

Transparent coatings performance on weathering resistance of preservative-treated wood

Amir Mohammad Nahofteh Estarabadi¹, Davod Rasouli*², Taghi Tabarsa³
and Abolghasem Khazaeian⁴

1-MSc Graduated in Wood Preservation and Modification, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran

2*-Corresponding author, Assistant Prof., Department of Wood Engineering and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran, Email: Rasouli@gau.ac.ir

3-Professor, Department of Wood Engineering and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran

4-Associate Prof, Department of Wood Engineering and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran

Received: December 2023

Revised: February 2024

Accepted: March 2024

Abstract

Background and Objectives: Wood, as an organic material, is susceptible to deterioration by destructive factors such as fungi and insects. One approach to protect wood against these factors is the treatment of wood with preservatives. The use of waterborne preservatives is common due to the numerous advantages. However, when preservative-treated wood is exposed to outdoor environments, it becomes susceptible to weathering and leaching. The use of coatings can be an effective method in this regard. This research investigates the effectiveness of two transparent coatings, acrylic and alkyd, in enhancing the weathering resistance of wood specimens treated with waterborne preservatives.

Methodology: defect-free poplar wood specimens with the dimensions of 12×10×2 cm³ (L, T, R) were prepared and then these specimens were treated with preservatives (ACC, CCB, and ACQ-C) using the full-cell/pressure impregnation method. Subsequently, acrylic and alkyd transparent coatings were applied to the surface of the treated specimens. After applying the coatings, the specimens were exposed to natural weathering for one year.

Results: The results indicated that the type of coating significantly influenced the color and adhesion resistance of specimens. Furthermore, the research findings demonstrated that all specimens experienced color changes and a decrease in coating adhesion resistance due to weathering. The intensity of color changes and deterioration in specimens with acrylic coatings was higher compared to those with alkyd coatings.

Conclusion: In general, it can be concluded that alkyd coatings exhibited better preservative performance against weathering for preservative-treated wood.

Keywords: Alkyd coating, acrylic coating, preservatives, natural weathering.

عملکرد پوشش‌های شفاف در مقاومت به هوازدگی چوب‌های تیمار شده با مواد حفاظتی

امیرمحمد نهفته استرآبادی^۱، داود رسولی^{۲*}، تقی طبرسا^۳ و ابوالقاسم خزاعیان^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، رشته حفاظت و اصلاح چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۲- *مستول مکاتبات، استادیار، گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، پست الکترونیک: Rasouli@gau.ac.ir

۳- استاد، گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۴- دانشیار، گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۴۰۲

تاریخ اصلاح نهایی: بهمن ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۴۰۲

چکیده

سابقه و هدف: چوب به‌عنوان یک ماده آلی توسط عوامل مخربی مانند قارچ‌ها و حشرات دچار تخریب می‌گردد. یکی از راه‌های حفاظت در برابر این عوامل، تیمار چوب‌آلات با مواد حفاظتی است. استفاده از مواد حفاظتی محلول در آب به دلیل مزایای زیادی که دارد بسیار متداول می‌باشد. استفاده از چوب‌آلات تیمار شده با این مواد حفاظتی در محیط‌های بیرونی، آنها را در معرض آبشویی و هوازدگی قرار می‌دهد. استفاده از پوشش‌ها می‌تواند روشی کارآمد در این زمینه باشد. در این تحقیق، کارایی دو پوشش شفاف آکرلیکی و آلکیدی برای افزایش مقاومت به هوازدگی نمونه‌های چوبی تیمار شده با مواد حفاظتی محلول در آب بررسی شده است. مواد و روش‌ها: در این تحقیق از نمونه‌های چوبی سالم و بدون عیب از چوب صنوبر دلتوئیدس با ابعاد $12 \times 10 \times 2$ سانتی‌متر (R,T,L) تهیه و با مواد حفاظتی ACC (اسید مس-کروم)، CCB (مس- کروم-برون) و ACQ-C (آلکالاین مش-کوات) به روش خلأ/فشار اشباع شدند، در ادامه از رنگی شفاف آلکیدی و آکرلیکی برای پوشش دهی سطح نمونه‌ها استفاده شد؛ و در نهایت پس از اعمال رنگ بر روی آن‌ها به مدت یک سال در معرض هوازدگی طبیعی قرار داده شدند. یافته‌ها: نتایج نشان داد نوع پوشش تأثیر معنی‌داری بر رنگ و مقاومت به چسبندگی نمونه‌های تیمار شده با مواد حفاظتی داشته است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که کلیه نمونه‌ها در اثر هوازدگی دچار تغییرات رنگی و کاهش مقاومت چسبندگی پوشش مورد استفاده شده‌اند که در این بین شدت تغییر رنگ و تخریب نمونه‌های دارای پوشش آکرلیکی بیشتر از نمونه‌های آلکیدی بوده است نتیجه‌گیری: به‌طورکلی می‌توان گفت رنگ آلکیدی عملکرد حفاظتی بهتری برای چوب‌های تیمار شده در برابر هوازدگی از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پوشش آلکیدی، پوشش آکرلیکی، مواد حفاظتی، هوازدگی طبیعی.

مقدمه

قارچ‌های پوسیدگی، از مواد حفاظتی مختلفی استفاده می‌گردد. مواد حفاظتی بر پایه مس/کروم به‌طور گسترده برای حفاظت چوب‌آلات استفاده می‌شود. از این گروه، CCA (Chromated copper arsenate) از مؤثرترین و پرکاربردترین مواد حفاظتی در آمریکای شمالی و کانادا برای حفاظت چوب‌آلات بود که به‌دلیل محدودیت‌های زیست‌محیطی عنصر آرسنیک، استفاده از آن ممنوع شده

چوب به دلیل داشتن زیبایی و قابلیت تبدیل و تغییر شکل آسان، به‌طور گسترده در محیط‌های داخلی و خارجی استفاده قرار می‌شود. چوب‌آلات مورد استفاده در محیط‌های بیرونی می‌توانند در معرض تخریب ناشی از پوسیدگی، حشرات، هوازدگی، آتش‌سوزی و تغییرات ابعادی قرار گیرند. برای حفاظت چوب‌آلات در برابر عوامل بیولوژیکی مانند

دو نوع پوشش شفاف آلکیدی و آکریلیکی برای پوشش‌دهی چوب‌آلات تیمار شده استفاده و مقاومت به هوازگی آنها بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از نمونه‌های سالم چوب صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides*) به دست آمده از ۳ اصله درخت صنوبر استفاده شد. برای این منظور، نمونه‌های چوبی کاملاً سالم بدون عیوب با ابعاد $12 \times 10 \times 2$ سانتی‌متر (R و T, L) از ناحیه برون‌چوب تهیه گردید. مواد حفاظتی مورد استفاده در این تحقیق شامل ماده حفاظتی ACC (۳۲ درصد CuO و ۶۸ درصد CrO_3)، CCB (۲۰/۹ درصد Cu، ۴۸/۵ درصد CrO_3 و ۳۰/۶ درصد B_2O_3) و ACQ-C (۶۶/۷ درصد CuO و ۳۳/۳ درصد Alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride) با نسبت مولی مونو اتانول آمین به اکسید مس ۱:۳ بود. تمامی محلول‌های حفاظتی برای رسیدن به حداقل ماندگاری برای محیط‌های بیرونی و بالای سطح زمین با غلظت ۳ درصد بر پایه اکسیدهای فلزی تهیه و به کمک خلأ ۰/۷ بار (۱۵ دقیقه) و بعد فشار ۷ بار (زمان ۶۰ دقیقه) برای اشباع نمونه‌ها استفاده شد. در نهایت نیز برای تثبیت مواد حفاظتی، نمونه‌ها مدت یک هفته در دمای ۵۰ درجه و رطوبت نسبی ۹۵ درصد شرایطی شدند.

در این مطالعه از دو رنگ شفاف آکریلیکی و آلکیدی (جدول ۱) به منظور پوشش‌دهی سطح نمونه‌های تیمار شده با مواد حفاظتی با تکرار ۴ استفاده شد. برای این منظور، ابتدا سطح نمونه‌ها به ترتیب با سنباده‌های ۸۰ و ۲۰۰ به کمک دستگاه سنباده زن لرزان سنباده‌زنی گردید، سپس با استفاده از قلم‌مو، رنگ رقیق شده با حلال بر روی سطح نمونه‌ها به میزان ۱۵۰ گرم بر مترمربع (براساس وزن خشک رنگ) در طی دو مرحله (به فاصله ۲۴ ساعت از هم) اعمال گردید.

است. این در حالی است که سایر مواد حفاظتی بر پایه مس/ کروم مانند ACC و CCB (Copper chrome boron) (Acid copper chromate) همچنان در برخی از کشورهای جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Guo et al., 2005). از مواد حفاظتی دیگر، می‌توان به مواد حفاظتی بر پایه مس/ آمین مانند Copper Azole (ACQ)، Alkaline copper (Copper dimethyl quat) و دی‌متیل دیتئو کربنات مس (dithiocarbonate) اشاره کرد که جزء مواد حفاظتی جدید به حساب می‌آیند (Zhang et al., 2009). چوب‌آلات تیمار شده با مواد حفاظتی می‌توانند در محیط‌های بیرونی تا ۴۰ سال دوام داشته باشند اما از آنجایی که در محیط‌های بیرونی، چوب‌آلات در معرض آبشویی بوده و پدیده هوازگی نیز باعث ایجاد ترک، تغییر شکل و تخریب نوری می‌گردد، در عمل این چوب‌آلات خیلی زودتر از سرویس خارج می‌شوند. مطالعات انجام شده نشان داده که با استفاده از رنگ‌ها و پوشش‌های بادوام می‌توان آبشویی و تخریب ناشی از هوازگی را کاهش و عمر مفید چوب‌آلات تیمار شده را در محیط‌های بیرونی افزایش داد (Chang & Chou, 2000; Nejad & Cooper, 2011). در این بین، استفاده از پوشش‌های شفاف و بی‌رنگ به دلیل حفظ زیبایی چوب از مطلوبیت بیشتری برای حفاظت چوب در برابر هوازگی و رطوبت برخوردار هستند (Dawson et al., 2008). البته بایستی توجه داشت که در اثر تیمار چوب با مواد حفاظتی، ممکن است برخی از ویژگی‌های آن مانند نفوذپذیری و یا قطبیت، در مقایسه با چوب‌های تیمار نشده تغییر یابد و همین موضوع لزوم بررسی و مطالعه رفتار رنگ-های متداول موجود برای چوب‌های تیمار شده با مواد حفاظتی را مشخص می‌نماید (Humar, et al., 2011) به همین منظور، این مطالعه برای انتخاب پوشش شفاف مناسب برای چوب‌آلات تیمار شده با مواد حفاظتی بر پایه آب مورد استفاده در محیط‌های بیرونی انجام شد. برای این منظور، از

جدول ۱- مشخصات پوشش‌های مورد استفاده

Table 1- Specifications of the used coatings

Company	Solid content (%)	Solvent	Color	Coating
Newcolor	45	Water	white	Acylic
Pars Ocean	42	Mineral spirit	Colorless	Long oil Alkyd

ظاهری سطح آنها به وسیله دستگاه استریو میکروسکوپ OLYMPUS 8ZX16 بررسی شد.

نتایج

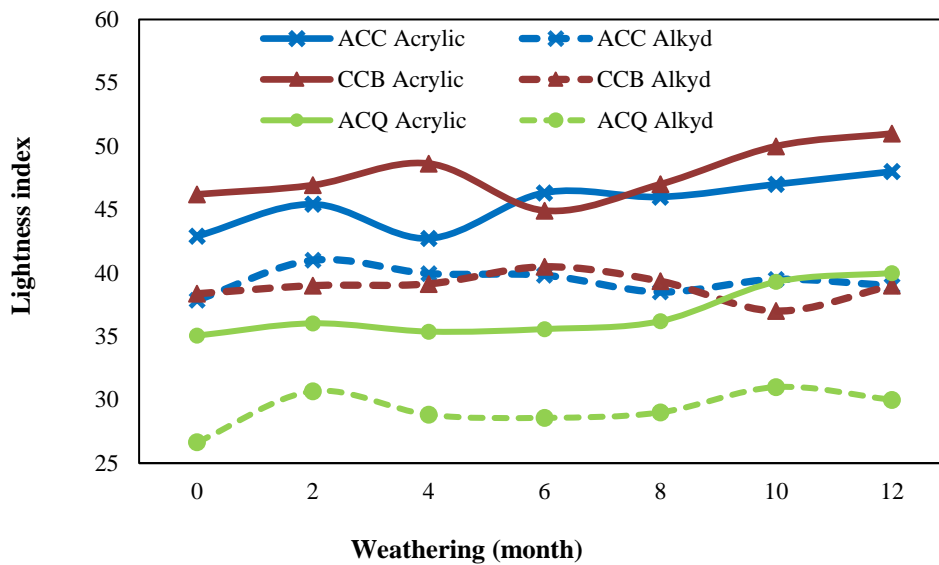
در شکل ۱ میزان روشنایی نمونه‌های تیمار شده در طی یک سال هوازده‌گی طبیعی نشان داده شده است. همان‌گونه که مشخص است هم نوع ماده حفاظتی و هم نوع پوشش بر میزان روشنایی نمونه‌ها تأثیر قابل توجهی داشته، به طوری که نمونه‌های تیمار شده با ماده حفاظتی ACQ تیره‌تر بوده و نمونه‌های پوشش داده شده با رنگ آکرلیک دارای رنگ روشن‌تری نسبت به پوشش آلکیدی هستند. از سوی دیگر، تخریب ناشی از هوازده‌گی نیز باعث تغییرات روشنایی در نمونه‌ها شده است. هرچند که این تغییرات دارای الگوی یکسانی در تیمارها نیست، اما می‌توان گفت که در پایان هوازده‌گی میزان روشنایی نمونه‌ها افزایش یافته است. هرچند که این افزایش در تیمارهای ACC Alkyd, CCB Alkyd ناچیز است.

برای انجام آزمون هوازده‌گی نمونه‌ها به مدت یک سال در جنگل شصت‌کلا گرگان (با زاویه ۴۵ درجه به سمت جنوب) در معرض هوازده‌گی طبیعی قرار داده شدند. سپس به منظور بررسی شدت هوازده‌گی بر روی نمونه‌ها، آزمون‌های ذیل بر روی آنها انجام گردید.

مقاومت چسبندگی رنگ به سطح چوب توسط آزمون pull off (دستگاه DeFelsko Posi Test، آمریکا) مطابق استاندارد ASTM D4541 و تغییرات رنگی نمونه‌ها به کمک دستگاه TES 135A براساس سیستم CIE- L*,a*,b* و همچنین مطابق استاندارد ASTM D2244 اندازه‌گیری شد. همچنین طبق رابطه زیر میزان تغییرات کلی رنگ (ΔE) در طی دوره هوازده‌گی بدست آمد.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

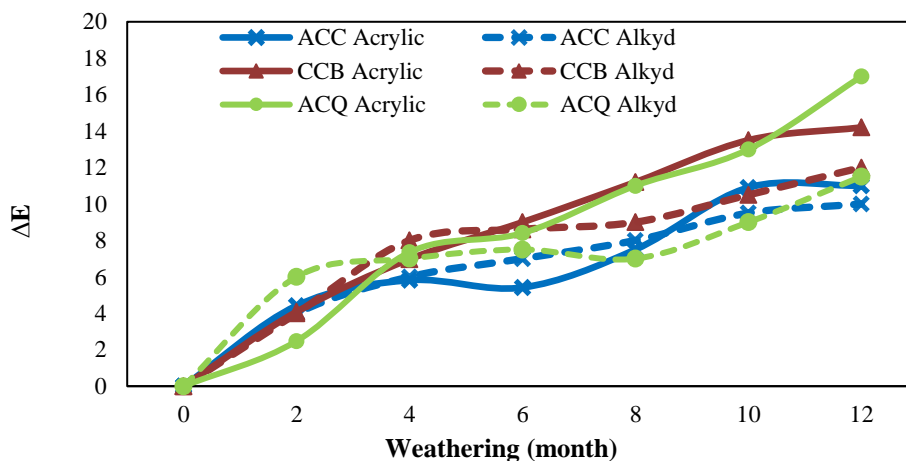
همچنین تغییرات شیمیایی سطح نمونه‌ها به کمک طیف‌سنجی ATR-FTIR (مدل Bruker Tensor II) و تغییرات



شکل ۱- تغییرات شاخص روشنایی (L) در طی هوازدهی بین تیمارهای مختلف
 Figure 1. Changes in lightness index (L) of treatments during weathering

تغییرات رنگی در بیشتر تیمارها در طی هوازدهی متفاوت از هم‌دیگر بوده اما می‌توان گفت که بیشترین تغییرات رنگی پس از پایان هوازدهی به تیمارهایی مربوط می‌شود که دارای پوشش آکرلیکی هستند.

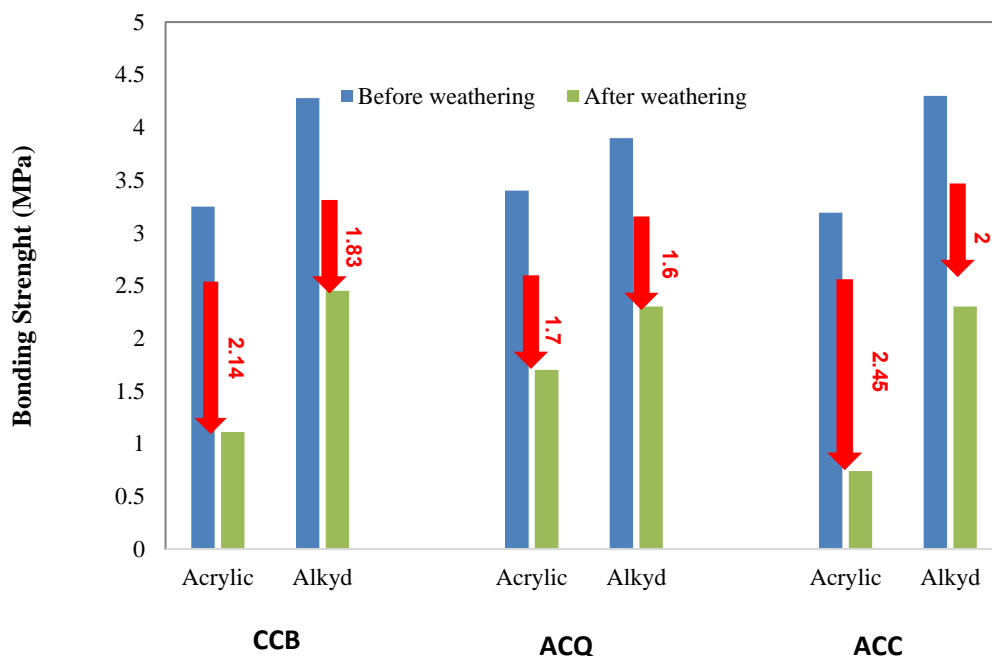
تغییرات رنگی نمونه‌ها نسبت به قبل از آزمون هوازدهی در شکل ۲ ارائه شده است نتایج تغییرات رنگی حکایت از آن دارد که در بیشتر تیمارها در دو ماه اول هوازدهی شاهد تغییرات رنگی بیشتری هستیم. به دلیل ماهیت متفاوت مواد حفاظتی و نوع رنگ و اثر متقابل رنگ با ماده حفاظتی، روند



شکل ۲- تغییرات کلی رنگ تیمارها در طی هوازدهی
 Figure 2. Color changes of treatments during weathering

سال هوازدهگی به طور معنی داری کاهش یافته است (جدول ۲). با وجود پایین بودن مقاومت چسبندگی در پوشش آکرلیکی، شاهد افت درصد مقاومتی بیشتر نمونه های دارای این پوشش در مقایسه با پوشش آلکیدی هستیم. به عبارت دیگر پوشش آلکیدی در هر سه تیمار ماده حفاظتی عملکرد بهتری را از خود در برابر هوازدهگی نشان داده است. البته یادآوری می شود که کاهش مقاومت چسبندگی پوشش آکرلیکی در نمونه تیمار شده با ACQ کمتر از دو ماده حفاظتی دیگر است.

یکی از معیارهای مهم برای بررسی میزان پایداری رنگ ها، شدت چسبندگی آنها به بستر مورد استفاده است. همچنین عوامل زیادی از جمله ویژگی های گونه چوبی، نوع پرداخت، نوع پوشش و ... می توانند چسبندگی پوشش به چوب را تحت تأثیر قرار دهند نتایج نشان می دهد که مقاومت چسبندگی رنگ آلکیدی نسبت به رنگ آکرلیکی در نمونه های تیمار شده با هر سه نوع ماده حفاظتی از مقدار بیشتری برخوردار می باشد (شکل ۳). همچنین نتایج بدست آمده نشان می دهد که مقاومت چسبندگی در تمامی تیمارها بعد از یک



شکل ۳- مقاومت چسبندگی تیمارها قبل و بعد از یک سال هوازدهگی

Figure 3. Adhesion strength of the treatments before and after one year of weathering

جدول ۲- نتایج آزمون تی مستقل مقاومت چسبندگی تیمارها قبل و بعد از یک سال هوازدگی

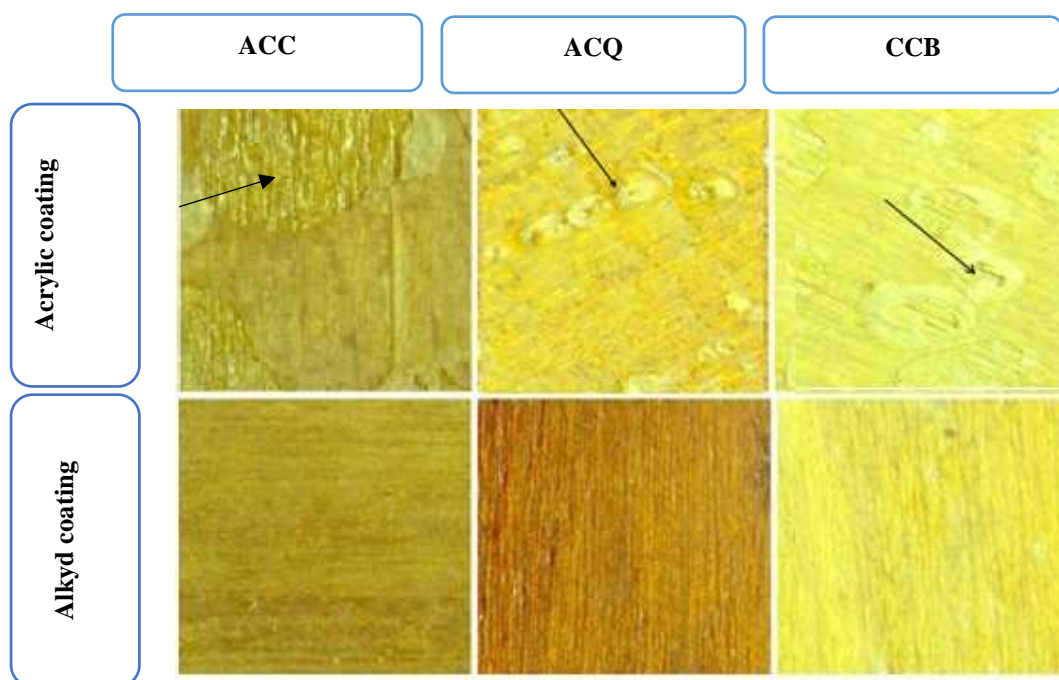
Table 2- Independent t-test results of adhesion strength of treatments before and after weathering

Treatment	t	df	Significant level
CCB Alkyd	-4.44	6	0.007**
CCB Acrylic	-3.098	5	0.047 *
ACQ Alkyd	-3.9	6	0.008**
ACQ Acrylic	-3.04	6	0.023*
ACC Alkyd	-2.46	6	0.049*
ACC Acrylic	-2.348	4	0.042*

significant in level of 99% ** significant in level of 95% * not significant :ns

حفاظتی نشان می‌دهد که بعد از هوازدگی هیچ‌گونه تخریب فیزیکی از قبیل ترک و یا کندگی در پوشش آلکیدی نمونه‌ها رخ نداده است. این در حالی است که ترک، تخریب و کندگی در رنگ آکرلیکی نمونه‌ها به‌وضوح مشاهده می‌گردد.

تغییرات سطح نمونه‌ها بعد از هوازدگی با استفاده از استریو میکروسکوپ بررسی و مطالعه شد (شکل ۴). همان‌گونه که مشخص است در هیچ‌یک از تیمارها نشانه‌هایی از ترک در چوب و یا رشد عوامل قارچی بعد از هوازدگی مشاهده نمی‌گردد. بررسی نوع پوشش در نمونه‌های تیمار شده با مواد

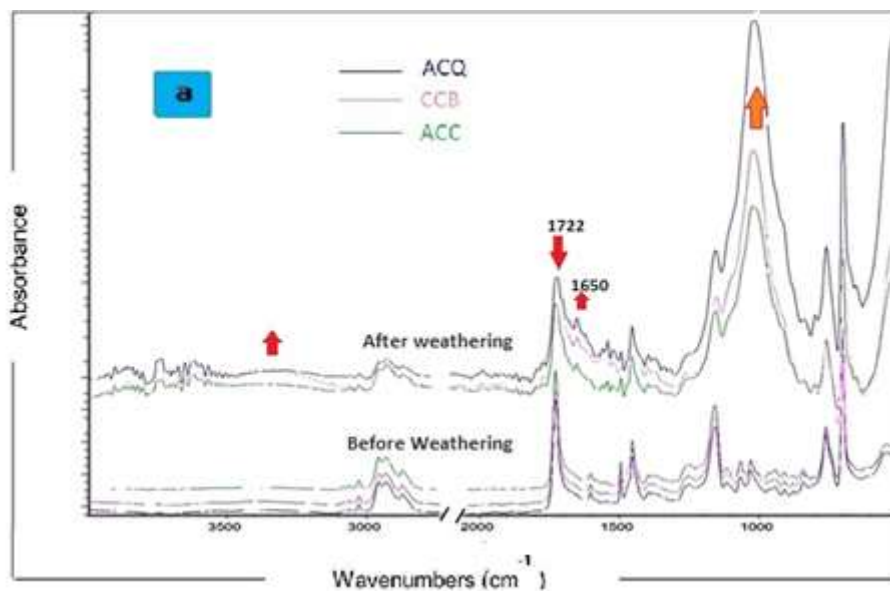


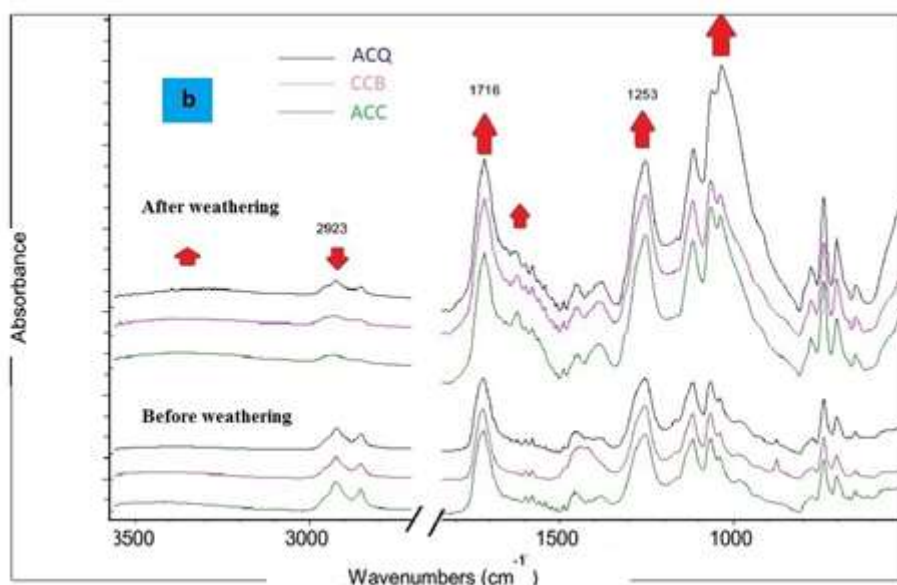
شکل ۴- تصاویر میکروسکوپی از سطح نمونه‌ها بعد از هوازدگی

Figure 4. Microscopic images of the surface of the samples after weathering

بررسی نتایج ATR-FTIR نمونه‌های حاوی پوشش آلکیدی نشان می‌دهد (شکل ۵a) که بعد از هوازدگی شدت پیک‌های 1030 cm^{-1} (ارتعاش پیوند C-O)، 1253 cm^{-1} (ارتعاش C-O-C گروه‌های استری)، 1640 cm^{-1} (گروه وینیلی) و 1716 cm^{-1} (گروه کربونیل) در تمامی نمونه‌ها افزایش یافته است (Perrin *et al.*, 2000)؛ از سوی دیگر کاهش جزئی در پیک‌های محدوده 2850 cm^{-1} و 2923 cm^{-1} مشاهده می‌شود. این پیک‌ها مربوط به ارتعاش کششی گروه متیلن موجود در ساختار رزین (عمدتاً به دلیل وجود اسیدهای چرب موجود در روغن مورد استفاده برای سنتز رزین آلکیدی) است (Perrin *et al.*, 2000). افزایش جزئی در شدت پیک در محدوده 3300 cm^{-1} تا 3500 cm^{-1} می‌تواند به تشکیل گروه هیدروکسیل (OH) و هیدرو پروکسیدها نسبت داده شود (Pintus *et al.*, 2016). مقایسه نتایج این بررسی نشان می‌دهد که نوع ماده حفاظتی چوب تأثیری در شدت تخریب پوشش آلکیدی نداشته، به طوری که تغییرات گروه کربونیل و هیدروکسیل در هر سه تیمار ACC، ACQ و CCB مشابه هم است.

در شکل ۵a نتایج طیف‌سنجی (ATR-FTIR) نمونه‌ها با پوشش آکرلیکی قبل و بعد از هوازدگی ارائه شده است. بررسی طیف‌ها نشان می‌دهد که بعد از هوازدگی شدت پیک در محدوده 1040 cm^{-1} افزایش (ارتعاش کششی C-O رزین آکرلیک) افزایش یافته است. از سوی دیگر شاهد کاهش پیک جذبی 1720 cm^{-1} (گروه‌های کربونیل موجود در آکرلیک) هستیم. در اثر هوازدگی در همه نمونه‌ها پیک جدیدی در محدوده 1650 cm^{-1} به وجود آمده است. این پیک مربوط به ایجاد ترکیبات جدید دارای گروه وینیلی (CH=CH) است. همچنین در محدوده 3100 cm^{-1} تا 3500 cm^{-1} شاهد افزایش جزئی هستیم که این موضوع به ایجاد گروه‌های الکلی و ایجاد رادیکال‌های هیدروپروکسید نسبت داده شده است (Bulian *et al.*, 2017). رفتار هوازدگی در سه تیمار مورد بررسی تقریباً مشابه همدیگر بود و تنها در پیک 1040 cm^{-1} تیمار ACC افزایش بیشتری را نسبت به بقیه از خود نشان داد اما در بقیه موارد افزایش یا کاهش پیک‌های آن مشابه با سایر تیمارها بوده است.





شکل ۵- منحنی طیف‌سنجی ATR-FTIR نمونه‌های پوشش داده شده با رنگ آکرلیک (a) و آلکید (b) قبل و بعد از هوازدگی
Figure 5. ATR-FTIR spectrum of coated samples with acrylic (a) and alkyd (b) before and after weathering

بحث

آکرلیکی دارد. تصاویر میکروسکوپی نیز به خوبی عملکرد بهتر پوشش الکییدی را در مقایسه با پوشش آکرلیکی در نمونه‌های تیمار شده با مواد حفاظتی محلول در آب از خود نشان داد. بررسی طیف ATR-FTIR نمونه‌های دارای پوشش آکرلیکی نشان داد که پیک در محدوده 1040 cm^{-1} در اثر هوازدگی افزایش یافته که در مطالعات قبلی نیز این افزایش غلظت گزارش شده است (Akbarnezhad, et al., 2020). پیک جذبی به گروه‌های کربونیل موجود در آکرلیک نسبت داده شده کاهش شدت پیک 1720 cm^{-1} ناشی از فوتولیز استرهای کناری زنجیره‌های پلیمر آکرلیک در اثر هوازدگی می‌باشد (Allen et al., 1997). در اثر هوازدگی در همه نمونه‌ها پیک جدیدی در محدوده 1650 cm^{-1} مشاهده شد. این پیک مربوط به ایجاد ترکیبات جدید دارای گروه وینیلی $(\text{CH}=\text{CH})$ است که در اثر تخریب رزین آکرلیک شکل گرفته‌اند (Pintus et al., 2016). افزایش جزئی در محدوده 3100 cm^{-1} تا 3500 cm^{-1} مربوط به ایجاد گروه‌های الکلی و ایجاد رادیکال‌های هیدروپروکسید می‌باشد (Bulian et al., 2017). افزایش شدت پیک در محدوده 1640 cm^{-1} در نمونه‌های

تغییرات رنگی در نمونه‌های پوشش داده شده در طی هوازدگی را می‌توان در دو بخش بررسی کرد. بخش چوبی که عمدتاً ناشی از اکسیداسیون لیگنین و ایجاد ترکیبات رنگی است (Asadian et al., 2021). بخش پلیمری پوشش که طی هوازدگی در آن تغییرات شیمیایی و تغییرات رنگی رخ می‌دهد. نتایج این تحقیق نشان داد که نوع پوشش تأثیر قابل توجهی بر تغییرات رنگی نمونه‌ها در طی هوازدگی داشته است، به طوری که نمونه‌های دارای پوشش الکییدی نسبت به پوشش آکرلیکی دارای مقدار تغییرات رنگی کمتری در طی دوره هوازدگی بودند. در طی هوازدگی شاهد کاهش مقاومت چسبندگی پوشش در تیمارها بودیم. دلیل این کاهش ناشی از تخریب سطح مشترک پوشش و چوب به علت نفوذ نور فرابنفش خورشید از پوشش شفاف به سطح چوب است (Karbalaei et al., 2022). در این زمینه نیز پوشش الکییدی افت مقاومت چسبندگی کمتری نسبت به پوشش آکرلیکی از خود نشان داد که حکایت از بالا بودن مقاومت به هوازدگی تیمارهای مربوطه در مقایسه با تیمارهای حاوی پوشش

منابع مورد استفاده

- Akbarnezhad, M., Rasouli, D., Yousefi, H. and Mashkour, M., 2020. Weath Ering Performance of Beech Wood Coated with Acrylic Paint Containing UV Stabilizers of Dihydroxy Benzophenone and Nano Zinc Oxide. *Drvna industrija*, 71(4): 403-409.
- Allen, N., Regan, C., McIntyre, R., Johnson, B. and Dunk, W., 1997. The photooxidation and stabilisation of water-borne acrylic emulsions. *Progress in Organic Coatings*, 32(1-4): 9-16.
- Asadian, M., Rafiqhi, A. and Khazaian, A., 2021. Study on physical properties and weathering resistance of wood modified by formaldehyde-based resins containing nano zinc oxide. *Iranian journal of Wood and Paper industries*, 11(4): 599-610.
- ASTM, A., 2010. D4541-09e1, standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers. *Adhesives*, American Society for Testing and Materials.
- ASTM, H., D2244—Standard Test Method for Calculation of Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates. *Aluminum Sun Shade*, 10(70): 13-13.
- Bulian, F., Collavini, F. and Matellon, A., 2017. Investigating the effects of weathering on wood coatings. *FME Transactions*, 45(3): 405-411.
- Chang, S.T. and Chou, P.L., 2000. Photodiscoloration inhibition of wood coated with UV-curable acrylic clear coatings and its elucidation. *Polymer Degradation and Stability*, 69(3): 355-360.
- Dawson, B.S., Singh, A.P., Kroese, H.W., Schwitzer, M. A., Gallagher, S., Riddiough, S.J. and Wu, S., 2008. Enhancing exterior performance of clear coatings through photostabilization of wood. Part 2: coating and weathering performance. *Journal of Coatings Technology and Research*, 5(2): 207.
- Guo, A., Cooper, P.A. and Ung, T., 2005. Fixation and leaching characteristics of acid copper chromate (ACC) compared to other chromium-based wood preservatives. *Forest products journal*, 55(7/8): 72.
- Humar, M., Pavlič, M., Žlindra, D., Tomažič, M. and Petrič, M., 2011. Performance of waterborne acrylic surface coatings on wood impregnated with Cu-ethanolamine preservatives. *Bulletin of Materials Science*, 34: 113-119.
- Karbalaie, H., Tarmian, A., Rasouli, D. and Pourmahdian, S., 2022. Effects of UV-curing epoxy acrylate and urethane acrylate coatings incorporated with ZnO nanoparticles on weathering resistance of thermally modified timber. *Wood Material Science & Engineering*, 17(6): 868-877.
- Nejad, M. and Cooper, P., 2011. Exterior wood coatings. دارای پوشش آلکیدی ناشی از واکنش نوریش (II) اکسیداسیون نوری رنگ آلکیدی است. از آنجایی که گروه وینیلی در حضور نور تجزیه می‌گردد، از این رو این پیک نمی‌تواند به‌عنوان شاخص مناسبی برای بررسی شدت تخریب نوری باشد (Perrin *et al.*, 2000). همچنین افزایش شدت پیک گروه کربونیل ناشی از تشکیل ترکیبات اکسید شده مانند آلدهیدها، کتون‌ها و اسیدهای چرب در رزین آلکیدی در طی هوازگی باشد (Perrin *et al.*, 2009). از سوی دیگر، کاهش جزئی در پیک‌های محدوده 2850 cm^{-1} و 2923 مربوط به ارتعاش کششی گروه متیلن موجود در ساختار رزین (عمدتاً به دلیل وجود اسیدهای چرب موجود در روغن مورد استفاده برای سنتز رزین آلکیدی) است. گروه‌های متیلنی می‌توانند در اثر واکنش‌های نوریش (I) و (II) در اثر حضور نور فرابنفش دچار تخریب‌شده و غلظت آنها کاهش یابد (Perrin *et al.*, 2000). افزایش جزئی در شدت پیک در محدوده 3300 تا 3500 cm^{-1} می‌تواند به تشکیل گروه هیدروکسیل (OH) و هیدروپروکسیدها نسبت داده شود. تشکیل گروه هیدروکسیل حکایت از ایجاد الکل در زنجیره اسیدهای چرب طی واکنش برش بتا یا نوریش (I) دارد (Pintus *et al.*, 2016). در مطالعات انجام شده، عمدتاً از تغییرات پیک مربوط به گروه کربونیل و هیدروکسیل برای بررسی شدت تخریب هوازگی و مقایسه بین رنگ‌های آلکیدی استفاده می‌شود. مقایسه نتایج این بررسی نشان می‌دهد که نوع ماده حفاظتی چوب تأثیری در شدت تخریب پوشش آلکیدی نداشته، به‌طوری‌که تغییرات گروه کربونیل و هیدروکسیل در هر سه تیمار ACC، ACQ و CCB مشابه هم است. به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که از بین دو رنگ مورد مطالعه، رنگ آلکیدی مقاومت بهتری نسبت به رنگ آکرلیکی در برابر هوازگی داشته و توانسته نمونه‌های تیمار شده را به نحو مؤثرتری محافظت کند. بنابراین استفاده از این پوشش برای چوب آلات تیمار شده با مواد حفاظتی بر پایه آب در محیط‌های بیرونی توصیه می‌گردد.

- paints: a micro-ATR spectroscopic study. *Polymer degradation and stability*, 70(3): 469-475.
- Pintus, V., Wei, S. and Schreiner, M., 2016. Accelerated UV ageing studies of acrylic, alkyd, and polyvinyl acetate paints: Influence of inorganic pigments. *Microchemical Journal*, 124: 949-961.
- Zhang, J., Kamdem, D. P. and Temiz, A., 2009. Weathering of copper-amine treated wood. *Applied Surface Science*, 256(3): 842-846.
- Part-1: Performance of semitransparent stains on preservative-treated wood. *Journal of Coatings Technology and Research*, 8: 449-458.
- Perrin, F.-X., Merlatti, C., Aragon, E. and Margailan, A., 2009. Degradation study of polymer coating: improvement in coating weatherability testing and coating failure prediction. *Progress in Organic Coatings*, 64(4): 466-473.
- Perrin, F.X., Irigoyen, M., Aragon, E. and Vernet, J., 2000. Artificial aging of acrylurethane and alkyd