نشریه علمی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی علوم و فناوری رنگ/ ۱۵، ۱۴۰۰ (۲)، ۱۵۲ـ۱۴۳
نوع مقاله: پژوهشی
20.1001.1.17358779.1400.15.2.6.3

تاثیر پاک‌سازی مواد استخراجی چوب بر چسبندگی شفاف پوشه‌های رایج در صنعت مبلمان

محمد غفرانی[۱*]، سعید خجسته خسرو[۲]، ابوالقاسم سالاروندیان[۳]

۱ـ استاد، گروه علوم و تکنولوژی صنایع چوب، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران، صندوق پستی ۱۶۳-۱۶۷۸۵.
۲ـ دکترا، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس نور، مازندران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۳-۴۳۴۱۴.
۳ـ کارشناس ارشد، گروه علوم و تکنولوژی صنایع چوب، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۶۳-۱۶۷۸۵.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۲۷ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۴۰۰/۴/۱۲

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر پاک‌سازی مواد استخراجی گونه‌های چوبی بلوط (Quercus spp) و صنوبر (Populus spp) بر چسبندگی شفاف‌پوشه‌های نیترو سلولزی (کیلر) و نیم پلی‌استر به سطح چوب بود. بدین منظور از حلال‌های استن صنعتی و آب گرم (دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد) برای پاک‌سازی نمونه‌های چوبی از مواد استخراجی استفاده شد. سطح نمونه‌های چوبی به ترتیب با درجه سنباده‌های ۱۲۰ و ۱۸۰ پرداخت گردیدند و در دو فرآیند جداگانه با پوشش‌های کیلر و نیم پلی‌استر پوشش داده شدند. ترشوندگی سطح نمونه‌های چوبی با روش زاویه تماس قطره مورد ارزیابی قرار گرفتند. چسبندگی پوشش نیز با روش چسبندگی کششی، Pull Off اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که پاک‌سازی نمونه‌ها از مواد استخراجی تأثیر معنی‌داری بر ترشوندگی سطح و چسبندگی پوشش داشته به طوری که نمونه‌های پاک‌سازی شده از مواد استخراجی، ترشوندگی سطح و چسبندگی بالاتری از خود نشان دادند. بیشترین افزایش ترشوندگی و چسبندگی پوشش در بین نمونه‌های پاک‌سازی شده از مواد استخراجی، در حلال استن صنعتی مشاهده شد. در حالت کلی نیز بالاترین چسبندگی (۸,۱۴ مگاپاسکال) در نمونه‌های پاک‌سازی شده از مواد استخراجی با حلال استن صنعتی در گونه بلوط و با پوشش نیم پلی‌استر مشاهده گردید و کمترین میزان چسبندگی نیز (۲,۰۱ مگاپاسکال) در نمونه شاهد گونه صنوبر پوشیده شده با پوشش کیلر به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: پاک‌سازی مواد استخراجی، ترشوندگی سطح، مقاومت چسبندگی پوشش، گونه‌های چوبی بلوط و صنوبر، شفاف‌پوشه، حلال‌های استن صنعتی و آب گرم.

Effect of Wood Extractives Clearing up on Adhesion Strength of Clear Coat in Wooden Furniture Surfaces

M. Ghofrani[1*], S. Khojasteh khosro[2], A. Salarvandyan[1]
1- Wood Science and Technology Department, Shahid Rajaee Teacher Training University, P. O. Box: 16785-163, Tehran, Iran.
2- Department of Wood and Paper Science and Technology, Tarbiat Modares University, P. O. Box:43414-653, Noor, Iran.

Received: 25-06-2020 Accepted: 18-10-2020 Available online: 03-07-2021

Abstract

This study was aimed to investigate the effect of wood extractives clearing up of Aspen (Populus spp) and Oak (Quercus spp) wood species on the adhesion strength of nitrocellulose (clear) and acid-catalyzed transparent finishes. In order to wood extractives clearing up, industrial acetone and hot water (45°C) solvents were used. Specimens' surfaces were sanded with 120 and 180 grate sizes sandpaper, respectively, and covered with the transparent finish in two separate processes with clear and acid-catalyzed coatings. The wettability of the specimens' surfaces was evaluated by using the contact angle method. The adhesion strength of the transparent coating was determined according to Pull off method. The results showed that wood extractives clearing up had a significant effect on surface wettability and adhesion strength of coating so that these samples showed higher wettability and adhesion strength than that of control samples. The highest wettability and adhesion strength were found in the wood samples cleared up with industrial acetone solvent. In general, the highest adhesion (8.14 MPa) of coating observed in the oak specimens cleared up with industrial acetone solvent and covered with acid-catalyzed coating. The lowest adhesion (2.01 MPa) also was obtained in control specimens' of Aspen coated with clear finish. J. Color Sci. Tech. 15(2021), 143-152© Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Wood extractives clearing up, Surface wettability, Adhesion strength of coating, Oak and Aspen wood species, Transparent finish, Industrial acetone and hot water solvents.

***Corresponding author: ghofrani@sru.ac.ir**

۱ـ مقدمه

چوب در جامعه کنونی کاربرد فراوانی دارد و پیشرفت فناوری هرروزه بر دامنه مصرف آن می‌افزاید. امروزه هزاران مورد مصرف برای چوب وجود دارد و در آینده نیز بر رقابت این ماده بر سایر مصالح در مصارف مختلف افزوده خواهد شد. اما با وجود کاربردهای بسیار، چوب دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد که از این جمله می‌توان به آسیب‌پذیری چوب و فرآورده‌های چوبی در مقابل عوامل جوی (باران، نور و حرارت)، عوامل مخرب بیولوژیک (قارچها، کپک‌ها و غیره)، عوامل فیزیکی و مکانیکی (نور خورشید، ساییدگی و غیره) اشاره نمود. همچنین چوب در اثر جذب رطوبت، دچار واکشیدگی شده و به محیط مناسبی برای حمله عوامل مخرب تبدیل می‌شود [۱]. علاوه بر آن جذب رطوبت در چوب منجر به کاهش مقاومت‌های مکانیکی آن نیز می‌گردد [۲]. به همین منظور باید سعی شود که با بهبود ویژگی‌های آن در مقابل عوامل مخرب و حفظ زیبایی، علاوه بر حفظ دوام چوب بر کاربردها و موارد مصرف این ماده افزود. در همین راستا و به منظور حفاظت چوب روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از روش‌هایی که علاوه بر حفاظت چوب، بر زیبایی آن نیز می‌افزاید، پوشش‌دهی چوب با شفاف‌پوشه‌ها است. پوشش‌دهی چوب با شفاف‌پوشه‌ها یکی از راه‌های افزایش عمر مفید محصولات چوبی و محافظت از آن‌ها در مقابل عوامل مختلف است. با اعمال پوشش‌های مناسب روی سطح چوب، جذب رطوبت کاهش یافته و دوام و پایداری مبلمان ثابت می‌ماند و در نتیجه می‌توان کاربرد چوب را توسعه و بهبود بخشید. یکی از معیارهای مهم برای سنجش پایداری شفاف پوشه‌ها، چسبندگی مناسب آن به زیرآیند است [۳]. عوامل زیادی می‌توانند چسبندگی پوشش به چوب را تحت تأثیر قرار دهند که از جمله می‌توان به گونه‌ی چوبی، نوع پوشش، روش پوشش‌دهی، جهت برش، نسبت چوب آغاز به پایان، درصد رطوبت چوب، مواد استخراجی چوب، روش‌های آماده‌سازی سطح چوب، نوع پرداخت سطح چوب و غیره اشاره کرد [۱۱-۳].

در مطالعات مختلف صورت گرفته روی گونه‌های چوبی مختلف پوشیده شده با پوشش‌هایی از قبیل پوشش‌های سلولزی (نیترو سلولز)، پلی‌اورتان دوجزئی، پایه آب و نیم پلی‌استر بیان شده است که درصد رطوبت بالای چوب اثر منفی روی چسبندگی پوشش اعمال شده بر سطح چوب دارد [۵، ۶]. همچنین نسبت بین چوب آغاز به پایان یکی از عوامل مؤثر بر نفوذ پوشش است به طوری که چوب آغاز دارای حفرات و منافذ بازتری نسبت به چوب پایان است و نفوذ بیشتری از پوشش در این سطح صورت گرفته در نتیجه با افزایش نسبت چوب آغاز به پایان، چسبندگی نیز افزایش می‌یابد [۷]. در مطالعات صورت گرفته روی تأثیر عملیات آماده‌سازی اولیه سطح چوب قبل از پوشش‌دهی مانند ماشین‌کاری (رنده‌کاری) چوب و سنباده‌زنی سطح آن نشان داده شده است که آماده‌سازی سطح چوب علاوه بر تحت تأثیر قرار دادن زبری سطح می‌تواند اثر قابل‌توجهی روی مقاومت چسبندگی پوشش داشته باشد [۸، ۹]. در مطالعه‌ای دیگر نیز در مورد تأثیر آستری‌زنی سطح که از دیگر مراحل آماده‌سازی اولیه چوب برای تغییر رنگ آن قبل از پوشش‌دهی است بیان شده است که آستری‌های مختلف تأثیرهای مختلفی روی چسبندگی دارند. در این بین بیشترین تأثیر مربوط به آستری‌های بر پایه مواد نفتی (قیر) مانند شاپان بوده و استفاده از این آستری در تغییر رنگ زمینه چوب، کاهش چسبندگی پوشش را در پی دارد [۱۰]. گورلین[1] و همکارانش نیز بیان نمودند که اصلاح گرمایی چوب که از روش‌های متداول افزایش مقاومت به رطوبت چوب و همچنین تغییر رنگ آن است، سبب کاهش چسبندگی پوشش به سطح چوب می‌شود [۱۱].

یکی از عواملی که می‌تواند تأثیر زیادی بر چسبندگی پوشش به سطح چوب داشته باشد و در چسبندگی پوشش به سطح اختلال ایجاد کند، مواد استخراجی موجود در چوب می‌باشد. مواد استخراجی تأثیر زیادی بر کاهش نفوذپذیری سطح چوب و کشش (جذب) سطحی در چوب دارند. کریمی و همکارانش در مطالعه‌ای مبنی بر اندازه گیری نفوذپذیری چوب ممرز به مایعات نشان دادند که مواد استخراجی درون حفره‌ای سلول‌های چوب تأثیر شدیدی بر کاهش نفوذپذیری چوب از طریق انسداد راه های عبور سیال دارند [۱۲]. لتیباری (۲۰۰۷) نیز بیان نمود که مواد استخراجی تأثیر قابل توجهی بر کشش سطحی چوب دارد اما به طور کلی تأثیر مواد استخراجی محلول در آب بر کشش سطحی کمتر از تأثیر مواد استخراجی دیگر مانند اسیدهای چرب محلول در حلال‌های آلی می‌باشند. در واقع کشش سطحی چوب از عوامل مؤثر بر ترشوندگی سطح چوب است و کاهش آن، کاهش ترشوندگی سطح چوب را در پی دارد و افزایش کشش سطحی باعث افزایش ترشوندگی سطح چوب و نفوذ پوشش در چوب می‌شود [۱۳]. غفرانی و خجسته خسرو (۲۰۱۴) در مطالعه دیگری مبنی بر از بین بردن مواد استخراجی چرب سطح چوب‌های چرب بر چسبندگی پوشش در شفاف‌پوشه‌ها بیان کردند که چربی زدایی سطح چوب‌های چرب، اثر قابل توجهی بر افزایش چسبندگی پوشش اعمال شده بر روی سطوح چوب دارد. با از بین بردن مواد استخراجی چوب، جذب سطحی پایین چوب‌های چرب با از بین رفتن چربی سطح افزایش یافته و پوشش در بستری عاری از مواد استخراجی می‌تواند نفوذپذیری مناسب‌تری در سطح چوب داشته و اتصالات قوی تری با آن ایجاد کرده و چسبندگی پوشش بهبود یابد [۳]. بوداکی[2] و همکارانش اثر از بین بردن رزین سطح گونه‌های چوبی سوزنی برگ را با حلال‌های مختلف ارزیابی نموده و تأثیر

1- Gurleyen
2- Budakci

مثبت استفاده از استن در رزین زدایی سطح گونه‌های چوبی سوزنی برگ و افزایش چسبندگی پوشش را نشان دادند [۱۴]. استن یک حلال نسبتاً قوی آلی (مورد استفاده برای پاک‌سازی مواد استخراجی چوب) می‌باشد که قادر است اسیدهای چرب، چربی‌ها، رزین‌ها، واکس‌ها، ترپن‌ها و فیتوسترول‌ها را از دیواره سلولی استخراج نماید [۱۵] و آب گرم هم به عنوان یک حلال (مورد استفاده برای پاک‌سازی مواد استخراجی چوب)، قادر به استخراج تانن و کربوهیدرات های با وزن مولکولی پایین محلول در آب واقع در دیواره سلولی چوب می‌باشد [۱۶]. به طوری که از مطالعات صورت گرفته نیز مشخص گردید مواد استخراجی می‌توانند تأثیر بسزایی بر خواص چوب و نفوذپذیری سطح آن داشته باشند که از عوامل مؤثر بر چسبندگی پوشش است. به همین دلیل بررسی تأثیر مواد استخراجی، پاک‌سازی و خارج کردن بخشی از مواد استخراجی چوب‌های مختلف بر چسبندگی پوشش از اهمیت فراوانی برخوردار است. لذا هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر مواد استخراجی گونه‌های بلوط و صنوبر بر چسبندگی برخی از شفاف‌پوشه‌های رایج در صنعت مبلمان کشور بود.

۲ـ بخش تجربی

۲ـ۱ـ مواد

در این تحقیق از دو گونه چوبی پهن‌برگ شامل بلوط (*Quercus spp*) و صنوبر (*Populus spp*) با میانگین جرم مخصوص ۰٫۶۵ و ۰٫۳۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب استفاده گردید. عامل مهم انتخاب این دو گونه کاربرد زیاد آن‌ها در صنعت چوب و متفاوت بودن ساختار سلولی و دانسیته آن‌ها می‌باشد. نمونه‌های انتخاب شده دارای شرایط رشد عادی بوده و عاری از هرگونه ترک، شکاف، گره‌های مرده و زنده، چوب‌های واکنشی، کج تاری[1]، پوسیدگی و بیماری‌های قارچی بودند.

حلال‌های مورد استفاده در این تحقیق استن صنعتی و آب گرم با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد بودند. خواص فیزیکی استن و آب در جداول ۱ قابل مشاهده است [۱۷].پوشش‌های استفاده شده در این تحقیق، سیلر و کیلر بر پایه نیترات سلولز و نیم پلی‌استر (نیمه مات) بر پایه رزین آلکید است.

خصوصیات فنی و شیمیایی پوشش‌های مورد استفاده شده در این تحقیق در جدول ۲ آورده شده است. مشخصات شیمیایی پوشش‌ها براساس اطلاعات ارائه شود توسط شرکت تولیدکننده پوشش‌های مورد استفاده، پارس اشن ارائه گردیده است [۴].

۲ـ۲ـ روش کار

۲ـ۲ـ۱ـ تهیه نمونه‌ها

گونه‌های چوبی بلوط و صنوبر به صورت الوار تهیه شدند سپس با رعایت اصول چوب خشک کنی در دو دسته ی جداگانه در هوای آزاد قرار گرفتند. پس از طی یک ماه، رطوبت چوب آلات به زیر ۱۰ درصد رسید. الوار خشک شده به تخته‌هایی به ضخامت نهایی ۲۰ میلی‌متر برش داده شدند و در نهایت به نمونه‌هایی با ابعاد ۲۰×۱۰۰×۱۵۰ میلی‌متر تبدیل گردیدند.

1- Angled grain

جدول ۱: خواص فیزیکی حلال‌های استن و آب.

نام	نام آیوپاک	فرمول شیمیایی	وزن مولکولی	نقطه جوش (°C)	دانسیته (g/cm³)
استن	دی متیل کتون	CH_3-CO-CH_3	۵۸٫۰۸	۵۶٫۳	۰٫۷۹
آب	-	H_2o	۱۸	۱۰۰	۱

جدول ۲: مشخصات فنی و شیمیایی پوشش‌های مورد استفاده

نوع پوشش	pH	دانسیته (g/cm³)	درصد جامد (٪)	ویسکوزیته (cP)	ترکیبات شیمیایی پوشش‌ها
سیلر	۲٫۹	۰٫۹۵	۲۶٫۵۸	۱۴۰	نیترو سلولز E-950 (30% IPA)، بوتیل استات، استن، بوتیل سلوسو، زایلین، تولوئن و ایزوپروپیل الکل
کیلر	۳٫۴	۰٫۹۹	۲۷٫۵۹	۲۰۰	نیترو سلولز E-560 (18% DOP) ، بوتیل استات، استن، بوتیل سلوسو، زایلین، تولوئن و ایزوپروپیل الکل
نیم پلی‌استر	۳٫۸	۰٫۹۶	۳۷٫۶۸	۱۳۲	روغن سویا، رزین اوره فرم‌آلدئید، بوتیل استات، زایلین و ضد ژل

۲ـ۲ـ۲ـ پاک‌سازی مواد استخراجی نمونه‌های چوبی

برای پاک‌سازی (خارج نمودن) مواد استخراجی نمونه‌های چوبی، نمونه‌ها به صورت مجزا درون حلال‌های استن صنعتی طبق استاندارد TAPPI T207-OM88 و آب گرم با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد طبق استاندارد TAPPI T204-OM88 به مدت ۷۲ ساعت غوطه‌ور شدند [۱۸]. بعد از عملیات غوطه‌وری نمونه‌ها در حلال‌ها، آن‌ها برای خشک شدن ابتدا در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد درون خشک‌کن آزمایشگاهی قرار داده شدند که این امر برای جلوگیری از خشک شدن سریع و ایجاد ترک در نمونه‌ها بود. سپس به تدریج دمای خشک‌کن تا ۲±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد برای کاهش رطوبت و خشک شدن نمونه‌ها (به مدت ۲۴ ساعت) افزایش یافت. در نهایت برای رسیدن رطوبت نمونه‌ها تا رطوبت ۸ درصد، نمونه‌ها در اتاق کلیما[1] با دمای ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۴۲ قرار داده شدند [۱۹]. مدت زمان قرارگیری نمونه‌ها در شرایط کلیما ۲ هفته بود.

۲ـ۲ـ۳ـ آماده‌سازی سطح نمونه‌ها

یکی از فرآیندهایی که قبل از پوشش سطح چوب باید صورت گیرد، پرداخت سطح آن با سنباده است. عملیات پرداخت برای یکنواخت کردن سطوح نمونه‌های چوبی و از بین بردن ناهمواری‌های سطحی آن‌ها می‌باشند که در مرحله ماشین‌کاری به وجود می‌آیند. به همین منظور سطح نمونه‌ها طی مدت زمان ثابت توسط سنباده لرزان دستی برقی از سنباده زبر به نرم در جهت الیاف چوب به ترتیب با درجه سنباده‌های ۱۲۰ و ۱۸۰ پرداخت شدند [۲۰].

۲ـ۲ـ۴ـ پوشش‌دهی سطح نمونه‌ها

برای پوشش‌دهی سطح نمونه‌ها، ابتدا سطوح نمونه‌های چوبی به وسیله پوشش سیلر با میزان ۱۰±۱۲۰ گرم بر مترمربع در جهت موازی الیاف به‌وسیله پیستوله پوشش داده شد. سپس بعد از خشک شدن کامل سیلر، سطوح نمونه‌ها برای صاف نمودن سطح آن‌ها، از بین بردن پرزهای ایجاد شده در اثر اعمال سیلر و همچنین از بین بردن لایه تشکیل شده سیلر روی سطوح نمونه‌های چوبی، به‌وسیله سنباده شماره ۳۶۰، به صورت کامل سنباده‌زنی شدند. بعد از پاک کردن گرد و غبار حاصل از سنباده کاری، پوشش‌های نهایی کیلر و نیم پلی‌استر در دو مرحله جداگانه و به وسیله پیستوله بر روی سطوح نمونه‌های چوبی انتقال یافتند به این صورت که نمونه‌هایی که با سیلر پوشش داده شده بودند به دو دسته تقسیم شده و سپس عملیات رنگ‌کاری روی نمونه‌ها با پوشش‌های کیلر و نیم پلی‌استر صورت گرفت. میزان استفاده از کیلر و نیم پلی‌استر در فرآیند پوشش‌دهی سطح نمونه‌ها توسط پیستوله، ۱۰±۱۵۰ گرم بر مترمربع بود. شرایط رنگ‌کاری برای پوشش‌های نهایی مورد استفاده یکسان در نظر گرفته شد. در جدول ۳ ترکیب‌بندی نمونه‌های تهیه شده بر اساس عوامل متغیر مورد بررسی، نشان داده شده است.

1- Climatic chamber

جدول ۳: ترکیب‌بندی عوامل متغیر در بررسی چسبندگی پوشش.

نوع گونه	عوامل متغیر پاک‌سازی چوب از مواد استخراجی	نوع پوشش
بلوط	شاهد	کیلر
		نیم پلی‌استر
	استن صنعتی	کیلر
		نیم پلی‌استر
	آب گرم	کیلر
		نیم پلی‌استر
صنوبر	شاهد	کیلر
		نیم پلی‌استر
	استن صنعتی	کیلر
		نیم پلی‌استر
	آب گرم	کیلر
		نیم پلی‌استر

۲ـ۳ـ ارزیابی ویژگی‌های نمونه‌ها

۲ـ۳ـ۱ـ اندازه‌گیری ترشوندگی سطح

در این مطالعه به منظور بررسی میزان ترشوندگی سطح در نمونه‌های شاهد و همچنین نمونه‌های پاک‌سازی شده چوب از مواد استخراجی، از آزمون زاویه تماس قطره استفاده گردید. برای همین منظور ترشوندگی سطح نمونه‌های پرداخت شده با روش اندازه‌گیری زاویه تماس استاتیک پس از گذشت ۵ ثانیه از لحظه رهاسازی قطره مورد ارزیابی قرار گرفت. در این آزمون به منظور اندازه‌گیری زاویه تماس قطره روی سطح نمونه‌ها از آب دیونیزه با حجم ۳٫۵ میلی‌لیتر استفاده گردید. در ارزیابی ترشوندگی سطح نمونه‌ها، از دستگاه زاویه تماس PGX ساخت کشور سوئیس استفاده گردید. لازم به ذکر است که برای اطمینان از صحت نتایج به دست آمده، تعداد تکرار در نظر گرفته شده در ارزیابی زاویه تماس قطره ۹ مرتبه بود.

۲ـ۳ـ۲ـ اندازه‌گیری چسبندگی پوشش

به منظور اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی پوشش ابتدا پس از خشک شدن نمونه‌های چوبی پوشش داده شده، قطعه‌های استوانه‌ای (دالی[1]) از جنس آلومینیم با قطر ۲۰ میلی‌متر و به وسیله چسب اپوکسی[2] دوجزئی ساخت کشور آلمان با میزان ۱۰±۱۵۰ گرم در هر مترمربع در شرایط دمایی ۲۰ درجه سلسیوس بر روی نمونه‌ها چسبانده شدند و برای خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت در شرایط دمایی مذکور قرار گرفتند [۲۱]. چسبندگی پوشش در نمونه‌ها به‌وسیله‌ی دستگاه تست چسبندگی کششی خودکار PosiTest AT ساخت کشور آمریکا با سرعت کشش ۰٫۳ مگاپاسکال در ثانیه اندازه‌گیری شدند. از استاندارد ASTM D-۴۵۴۱ برای اندازه‌گیری چسبندگی استفاده شد. آزمون چسبندگی پوشش روی هر یک از تیمارهای مورد بررسی ۶ بار تکرار گردید.

۲ـ۴ـ طرح آماری

نتایج به دست آمده در این مطالعه با نرم‌افزار SPSS مورد آنالیز قرار گرفت. برای بررسی اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر، نتایج با استفاده از آزمون فاکتوریل در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین عوامل معنی‌دار از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. آزمون دانکن تفاوت بین میانگین تیمارهای مختلف را بررسی نموده و سپس نمونه‌هایی (تیمارهایی) که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند را در دسته‌بندی‌های جداگانه و نمونه‌های با عدم اختلاف معنی‌دار را در یک دسته‌بندی قرار می‌دهد. در آزمون دانکن دسته‌بندی‌های مختلف بر اساس حروف الفبای انگلیسی نام‌گذاری می‌شوند به طوری که دسته‌بندی با بیشترین مقدار عددی آزمون مورد بررسی در گروه‌بندی دانکن، با حرف A نام‌گذاری شده و با کاهش مقدار صفت مورد بررسی و تغییر دسته‌بندی، نام‌گذاری به ترتیب حروف الفبای انگلیسی ادامه می‌یابد.

۳ـ نتایج و بحث

۳ـ۱ـ ترشوندگی سطح

زاویه تماس قطره یکی از روش‌های معمول در ارزیابی ترشوندگی سطوح مواد مختلف مانند چوب می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی زاویه تماس قطره روی نمونه‌های شاهد و همچنین نمونه‌های پاک‌سازی شده چوب‌های بلوط و صنوبر از مواد استخراجی در شکل ۱ آورده شده است. به طوری که در این شکل مشخص است استفاده از حلال‌های آب گرم و استن به منظور پاک‌سازی نمونه‌های چوبی از مواد استخراجی باعث کاهش زاویه تماس قطره و یا به عبارت دیگر افزایش ترشوندگی سطح شده است. در این بین بیشترین تأثیر بر افزایش ترشوندگی سطح نمونه‌های چوبی بلوط و صنوبر در نمونه‌های پاک‌سازی شده با حلال استن مشاهده گردید. در مقایسه نتایج دو گونه چوبی بلوط و صنوبر نیز به صورت کلی مقادیر زاویه تماس به دست آمده در گونه صنوبر اندکی بیشتر از گونه بلوط بود اما این اختلاف قابل توجه نبود (شکل ۱).

۳ـ۲ـ چسبندگی پوشش

نتایج تأثیر مستقل عوامل متغیر بر چسبندگی در جدول ۴ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تأثیر مستقل نوع گونه بر چسبندگی، بیشترین مقدار چسبندگی مربوط به گونه چوبی بلوط بوده و کمترین میزان نیز در گونه صنوبر به دست آمده است. گروه‌بندی دانکن صورت گرفته نیز گونه بلوط را با بالاترین میزان چسبندگی در گروه A قرار داده است. در مورد اثر مستقل نوع شفاف‌پوشه بیشترین میزان چسبندگی در پوشش نیم پلی‌استر و کمترین میزان در پوشش کیلر بوده که گروه‌بندی دانکن ارائه شده در جدول ۵ نیز مؤید نتایج فوق است. در تأثیر مستقل نوع حلال در پاک‌سازی مواد استخراجی چوب بر میزان چسبندگی پوشش نیز، بیشترین میزان چسبندگی مربوط به نمونه‌های پاک‌سازی شده از مواد استخراجی توسط حلال استن صنعتی بود و کمترین چسبندگی در نمونه‌های شاهد مشاهده گردید. گروه‌بندی دانکن صورت گرفته نیز پاک‌سازی مواد استخراجی با حلال استن صنعتی را با بالاترین چسبندگی در گروه A و نمونه‌های شاهد را با کمترین چسبندگی در گروه C قرار داده است. میزان بهبود چسبندگی در حلال استن صنعتی و آب نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۱۷ و ۸ درصد بوده است (جدول ۴).

نتایج حاصل از تأثیر متقابل عوامل متغیر (گونه چوبی، پاک‌سازی چوب از مواد استخراجی و نوع شفاف‌پوشه) در شکل ۲ ارائه گردیده

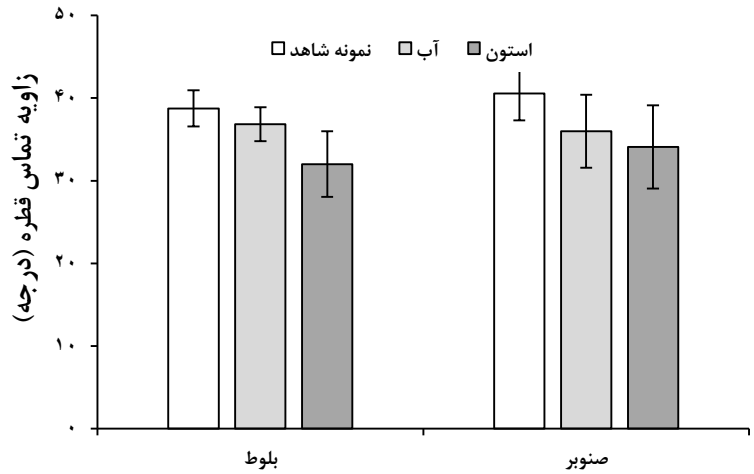
1- Dolly
2- Epoxy

است. به طوری که در این شکل مشخص است پاک‌سازی مواد استخراجی گونه‌های بلوط و صنوبر با حلال‌های استن صنعتی و آب گرم تأثیر مثبتی بر افزایش چسبندگی داشته است. در بین گونه‌های بلوط و صنوبر، گونه بلوط بیشترین میزان چسبندگی را قبل و پس از پاک‌سازی مواد استخراجی داشته و از بین پوشش‌های کیلر و نیم پلی‌استر، پوشش نیم پلی‌استر عملکرد بهتری از خود نشان داده است به طوری که بیشترین میزان چسبندگی در این شفاف‌پوشه مشاهده شد. به طور کلی نیز با توجه به شکل ۲ می‌توان بیان نمود که بیشترین میزان چسبندگی پوشش در نمونه‌های بلوط پاک‌سازی شده از مواد استخراجی با حلال استن صنعتی و پوشیده شده با نیم پلی‌استر مشاهده گردید.

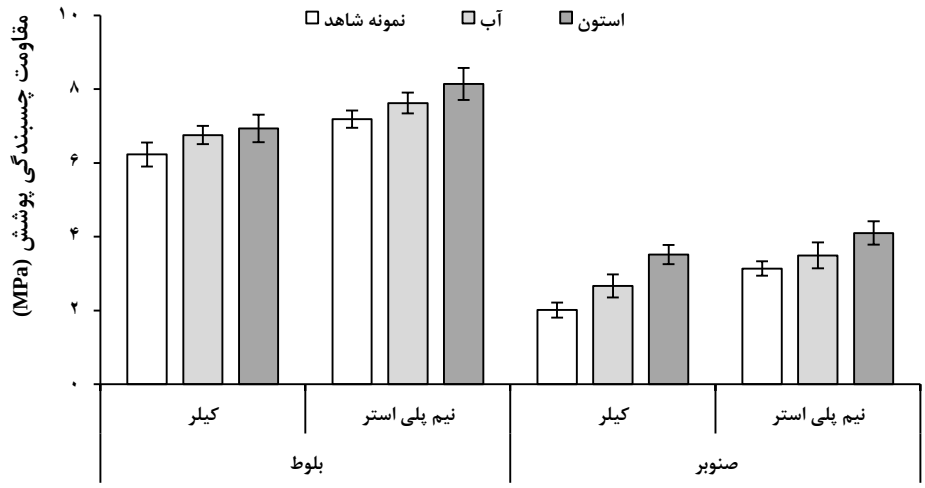
در این نمونه‌ها میزان افزایش چسبندگی نسبت به نمونه‌های شاهد این گونه با پوشش نیم پلی‌استر ۱۴ درصد بود. در گونه صنوبر نیز نمونه‌هایی که با حلال استن صنعتی از مواد استخراجی پاک‌سازی شده و با پوشش نیم پلی‌استر پوشش داده شده بودند، ۳۱ درصد چسبندگی بیشتر از نمونه‌های شاهد گونه صنوبر پوشیده شده با نیم پلی‌استر داشتند. در هر دو گونه چوبی بلوط و صنوبر، کمترین میزان چسبندگی پوشش در نمونه‌های شاهد پوشش داده شده با شفاف‌پوشه کیلر به دست آمد.

جدول۴: نتایج مقایسه اثر مستقل گونه چوبی، شفاف‌پوشه و پاک‌سازی مواد استخراجی چوب (نوع حلال).

عوامل متغیر	سطوح متغیر	چسبندگی (MPa)	انحراف معیار	گروه‌بندی دانکن
گونه چوبی	بلوط	۷,۲۱	۱,۰۳	A
	صنوبر	۳,۳۱	۰,۸۷	B
شفاف‌پوشه	کیلر	۴,۸۲	۰,۹	B
	نیم پلی‌استر	۵,۷۰	۱,۰۵	A
حلال	شاهد	۵	۰,۵۵	C
	استن صنعتی	۵,۸۵	۰,۶۵	A
	آب گرم	۵,۴۱	۰,۷	B



شکل ۱: تأثیر پاک‌سازی چوب از مواد استخراجی بر ترشوندگی سطح دو گونه چوبی بلوط و صنوبر.



شکل ۲: تأثیر متقابل گونه چوبی، نوع حلال و نوع پوشش بر چسبندگی پوشش.

۳ـ۲ـ۱ـ نوع گونه چوبی

در بین گونه‌های مورد بررسی، بالاترین مقدار چسبندگی در گونه بلـوط به دست آمد و کمترین چسبندگی نیز در گونه صنوبر مشاهده گردید. از دلایل بالا بودن چسبندگی پوشش در گونه بلوط می‌توان بـه پیوسـتگی بالاتر الیاف در این گونه نسبت داد که به دلیـل چگـالی بـالا و تخلخـل کمتر گونه بلوط نسبت به گونه صنوبر است. به طور کلی گونه‌های دارای جرم مخصوص بالا، از چسبندگی مطلوب بـین الیـاف و مقاومـت بـالاتر الیاف در سطح چوب برخوردار هستند لـذا در طـی فرآینـد کشـش در اندازه‌گیری چسبندگی، مقاومت بیشتری در مقابل نیـروی وارده تحمـل کرده، شکست در آن‌ها به سختی و با اعمال نیروی بالاتر ایجاد می‌شـود [۲۰]. اما در گونه‌های با جرم مخصوص کم به دلیل پیوستگی بین الیاف پایین، تحمل نیروی کمتری در برابر نیروی کششـی وارده داشـته، بـه راحتی شکست در آن‌ها ایجاد و در بسیاری موارد بخشی از چوب همـراه با پوشش از سطح آن جدا می‌شود. بنابراین هنگام آزمـودن چسـبندگی پوشش، لایه‌های سطحی ضـعیف مـی‌تواننـد تـأثیر زیـادی بـر کـاهش چسبندگی پوشش به سطح چوب داشته باشـند [۲۰]. بررسـی سـطوح نمونه‌هایی که آزمون چسبندگی روی آن‌ها صورت گرفته بود نیز بیانگر این بود که در گونه بلوط نوع جدایش بیشتر از نوع چسبندگی[1] بوده و بخش بسیار کمی از نوع پیوستگی[2] بود امـا در گونـه صـنوبر بـرخلاف گونه بلوط، نوع جدایش بیشتر از نوع پیوستگی بود. البته بخشی از نـوع جدایش نیز در گونه صنوبر از نوع چسبندگی بود (شـکل ۳). بـا توجـه به همین موضوع به صورت کلی می‌توان گفت که نتایج گونـه بلـوط بـا توجه به اینکه نوع جدایش در تمامی نمونه‌ها بیشتر از نوع چسـبندگی بوده است، بهتر می‌تواند نشان دهنـده اثـر پـاک‌سـازی چـوب از مـواد استخراجی بر چسبندگی پوشش باشد.

۳ـ۲ـ۲ـ نوع حلال

نتایج نشان داد که استفاده از حلال‌های استن و آب گرم در پاک‌سـازی مواد استخراجی چوب تأثیر مثبتـی بـر بهبـود چسـبندگی نسـبت بـه نمونه‌های شاهد در گونه‌های صنوبر و بلوط داشت. به نحوی که حـلال استن صنعتی به عنوان یک حلال آلی بیشترین تأثیر را در پـاک‌سـازی مواد استخراجی گونه‌های صنوبر و بلوط نسبت به حلال آب گـرم دارد. استن حلالی نسبتاً قوی برای مواد آلی بوده و قدرت حل کـردن بخـش اعظم مواد استخراجی سطح چـوب را داشـته و در نتیجـه پـاک‌سـازی نمونه‌ها از مواد استخراجی، جذب سطحی این نمونه‌ها نسبت به سـطح چوب‌های حـاوی مـواد اسـتخراجی (شـاهد)، افـزایش یافتـه و در پـی افزایش جذب سطحی چوب، ترشوندگی سطحی افـزایش مـی‌یابـد. در نتیجه با افزایش ترشـوندگی سـطح، نفـوذ پوشـش در سـطح افـزایش می‌یابد [۱۳]. به طور کلی تأثیر مـواد اسـتخراجی محلـول در آب روی کشـش سـطحی چـوب کمتـر از تـأثیر مـواد اسـتخراجی محلـول در حلال‌های آلی می‌باشد. به طوری که خروج مواد استخراجی حـلال در مواد آلی تأثیر بیشتری روی افزایش کشش سطحی چـوب در مقایسـه با خروج مواد استخراجی حـلال در آب دارد. در واقـع کشـش سـطحی چوب از عوامل مؤثر بر ترشوندگی سطح است و افـزایش آن بـا خـروج مواد استخراجی محلول در حلال‌های آلـی، باعـث افـزایش ترشـوندگی سطح می‌شود [۱۳]. نتایج به دست آمده از ترشوندگی سطح نمونه‌های چوبی در این مطالعه نیز به وضـوح بیـانگر افـزایش ترشـوندگی سـطح نمونه‌ها با پاک‌سازی مواد استخراجی آن‌ها بـود کـه در ایـن بـین نیـز حلال استن تأثیر بیشتری بر افزایش ترشوندگی سطح در مقایسه با آب

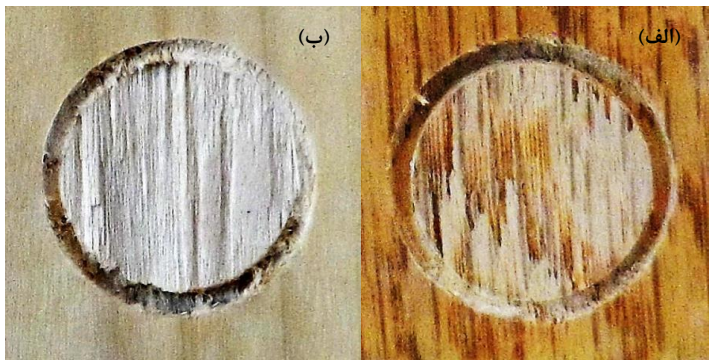
گرم داشته است. در طی فرآیند پاک‌سازی چوب از مواد استخراجی با استن صنعتی اسیدهای چرب، الکل‌های چرب، ترپن‌ها و غیره از چوب خارج می‌شوند. استفاده از آب نیز خارج شدن مواد استخراجی چوب مانند تانن‌ها، فنل‌ها، قندها و غیره را در پی دارد. لاکس[3] (۱۹۹۲) نشان داد که حلال‌های آلی بیش از آب گرم باعث تورم دیواره سلولی شده و انتظار می‌رود که مواد استخراجی را از چوب خارج نماید [۲۲]. آنون[4] (۱۹۹۹) بیان نمود که استن هم قادر است اسیدهای چرب، چربی‌ها، رزین‌ها، واکس‌ها، ترپن‌ها و فیتوسترول‌ها را از دیواره سلولی خارج نماید [۱۵]. اثر مثبت حلال استن در رزین زدایی سطح گونه‌های چوبی سوزنی برگ همچنین در مطالعه بوداکی[5] و همکارانش (۲۰۱۹) نشان داده شده است [۱۴]. در تحقیق حاضر پاک‌سازی نمونه‌ها از مواد استخراجی نشان داد که با خروج مواد استخراجی (افزایش ترشوندگی و نفوذپذیری چوب) نفوذ پوشش‌ها افزایش می‌یابد و با افزایش نفوذ پوشش، چسبندگی افزایش می‌یابد. غفرانی و خجسته خسرو (۲۰۱۴) و همچنین کریستیا[6] و همکارانش (۲۰۱۱) در مطالعات خود بیان نمودند که افزایش ترشوندگی سطح چوب و نفوذ پوشش در چوب از عوامل مؤثر بر افزایش چسبندگی پوشش به سطح چوب می‌باشد [۳، ۲۳].

در مورد تأثیر بیشتر پاک سازی مواد استخراجی گونه صنوبر بر چسبندگی پوشش در مقایسه با گونه بلوط باید بیان نمود که گونه صنوبر مواد استخراجی بیشتری نسبت به گونه بلوط دارد و با خروج این مواد، چسبندگی پوشش این گونه چوبی افزایش قابل توجهی یافته است. کاسینی[7] و همکارانش (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که گونه صنوبر مواد استخراجی بیشتری نسبت به گونه بلوط دارد [۲۴].

۳ـ۲ـ۳ـ نوع شفاف‌پوشه

نتایج تأثیر نوع پوشش بر چسبندگی آن بر سطح چوب بیانگر این بود که پوشش نیم پلی‌استر از چسبندگی بالاتری نسبت به پوشش کیلر برخوردار بوده است. پوشش کیلر در مجاورت هوا خشک شده و به نوعی یک پوشش تک‌جزئی است و خشک شدن آن با از دست دادن حلال خود رخ می‌دهد [۲۵]. پوشش نیم پلی‌استر دوجزئی بوده و خشک شدن آن منوط به افزودن ماده سخت‌کننده[8] به نیم پلی‌استر قبل از آغاز عملیات پوشش دهی است. با افزودن ماده سخت‌کننده و اعمال پوشش روی سطح، نیم پلی‌استر شروع به واکنش بر روی سطح اعمال شده نموده و پلیمریزاسیون آن روی سطح تکمیل می‌شود [۲۳] که در نتیجه پیوندهای قوی‌تری با سطح چوب (زیرآیند[9] خود) ایجاد می‌نماید [۳] و باعث افزایش چسبندگی پوشش می‌شود. از طرف دیگر بالا بودن وزن مولکولی پوشش سلولزی (کیلر) می‌تواند از دیگر دلایل پایین بودن چسبندگی در این پوشش‌ها باشد [۲۳]. در مورد عدم توجه به پوشش سیلر و دلیل نادیده‌گیری اثر آن بر شفاف‌پوشه‌های کیلر و نیم پلی‌استر نیز باید بیان نمود که در مطالعه حاضر هدف از اعمال سیلر روی سطوح نمونه‌ها صرفاً برای آماده‌سازی سطح نمونه‌ها و بلند کردن پرزهای سطح چوب بود. به همین دلیل بعد از اعمال لایه نازکی از سیلر روی سطح و خشک شدن آن، سطوح سیلر خورده به طور کامل سنباده‌زنی شدند تا علاوه بر از بین بردن پرزهای ایجاد شده روی سطح و تشکیل یک سطح یکنواخت و مناسب برای پوشش نهایی، کمترین میزان سیلر روی سطح چوب برای عدم تأثیرگذاری بر ارتباط پوشش نهایی با سطح چوب باقی بماند. از طرف دیگر ضخامت بسیار اندک پوشش سیلر نیز به دلیل حلال یکسان با پوشش‌های کیلر و نیم پلی‌استر نمی‌تواند در تعامل پوشش‌های کیلر و نیم پلی‌استر با سطح چوب تأثیرگذار باشد که این نکته در مطالعات دیگر نیز نشان داده شده است [۴، ۸].

1- Adhesion
2- Cohesion
3- Laks
4- Anon
5- Budakci
6- Cristea
7- Kasseney
8-Hardner
9-Substrate



شکل ۳: نوع جدایش پوشش از سطح چوب در آزمون چسبندگی پوشش، الف) گونه بلوط و ب)گونه صنوبر.

۴ـ نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر تأثیر پاک‌سازی چوب از مواد استخراجی در گونه‌های چوبی بلوط و صنوبر با دو پوشش نیم پلی‌استر و کیلر مورد بررسی قرار گرفت. در تأثیر نوع گونه چوبی مشخص گردید که چسبندگی گونه بلوط بالاتر از چسبندگی گونه صنوبر است. به طور کلی گونه‌های با چگالی پایین استحکام کمتری نسبت به گونه‌های با چگالی بالا دارند و این به دلیل پیوستگی کم بین الیاف چوبی در این گونه‌ها است.

در خصوص بررسی پاک‌سازی سطوح نمونه‌های مورد آزمون از مواد استخراجی مشخص گردید که چسبندگی نمونه‌های چوبی که با حلال استن صنعتی از مواد استخراجی پاک‌سازی شدند، بیشترین تأثیر مثبت را بر بهبود چسبندگی پوشش به سطح چوب در مقایسه با نمونه‌هایی که توسط حلال آب گرم از مواد استخراجی عاری شدند، داشتند. استفاده از حلال استن در طی پاک‌سازی چوب از مواد استخراجی باعث خروج اسیدهای چرب، الکل‌های چرب، ترپن‌ها و غیره از چوب می‌شود. استفاده از آب نیز خارج شدن مواد استخراجی چوب مانند تانن‌ها، فنل‌ها، قندها و غیره را حاصل می‌شود. در پی خروج مواد استخراجی چوب از آن نفوذ پوشش به داخل حفرات سلولی بیشتر شده و در نهایت منجر به افزایش چسبندگی پوشش می‌شود. بررسی ترشوندگی سطح نمونه‌های چوبی نیز مؤید افزایش قابل توجه ترشوندگی سطح (نفوذپذیری مایع) نمونه‌های چوبی با پاک‌سازی آن‌ها از مواد استخراجی بود.

در بررسی تأثیر نوع پوشش نیز مشخص گردید که پوشش نهایی نیم پلی‌استر چسبندگی بالاتری نسبت به پوشش کیلر دارد. پوشش نیم پلی‌استر، یک نوع پوشش دوجزئی بوده و خشک شدن آن منوط به افزودن ماده سخت‌کننده است. با افزودن سخت‌کننده پلیمریزاسیون این پوشش در سطح چوب کامل می‌شود که در این حالت این پوشش ارتباط بهتری با چوب برقرار نموده و چسبندگی بالاتری دارد.

مبلمان و محصولات چوبی دارای ارزش بالایی هستند. با حفاظت مناسب از چوب با رعایت اصول رنگ کاری و انتخاب نوع پوشش مناسب، می‌توان چسبندگی، طول عمر و زیبایی محصولات تولیدی را افزایش داد. با استفاده از نتایج تحقیق حاضر می توان از طریق پاک سازی مواد استخراجی چوب، پایداری و کیفیت پوشش اعمالی روی سطح چوب را بهتر نموده و باعث افزایش چسبندگی، طول عمر و زیبایی سطح چوب شد که در نهایت دوام محصولات چوبی نیز افزایش می‌یابد.

۵- مراجع

1. P. J. Chin, E. Byrd, J. Martin, T. Nguyen, Validation of the reciprocity law for coating photo degradation. *J. Coat. Technol. Res*. 2 (2005), 499-508.
2. A. Stamm, J. Millett, The interial surface of cellulosic materiales Persented at the seventeenth colloid symposium, helt at ann arber, Michigan, 1940, 843-845.
۳. م. غفرانی، س. خجسته خسرو، اثر چربی‌زدایی سطح چوب‌های چرب بر مقاومت چسبندگی پوشش در شفاف پوشه‌ها. *مجله علمی علوم و فناوری رنگ*. (۱۳۹۳)۸، ۱۰۷-۱۰۱.
4. M. Ghofrani, z. Mohammad Moradi S. Khojasteh Khosro, Investigation on the effect of different methods of applying transparent coatings on adhesion strength of coating in wooden surfaces. *Iranian J. Wood Paper Sci. Res*. 31(2016), 248–260.
5. A. Sonmez, M. Budakci, M. Bayram, Effect of wood moisture content on adhesion of varnish coatings. *Sci. Res. Essa*y. 12(2009), 1432-1437.
6. G. H. Manavi, M. Ghofrani, S. A. Mirshokraei, Effects of wood type, moisture content and paint type on adhesion strength of conventional clear paints used in furniture manufacture, *Iranian. J. Wood Paper Sci. Res*. 41 (2012), 743-753.
7. F. F. P Kollmann, W. A. Cote. Principles of Wood Science and Technology. Springer, Berlin, 1984, 162.
۸. م. غفرانی، س. خجسته خسرو. اثر کیفیت پرداخت سطح چوب بر مقاومت چسبندگی در ها شفاف پوشه. مجله علمی علوم و فناوری رنگ. (۱۳۹۲)۷، ۳۴۵-۳۳۹.
9. T. Yang, W. Xue, Y. Liu, Influence of machining methods on wood surface roughness and adhesion strength. In Proceedings of 2012 International Conference on Biobase Material Science and Engineering, (2012), 284-287.
10. M. Ghofrani, H. Baghery, S. Khojasteh Khosro, Effect of priming of wood surface on the adhesion strength of coating in furniture and other wooden products. *J. Lignocellulose*. 3(2014), 15-21.
11. L. Gurleyen, U. Ayata, B. Esteves, T. Gurleyen, N. Cakıcıer, Effects of thermal modification of oak wood upon selected properties of coating systems. *Bioresour*. 14(2019), 1838-1849.
12. A. karimi, D. parsapajouh, T. Naseri manesh, S. Izadyar, Longitudinal permeability in Hornbeam wood to water, *Iranian* j. Nathral Res. 57 (2005), 755-764.
13. J. Latibari, Science and technology of adhesion for lignocellulosic substances. Islamic Azad University press, Iran: Karaj. (2007), 172-175.
14. M. Budakci, E. Saygin, S. Senol, Effect of resin cleaning process on adhesion strength of water-based varnishes. Bioresour. 14 (2019), 1317-1332.
15. Anon, American Wood Handbook. Wood as anengineering material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR- 113. Forest Prod. Lab. USDA Forest Serv. Madison,WI. (1999), 463.
16. E.M. Ajuong, C. M. Breese, The roles of extractives on short term creep in compression parallel to grain of Pai wood (Afzelia Africana Smith). *Wood Fiber Sci.* (1998), 161–170.
17. www.daneshnameh.roshd.ir/mavara.
18. V. Safdari, M. Nasiri, H. Jodi, S.K. Hosseinihashemi, The effect of wood extractive on the fixation and leaching of ACC preservative in Beech wood, *Iranian J. Wood Paper Sci. Res*. (2013), 62-73.
19. Wood - determination of moisture content for physical and

mechanical tests, TSE: Ankara, Turkey, TS- 2471,(1976).
20. S. Khojasteh Khosro, Investigation on the effect of nano Zinc Oxide on physical properties of polyurethane clear coat in wooden furniture surfaces, degree of M.Sc, Shahid Rajaee Teacher Training University, Iran, 2014.
21. Standard test method for pull-Off strength of coatings using portable adhesion testers, Annual Book of ASTM Standard, ASTM Standard, D4541, (2002).
22. P. E. Laks, The chemistry of wood bark. In: Wood and cellulosic chemistry. Marcel Dekker press, New York: USA. (1991), 257-330.
23. M. V. Cristea, B. Riedl, P. Blanchet, Effect of addition of nanosized UV absorbers on the physico-mechanical and thermal properties of an exterior waterborne stain for wood. *Prog. Org. Coat.* 72(2011), 755-762.
24. D. Kasseney, T. Deng, J. Mo, Effect of wood hardness and secondary compounds on feeding preference of Odontotermes formosanus (Isoptera: Termitidae). *J. econ. Entomology.* 104 (2011), 862-867.
25. M. Budakci, 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, Turkey, 2003.