

شناسایی و ارزیابی ویژگی‌های پوشش‌های سوپرکروم و فانتاکروم در صنعت مبلمان

هادی غلامیان^{۱*}، بهنام غلامپور^۲

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

۲. دانشجوی دکتری بیولوژی و آناتومی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۲

چکیده

در این تحقیق امکان استفاده از پوشش‌های سوپرکروم و فانتاکروم بر سطح چوب‌های راش و صنوبر بررسی شد. در ابتدا نمونه‌ها به ابعاد $10 \times 10 \times 2$ سانتی‌متر تبدیل شد و پس از پوشش‌دهی با رنگ‌های سوپرکروم و فانتاکروم، آزمون‌های چسبندگی کششی و خراشی، زاویه تماس و خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح بر روی سطح آنها صورت پذیرفت. همچنین به منظور بررسی خواص سطحی پوشش، مطالعات میکروسکوپی نمونه‌های پوشش داده شده با پوشش فانتاکروم با استفاده از میکروسکوپ نوری انجام گرفت. نتایج نشان داد که زاویه تماس نمونه‌های پوشش داده شده با سوپرکروم و فانتاکروم در مقایسه با نمونه شاهد در هر دو گونه چوبی راش و صنوبر به طور چشمگیری افزایش یافت. بیشترین و کمترین میانگین چسبندگی کششی پوشش‌های سوپرکروم و فانتاکروم به ترتیب در نمونه راش پوشش داده شده با فانتاکروم و نمونه صنوبر پوشش داده شده با سوپرکروم بود. همچنین نتایج آزمون چسبندگی خراشی تأییدکننده نتایج چسبندگی کششی بود. پس از پوشش‌دهی خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح سطح نمونه‌ها به طور معناداری افزایش یافت و بیشترین خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح مربوط به پوشش فانتاکروم در نمونه‌های راش و صنوبر به ترتیب به مقدار $141/8$ و $141/7$ واحد براق (GU) بود. همچنین نتایج بررسی میکروسکوپی نشان داد پرایمر اولیه پوشش به مقدار 4 میکرون در بافت چوبی نفوذ داشته و پوشش نهایی کروم، فیلم پوششی (فیلم رنگی) به ضخامت 11 میکرون بر سطح چوب تشکیل داده است.

واژه‌های کلیدی: براقیت‌سنجی، چوب، سوپرکروم، فانتاکروم، مبلمان.

مقدمه

آسیب‌دیده، جلوگیری از نفوذ رطوبت و حشرات، حفاظت در مقابل صدمات و غیره انجام می‌گیرد. برای پوشش‌دهی، رنگ‌های مختلفی وجود دارند که بسته به نوع نیاز و شرایط محل استفاده انتخاب می‌شوند [۲]. در تولید مبلمان چوبی، فرایندهای پرداخت و رنگ‌کاری اهمیت زیادی دارد و در ارزیابی فنی، اقتصادی و زیباشناختی در نظر گرفته می‌شوند [۳]. یکی از مزایای استفاده از پوشش‌های رنگی افزایش مقاومت به رطوبت است. نتایج تحقیقات غلامیان و همکاران نشان داد که افزودن نانوذرات زایکوسیل و

افزایش کیفیت و دوام سازه‌های چوبی در برابر عوامل مخرب طبیعی و مصنوعی به سالیان بسیار گذشته مربوط است و روش‌های زیادی برای حفظ این خواص در سازه‌های چوبی وجود دارد که پوشش‌دهی یکی از آنهاست [۱]. رنگ‌کاری چوب به دلایل مختلفی از جمله خصوصیات ظاهری، پنهان کردن معایب، ترمیم قسمت‌های

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۱

مقاومت چسبندگی نمونه‌های راش نسبت به نمونه‌های بلوط مقادیر بیشتری را نشان داد. به‌طور کلی رابطه‌ای بین مقادیر خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح و نوع سنباده‌زنی در هر دو گونه چوبی مشاهده نشد [۹].

تاکنون بررسی‌های متعددی بر روی مقاومت چسبندگی پوشش‌های چوب انجام گرفته است. براساس نتایج تحقیقات درصد رطوبت بالای چوب اثر منفی روی چسبندگی پوشش اعمال‌شده بر سطح چوب دارد [۱۰-۱۳]. براساس نتایج تحقیقات غفرانی و خجسته (۲۰۱۳) می‌توان گفت، روش اعمال پوشش روی سطح چوب تأثیر چشمگیری بر مقاومت چسبندگی پوشش دارد [۱۴]. نتایج تحقیقات گرگانلی و همکاران بر روی تأثیر گونه چوبی راش و ممرز بر مقاومت چسبندگی کششی شفاف پوشش کیلر در سطح چوب نشان داد که مقاومت چسبندگی چوب ممرز از نمونه راش بیشتر است [۱۵]. نتایج تحقیقات رنگ‌آور و همکاران نشان داد در اثر افزودن نانوذرات ولستونیت (با غلظت‌های ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵) به پوشش آکرلیک پایه آب، مقاومت چسبندگی بهبود پیدا می‌کند و بیشترین چسبندگی پوشش در نانوپوشش حاوی بیشترین نانوذرات ولستونیت مشاهده شد [۱۶]. یکی از رایج‌ترین ابزار به‌منظور بررسی و تصویربرداری از سطح مشترک تماس بافت چوب با پوشش، میکروسکوپ است. درحالی‌که بیشتر مطالعات میکروسکوپی با هدف ثبت اطلاعاتی درباره عمق نفوذ پوشش‌های اعمال‌شده در محصولات چوبی ساخته‌شده از انواع مختلف چوب ثبت شده است [۱۷-۲۵]، تکنیک‌های تخصصی میکروسکوپی مانند میکروسکوپ نوری و الکترونی می‌توانند میزان و محل سطح تماس پوشش با چوب را با وضوح بیشتر نشان داده و درک بهتری از مکانیسم اتصال پوشش و بافت چوب در سطح سلولی و کوچک‌تر از سلول را نشان دهند و ارائه کنند [۲۶-۲۸]. نتایج تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری در تحقیق خجسته‌خسرو و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد، ذرات نانو به‌خوبی در بستر پوشش پلی‌یورتان پراکنده شده و

زایکوفیل به نمونه‌های پوشش‌داده‌شده چوب صنوبر با پوشش پلی‌استر و سیلر کیلر سبب بیشتر شدن مقاومت به جذب آب شده و نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با نانوذرات زایکوسیل نسبت به زایکوفیل مقاومت بیشتری را نشان می‌دهد [۴]. نتایج مطالعات حسینی و همکاران و وانگ و کوپر نشان داد که می‌توان با استفاده از تکنیک زاویه تماس، مقاومت چوب و پوشش را نسبت به نفوذ و جذب رطوبت تجزیه و تحلیل کرد [۵، ۶]. براساس نتایج مطالعات نوروزی و محبی، سطح چوب راش پس از پوشش‌دهی با نانوروی، نانو کیتوزان، کیتوزان، روغن سیلیکون و روغن برزک آب‌گریزتر می‌شود [۷]. همچنین، ارزیابی زاویه تماس قطره آب گونه چوبی نراد پس از پوشش‌دهی با پوشش کیلر پایه آب و حلال آلی نشان داد زاویه تماس قطره آب پس از پوشش‌دهی با هر دو نوع پوشش افزایش می‌یابد [۵]. در مطالعات ساچین و همکاران (۲۰۱۶)، میزان خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح چوب درخت زیتون پوشش‌داده‌شده با پوشش‌های ملامین، پلی‌یورتان، نیتروسولولز و لاک الکل در رطوبت‌های مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد در اثر قرار گرفتن در معرض رطوبت، خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با ملامین ۱۲ تا ۱۶ درصد کاهش یافت. به‌علاوه، نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با پوشش نیتروسولولزی و پلی‌یورتان تنها به مقدار ۶۰ درصد قادر به حفظ خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح ابتدایی خود بودند. همچنین خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح نمونه‌ها در اثر پوشش‌دهی با هر چهار نوع پوشش افزایش یافت که این میزان در پوشش ملامین و پوشش‌های نیتروسولولزی بیشتر از پوشش‌های دیگر مشاهده شد [۸]. مطالعات میکلی‌سیس و همکاران (۱۹۹۹) در زمینه تأثیر نوع سنباده بر مقاومت چسبندگی و خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح نمونه‌های بلوط و راش پوشش‌داده‌شده با پوشش پلی‌یورتان نشان داد که سنباده‌زنی بر خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح نمونه‌های پوشش‌داده‌شده اثر معناداری نداشت، اما به‌طور کلی

طبیعت است. پوشش‌های کرومی قابلیت ایجاد طیف‌های مختلف رنگی را دارد و نزدیک‌ترین ظاهر را به فلزاتی مانند طلا، برنز و مس ایجاد می‌کند. نتایج مطالعات اخیر انجام‌گرفته در زمینه پوشش‌های کروم نشان داده است، پوشش‌های کروم دارای سختی عالی، ظاهر روشن و مقاوم در برابر سایش و خوردگی است [۳۱، ۳۲]. کروم از بهترین پوشش‌ها برای سطوح فولادی و مورد استفاده در پلاستیک‌ها و لاستیک‌هاست [۳۳]. نتایج تحقیقات زیویک و همکاران در زمینه استفاده از پوشش کروم بر روی فلز استیل نشان داد که میزان زبری سطح از عوامل تأثیرگذار در چسبندگی پوشش است و با افزایش زبری سطح میزان چسبندگی پوشش کروم کاهش می‌یابد [۳۴]. متأسفانه در ایران و جهان تحقیقات بسیار اندکی بر روی ویژگی‌های پوشش‌های کروم جهت استفاده در سازه‌های چوبی و مبلمان چوبی انجام گرفته است. بنابراین در این تحقیق امکان استفاده از پوشش‌های سوپرکروم و فانتاکروم بر سطح چوب‌های راش و صنوبر بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

چوب

ابتدا الوارهای دو گونه چوبی خشک صنوبر و راش به ابعاد $7 \times 20 \times 300$ (L×R×T) سانتی‌متر در جهت شعاعی و راه الیاف برش داده شد و پس از سنباده‌زنی برای رسیدن به رطوبت تعادل به مدت ۲ هفته در اتاق کلیما (دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد) قرار گرفت. سپس، الوارها طی برش ثانویه به ابعاد نهایی $2 \times 10 \times 10$ (L×R×T) سانتی‌متر تبدیل شدند.

پوشش

از دو نوع پوشش سوپرکروم و فانتاکروم به‌منظور پوشش نمونه‌ها استفاده شد. تیمارهای بررسی‌شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

ساختار یکنواختی را در پوشش ایجاد کرده‌اند [۲۹]. نتایج مطالعات غلامیان و همکاران با استفاده از میکروسکوپ فلورسنت نشان داد، پوشش‌های آلکیدی و پلی‌یورتان در داخل حفرات سلولی قرار گرفته‌اند و پوشش سل‌ژل بیشتر بر روی دیواره‌های سلولی نفوذ کرده‌اند. نتایج مطالعات غفرانی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد می‌توان با میکروسکوپ نوری حتی محل قرارگیری حباب‌های ریز در سطح پوشش را شناسایی کرد. آنها استفاده از فیلم‌کش را بهتر از پیستوله در کاهش حباب هوای ایجادشده در فیلم رنگی پیشنهاد دادند [۳۰]. یکی از پوشش‌های رایج مورد استفاده در صنعت مبلمان استیل و سلطنتی، پوشش‌های ورق طلاست که به‌طور گسترده در حال استفاده است. از مشکلات عمده این نوع پوشش می‌توان به زمان‌بر بودن، قیمت بالای پوشش‌دهی، نیاز به وجود افراد متخصص و مهارت زیاد اشاره کرد. امروزه پوشش‌های نوین و متفاوتی در صنعت رنگ و رزین با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های پیشرفته، پا به عرصه صنعت مبلمان چوبی گذاشته‌اند. استفاده از پوشش‌های نوین می‌تواند به‌عنوان جایگزین ورق طلا در صنعت مبلمان چوبی موجب صرفه‌جویی در زمان و برطرف کردن سایر موارد محدودکننده‌ای باشد که تا به حال صنعت مبلمان با آن مواجه بوده است. از جدیدترین روش‌های آبکاری در جهان، می‌توان به سیستم آبکاری پاششی اشاره کرد. آبکاری در روش پاششی کرومی به دو صورت پوشش فانتاکروم و سوپرکروم با بهره‌گیری از دستگاه پاششی مخصوص انجام می‌گیرد. در پوشش فانتاکروم از فعل و انفعالات شیمیایی بین چند ماده مختلف و در طی سه مرحله پرایمر اولیه، کروم سطحی و کیلرپاشی نهایی، واکنش کروم صورت می‌پذیرد. مهم‌ترین مزیت این سیستم نسبت به دیگر سیستم‌های سنتی، سهولت در اجرا، ایجاد سطوح براق با رنگ‌های متنوع و همچنین بهبود خواص سطحی است. پوشش‌های سوپرکروم و فانتاکروم برای حفظ سلامت محیط زیست، دارای فرمولاسیون بر پایه آب است؛ ازاین‌رو سیستم دوستدار

ب) مراحل اجرا

در پوشش‌دهی فانتاکروم از دستگاه پاشش مخصوص که شامل ۵ مخزن ۲۰ لیتری که به ۴ پیستوله (۱ پیستوله دوجزئی و ۳ پیستوله تک‌جزئی) متصل است، استفاده شد (شکل ۱). ترتیب مراحل پوشش‌دهی در شکل ۲ نشان داده شده است. شایان ذکر است که از پیستوله دوجزئی برای پوشش اصلی کروم که به‌صورت ترکیبی مواد صورت می‌پذیرد استفاده شد.



شکل ۱. دستگاه پوشش‌دهی فانتاکروم



شکل ۲. ترتیب مراحل پوشش‌دهی فانتاکروم و سوپرکروم

الف) مواد تشکیل دهنده

پوشش سوپرکروم تمام طیف‌های رنگی را دارد و مانند فانتاکروم در سه مرحله پرایمر، کروم و کیلر انجام پذیرفت. شایان ذکر است، سوپرکروم پوششی است که با پیستوله‌های استاندارد و معمولی رنگ‌کاری قابل اجراست.

ب) مراحل اجرا

مراحل پوشش‌دهی این پوشش مانند رنگ‌کاری مبلمان با

جدول ۱. تیمارهای بررسی شده

تعداد تکرار	نوع پوشش	گونه چوبی
۱۰	فانتاکروم	صنوبر
۱۰	سوپرکروم	
۱۰	فانتاکروم	راش
۱۰	سوپرکروم	

فانتاکروم

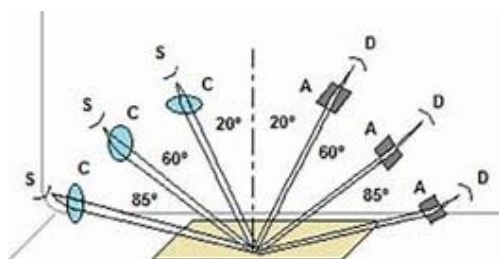
الف) مواد تشکیل دهنده

مواد تشکیل دهنده پوشش فانتاکروم طلایی‌رنگ شامل تنشو اکتیو، اکتیواتور، ای سولوشن، بی سولوشن، پرایمر، پوشش، هاردنر پوشش، هاردنر پرایمر، آب مقطر و حذف‌کننده شیمیایی است. کروم شش ظرفیتی با pH ۱ تا ۲، دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد، زمان ۳۰ تا ۴۵ ثانیه، محرک آن پیستوله و فعال‌ساز آن اسید رقیق است. رنگ فیلم طلایی و ضخامت فیلم آن ۱۰ تا ۲۰ میکرون است [۳۵].

پوشش‌دهی کروم شش ظرفیتی که در آن از کروم تری‌اکسید استفاده می‌شود، طی چهار مرحله سطح فعال‌سازی، سطح کروم و دو مرحله پیاپی شست‌وشو با آب (شست‌وشوی شماره ۱ و ۲) انجام می‌گیرد. سطح فعال‌سازی با استفاده از محلول کرومیک اسید است. سطح کروم مخلوطی از کرومیوم تری‌اکسید (CRO₃) و سولفوریک اسید (SO₄) است، نسبت وزنی آن ۷۵:۱ تا ۲۵۰:۱ متغیر است که نتیجه آن سطحی به‌شدت اسیدی با pH برابر صفر است. برای پوشش‌های دکوراتیو دما بین ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد متغیر است، اما برای پوشش‌های سخت دامنه آن ۵۰ تا ۶۵ درجه سانتی‌گراد است. دما وابسته به چگالی پوشش است و چگالی بیشتر نیازمند دمای بیشتری است.

1. Thenshow active
2. Activator
3. A solution
4. B solution
5. Primer
6. Coating
7. Hardner coating
8. Hardner primer
9. Chemical Remover

خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح سطح را اندازه‌گیری کند. برای اندازه‌گیری خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح، از زاویه ۶۰ درجه و در راه الیاف استفاده شد (شکل ۳).



شکل ۳. مکانیسم اندازه‌گیری خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح پوشش

آزمون چسبندگی کششی و خراشی

به منظور اندازه‌گیری میزان چسبندگی پوشش‌ها بر سطح نمونه‌های چوبی، از آزمون‌های چسبندگی کششی (Pull off) و چسبندگی خراشی (Cross cut (Peel)) به ترتیب براساس استانداردهای ASTM D ۴۵۴۱ و ASTM ۳۳۵۹ با D ۱۰ تکرار برای هر گونه چوبی استفاده شد. برای انجام آزمون چسبندگی کششی، ابتدا دالی‌های دستگاه (قطعات جدا از دستگاه به شکل استوانه‌ای) توسط چسب اپوکسی بر روی سطح چوب پوشش داده شده چسبانده شدند. پس از ۲۴ ساعت، اطراف این دالی‌ها به وسیله مت‌گردبر برش داده شد. در ادامه، دالی‌ها به کمک دستگاه چسبندگی کششی از سطح چوب پوشش داده شده جدا شده و میزان نیروی لازم برای جداسازی لایه پوشش رنگی از سطح چوب محاسبه شد. همچنین در آزمون چسبندگی خراشی، بسته به ضخامت رنگ و نوع استاندارد آزمون، تیغه‌ای با تعداد دندان‌ها و فواصل دندان‌ها مشخص انتخاب و به دستگاه خراش اندازه متصل می‌شود. دو سری خراش به صورت عمود بر هم بر روی سطح رنگ ایجاد می‌شود، سپس با برس مخصوص محدوده‌ای که به صورت شبکه‌ای برش داده شده است را به آرامی از خاک و اضافات پاک می‌شود. در ادامه، چسب نواری مخصوصی

استفاده از پیستوله است و حین پوشش دادن سوپرکروم از پیستوله معمولی با سوزن شماره ۱/۶ میلی‌متر استفاده شد. کروم سه‌ظرفیتی با pH ۶/۲-۱/۲، در دمای ۵۵-۵۶ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۰-۳۰ ثانیه استفاده می‌شود. محرک آن مکانیکی یا هوا (پیستوله) بوده و فعال‌ساز آن نیتریک یا سولفوریک رقیق است. رنگ فیلم تشکیلی طلائی روشن و ضخامت فیلم ۱۰ تا ۲۰ میکرون است [۳۵]. در پوشش دهی با کروم سه‌ظرفیتی، از یک سطح الکترولیت پایه سولفات یا کلراید با استفاده از آندهای کامپوزیت یا گرافیت به همراه افزودنی‌هایی برای جلوگیری از اکسیداسیون کروم سه‌ظرفیتی استفاده می‌شود. پوشش دهی با کروم سه‌ظرفیتی در دما، نرخ و سختی مشابه در ضخامت‌های ۰/۱۳ تا ۰/۲۷ میکرون انجام می‌گیرد.

زاویه تماس استاتیک

به منظور اندازه‌گیری زاویه تماس استاتیک قطره آب در نمونه‌های پوشش داده نشده و پوشش داده شده با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم، از دستگاه زاویه تماس ساخت کارخانه دیتا فیزیک آلمان با ۱۰ تکرار برای هر تیمار استفاده شد. همچنین زاویه تماس ۱۰ ثانیه پس از رها کردن قطره روی سطح نمونه‌های پوشش داده شده، محاسبه شد.

آزمون اندازه‌گیری خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح







(براقیت سنجی)

به منظور اندازه‌گیری خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح نمونه‌های خام و پوشش داده شده با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم، از آزمون خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح سنجی با استفاده از دستگاه مدل نووا با استاندارد ASTM E استفاده شد. این دستگاه در زاویه‌ای مشخص پرتویی از نور را به سطح می‌تاباند و از مقدار جذب نور و محاسبه آن برحسب درصد نسبت تابش به انعکاس می‌تواند

می‌شود. با مقایسه شکل ایجادشده و جدول استاندارد، میزان چسبندگی رنگ مشخص می‌شود. در نهایت، مقادیر به دست آمده براساس جدول ۲ ذکر شده در استاندارد ۳۳۵۹ ASTM D تحلیل شد.

بر روی خطوط ایجادشده چسبانده می‌شود. پس از حدود ۵ دقیقه چسب با سرعت و در مدت زمان ۰/۵ تا ۱ ثانیه و تحت زاویه ۶۰ درجه از سطح جدا می‌شود. هنگام جدا کردن و برداشتن چسب تعدادی از خانه‌ها از سطح جدا

جدول ۲. ارزیابی کیفیت چسبندگی پوشش بر روی سطح

B۰	B۱	B۲	B۳	B۴	B۵	درجه
						تصاویر
>۶۵	۶۵-۳۵	۳۵-۱۵	۱۵-۵	<۵	۰	درصد سطح جداشده پوشش

نمونه‌های چوب صنوبر پوشش داده شده با پوشش سوپرکروم به نمونه شاهد به مقدار ۱۳/۳۱ برابر و در نمونه‌های چوب راش پوشش داده شده با پوشش سوپرکروم به نمونه شاهد به مقدار ۸/۴۱ برابر افزایش داشت. همچنین نسبت مقدار زاویه تماس محاسبه شده در نمونه‌های چوب صنوبر پوشش داده شده با پوشش فانتاکروم به نمونه شاهد به مقدار ۱۳/۳۴ برابر و در نمونه‌های چوب راش پوشش داده شده با پوشش فانتاکروم به نمونه شاهد به مقدار ۸/۴۸ برابر افزایش داشت.

در همه موارد از لحاظ آماری اختلاف بین نمونه شاهد و پوشش داده شده با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار شد. میزان تغییرات زاویه تماس پوشش فانتاکروم نسبت به سوپرکروم بسیار ناچیز است. مطالعات نوروزی و محبسی در زمینه افزایش آبگریزی سطح چوب راش پس از پوشش دهی با نانوروی، نانو کیتوزان، کیتوزان، روغن سیلیکون و روغن برزک تأییدکننده نتایج این تحقیق است که پوشش‌ها سبب افزایش زاویه تماس شده است. همچنین ارزیابی زاویه تماس قطره آب گونه چوبی نراد پس از پوشش دهی با پوشش کیلر پایه آب و حلال آلی نشان داد که زاویه تماس قطره آب پس از پوشش دهی با هر دو نوع پوشش افزایش می‌یابد [۶، ۷].

طرح آماری

از طرح کاملاً تصادفی برای نمونه برداری استفاده شد. همچنین با استفاده از نرم افزار SPSS، تحلیل واریانس برای بررسی معنی داری میانگین‌ها و با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن جهت گروه بندی تیمارها استفاده و تجزیه و تحلیل شد.

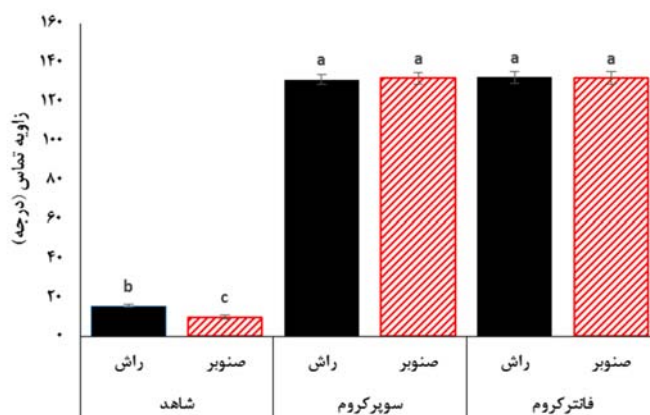
بررسی های میکروسکوپی

برای بررسی ضخامت خشک فیلم پوشش، محل قرارگیری پوشش و عمق نفوذ پوشش های سوپرکروم و فانتاکروم بر نمونه های چوبی، نمونه ها ابتدا قالب گیری شده و سپس برش هایی از مقاطع عرضی نمونه ها به وسیله میکروتوم تهیه و تصاویر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۱۰X تهیه شد.

نتایج و بحث

زاویه تماس استاتیک

نتایج اندازه گیری زاویه تماس نمونه های شاهد (بدون پوشش) و پوشش داده شده با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم در شکل ۴ و جدول ۳ نشان داده شده است. براساس نتایج، مقدار زاویه تماس نمونه های شاهد در چوب راش نسبت به چوب صنوبر به میزان تقریباً ۱/۶ برابر بیشتر بود و از لحاظ آماری نیز اختلاف معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین نمونه های شاهد وجود داشت. در اثر پوشش دهی، نسبت مقدار زاویه تماس در



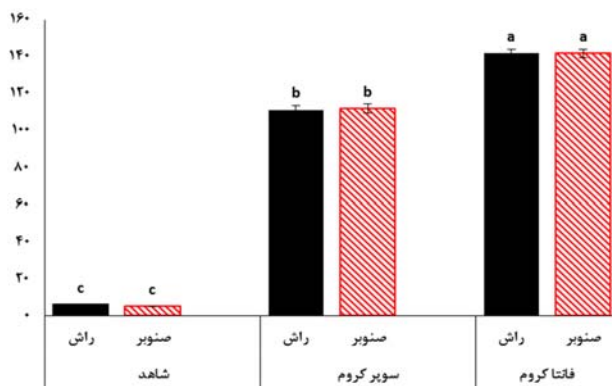
شکل ۴. نتایج اندازه‌گیری زاویه تماس

جدول ۳. نتایج و تصاویر اندازه‌گیری زاویه تماس

تیمار	شاهد (بدون پوشش)		پوشش سوپرکروم		پوشش فانتاکروم	
	صنوبر	راش	صنوبر	راش	صنوبر	راش
تصاویر زاویه تماس به درجه						
	۹/۹	۱۵/۶	۱۳۱/۸	۱۳۲/۲	۱۳۲/۱	۱۳۲/۴

اندازه‌گیری خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح شکل ۵ نتایج آزمون خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح نمونه‌های شاهد و پوشش داده‌شده با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم را نشان می‌دهد. براساس نتایج، خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح نمونه‌های شاهد چوب راش ۲۱/۴ درصد از چوب صنوبر بیشتر بود. همچنین، خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح چوب صنوبر پوشش داده‌شده با پوشش سوپرکروم از نمونه شاهد ۲۲ برابر و چوب صنوبر پوشش داده‌شده با پوشش فانتاکروم نسبت به نمونه شاهد ۲۷/۹ برابر افزایش یافت. از سوی دیگر، خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح چوب راش پوشش داده‌شده با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۱۸ و ۲۳ برابر افزایش یافت. براساس نتایج آماری اختلاف معنی‌داری بین مقادیر خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح نمونه‌های پوشش داده‌شده با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم نسبت به نمونه شاهد در هر دو گونه چوبی راش و صنوبر مشاهده شد. بررسی‌ها نشان

داد که خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح نمونه‌های پوشش داده‌شده با پوشش فانتاکروم از نمونه‌های پوشش داده‌شده با پوشش سوپرکروم در گونه چوبی صنوبر و راش ۱/۲ برابر بیشتر بود. اختلاف معنی‌داری بین مقادیر خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح نمونه‌های پوشش داده‌شده با پوشش فانتاکروم و سوپرکروم وجود داشت. بیشترین کمترین خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح به ترتیب در نمونه‌های چوب راش پوشش داده‌شده با پوشش فانتاکروم و نمونه‌های شاهد صنوبر به مقدار ۱۴۱/۹ و ۵/۰۸ واحد براق (GU) مشاهده شد. نتایج حاصل مطابق نتایج مطالعات ساچین و همکاران (۲۰۱۶)، در زمینه افزایش خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح نمونه‌ها در چوب درخت زیتون در اثر پوشش دهی با هر چهار نوع پوشش (ملامین، پلی‌یورتان، رنگ لاک‌ی نیتروسولوز و لاک الکل) است. همچنین، براساس نتایج میکلی سیس (۲۰۱۶) در اثر پوشش دهی خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح افزایش می‌یابد [۹].

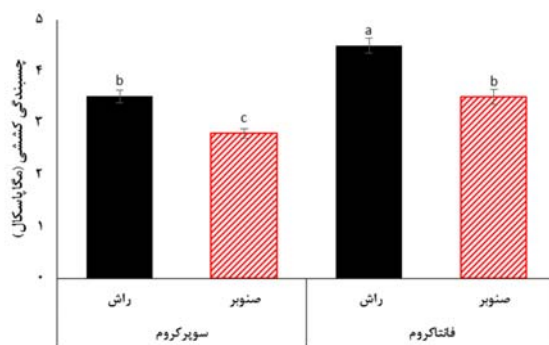


شکل ۵. خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح نمونه‌های شاهد و پوشش داده‌شده با پوشش فانتاکروم و سوپرکروم

اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی

نتایج اندازه‌گیری چسبندگی کششی نمونه‌های پوشش داده‌شده با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم در شکل ۶ نشان داده شده است. بر این اساس، بیشترین و کمترین مقاومت چسبندگی کششی در نمونه چوب راش پوشش داده‌شده با پوشش فانتاکروم و نمونه چوب صنوبر پوشش داده‌شده با پوشش سوپرکروم به ترتیب $4/5$ و $2/8$ مگاپاسکال مشاهده شد. همچنین، به‌طور کلی مقاومت چسبندگی کششی نمونه‌های پوشش داده‌شده با پوشش سوپرکروم در گونه چوبی راش نسبت به گونه چوبی صنوبر به مقدار $125/7$ درصد و نمونه‌های پوشش داده‌شده با پوشش فانتاکروم در گونه چوبی راش نسبت به گونه چوبی صنوبر $128/2$ درصد بیشتر بود. از سوی دیگر، میانگین مقاومت چسبندگی کششی در نمونه‌های پوشش داده‌شده با پوشش فانتاکروم نسبت به نمونه‌های پوشش داده‌شده با پوشش

سوپرکروم در گونه چوبی راش به مقدار $1/3$ برابر و در گونه چوبی صنوبر به مقدار $1/2$ برابر بیشتر بود. می‌توان گفت گونه چوبی و تغییرات چگالی از عوامل مهم در مقاومت چسبندگی پوشش است [۱۲]، در نتیجه براساس نوع گونه چوبی، مقاومت چسبندگی در اثر پوشش‌دهی با پوشش‌های سوپرکروم و فانتاکروم متفاوت بوده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده در زمینه مقاومت چسبندگی می‌توان گفت اتصال مکانیکی ایجادشده بین بافت چوبی و پوشش در پوشش‌دهی فانتاکروم در هر دو گونه چوبی نسبت به پوشش‌دهی سوپرکروم مقادیر بیشتری را ارائه داده و از لحاظ فیزیکی پوشش فانتاکروم با اختلاف اندکی بهتر از سوپرکروم است. نتایج این تحقیق مشابه تحقیقات تقی‌یاری و صمدپور (۲۰۱۵) بود، آنها بیان کردند که مقاومت چسبندگی پوشش نانوذرات نقره در چوب راش بیشتر از چوب صنوبر است [۳۶].



شکل ۶. چسبندگی کششی نمونه‌های پوشش داده‌شده با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم

تحلیل‌های انجام‌گرفته با استفاده از نرم‌افزار Image J، متوسط نفوذ پرایمر به لایه‌های سطحی چوب ۴ میکرون و ضخامت پوشش سطحی ۱۱ میکرون محاسبه شد. همچنین محل قرارگیری پوشش‌ها در بافت چوب متغیر بود و می‌توان گفت بیشتر درون خلل و فرج سطحی چوب و حفرات سلولی قرار گرفته‌اند. همان‌طور که در تصاویر مشخص است در ضخامت لایه پرایمر که در بافت چوب نفوذ رخ داده است، به‌علت ماهیت شیمیایی اکتیواتورها قابلیت شناسایی به‌خوبی به‌وسیله میکروسکوپ نوری امکان‌پذیر نیست.

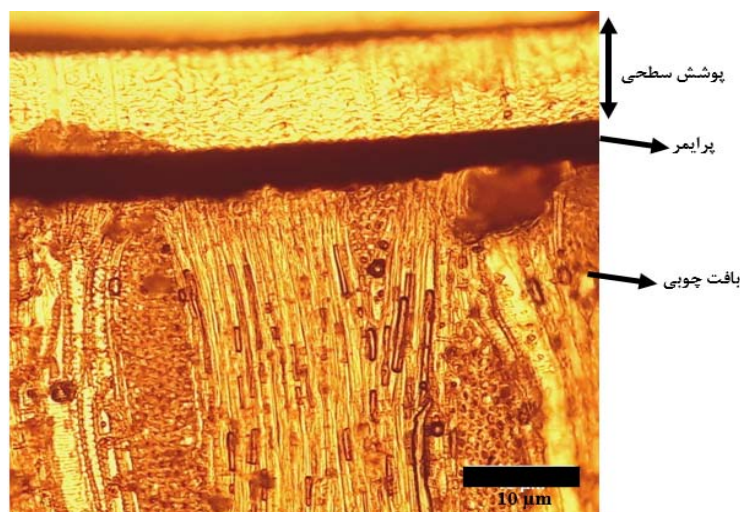
جدول ۴. گروه‌بندی چسبندگی خراشی نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم

سوپرکروم		فانتاکروم		نوع پوشش
راش	صنوبر	راش	صنوبر	گونه چوبی
۴B	۳B	۵B	۴B	گروه‌بندی آزمون

نتایج اندازه‌گیری چسبندگی خراشی نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم در جدول ۴ نشان داده شده است. براساس نتایج، چسبندگی خراشی نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با پوشش فانتاکروم در چوب صنوبر و راش به‌ترتیب در گروه ۴B و ۵B قرار گرفتند. همچنین، چسبندگی خراشی نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با پوشش سوپرکروم در چوب صنوبر و راش به‌ترتیب در گروه ۳B و ۴B قرار گرفتند. به‌عبارت دیگر، مقاومت به چسبندگی پوشش فانتاکروم بیشتر از سوپرکروم است و همچنین قدرت چسبندگی پوشش‌ها بر روی چوب راش بهتر از چوب صنوبر بوده است.

بررسی‌های میکروسکوپی

شکل ۷ تصویر میکروسکوپ نوری نمونه پوشش‌داده‌شده با پوشش فانتاکروم را نشان می‌دهد. براساس تجزیه و



شکل ۷. تصویر میکروسکوپ نوری از نمونه راش پوشش‌داده‌شده با پوشش فانتاکروم

نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با پوشش فانتاکروم نسبت به سوپرکروم بسیار ناچیز است. همچنین خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح چوب صنوبر پوشش‌داده‌شده با پوشش سوپرکروم نسبت به نمونه شاهد ۲۲ برابر و در چوب صنوبر پوشش‌داده‌شده با پوشش فانتاکروم نسبت به نمونه شاهد ۲۷/۹ برابر افزایش یافت. از سوی دیگر، خاصیت

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد در اثر پوشش‌دهی با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم مقدار زاویه تماس در نمونه‌های هر دو گونه راش و صنوبر نسبت به نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با وجود افزایش مقدار زاویه تماس در اثر پوشش‌دهی، اختلاف این مقدار در

چوبی راش ۱/۳ برابر و در گونه چوبی صنوبر ۱/۲ برابر بیشتر بود که علت این مسئله ارائه مقادیر بیشتر اتصال مکانیکی ایجادشده بین بافت چوبی و پوشش در پوشش دهی فانتاکروم در هر دو گونه چوبی نسبت به پوشش دهی سوپرکروم بوده است که سبب شده از لحاظ فیزیکی، پوشش فانتاکروم با اختلاف اندکی بهتر از سوپرکروم باشد که می‌توان علت آن را در بررسی‌های میکروسکوپی مشاهده کرد. در زمان نمونه‌گیری برای اجرای آزمون میکروسکوپی به دلیل محدودیت‌های لایه‌گیری از سطح نمونه سوپرکروم امکان بررسی میکروسکوپی و بررسی عمق نفوذ پوشش سوپرکروم امکان‌پذیر نبود که خود این عامل می‌تواند گواه این موضوع باشد که نفوذ پوشش فانتاکروم بیشتر از سوپرکروم بوده است، زیرا در زمان نمونه‌گیری پوشش لایه فیلم سوپرکروم به راحتی از سطح چوب جدا می‌شد و امکان تصویربرداری وجود نداشت، ولی در پوشش فانتاکروم این امر محقق شد.

انعکاس آینه‌ای سطح چوب راش پوشش داده‌شده با پوشش سوپرکروم و فانتاکروم نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۱۸ و ۲۳ برابر افزایش یافت. براساس نتایج می‌توان گفت که پوشش فانتاکروم خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح مناسب‌تری نسبت به پوشش سوپرکروم در هر دو گونه چوبی ایجاد کرده است که می‌توان علت آن را ترکیبات کروم شش ظرفیتی موجود در پوشش فانتاکروم دانست که نسبت به سوپرکروم سه ظرفیتی خاصیت انعکاس آینه‌ای سطح بهتری را ایجاد کرده است. همچنین نتایج چسبندگی نشان داد، بیشترین و کمترین مقاومت چسبندگی کششی در نمونه چوب راش پوشش داده‌شده با پوشش فانتاکروم و نمونه چوب صنوبر پوشش داده‌شده با پوشش سوپرکروم مشاهده شد و از این حیث پوشش فانتاکروم بر پوشش سوپرکروم ترجیح داده می‌شود. میانگین مقاومت چسبندگی کششی در نمونه‌های پوشش داده‌شده با پوشش فانتاکروم نسبت به نمونه‌های پوشش داده‌شده با پوشش سوپرکروم در گونه

References

- [1]. De Meijer, M., and Militz, N. (1998). Wet adhesion measurements of wood coatings. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 56(5): 306-306.
- [2]. Lotfinia, M. (2012). *Wood painting technology*. Abed Publications, 196 pp.
- [3]. Sonmez, A., Budakci, M., and Bayram, M. (2009). Effect of wood moisture content on adhesion of varnish coatings. *Scientific Research and Essays*, 4 (12): 1432-1437.
- [4]. Gholamian, H., Tarmian, A., Doust hosseini, K., and Azadfallah, M. (2012). The effect of clear paints, nanozycofil and nanozycosil on water absorption and contact angle of poplar wood. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 2(1): 17-26.
- [5]. Hosseini Fard, M.S., Khojasteh Khosro, S. and Mohebbi, B. (2015). Evaluate the effect of oil-heat treatment of Fir species on contact angle and adhesion strength of water based clear and acid catalyzed transparent coat. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 30 (1): 173-181.
- [6]. Wang, J. Y. and Cooper, P. A. (2005). Effect of oil type, temperature and time on moisture properties of hot oil-treated wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 63(6): 417-422.
- [7]. Nowrouzi, E., and Mohebbi, B. (2016). The effects of different coatings on some surface properties of beech wood. *Forest and Wood Products*, 69(1): 173-184.
- [8]. Sachin, G., Chandra Pratap, S., and Kishan K. (2016). Gloss of four common wood coatings measured before and after their exposure to high humidity. *Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*. 7(2): 94-99.
- [9]. Miklečić, J., Jirouš-Rajković, V., and Šaško, M. (2016). The impact of sanding and curing time on quality of coated wood surface. 27th International Conference on Wood Modification and Technology Implementation of Wood Science in Woodworking Sector: 153-158.

- [10]. Sonmez, A., Budakc, M., and Bayram, M. (2009). Effect of wood moisture content on adhesion of varnish coatings. *Scientific Research and Essay*, 4(12): 1432-1437.
- [11]. 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.
- [12]. Ozdemir, T. and Hiziroglu, S. (2007). Evaluation of surface quality and adhesion strength of treated solid wood. *Journal of Materials Processing Technology*. 186(1-3): 311-314.
- [13]. Sönmez, A., Budakçı, M., and Pelit, H. (2011). The effect of moisture content of the wood on layer performance of water borne varnishes. *BioResources*, 6(3): 3166-3177.
- [14]. 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*, 7(4): 1412-1425.
- [15]. Gorganelli Dodge, A.M., Ghafrani, M., Babazadeh Lei, A.S., and Elias, A.S. (2015). Investigation of the effect of beech and hornbeam wood species on the transparent adhesion resistance of the killer coat on wood material surfaces. *First National Conference on Wood and Lignocellulosic Products*, Gonbad Kavous University.
- [16]. Rangavar H., Khojasteh Khosro, S., and Taghipour Javy, M. (2018). The effect of nano wollastonite on the fire resistance and the adhesion properties of water based acrylic coating on wood surface *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 33(2): 166-178.
- [17]. De Meijer, M., and Militz, H. (2000). Wet adhesion of low-voc coatings on wood: a quantitative analysis. *Progress in Organic Coatings*, 38(3-4):223-240.
- [18]. Schneider, M. H. and Côté, W. A. (1967). Studies of wood and coating interactions using fluorescence microscopy and pyrolysis gas-liquid chromatography. *Journal of Paint Technology*, 39(511): 465-471.
- [19]. Côté, W. A., and Robinson, R. G. (1968). A Comparative Study of Wood-coating interaction using incident fluorescence and transmitted fluorescence microscopy. *Journal of Paint Technology*, 40 (525): 427-432.
- [20]. Schneider, M. H. (1970). Coating penetration into wood sub- stance studied with electron microscopy using replica techniques. *Journal of Paint Technology*, 42 (547): 457-460.
- [21]. Schneider, M. H. (1979). Scanning electron microscope study of a coating component deposited from solution into wood. *Journal of the Oil and Color Chemists Association*, 62 (11): 441-444.
- [22]. Schneider, M. H. (1980). Microscopic distribution of linseed oil after application to wood surface. *Journal of Coatings Technology*, 52 (665): 64-67.
- [23]. Nussbaum, R. M. (1994). Penetration of water-borne alkyd emulsions and solvent borne alkyds into wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 52(6): 389-393.
- [24]. De Meijer, M., Thurich, K., and Militz, H. (1998). Comparative Study on penetration characteristics of modern wood coatings. *Wood Science and Technology*, 32(5): 347-365.
- [25]. Hernández, R. E. and Cool, J. (2008). Evaluation of Three surfacing methods on paper birch wood in relation to water- and solvent-borne coating performance, *Wood and Fiber Science*, 40 (3): 459-469.
- [26]. Singh, A. P., and Dawson, B. S. (2004). Confocal microscope a valuable tool for examining wood-coating interface. *Journal of Coatings Technology and Research*, 1 (3): 235-237.
- [27]. Singh, A. P. and Dawson, B. S. W. (2006). Microscopic assessment of the effect of saw-textured *Pinus radiata* plywood surface on the distribution of a film-forming acrylic stain. *Journal of Coatings Technology and Research*, 3(3). 193-201.
- [28]. Singh, A., Ratz, P. A., and Dawson, B. S. W. (2007). A novel method for high resolution imaging of coating distribution within a rough textured plywood surface. *Journal of Coatings Technology and Research*, 4(2): 207-210.
- [29] Khojasteh Khosro, S., Ghofrani, M., and Ganjaee Sari, M. (2016). 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.

- [30]. Ghofrani, M., Mohammad Moradi, Z., and Khojasteh Khosro, S. (2016). Investigation on the effect of different methods of applying transparent coatings on adhesion strength of coating in wooden surfaces, 31(2): 248-260.
- [31]. Bayramoglu, M., Onat, B., and Geren, N. (2008). Statistical optimization of process parameters to obtain maximum thickness and brightness in chromium plating. *Journal of Materials Processing Technology*, 203(1-3): 277-286.
- [32]. Newby, K. R. (2007). Functional chromium plating. *Metal Finishing*, 105 (10): 182-191.
- [33]. D'Avico, L., Beltrami, R., Lecis, N., and Trasatti, S. P. (2019). Corrosion behavior and surface properties of PVD coatings for mold technology applications. *Coatings*, 9(1): 7-19.
- [34]. Zivic, F., Babic, M., Adamovic, D., Mitrovic, S., Todorovic, P., Favaro, G., and Pantic, M. (2012). Influence of the surface roughness on adhesion of chrome coatings on alloy tool steel x165crmov12. *Journal of the Balkan Tribological Association*, 18(2). 228-237.
- [35]. Zaki, N. (2007). Trivalent chrome conversion coating for zinc and zinc alloys. *Metal Finishing*, 105 (10): 425-435.
- [36]. Taghiyari, H. R., and Samadarpour, A. (2015). Effects of nanosilver-impregnation and heat treatment on coating pull-off adhesion strength on solid wood. *Wood Industry/Drvna Industrija*, 66(4): 321-327.

Identifying and evaluating the characteristics of the superchrome and fantachrome coatings in the furniture industry

H. Gholamiyan*; Assist. Prof., Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

B. Gholampoor; Ph.D. Student., Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

(Received: 21 December 2019, Accepted: 01 February 2020)

Abstract

In this study, the possibility of using superchrome and Fantachrome coatings on beech and poplar surface was investigated. Initially, samples were cut into 2×10×10 cm dimensions and after coating with superchrome and fantachrome paints, pull-off and cross-cut adhesion, contact angle and gloss tests were performed on their surface. The properties of coated surface was investigated by light microscopy. According to the results, the contact angle of the coated samples with superchrome and fantachrome significantly increased compared with the control sample in both beech and poplar species. The highest and the lowest amounts of pull-off adhesion strength of superchrome and fantachrome coatings were in fantachrome-coated beech and superchrome-coated poplar, respectively. Also, the results of cross cut adhesion test confirmed the results of pull-off test. After coating, the gloss content of the specimens significantly increased and the highest gloss was related to fantachrome coatings on beech and poplar samples, 141.8 and 141.7 gloss units (GU), respectively. In addition, the results of microscopic examination showed that the primary primer of the coating penetrated the wood texture by 4 microns but the surface chrome coating was 11 microns thick on the wood surface.

Keywords: Gloss measurement, wood, superchrome, fantachrome, furniture.

* Corresponding Author, Email: Hadi_gholamiyan@ut.ac.ir, Tel: +98 26 32249311