد مطالعه کرده و در نهایت نتایج را بر اساس استانداردهای مختلف گزارش می‌کند. در این تحقیق از استاندارد ISO/DIS ۳-۲۵۱۷۸ و پارامتر Sa به عنوان معیار زبری استفاده شد. در جدول ۳ پارامترهای زبری گزارش شده ارائه شده است.

جدول ۳- پارامترهای زبری مورد بررسی

پارامتر زبری	توضیحات
Sa	میزان میانگین زبری
Sq	میزان میانگین زبری (بر اساس میانگین عمق دره به مجذور ارتفاع قله)
Sz	میزان بیشترین ارتفاع (از پایین ترین نقطه دره تا بالاترین نقطه قله)
Sp	میزان بیشترین ارتفاع (از میانگین سطح تا بالاترین نقطه قله)
Sv	میزان بیشترین عمق دره (از سطح تا پایین ترین نقطه دره)

لایه‌های ساخته شده از پوشش‌ها

نتایج نشان داد که بعد از قرارگیری نمونه‌ها در معرض هوازگی میزان L^* ، a^* و b^* در لایه‌های مختلف ساخته شده از پوشش‌های مختلف تغییر یافت. به ترتیب بیشترین میزان L^* در پوشش پلی‌یورتان پایه آب، پلی‌یورتان پایه حلال و آلکیدی مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد بین پوشش آلکیدی و نمونه شاهد وجود داشت. همچنین، میزان L^* در پوشش‌های پلی-یورتان پایه آب، پلی‌یورتان پایه حلال و آلکیدی به طور متوسط ۲/۳، ۳/۷ و ۲۳/۱ درصد کاهش یافت و به ترتیب بیشترین و کمترین میزان روشنی پس از هوازگی مربوط به فیلم‌های پوشش پلی‌یورتان پایه آب و آلکیدی است. همچنین، بیشترین میزان a^* و b^* در لایه‌های رنگی آلکیدی، پلی‌یورتان پایه حلال و پلی‌یورتان پایه آب

آزمون آماری

از طرح کاملا تصادفی برای نمونه‌برداری استفاده شد. همچنین، با استفاده از نرم‌افزار SPSS، معنی‌داری میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. لازم به ذکر است، برای تمام آزمون‌ها از ۱۰ تکرار استفاده شد.

نتایج و بحث

تغییرات رنگ

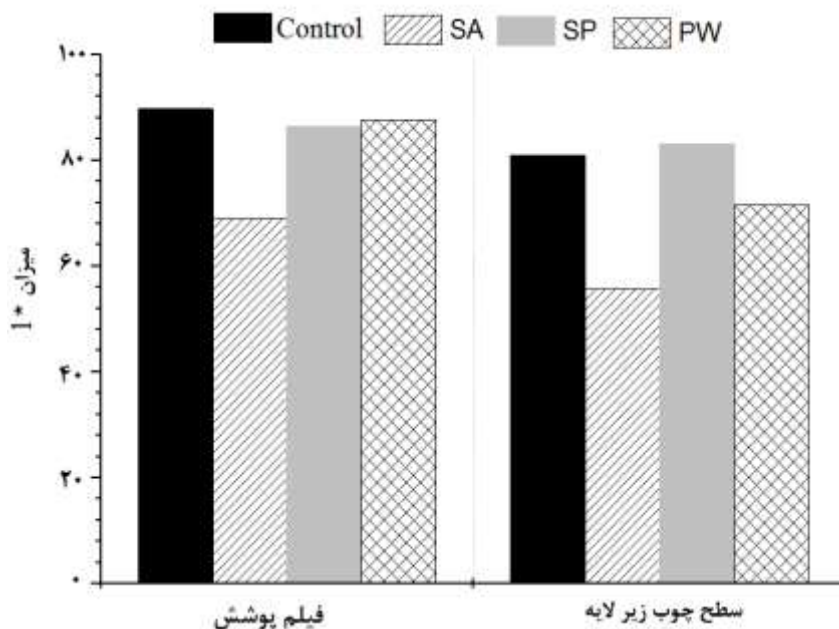
تغییرات روشنی (L^*)، قرمزی (b^*) و زردی (a^*) انواع لایه‌های ساخته شده و سطوح چوبی زیر آن قبل و بعد از قرارگیری در معرض هوازگی تسریع شده به ترتیب در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است.

پوشش آلکیدی و پلی یورتان پایه آب با نمونه شاهد وجود داشت. میزان L^* به ترتیب در پوشش‌های پلی یورتان پایه حلال، پلی یورتان پایه آب و آلکیدی به طور متوسط ۲/۷، ۱۱/۶ و ۳۱/۲ درصد کاهش یافت. به عبارت دیگر در اثر هوازدگی میزان روشنی، در سطح چوب زیر لایه کمتر از نمونه شاهد (چوب خام) بود. همچنین، به ترتیب میزان a^* و b^* در پوشش‌های آلکیدی، پلی یورتان پایه آب و پلی یورتان پایه حلال به طور متوسط ۱۳۵/۲، ۷۷/۹ و ۴/۱ درصد و ۹۸/۷، ۹۱/۸ و ۰/۵ درصد نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. به عبارت دیگر به ترتیب میزان قرمزی و زردی پس از هوازدگی افزایش یافته است. که با نتایج آزمایشات Lung و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد [۱۴]. همچنین، نتایج نشان داد اختلاف معنی داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد در بین پوشش آلکیدی و پلی یورتان پایه آب با نمونه شاهد وجود داشت ولی اختلاف معناداری میان پوشش پلی یورتان پایه حلال و نمونه شاهد مشاهده نشد. این مسله حاکی از آن است که میزان قرمزی و زردی سطح چوب زیر لایه پوشش پلی یورتان پایه حلال تغییرات زیادی نکرده است.

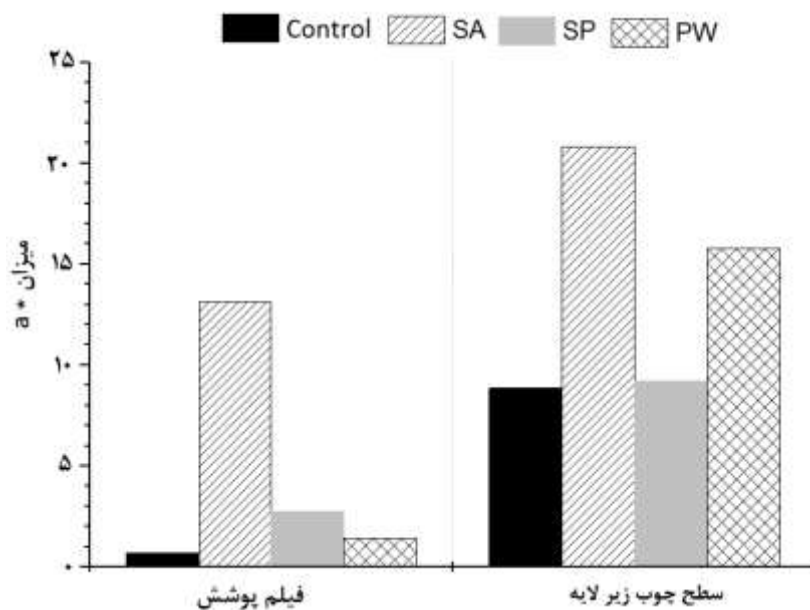
مشاهده شد و اختلاف معنی داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد در بین پوشش آلکیدی و پلی یورتان پایه حلال و پلی یورتان پایه آب با نمونه شاهد وجود داشت. همچنین، به ترتیب میزان a^* و b^* در پوشش‌های آلکیدی، پلی یورتان پایه حلال و پلی یورتان پایه آب به طور متوسط ۱۸/۵، ۳/۱ و ۱/۱ برابر و ۶۸/۴، ۱۹/۵ و ۳/۶ برابر نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. به عبارت دیگر میزان قرمزی و زردی پس از هوازدگی افزایش یافته است. تحقیقات پاندى (۲۰۰۵) نیز نشان دادند که در اثر هوازدگی پوشش‌ها میزان L^* در نمونه‌ها کاهش یافته ولی میزان a^* و b^* افزایش می‌یابد [۹].

سطح چوبی زیرین

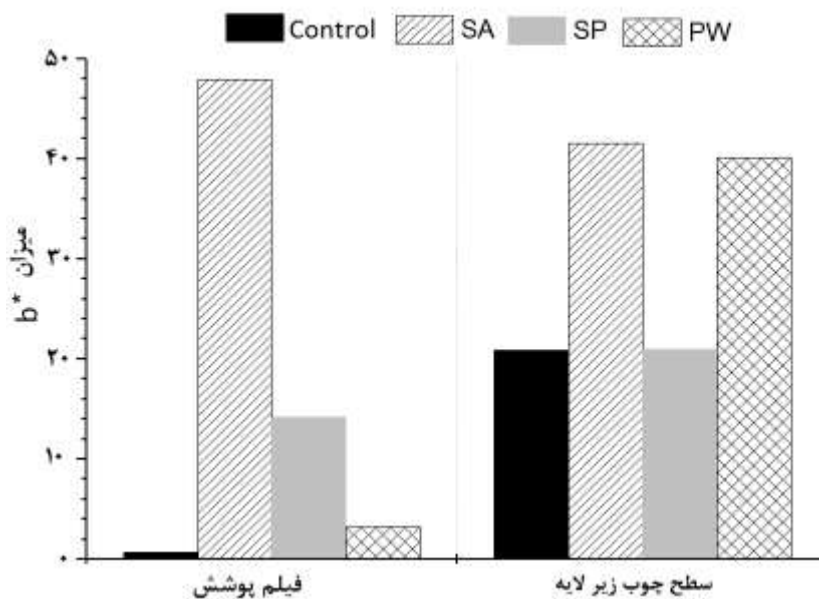
نتایج نشان داد که بعد از قرارگیری نمونه‌ها در معرض هوازدگی میزان L^* ، a^* و b^* در سطح چوبی زیر لایه‌ها بسیار متغیر بود و بیشترین میزان L^* در سطح چوبی زیر لایه پلی یورتان پایه حلال و کمترین میزان L^* در سطح چوبی زیر لایه مربوط به پوشش آلکیدی مشاهده شد. اختلاف معنی داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد بین



شکل ۲- میزان تغییرات L^* لایه پوششی و سطح چوب زیر آن، قبل و بعد از هوازدگی



شکل ۳- میزان a^* فیلم پوششی و سطح چوب زیر لایه، قبل و بعد از هوازدگی



شکل ۴- میزان b^* فیلم پوششی و سطح چوب زیر لایه، قبل و بعد از هوازدگی

پوشش آلکیدی بود. همه نمونه‌ها در اثر قرارگیری در شرایط هوازدگی دچار تغییرات رنگی شدند که شدت آن به میزان تغییرات گروه‌های کربونیل ر لیگنین وابسته است [۲۱، ۲۲]. تحقیقات D'Auria و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان داد که یکی از پارامترهای موثر در تغییرات رنگی چوب‌های اندود شده، نوع پوشش و مقدار نور تابیده شده بر سطح چوب است [۱۰].

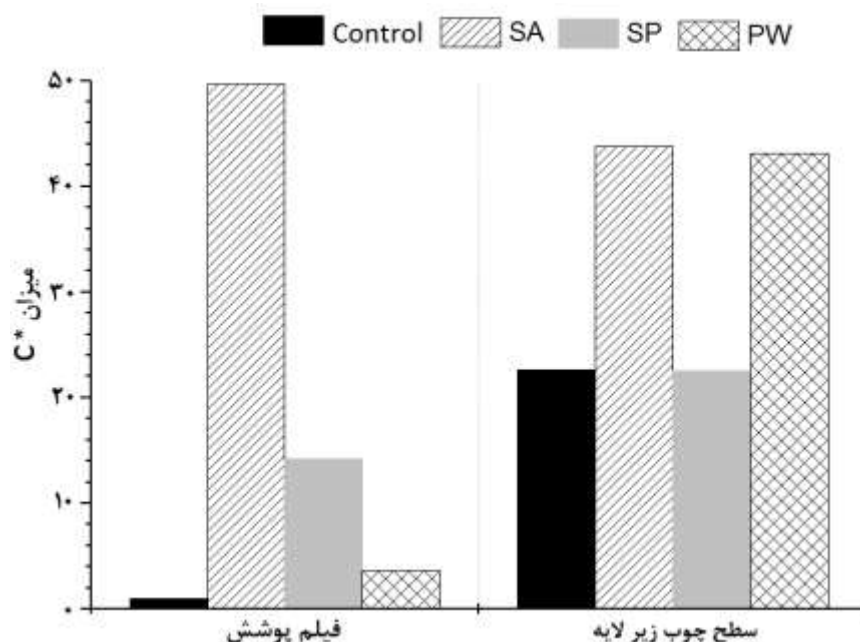
در اثر هوازدگی، پارامترهای a^* و b^* نسبت به حالت اولیه (نمونه شاهد) تغییر نکرد (جدول ۴). نتایج نشان داد نمونه‌ها در اثر هوازدگی تیره‌تر، قرمزتر و زردتر از نمونه شاهد هستند و به ترتیب کمترین میزان تغییرات رنگی در فیلم پوششی مربوط به پوشش پلی‌یورتان پایه آب و بیشترین مربوط به پوشش آلکیدی بود. همچنین کمترین میزان تغییرات رنگی در سطح چوبی زیر لایه مربوط به پلی‌یورتان پایه حلال و بیشترین آن مربوط به

جدول ۴- میزان ΔE انواع پوشش‌ها نسبت به نمونه شاهد بعد از هوازدهی

پوشش‌ها	فیلم پوششی		سطح چوبی زیر لایه	
	پلی‌یورتان پایه حلال	پلی‌یورتان پایه آب	پلی‌یورتان پایه حلال	پلی‌یورتان پایه آب
ΔE بعد از هوازدهی	۵۳/۱	۱۴/۱	۲/۶	۲۲/۴

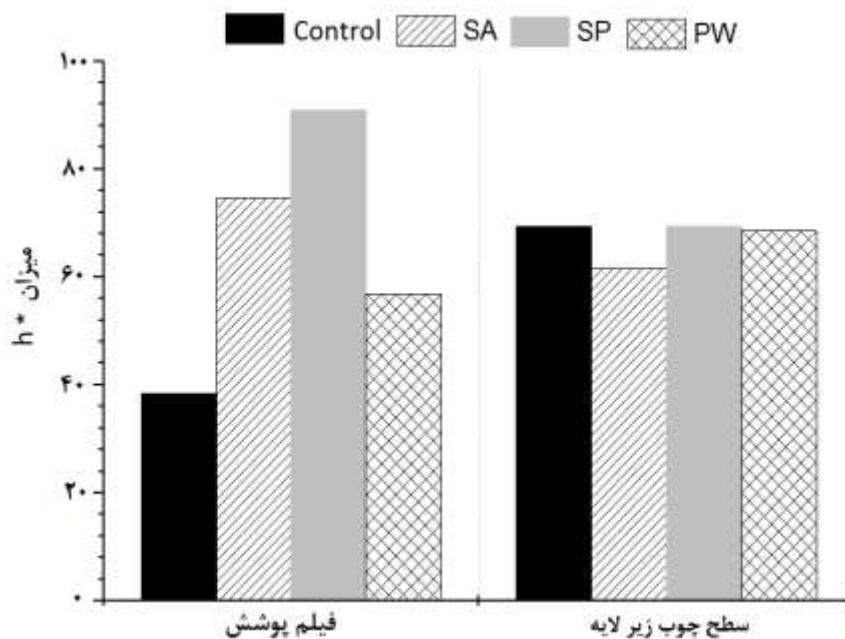
کدرتر می‌شوند [۱۱]. بیشترین میزان C^* در فیلم‌های آلکیدی و کمترین میزان آن در پلی‌یورتان پایه آب مشاهده شد که به طور متوسط ۴۴۰/۷ و ۲۵۲/۵ درصد و در سطح چوب زیر لایه پوشش‌های آلکیدی با بیشترین میزان و پلی‌یورتان پایه حلال با کمترین میزان به طور متوسط ۹۳/۴ و ۲/۴ درصد نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت.

در شکل‌های ۵ و ۶ میزان تغییرات فاکتورهای C^* (شفافیت یا کدری رنگ) و h^* (تمایلات رنگی به قرمزی ۰ درجه) یا زردی (۹۰ درجه) بعد از قرارگیری نمونه‌ها در شرایط هوازدهی تسریع شده نشان داده شده است. بعد از هوازدهی میزان C^* نمونه‌های پوشش‌داده شده بیشتر از نمونه شاهد بود. این مسئله حاکی از آن است که در اثر پوشش‌دهی و هوازدهی از شفافیت نمونه‌ها کاسته شده و

شکل ۵- میزان C^* فیلم پوششی و سطح چوب زیر لایه، قبل و بعد از هوازدهی

پوشش‌های آلکیدی و پلی‌یورتان پایه آب به طور متوسط ۱/۵ و ۹/۴ درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. با توجه به اینکه از میزان h^* سطح چوب زیر لایه پوشش آلکیدی و پلی‌یورتان پایه آب کاسته شده است، بنابراین می‌توان گفت فام رنگی سطح چوب کاهش یافته و رنگ سطح چوب از حالت زردی به قرمزی نزدیکتر شده است [۹، ۱۲].

به ترتیب بیشترین میزان h^* در فیلم پوششی پلی‌یورتان پایه حلال و کمترین میزان در پوشش پلی‌یورتان پایه آب مشاهده شد که به طور متوسط ۱۳۶/۷ و ۴۸/۳ درصد نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت، بنابراین فام رنگی فیلم پوششی افزایش یافته است و رنگ فیلم پوششی چوب از حالت قرمزی به زردی نزدیکتر شده است. سطح چوب زیر لایه پوشش‌های پلی‌یورتان پایه حلال تغییرات معناداری را با نمونه شاهد نشان نداد ولی



شکل ۶- میزان h^* فیلم پوششی و سطح چوب زیر لایه، قبل و بعد از هوازدگی

Fernando و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان داد که می‌توان با پوشش‌دهی سطح چوب میزان زبری سطح بعد از هوازدگی را کاهش داد [۱۶]. همچنین در جدول ۵ نتایج آزمون آماری پارامتر زبری قبل و بعد از هوازدگی نشان داده شده است. به طور کلی نتایج نشان داد در اثر پوشش‌دهی میزان زبری کاهش داشت و اختلاف معناداری با نمونه شاهد مشاهده شد. بعد از هوازدگی میزان افزایش زبری در فیلم پوششی کمتر از نمونه شاهد بود و پوشش‌های پلی‌اورتان پایه حلال و آلکیدی در یک گروه قرار گرفتند و پوشش پلی‌اورتان پایه آب در گروه دیگری قرار گرفت.

سطح چوب زیر لایه

میزان زبری سطح چوب زیر لایه قبل از هوازدگی برابر با میزان زبری نمونه شاهد بود. نتایج نشان می‌دهد که بعد از قرارگیری نمونه‌ها در معرض هوازدگی میزان زبری در سطح چوب زیر لایه بسیار متغیر بود و به ترتیب بیشترین میزان زبری در سطح چوب زیر لایه مربوط به پوشش آلکیدی و کمترین مربوط به پوشش پلی‌اورتان پایه حلال مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد بین پوشش آلکیدی، پلی‌اورتان پایه آب و پلی‌اورتان پایه حلال با نمونه شاهد وجود داشت. همچنین،

میکروسکوپ لیزری هم کانون

در جدول ۵ میزان تغییرات فاکتورهای زبری S_q ، S_a ، S_z ، S_p و S_v (μm) انواع فیلم پوششی و سطح چوبی زیر آنها قبل و بعد از قرارگیری در شرایط هوازدگی تسریع شده نشان داده شده است. پارامتر S_a میانگین زبری را نشان می‌دهد.

فیلم پوششی

نتایج نشان داد پس از پوشش‌دهی میزان زبری همه نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد کاهش می‌یابد و به ترتیب کمترین میزان زبری در پوشش‌های PS ، AS و PW مشاهده شد (جدول ۵). Yamaguchi و Enomae (۲۰۰۶) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند [۱۵]. به عبارت دیگر، کمترین میزان زبری مربوط به پوشش‌های پلی‌اورتان پایه حلال و بیشترین میزان مربوط به پوشش‌های پلی‌اورتان پایه آب بود که به میزان $3/34$ و $1/52$ درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که بعد از هوازدگی، میزان زبری لایه‌های رنگی افزایش یافت و بیشترین میزان زبری به ترتیب مربوط به نمونه‌های پوشش‌های پلی‌اورتان پایه آب، آلکیدی و پلی‌اورتان پایه حلال بود و به ترتیب میزان زبری ۹، ۱۷ و ۲۲ درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. تحقیقات

و ۲۸/۷ درصد کاهش یافت. به عبارت دیگر فیلم پوششی سطحی باعث کاهش زبری سطح چوب زیر لایه شده است.

بعد از هوازدگی میزان زبری به ترتیب در سطح چوب زیر لایه پوشش‌های پلی‌یورتان پایه حلال، پلی‌یورتان پایه آب و آلکیدی به طور متوسط نسبت به نمونه شاهد ۴۶/۷، ۳۷

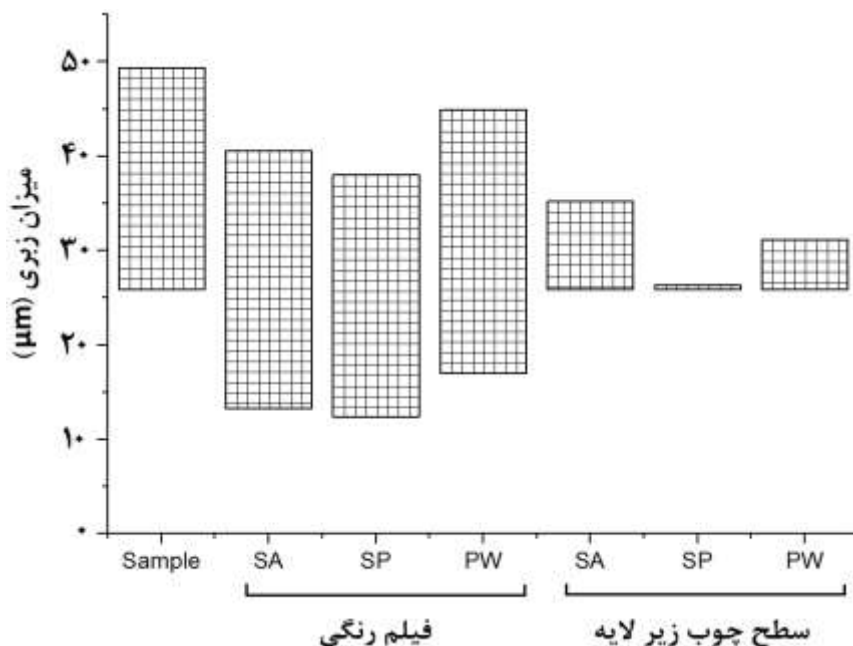
جدول ۵- میزان پارامتر زبری قبل و بعد از هوازدگی

نوع پوشش	فاکتورهای زبری (μm)														
	فیلم پوششی					بعد از هوازدگی					قبل از هوازدگی				
	Sv	Sp	Sz	Sq	Sa	Sv	Sp	Sz	Sq	Sa	Sv	Sp	Sz	Sq	Sa
شاهد	۱۵۸/۵	۱۰۴/۸	۲۶۳/۴	۵۸/۸	*۴۹/۴b	۱۵۸/۵	۱۰۴/۸	۲۶۳/۴	۵۸/۸	*۴۹/۴c	۴۵/۶	۷۱/۲	۱۱۶/۸	۲۹/۸	*۲۵/۹c
AS	۱۵۳/۴	۱۰۵/۸	۲۴۴	۴۱/۹	**۳۵/۲a	۹۶/۳	۱۱۵/۶	۲۱۲	۴۸/۹	*۴۰/۶a	۲۲۲/۱	۴۴/۲	۲۶۶/۴	۱۷/۸	**۱۳/۳a
PS	۱۸۳/۲	۱۰۱/۵	۲۳۱	۳۳/۵	**۲۶/۳a	۱۶۲/۲	۱۱۲/۲	۲۷۷/۴	۴۲/۴	*۳۸ a	۲۵	۳۶/۵	۶۱/۵	۱۴/۳	**۱۲/۴a
PW	۱۶۸/۵	۱۱۰/۶	۲۵۳/۵	۳۹/۱	**۳۱/۱a	۲۵۴/۴	۱۱۹/۲	۲۵۷/۳	۵۲/۶	*۴۴/۹b	۱۲۸/۸	۷۳/۳	۲۰۲/۱	۲۰/۳	**۱۷ b

*- ۹۵ درصد معنی دار، **- ۹۹ درصد معنی دار

جلوگیری از تخریب پلیمری خود و نفوذ رطوبت داشته باشد، میزان زبری کمتری تحت تاثیر قرار می‌گیرد. Bulcke و همکاران (۲۰۰۷) نیز با استفاده از پوشش‌های پایه آبی با ترکیبات عمده آکرلیک‌ها و پلی‌اورتان به نتایج مشابهی دست یافتند [۱۳]. در شکل ۷ میزان افزایش زبری پوشش‌ها پس از قرارگیری در شرایط هوازدگی نسبت به قبل از هوازدگی نشان داده شده است.

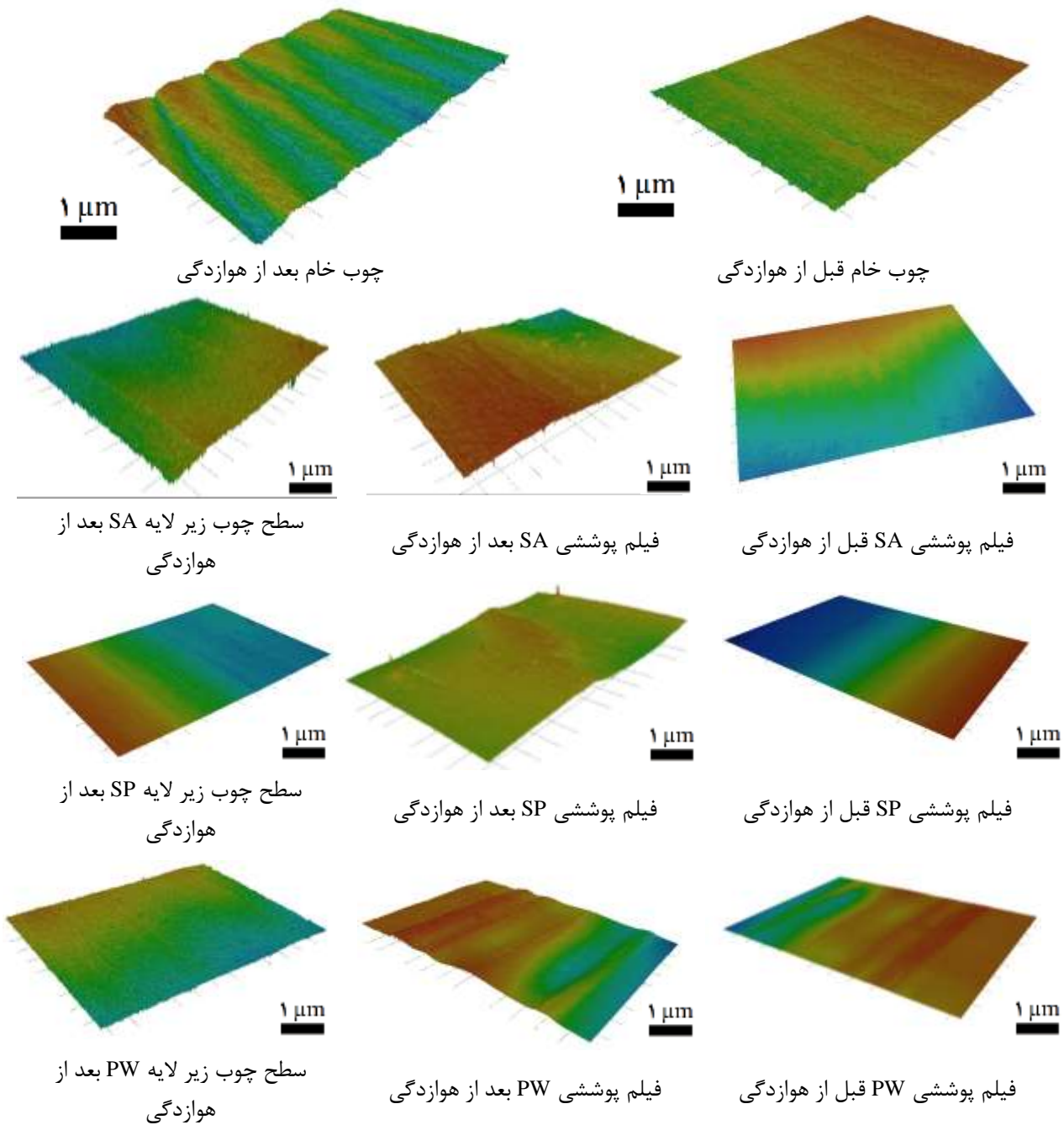
پس از قرارگیری پوشش‌ها در معرض هوازدگی میزان زبری فیلم پوششی و سطح چوب زیر لایه افزایش داشت. تحقیقات بولک و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان داد که میزان زبری پوشش‌ها در اثر هوازدگی افزایش می‌یابد. میزان افزایش زبری در سطح چوب زیر لایه به علت مقاومت متفاوت فیلم پوششی است. هرچه فیلم پوششی رویه مقاومت بیشتری نسبت به جذب اشعه فرابنفش و



شکل ۷- میزان تغییرات زبری (Sa) فیلم پوشش و سطح چوب زیر لایه، قبل و بعد از هوازدگی

هوازدهی، نمونه‌ها دچار تخریب شده و این تخریب در نمونه شاهد به صورت برجستگی‌های زیادی در سطح چوب و در نمونه‌های پوشش داده شده با SA به صورت مات شوندگی و ایجاد موج‌های بیشتر در سطوح پوشش قابل مشاهده می‌باشد.

در شکل ۸ به ترتیب تصاویر میکروسکوپ لیزری و توپوگرافی سطح در نمونه‌های شاهد، فیلم پوششی و سطح چوب زیر لایه قبل و بعد از هوازدهی نشان داده شده است. در اثر پوشش‌دهی میزان زبری کاهش یافته و سطوح صافتر و براق‌تری دیده می‌شود. همچنین در اثر



شکل ۸- توپوگرافی سطوح در نمونه‌های فیلم پوششی و سطح چوب زیر لایه قبل و بعد از هوازدهی

نتیجه‌گیری

همچنین، مقاومترین پوشش در برابر هوازگی، پوشش پلی‌اورتان پایه حلال بود که نه تنها پس از هوازگی میزان زبری فیلم پوششی نسبت به دیگر پوشش‌ها چندان افزایش نیافت بلکه تغییر معناداری در میزان زبری سطح چوب زیر لایه نیز مشاهده نشد. یکی از عوامل اصلی در افزایش زبری در نمونه شاهد و پوشش‌دهی شده بعد از هوازگی، می‌تواند تغییر در ماهیت لیگنین چوب باشد. زمانی که لیگنین چوب تحت تاثیر اشعه ماوراءبنفش قرار می‌گیرد، تغییر ماهیت داده (ارتعاشات ساختار و تغییر در شکل C-H لیگنین) و ترکیبات شیمیایی سطح چوب را تغییر می‌دهد و در نتیجه باعث افزایش زبری می‌شود [۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳].

بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد وقتی که پوشش‌های آلکیدی، پلی‌اورتان پایه آب و پایه حلال در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند، پوشش آلکیدی بیشترین تحت تاثیر هوازگی قرار گرفته و موجب تغییر رنگ و افزایش زبری سطح چوب زیر لایه می‌شود. پوشش‌های پلی‌اورتان مقاومت بالاتری نسبت به هوازگی داشته و بنابراین میزان تغییرات رنگی و زبری در آن نسبت به نمونه پوشش آلکیدی کمتر بود. بهترین عملکرد در پوشش پلی‌اورتان پایه حلال مشاهده می‌شود و می‌توان گفت که هوازگی تاثیر کمترین در تخریب سطح پوشش و سطح زیر لایه داشته است که می‌توان دلیل آن را مقاومت بالاتر پلیمر این پوشش بیان نمود، زیرا هیچگونه تغییر رنگ و یا افزایش زبری معناداری در سطح چوب زیر لایه آن مشاهده نشده است. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده، تاثیر استفاده از نانو پوشش‌ها بر بهبود تغییرات رنگی زیر لایه و مقاومت به سایش پوشش‌هی رایج در صنعت مبلمان و بررسی مکانیسم دقیق عملکرد آنها با استفاده از تکنیک‌های XRD و XPS مورد ارزیابی قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند که از معاونت پژوهشی دانشگاه تهران جهت حمایت مالی از طرح پژوهشی و جناب آقای دکتر Carsten Mai استاد دانشگاه گوتینگن آلمان به دلیل مشاوره تشکر و قدردانی نمایند.

در این تحقیق تاثیر لایه‌های ساخته شده از پوشش‌های شفاف بر تغییرات رنگی و کیفیت سطح چوب پس از هوازگی تسریع شده مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. بطور کلی نتایج رنگ‌سنجی نشان داد که در اثر پوشش‌دهی، میزان تغییرات رنگی و وابستگی شدیدی به نوع رزین پوشش و این تغییرات رنگی و وابستگی شدیدی به نوع رزین پوشش مصرفی در سطح چوب دارد [۱]. ضعیف‌ترین پوشش در میان پوشش‌ها، پوشش آلکیدی بود. در ساختمان اصلی پوشش آلکیدی از رزین‌های نیتروسولوزی و اتانول استفاده می‌شود. انرژی درونی اتصالات این رزین‌ها در حدود ۹۰ کیلوکالری بر مول است [۱]، بنابراین انرژی که در طول موج ۳۵۰ نانومتر توسط دستگاه هوازگی به این رنگ برخورد می‌کند موجب تخریب آن می‌شود. به بیان ساده-تر، انرژی جذب شده توسط مولکول‌های پوشش رنگ بیشتر از انرژی است که در ساختار مولکولی این رنگ وجود دارد. در نتیجه، باعث تغییر در اتصالات پلیمری شده و آنها را تخریب کرده و در نهایت موجب تغییر رنگ می‌شود. که مطابق با تحقیقات مازندرانی (۱۳۹۳) می‌باشد. همچنین، کمترین تغییرات رنگ مربوط به پوشش پلی‌اورتان پایه حلال بود. در نمونه‌های لایه‌گذاری شده با این پوشش، علی‌رغم تغییر رنگ مشاهده شده در فیلم پوشش ولی تغییرات رنگ معناداری در زیرلایه با نمونه شاهد مشاهده نشد. این مسئله حاکی از آن است که در اثر هوازگی فقط میزان تغییرات رنگ در فیلم پوشش پلی‌اورتان پایه حلال ایجاد شده است ولی تغییر رنگ معناداری در سطح چوب زیر لایه وجود ندارد و می‌توان از این لایه محافظتی برای ثابت نگه داشتن رنگ چوب حتی در پوشش‌های شفاف استفاده نمود. نتایج میکروسکوپ لیزری هم کانون نشان داد که پوشش‌دهی میزان زبری را به علت پر کردن حفرات و خلل و فرج‌های سطحی چوب کاهش می‌دهد. در اغلب پوشش‌ها به علت تغییر در ماهیت فیلم و شکستن اتصالات شیمیایی، زبری پس از هوازگی افزایش می‌یابد. یکی دیگر از دلایل افزایش زبری پوشش‌ها می‌تواند ناشی از وقوع تنش در پوشش در اثر افزایش دمای سطح فیلم نسبت به مغز آن باشد [۵].

- [1] Mazandarani, M., 2014. Color and resin technology. Pishro publications, 750p.
- [2] Rasmussen, J.S., Barsberg, S. and Felby, C., 2014. Complex between lignin and a Ti-based coupling agent. *Holzforschung*, 68(5): 541-548.
- [3] Fufa, S., Jelle, B., Hovde, P. and Rørvik, P., 2012. Coated wooden claddings and the influence of nanoparticles on the weathering performance. *Progress in organic coatings*, 75: 72– 78.
- [4] 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*, 1412-1425.
- [5] Gholamiyan, H ., Tarmian, A. and Pourtahmasi, K., 2018. Microscopic investigation on the effects of wood surface modification with sol-gel method on the quality of polyurethane and alkyd coatings. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 8(4):509-520.
- [6] Capobianco, G., Calienno, L., Pelosi, C., Scacchi, M., Bonifazi, G., Agresti, G., Picchio, R., Santamaria, U., Serranti, S. and Monaco, A. Lo., 2017. Protective behaviour monitoring on wood photo-degradation by spectroscopic techniques coupled with chemometrics, *Spectrochim. Acta A*, 172(5). 34–42.
- [7] Sonmez, A., Budakci, M. and Bayram, M., 2009. Effect of wood moisture content on adhesion of varnish coatings. *Scientific Research and Essay*, 4 (12):1432-1437.
- [8] Wang, SH., Liu, C., Liu, G., Zhang, M., Li, J. and Wang, C., 2011. Fabrication of superhydrophobic wood surface by a sol–gel process. *applied surface science*, 258:806– 810.
- [9] Pandey, K., 2005. Study of the effect of photo-irradiation on the surface chemistry of wood. *Polymer degradation and stability*, 90:9-20.
- [10] D'Auria, M., Lovaglio, T., Rita, A., Cetera, P., Romani, A., Hiziroglu, S. and Todaro, I., 2018. Integrate measurements allow the surface characterization of thermovacuum treated alder differentially coated. *Measurement*, 114:372–381.
- [11] 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.
- [12] Custodio, J.E. and Eusebio, M.I., 2006. Waterborne acrylic varnishes durability on wood surfaces for exterior exposure. *Progress in Organic Coatings*, 56: 59–67.
- [13] Bulcke, J.V.D., Acker, J.V., Saveyn, H. and Stevens, M., 2007. Modeling film formation and degradation of semi-transparent exterior wood coatings. *Progress in organic coatings*, 58:1–12.
- [14] Lung Chou, P., Ting Chang, H., Feng Yeh, T. and Tzen Chang, S., 2008. Characterizing the conservation effect of clear coatings on photodegradation of wood. *Bioresource Technology*, 99: 1073–1079.
- [15] Enomae, T. and Yamaguchi, N., 2006. Influence of coating properties on paper-to-paper friction of coated paper. *Journal of wood science*, 52:509-513.
- [16] Fernando, de., Moura, L. and Hernandez, R.E., 2006. Evaluation of varnish coating performance for three surfacing methods on sugar maple wood. *Forest products journal*, 56:11-12.
- [17] Allen, N. S., Edge, M., Ortega, A., Sandoval, G., Liauw, C. M., Verran, J., Stratton, J. and McIntyre, R. B., 2004. Degradation and stabilization of polymers and coatings: Nano versus pigmentary titania particles, *Polymer Degradation and Stability*, 85, 927-946.

- [18] Lowry, M. S., Hubble, D. R., Wressell A. L., Vratsanos, M. S., Pepe, F. R. and Hegedus, C. R., 2008. Assessment of UV-permeability in nano-ZnO filled coatings via high throughput experimentation. *Journal of Coatings Technology and Research*, 5(2):233–239.
- [19] Profili, J., Levasseur, O., Koronai, A., Stafford, L. and Gherardi, N., 2017. Deposition of nanocomposite coatings on wood using cold discharges at atmospheric pressure. *Surface & Coatings Technology*, 309:729–737.
- [20] Andrady, AL., Hamid, S. H., Hu, X. and Torikai, A. J., 1998. Effects of increased solar ultraviolet radiation on materials. *J. Photochem. Photobiol, B: Biology*, 46: 96-103.
- [21] Kuo, M. and Hu, N., 1991. Ultrastructural changes of photodegradation of wood surfaces exposed to UV. *Holzforschung*, 45(5):347–353.
- [22] Tzen Chang, S. and Lung Chou, P., 2000. Photodiscoloration inhibition of wood coated with UV-curable acrylic clear coatings and its elucidation. *Polymer Degradation and Stability*, 69: 355-360.
- [23] Ting Chang, H., Feng Yeh, T. and Tzen Chang, S., 2002. Comparisons of chemical characteristic variations for photodegraded softwood and hardwood with/without polyurethane clear coatings. *Polymer Degradation and Stability*, 77: 129–135.

The effect of layers made of clear coats on the color changes and surface quality of wood after accelerated weathering in urban furniture

Abstract

In this study, the effect of spruce wood surface lamination by film coatings was investigated on the color changes and surface quality of substrate after accelerated weathering. It was done by using a colorimeter (CLE) and confocal laser scanning microscope (CLSM). For this purpose, the surface of spruce wood (*Picea abies* L.) was laminated by alkyd, water and solvent based polyurethane coating films using a special adhesive tape of aluminum and carbon fiber. The coated samples were put in the accelerated weathering (QUV) device for 45 days and then changes in the color and roughness due to the weathering were analyzed. The results showed that the coating films and wood surface discolored due to weathering and the minimum amount of discoloration was related to the solvent-based polyurethane (SP), waterborne polyurethane (PW) and solvent-based alkyd (SA), respectively. Also, the results of confocal laser scanning microscope showed that the roughness variations on the wood surface depend on the type of coating and the main factor in surface roughness changes depends on the absorption percentage and the resistance of the coating to ultraviolet radiation. The lowest and the highest roughness at the coating film and wood substrate were found for the samples laminated by the solvent-based polyurethane and solvent-based alkyd, respectively.

Keywords: coating, colorimeter, roughness, spruce, furniture.

H. Gholamiyan^{1*}
A. Tarmian²

¹ Assistant Prof., Department of wood and paper science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

² Associate Prof., Department of wood and paper science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:
Hadi_gholamiyan@ut.ac.ir

Received: 2018/04/03
Accepted: 2018/07/01