جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۳، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۹
ص ۴۵۵-۴۶۶ (پژوهشی)

دانشکده منابع طبیعی
دانشگاه تهران

DOI: 10.22059/jfwp.2020.299361.1089

بررسی امکان استفاده از کاغذهای تحریر و کپی در مقایسه با کاغذ دکوراسیون همراه با استفاده از نانوآلومینای عامل‌دار در تولید روکش ملامینه

پژمان رضایتی چرانی[1*]، سهراب عرفانی[2]، محمدعلی سعادت‌نیا[1]

۱. استادیار گروه مهندسی صنایع سلولزی، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا، بهبهان، ایران
۲. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد گروه مهندسی صنایع سلولزی، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا، بهبهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۷

چکیده

در این پژوهش، کاغذهای تحریر حاصل از خمیرکاغذ سودا باگاس، کپی و دکوراسیون روکش ملامینهٔ تزیینی ساخته و ویژگی‌های آنها بررسی شد. برای ساخت روکش ملامینه، ویژگی‌های کاغذهای پایه قبل از آغشته‌سازی اندازه‌گیری شد. کاغذهای پایه ابتدا با رزین اوره‌فرمالدهید آغشته و روی سطح تخته فیبر با فشار کم پرس شدند. سپس پوشش‌دهی کاغذهای آغشته‌شده با رزین ملامین‌فرمالدهید همراه با افزودن نانوآلومینای عامل‌دار ۵۰ نانومتری در سه سطح (۰/۵، ۱ و ۵ درصد) با برس مویی نقاشی انجام گرفت. ویژگی‌های مقاومتی روکش‌های ملامینهٔ حاصل شامل مقاومت به سایش، اثر لکه، اثر سوختن سیگار، اثر ترک و اثر ضربه بر نمونه‌ها ارزیابی شد. نتایج نشان داد که ویژگی‌های روکش ملامینه به نوع کاغذ پایه و درصد نانوآلومینا وابسته است. همچنین مهم‌ترین ویژگی کاغذ پایه که به‌طور مستقیم بر ویژگی‌های روکش ملامینه اثر داشت، مقدار جذب آب کاغذ پایه بود. در ضمن بین تأثیر ویژگی‌های کاغذ پایه و اثر نانوآلومینا بر ویژگی‌های روکش ملامینه اثر متقابل وجود دارد، به‌طوری که مقدار استفاده از آن برای بهبود ویژگی‌های روکش ملامینه به ویژگی‌های کاغذ پایه وابسته است. در مجموع کاغذ چاپ و تحریر حاصل از باگاس به روش سودا و کپی در صورت آغشته‌سازی و ملامینه شدن، اگرچه از نظر برخی ویژگی‌ها مشابه کاغذهای دکوراسیون رفتار کردند، برای قابلیت جایگزینی، برخی از ویژگی‌های آنها باید اصلاح شود.

واژه‌های کلیدی: خمیرکاغذ رنگبری‌شدهٔ سودا باگاس، روکش ملامینه، کاغذ تحریر، کاغذ دکوراسیون، کاغذ کپی، نانوآلومینای عامل‌دار.

مقدمه

کاغذ از دیرباز در زندگی روزمرهٔ انسان نقش بسیار مهمی داشته است. این نقش از طریق استفاده از آن در زمینه‌های بهداشتی، بسته‌بندی، چاپ و تحریر، تزیینی و غیره ایفا می‌شود و با توجه به کاربرد، انواع کاغذ وجود دارد [۱]. از میان انواع کاغذ، کاغذهای پایه دکوراسیون- روکش‌های تزیینی- برای ملامینه کردن براساس ویژگی‌های ظاهری به‌ویژه رنگ و نقش‌های سطح استفاده می‌شوند [۲]. روکش‌های ملامینهٔ تزیینی به‌عنوان رویه برای درها و دیوارها، کفپوش‌ها، میز و دیگر انواع مبلمان استفاده می‌شوند. در تولید روکش ملامینه، ابتدا کاغذ پایه طی مراحلی با رزین‌ها آغشته و سپس روی سطوح مورد نظر پرس می‌شود. از ویژگی‌های مهم کاغذ پایه برای این منظور می‌توان به قابلیت جذب یکنواخت و زیاد، استحکام کششیِ

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۱۸۵۱۵۴۶
Email: rezayati@bkatu.ac.ir

تر، صافی سطح، شفافیت و ماتی و شکل‌گیری اشاره کرد. قابلیت جذب یکنواخت و زیاد را می‌توان با استفاده از خمیرکاغذ الیاف‌کوتاه یا پرکننده و رعایت تمهیداتی با هدف افزایش تخلخل کاغذ بدون استفاده از مواد شیمیایی کاهنده جذب مایعات یا استفاده محدود از این مواد تأمین کرد. البته در صورت استفاده از خمیرکاغذ با الیاف کوتاه یا پرکننده به‌دلیل افت مقاومت به کششِ تر [۳] که ممکن است موجب پارگی کاغذ هنگام آغشته‌سازی با رزین شود، از خمیرکاغذ الیاف‌بلند [۴، ۵] یا عوامل شیمیایی بهبوددهندهٔ مقاومتِ تر [۶، ۷] در هنگام تولید کاغذ پایه استفاده می‌شود. اگرچه عوامل شیمیایی بهبوددهندهٔ مقاومتِ تر به‌دلیل تأثیر منفی در قابلیت جذب کاغذ، نسبت به خمیرکاغذ الیاف‌بلند اولویت کمتری دارد، به‌طور معمول هنگام تولید کاغذ پایه سعی می‌شود با تنظیم شرایط فرایندی تولید، ضمن حفظ مقدار جذب، مقاومت به کشش ترِ کاغذ تا حد ممکن بهبود یابد. در همین زمینه تأکید شده است که برای مصارف باارزش‌تر، با هدف استحکام زیاد و تغییر نکردن رنگ با گذر زمان، از خمیرکاغذ کرافت پیش‌هیدرولیزشده یا سولفیت اسیدی الیاف‌بلند استفاده شود که حاوی بیش از ۹۰ درصد آلفا سلولز باشد [۸]. گزارش شده است که کاغذ پایه در طی فرایند آغشته‌سازی با رزین ملامین‌فرمالدهید یا فنل‌فرمالدهید، به‌طور معمول ۳۵ تا ۵۵ درصد وزن خود کاغذ، رزین جذب می‌کند و وزن آن به ۱۲۰ تا ۱۸۰ گرم بر متر مربع افزایش می‌یابد که سبب افت استحکام کششی و پارگی ورق هنگام عبور از خط تولید آغشتگی می‌شود [۹]. این نتایج بیانگر این است که کاغذ پایه باید از مقاومت به کشش ترِ لازم هنگام آغشته‌سازی برخوردار باشد. شفافیت و ماتی زیاد برای چاپ‌پذیری مناسب قبل از آغشتگی نیز از ویژگی‌های کاغذ پایه محسوب می‌شود. در هنگام تولید کاغذ پایه، در صورت نیاز باید کاربرد مواد بهبوددهندهٔ شفافیت و ماتی مانند انواع پرکننده به‌منظور جلوگیری از افت قابلیت جذب رزین از طریق کاهش خلل و فرج در مرحلهٔ آغشتگی در نظر گرفته شود. دو عامل دیگر نیز در هنگام تولید کاغذ پایه مؤثر است. یکی صافی سطح کاغذ پایه که بر کیفیت چاپ اثر دارد و دیگری شکل‌گیری خوب که بر یکنواختی جذب رزین تأثیر می‌گذارد. دربارهٔ صافی سطح باید توجه شود که با افزایش شرایط پرس هنگام تولید کاغذ می‌توان به صافی بیشتری دست یافت، ولی این عمل تا هنگامی پذیرفته است که موجب کاهش مقدار جذب کاغذ نشود [۸، ۹]. در تولید کاغذ روکش‌های تزیینی به‌طور معمول از کاغذ پایه با گراماژ بین ۶۰ تا ۱۶۰ گرم بر متر مربع و ترجیحاً ۸۰ تا ۱۴۰ گرم بر متر مربع استفاده می‌شوند [۹، ۱۰]. امروزه با پیشرفت دانش از یک سو و افزایش تنوع محصولات از سوی دیگر، همراه با تمایل صنایع مرتبط به کاهش هزینهٔ تولید، محققان به استفاده از کاغذهای پایه با کیفیت کمتر و کاربرد مواد تقویت‌کنندهٔ نوین توجه بیشتری نشان داده‌اند [۱۱–۱۴]. در تولید روکش‌های ملامینهٔ تزیینی به‌طور معمول کاغذ پایه با زرین‌های بر پایهٔ آمین آغشته می‌شود. در این زمینه، رزین‌های اوره‌فرمالدهید و ملامین‌فرمالدهید کاربرد بیشتری دارند و در این میان، کاربرد رزین ملامین‌فرمالدهید ارجح است. اوره‌فرمالدهید از اقتصادی‌ترین رزین‌های آمین‌دار محسوب می‌شود که برای آغشته‌سازی با هدف ملامینه کردن کاغذ پایه با استفاده از کاتالیزورهای اسیدی کافی در دمای محیط یا گرمای محدود کاربرد دارد. این رزین به‌صورت طبیعی بی‌رنگ و محلول در آب و الکل است و در اثر گرما بسپاشیده و سفت می‌شود [۱۵، ۱۶]. این رزین برای پوشش‌دهی محصولات چوبی کاربردی مثل تخته خرده‌چوب، تختهٔ سه‌لا، محصولات تزیینی، عایق‌های شفاف و کاغذهای پرداخت‌شده در محیط‌های بسته استفاده می‌شود. رزین‌های ملامین‌فرمالدهید نیز از اصلی‌ترین رزین‌های مصرفی در محصولات ملامینهٔ تزیینی برای پوشش‌دهی صفحات کاغذی و چوبی ملامینه هستند. رزین‌های ملامین، چسبندگی و مقاومت به رطوبت بسیار خوبی دارند و نسبت به اوره‌فرمالدهید، فرمالدهید

کمتری انتشار می‌دهند [۱۷]. به‌دلیل اینکه روکش‌های تزیینی در ضخامت واحد نسبت به مواد زیر سطح خود باید تا حد زیادی قوی‌تر و سفت‌تر باشند، به‌طور معمول با استفاده از افزودنی‌های مختلف آنها را تقویت می‌کنند [۱۸-۲۰]. در مقالهٔ قبلی که این گزارش نیز در ادامه آن برای انتشار تهیه شده است، تأثیر استفاده از نانوآلومینای عامل‌دار بر بهبود ویژگی‌های روکش ملامینه بررسی شده و مشخص شد که استفاده از نانوآلومینای عامل‌دار، ویژگی‌های سطحی روکش ملامینه مثل مقاومت به سایش و ترک را بهبود می‌دهد [۲۱]. نظر به هزینه‌بر بودن استفاده از کاغذهای دکوراسیون برای استفاده به‌عنوان کاغذ پایه در تولید روکش‌های ملامینهٔ تزیینی و تأثیر مثبت استفاده از نانوآلومینای عامل‌دارشده بر ویژگی‌های سطحی آن، در این تحقیق امکان جایگزینی کاغذ دکوراسیون با کاغذهای متداول موجود در داخل کشور شامل کاغذ چاپ و تحریر تولیدی صنایع کاغذ پارس و کاغذ کپی تجاری برای ساخت روکش ملامینه تحت فشار کم[1] (LPM)، بررسی شده است. برای این منظور، ابتدا رزین‌های مورد استفاده با درصدهای مختلف نانوآلومینای عامل‌دار برای ملامینه کردن سه نوع کاغذ پایه اعمال شد و سپس خصوصیات فیزیکی و مکانیکی روکش‌های ساخته‌شده در مقایسه با هم ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای آغشته‌سازی از سه نوع کاغذ پایه شامل کاغذ دکوراسیون چاپ‌شده-رنگی وارداتی اروپایی از شرکت پاک چوب، کاغذ تحریر ساخته‌شده از خمیرکاغذ باگاس به روش سودا از صنایع کاغذ پارس و کاغذ کپی وارداتی استفاده شد که نتایج تعیین ویژگی‌های آنها براساس استانداردهای جدول ۱ معرفی شده است. کاغذها در ابعاد ۳۰ در ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. برای آغشته‌سازی و مرحلهٔ اندود سطحی به‌ترتیب از دو رزین اوره‌فرمالدهید و ملامین‌فرمالدهید استفاده شد که مشخصات آنها همراه با افزودنی‌های مربوط به شرح جدول ۳ است. رزین‌ها از شرکت پاک چوب تهیه شد. افزودنی‌های کلرید آلومینیم تولید شرکت مرک آلمان و بقیهٔ افزودنی‌ها (MA11، GMX و KS) تولید شرکت اتریشی دیورود[2] بود. برای اصلاح رزین ملامین‌فرمالدهید از دو مادهٔ نانوسیلیکا $Si(OH)_2$ در سطح ۱ درصد و نانوآلومینا (Al_2O_3) در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۵ درصد استفاده شد که مشخصات آنها در جدول ۴ معرفی شده است.

جدول ۱. استانداردهای استفاده‌شده در تعیین ویژگی‌های کاغذهای پایه و ملامینه

شاخص	نام استاندارد
گراماژ	استاندارد، TAPPI، T 410 om-02
چگالی	استاندارد، TAPPI، T 258 om-02
خاکستر	استاندارد، TAPPI، T 211 om-02
رطوبت	استاندارد، TAPPI، T 412 om-02
ضخامت	استاندارد، TAPPI، T 411 om-05
جذب آب	استاندارد، TAPPI، T 441 om-04
صافی سطح	استاندارد، TAPPI، T 979 cm-99
اثر لکه	استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۴۰۹۳ بند ۵ - ۶
اثر ترک	استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۴۰۹۳ بند ۵ - ۷
مقاومت به سایش لایهٔ طرح دار	استاندارد EN 438 – 2:2005 بند ۱۰
اثر سوختن سیگار	استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۴۰۹۳ بند ۵-۱۰
اثر ضربه	استاندارد EN 438 – 2:2005 بند ۲۱

جدول ۲. مشخصات کاغذهای پایهٔ استفاده‌شده

ردیف	ویژگی	واحد	دکوراسیون	تحریر	کپی
۱	گراماژ	g/m^2	۶۸	۷۶	۸۰
۱	چگالی	kg/m^3	۸۵۰	۵۷۷	۷۲۷
۲	ضخامت	mm	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۱
۳	خاکستر	%	۳۰	۳	۲۰
۴	رطوبت	%	۲/۸	۶	۳
۵	جذب آب	gr/m^2	۱۸۰	۲۰	۵۰
۶	صافی سطح	S	۱۰۰	۱۰	۱۰۰

1. Low pressure melamine

2. Deurowood

جدول ۳. مشخصات رزین‌های استفاده‌شده برای آغشته‌سازی و اندود کاغذهای مصرفی در ساخت روکش

نوع رزین	گرانروی *(s)	درصد جامدات	چگالی (g/cm^3)	pH	انحلال در آب	مواد افزودنی
اوره‌فرمالدهید	۱۴/۵–۱۵	۶۲	۱/۲۶۵ – ۱/۲۷۵	۷–۸	۱۰<	عامل سخت‌کننده[1] کلرید آمونیوم (۰/۳ درصد) و عامل نفوذکننده با نام تجاری MA11 (۰/۲ درصد)
ملامین‌فرمالدهید	۱۵–۱۵/۵	۶۲	۱/۲۶۵ – ۱/۲۷۵	۷–۸	۲<	عامل رهاسازی رطوبت[2] با نام تجاری GMX (۰/۵ درصد) و عامل سخت‌کننده با نام تجاری KS (۰/۴ درصد)

* : Ford Cup No. 4.

جدول ۴. مشخصات نانوذرات استفاده‌شده

نانوذرات	فرمول شیمیایی	درصد خلوص	ابعاد، میلی‌متر	شرکت سازنده
آلومینا	Al_2O_3 - alpha	۹۹	۵۰	US Research Nanomaterials, Inc
سیلیکا	SiO_2	۹۸	۲۰	US Research Nanomaterials, Inc

برای آماده‌سازی نانوسیلیکا ابتدا در یک بشر ۲۰۰ میلی‌لیتری، ۱۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و ضمن هم زدن با سرعت دورانی ۱۵۰۰ دور در دقیقه، یک گرم نانوسیلیکا به آن اضافه شد و این کار ادامه یک ساعت یافت. پس از تفکیک مخلوط با سانتریفیوژ، مادهٔ جامد از مایع تفکیک و در خشک‌کن در دمای ۶۰ درجهٔ سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شد. مادهٔ خشک با هاون آسیاب و تا زمان آزمون درون کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شد. برای آماده‌سازی نانوآلومینا نیز ۵ میلی‌گرم پودر آن در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب یون‌زدایی‌شده حل شد. سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول آمونیاک ۱ نرمال به آن اضافه و در دمای ۸۰ درجهٔ سلسیوس به‌مدت ۳ ساعت با سرعت ۲۵۰ دور در دقیقه هم زده شد. در پی آن، مخلوط ساخته‌شده، به‌مدت ۱ ساعت با سرعت دورانی ۱۰ هزار دور در دقیقه با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ تفکیک شد. در پایان، ذرات جامد پنج بار با آب یون‌زدایی‌شده شسته و جمع‌آوری شد.

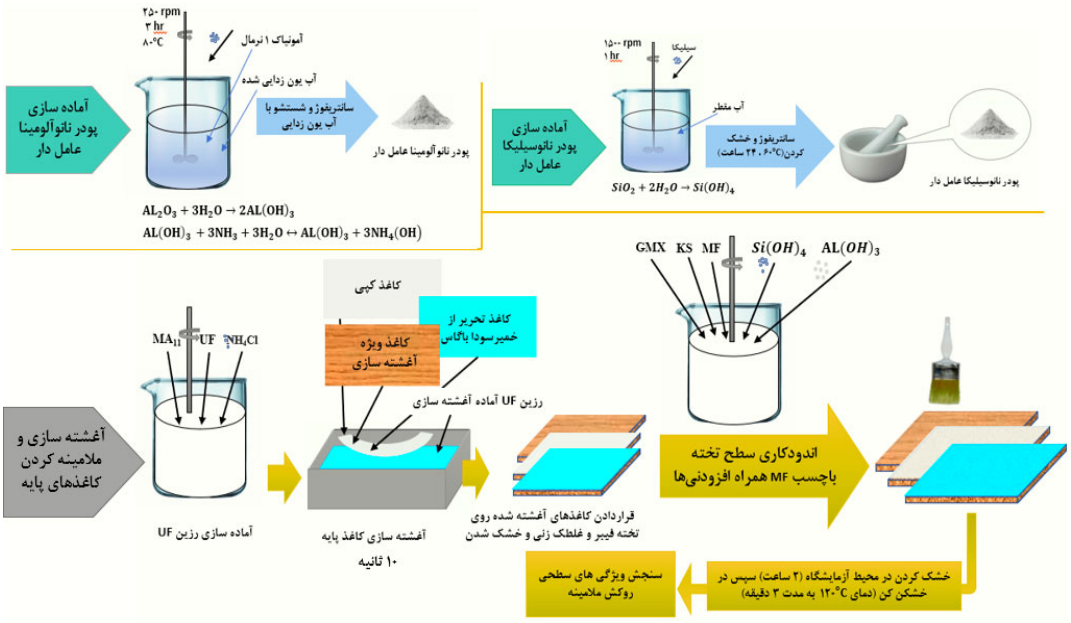
آماده‌سازی رزین برای دو مرحلهٔ آغشته‌سازی و اندود سطح کاغذهای آزمونی صورت گرفت. برای این کار در مرحلهٔ اول کاغذ پایه در تشتک حاوی اوره‌فرمالدهید به‌مدت ۳۰ ثانیه غوطه‌ور شد و رزین به‌طور کامل هر دو سطح آن را پوشاند. سپس کاغذ آغشته‌شده با رزین اوره‌فرمالدهید روی سطح تخته فیبر کاملاً صاف قرار داده شد و به‌وسیلهٔ یک استوانهٔ توپر فلزی با فشار ۲/۵ نیوتن بر میلی‌متر مربع به‌مدت ۶۰ ثانیه در دمای محیط (۲۳ درجهٔ سلسیوس) غلتک‌زنی شد. به‌دلیل محدودیت شرایط آزمایشگاهی، اعمال دمای بیشتر هنگام پرس ممکن نبود. این کار سبب شد که رزین به داخل خلل و فرج کاغذ نفوذ کند و آغشته‌سازی کامل‌تر صورت گیرد و روکش به‌طور کامل به سطح تخته فیبر بچسبد. تخته فیبر دارای روکش آغشته به اوره‌فرمالدهید، یک ساعت در آون در دمای ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس خشک و بعد از ۱۵ دقیقه خنک شدن در دسیکاتور، توزین شد. در مرحلهٔ اندودسازی با رزین ملامین‌فرمالدهید نیز از برس نقاشی تخت با موهای خیلی نازک برای عمل اندودکاری استفاده شد که تغییرات گراماژ پس از آغشته‌سازی و ملامینه شدن به شرح جدول ۵ به‌دست آمد. سپس برای عمل‌آوری نهایی رزین، نمونه‌ها به‌مدت ۳ دقیقه در خشک‌کن با دمای ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس قرار داده شد. پس از سرد شدن، نمونه‌ها درون کیسه‌های پلاستیکی دربسته نگهداری شد. برای ساخت نمونه‌های بعدی، رزین ملامین‌فرمالدهید علاوه‌بر افزودنی‌های ذکرشده در جدول ۳ با ۱ درصد نانوسیلیکای عامل‌دارشده و

1. Hardener
2. Weting release agent

نانوآلومینای عامل‌دارشده با سه تکرار ترکیب شد. مراحل دیگر مانند نمونهٔ اول انجام گرفت. در انتها، مراحل آماده‌سازی یکسان با تغییر کاغذ پایه تکرار شد. شماتیک روند آماده‌سازی نانوذرات عامل‌دار و روکش ملامینه در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۵. گراماژ کاغذهای پایهٔ دکوراسیون، تحریر و کپی در طی ملامینه شدن

نوع کاغذ	گراماژ (گرم بر متر مربع)		
	اولیه	بعد از آغشته‌سازی	بعد از ملامینه شدن
دکوراسیون	۶۸	۱۲۲	۱۳۴
تحریر	۷۶	۱۱۶	۱۲۸
کپی	۸۰	۱۳۷	۱۴۹



شکل ۱. شماتیک روند آماده‌سازی نانوذرات عامل‌دار و روکش ملامینه

شکل ۲. تصویری از سطح نمونه‌های روکش آزمون‌شده و دستگاه سنجش اثر سایش

پس از آماده شدن نمونه‌ها، آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی براساس استاندارد متداول انجام گرفت (جدول ۱). در آزمایش مقاومت به سوختن سیگار از سیگار وینستون اولترا لایت با مقدار قطران ۶ میلی‌گرم و نیکوتین ۰/۵ میلی‌گرم استفاده شد. به‌منظور تحلیل و ارزیابی نتایج، به‌دلیل غیرنرمال بودن و ماهیت رتبه‌ای داده‌ها، از آزمون غیرپارامتری چندگانهٔ کروسکال والیس استفاده شد.

نتایج و بحث

مقایسهٔ ویژگی‌های کاغذهای پایه

براساس مشخصات فیزیکی و مکانیکیِ سه نوع کاغذ صنعتی استفاده‌شده در این تحقیق که طبق جدول ۲ به‌دست آمد، مقدار خاکستر کاغذ دکوراسیون از دو نوع دیگر بیشتر بود که نشان‌دهندهٔ وجود مادهٔ معدنی بیشتر

به‌عنوان پرکننده در ساختار این نوع کاغذ است. گراماژ کاغذ دکوراسیون نیز کمی کمتر از دو نوع دیگر است، اما هر سه در محدودهٔ متداول معرفی‌شده برای کاغذ پایهٔ مصرفی برای ملامینه کردن است [۹]. بررسی دیگر ویژگی‌های کاغذها، بر بیشتر بودن چگالی و قابلیت جذب آب کاغذ دکوراسیون نسبت به دو نوع دیگر دلالت دارد که ممکن است بر مقدار جذب رزین اوره‌فرمالدهید در مرحلهٔ آغشته‌سازی اثر داشته باشد. تصور می‌شود که رطوبت کمتر کاغذ دکوراسیون از دو نوع دیگر ممکن است موجب جذب بیشتر رزین اوره‌فرمالدهید هنگام آغشته‌سازی شود، اما اگر کمتر بودن آن ناشی از چاپ نقوش روی سطح کاغذ دکوراسیون و در نتیجه کاهش قابلیت جذب کاغذ باشد، در مرحلهٔ آغشته‌سازی متفاوت خواهد بود. به‌طور معمول ویژگی‌های کاغذ پایه به‌ویژه جذب آب و درصد رطوبت بر جذب رزین اوره‌فرمالدهید در مرحلهٔ آغشته‌سازی اثر می‌گذارند و پس از آغشته‌سازی تصور می‌شود که تفاوت کاغذهای پایه نسبت به یکدیگر به‌دلیل آغشتگی با اوره‌فرمالدهید، در جذب رزین ملامین فرمالدهید تفاوت چندانی با هم نداشته باشند؛ ضمن اینکه ملامین فرمالدهید به‌طور معمول از طریق اندود روی سطح کاغذ پایهٔ آغشته‌شده به‌صورت لایه‌ای شفاف قرار می‌گیرد. براساس جدول ۵، مقدار جذب در مرحلهٔ آغشته‌سازی در طی ۳۰ ثانیه براساس وزن اولیهٔ کاغذ برای دکوراسیون، تحریر و کپی به‌ترتیب حدود ۵۰، ۲۴ و ۴۴ درصد بوده است، اما در مرحلهٔ اندودکاری، افزایش گراماژ سه نوع کاغذ به‌نسبت یکسان حاصل شد (۱۱/۶ درصد). البته نوع الیاف سلولزی و مواد پرکننده و مقدار جذب رزین در مرحلهٔ آغشته‌سازی ممکن است بر عملکرد پوشش‌دهی سطحی تأثیر داشته باشد که در این تحقیق بررسی نشده است و به مطالعات تکمیلی نیاز دارد. با توجه به اختلاف ویژگی‌های کاغذ دکوراسیون با دو نوع دیگر، به‌نظر می‌رسد تأثیر مستقیم ویژگی جذب کاغذ پایه در مقدار جذب رزین در مرحلهٔ آغشته‌سازی و نیز اثرهای غیرمستقیم دیگر ویژگی‌های کاغذ پایه مثل گراماژ، چگالی، تخلخل، خاکستر با ویژگی‌های روکش ملامینه از طریق اثرگذاری بر مقدار جذب رزین، ویژگی جذب کاغذ پایه، مهم‌ترین عوامل اثرگذار مستقیم بر ویژگی‌های روکش باشند ضمن اینکه با افزایش جذب رزین هنگام آغشتگی به‌دلیل تحت کشش بودن کاغذ پایه در فرایند تولید باید ورق آغشته‌شده از مقاومت کششی ترِ لازم نیز برخوردار باشد [۱۲، ۲۲، ۲۳]. در همین زمینه انتظار می‌رود هرچه بتوان در فرایند ساخت کاغذ به مقدار جذب بیشتری از رزین دست یافت و کاغذ آغشته‌شده برای جلوگیری از گسیختگی از مقاومت به کشش لازم برخوردار باشد، می‌توان به عملکرد خوبی از کاغذ پایه در تولید روکش ملامینه رسید. برای بهبود مقاومت به کششِ تر کاغذ پایه به‌طور معمول درصدی از مواد افزودنی مرتبط [۱۲] یا خمیرکاغذ الیاف‌بلند رنگبری‌شده کرافت به‌کار می‌رود [۸]. شایان توضیح است که ارتباط بین مقدار جذب رزین هنگام آغشتگی با مقاومت کششیِ تر کاغذ آغشته‌شده در این تحقیق بررسی نشده است که به پژوهش‌های تکمیلی نیاز دارد.

اثر درصد استفاده از نانوآلومینا بر ویژگی‌های روکش ملامینهٔ تزیینی با کاغذ پایهٔ متفاوت

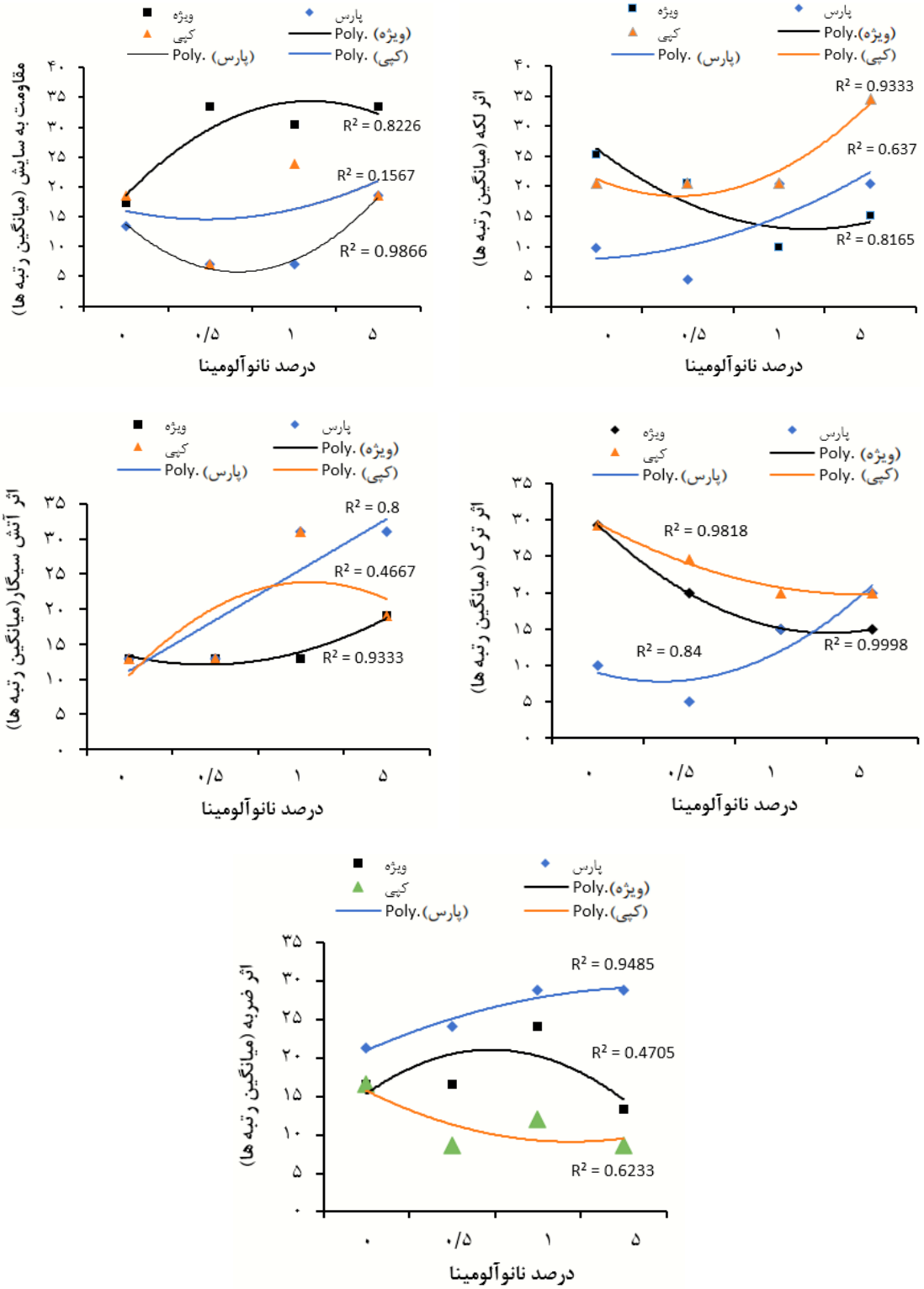
اثرهای استفاده از نانوآلومینا در رزین ملامین‌فرمالدهید بر ویژگی‌های روکش‌های تزیینی ساخته‌شده با کاغذ پایهٔ مختلف به‌طور کامل مشابه نبود. براساس تحلیل آماری اختلاف اثرهای افزودن ۰/۵، ۱ و ۵ درصد نانوآلومینای عامل‌دار در رزین ملامین‌فرمالدهید با احتمال ۹۵ درصد، در مورد کاغذ دکوراسیون، مقاومت به سایش؛ در مورد کاغذ تحریر، اثر لکه و اثر سوختن سیگار؛ و در مورد کاغذ کپی، مقاومت به سایش، اثر لکه و اثر سوختن سیگار معنی‌دار شده است (جدول ۶).

با توجه به یکسان بودن شرایط ساخت روکش، بخشی از این تفاوت ممکن است ناشی از اختلاف ویژگی‌های کاغذ پایه باشد. روند اثرهای درصد استفاده از نانوآلومینا در رزین ملامین‌فرمالدهید در شکل ۳ نشان داده شده است. برپایهٔ این اطلاعات، اثر استفاده از درصدهای مختلف نانوآلومینا در هر سه نوع کاغذ بر مقاومت به سایش مثبت بوده [۲۴]، اما تأثیر استفاده از نانوآلومینا در مورد استفاده از کاغذ دکوراسیون بیشتر از دو نوع دیگر بوده است. همچنین با افزایش درصد نانوآلومینا با استفاده از کاغذ دکوراسیون، اثر لکه کاهش نشان می‌دهد، اما به‌دلیل اینکه از نظر آماری معنی‌دار نبوده است، قابل استناد نیست و در مورد استفاده از کاغذهای تحریر و کپی به‌عنوان کاغذ پایه، به‌دلیل اینکه طبق شکل ۳ روند افزایشی و نیز از نظر آماری معنی‌دار بوده می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش درصد نانوآلومینا، اثر لکه بیشتر شده است. در ضمن به‌نظر می‌رسد تأثیر بیشتر نانوآلومینا بر ایجاد لکه در روکش ساخته‌شده با کاغذ پایهٔ کپی به روشنی متداول بیشتر آن مربوط باشد. در مورد ویژگی سوختن با آتش سیگار روکش ملامینه، نتایج دلالت بر تشدید اثر سوختن با افزایش درصد مقدار نانوآلومینا در رزین ملامین‌فرمالدهید در مورد هر سه نوع کاغذ پایه بود، اگرچه این اثر در مورد کاغذ دکوراسیون معنی‌دار نبود. تأثیرات ترک و ضربه بر روکش‌های ملامینه به‌دلیل معنی‌دار نشدن در مورد هر سه نوع کاغذ پایه نیز نشان می‌دهد که این دو ویژگی وابستگی معنی‌داری به استفاده از نانوآلومینا در رزین ندارند. براساس مشاهدات میدانی، انحلال نانوآلومینای عامل‌دارشده در رزین ملامین‌فرمالدهید محدود بود [۲۱] و به همین علت افزایش درصد نانوآلومینا بر بیشتر شاخص‌ها روند تغییرات ثابتی را نشان نداد.

جدول ۶. معنی‌داری اختلاف اثرهای افزودن ۰/۵، ۱ و ۵ درصد نانوآلومینای عامل‌دار در رزین ملامین‌فرمالدهید بر شاخص‌های مقاومتی روکش ملامینه با کاغذهای دکوراسیون، تحریر و کپی به تفکیک*

نوع کاغذ	شاخص	مجموع کای	درجهٔ آزادی	معنی‌داری
دکوراسیون	مقاومت به سایش	۷/۸۹۳	۳	۰/۰۴۸
	اثر لکه	۵/۰۱۹	۳	۰/۱۷۰
	اثر سوختن سیگار	۳/۰۰۰	۳	۰/۳۹۲
	اثر ترک	۵/۵۰۰	۳	۰/۱۳۹
	اثر ضربه	۱/۹۶۳	۳	۰/۵۸۰
تحریر	مقاومت به سایش	۴/۹۶۵	۳	۰/۱۷۴
	اثر لکه	۸/۴۶۶	۳	۰/۰۳۷
	اثر سوختن سیگار	۱۱/۰۰۰	۳	۰/۰۱۲
	اثر ترک	۶/۱۱۱	۳	۰/۱۰۶
	اثر ضربه	۲/۰۰۴	۳	۰/۵۷۱
کپی	مقاومت به سایش	۹/۶۸۰	۳	۰/۰۲۱
	اثر لکه	۱۱/۰۰۰	۳	۰/۰۱۲
	اثر سوختن سیگار	۸/۲۵۰	۳	۰/۰۴۱
	اثر ترک	۴/۴۸۱	۳	۰/۲۱۴
	اثر ضربه	۳/۴۰۰	۳	۰/۳۳۴

*: آزمون کروسکال والیس با معنی‌داری در سطح ۰/۰۵



شکل ۳. اثر افزایش درصد نانوآلومینا به رزین ملامین‌فرمالدهید بر ویژگی‌های روکش ملامینه با کاغذهای دکوراسیون، تحریر و کپی

اثر نوع کاغذ پایه بر ویژگی‌های کاغذ ملامینه

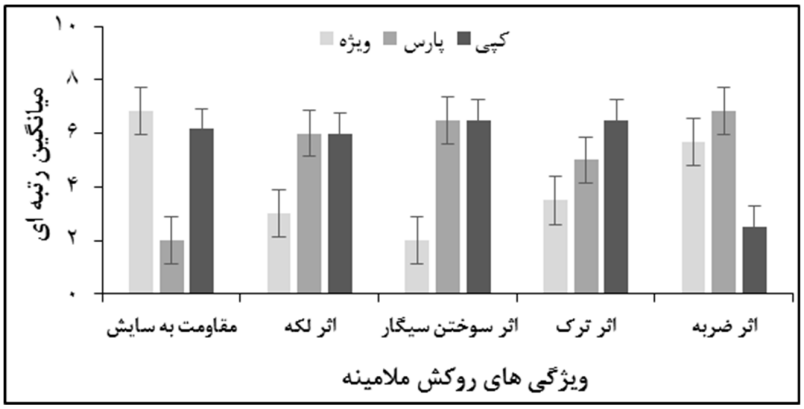
تجزیه‌وتحلیل اثر نوع کاغذ پایه بر ویژگی‌های بررسی‌شدهٔ نمونه‌های کاغذ تزیینی، نشان‌دهندهٔ معنی‌داری رابطهٔ بین نوع کاغذ پایه با استفاده از ۱ درصد نانوآلومینای عامل‌دار با آزمون کروسکال در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر ویژگی‌های اثر لکه، سوختن آتش سیگار و ترک است (جدول ۷).

جدول ۷. ارزیابی معنی‌داری اختلاف اثر نوع کاغذ پایه بر ویژگی‌های روکش ملامینهٔ حاوی ۱ درصد نانوآلومینا*

شاخص	مجموع کای	درجهٔ آزادی	معنی‌داری
مقاومت به سایش	۰/۰۸۸	۲	۰/۹۵۷
اثر لکه	۹/۲۸۴	۲	۰/۰۱۰
اثر سوختن سیگار	۹/۴۱۸	۲	۰/۰۰۹
اثر ترک	۸/۹۴۷	۲	۰/۰۱۱
اثر ضربه	۴/۰۹۹	۲	۰/۱۲۹

*: آزمون کروسکال والیس با معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

در بررسی ظاهری اختلاف‌ها بین اثر سه نوع کاغذ بر ویژگی‌های روکش‌های بررسی‌شده، در مورد مقاومت به سایش، مقاومت روکش ساخته‌شده با کاغذ دکوراسیون بیشتر از کاغذهای کپی و تحریر به‌دست آمد و مقاومت روکش ساخته‌شده با کاغذ کپی نیز بیشتر از کاغذ تحریر بود (شکل ۴). این نتایج نشان می‌دهد که مقاومت به سایش روکش ملامینه، افزون‌بر نوع رزین و افزودنی‌های آن به نوع کاغذ مصرفی به‌عنوان بستر یا پایه روکش نیز وابسته است [۲، ۲۵]. تأثیرات لکه، سوختن سیگار و ترک نیز بر روکش ساخته‌شده با کاغذ دکوراسیون کمتر از دو نوع دیگر بود. گزارش شده است که جذب بیشتر رزین اوره‌فرمالدهید در مرحلهٔ آغشته‌سازی ممکن است بر اثر سوختن سیگار تأثیر بگذارد [۲۶] و زیاد بودن مقدار جذب آب کاغذ دکوراسیون، دلیل بر جذب بیشتر اوره فرمالدهید در مرحلهٔ آغشته‌شده توسط کاغذ دکوراسیون نسبت به دو نوع دیگر باشد. همین موضوع در نهایت به افزایش مقاومت به سوختن با سیگار منجر می‌شود. در مورد ویژگی ترک، گزارش شده است که ویژگی‌های رزین، شرایط استفاده از رزین، واکشیدگی، هم‌کشیدگی کاغذ پایه و تخته خرده‌چوب و نیز فرایند پرس همگی تأثیر چشمگیری بر مقاومت به ترک دارند [۲۷]. بنابراین در صورت استفاده از کاغذ تحریر به‌جای کاغذ دکوراسیون، مقاومت به ترک کمتر از کاغذ دکوراسیون خواهد بود. دربارهٔ ویژگی اثر ضربه، مقاومت روکش ملامینه با کاغذ پایهٔ کپی بیشتر از دو نوع دیگر بود که جزییات آن به بررسی بیشتر نیاز دارد. برپایهٔ این نتایج، خصوصیات کاغذ پایه بر بیشتر ویژگی‌های کاغذ تزیینی تأثیر می‌گذارد [۲، ۲۸].



شکل ۴. اثر نوع کاغذ پایه بر ویژگی‌های روکش ملامینهٔ حاوی ۱ درصد نانوآلومینا

ارزیابی اثر متقابل بین نوع کاغذ پایه (دکوراسیون، تحریر و کپی) و مقدار نانوآلومینا در ساخت روکش ملامینه

ارزیابی آماری اثر متقابل بین سه نوع کاغذ پایه با مقدار نانوآلومینا از طریق آزمون کروسکال والیس، نشان‌دهندهٔ معنی‌داری آن در زمینهٔ همهٔ ویژگی‌های کاغذ ملامینه بود (جدول ۸). این نتایج تأیید می‌کند که اثر استفاده از نانوآلومینا بر برخی از ویژگی‌های روکش ملامینه به ویژگی‌های کاغذ پایه وابسته است.

جدول ۸. ارزیابی معنی‌داری اختلاف اثر متقابل بین نوع کاغذ پایه (دکوراسیون، تحریر و کپی) و مقدار نانوآلومینا (۰، ۱/۵ و ۵) بر ویژگی‌های روکش ملامینه*

شاخص	مجموع کای	درجهٔ آزادی	معنی‌داری
مقاومت به سایش	۳۱/۳۸۶	۱۱	۰/۰۰۱
اثر لکه	۲۸/۳۶۱	۱۱	۰/۰۰۲
اثر سوختن سیگار	۲۸/۸۹۱	۱۱	۰/۰۰۲
اثر ترک	۲۵/۵۲۲	۱۱	۰/۰۰۸
اثر ضربه	۲۰/۰۰۲	۱۱	۰/۰۴۵

*: آزمون کروسکال والیس با معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، اثر استفاده از سه نوع کاغذ پایه شامل کاغذ دکوراسیون، کاغذ تحریر و کاغذ کپی تجارتی برای ساخت روکش ملامینه با افزودن نانوآلومینای عامل‌دار در سه سطح بررسی شد. براساس نتایج، ویژگی‌های اولیهٔ کاغذ دکوراسیون با کاغذ تحریر و کپی تجارتی تفاوت دارد که این اختلاف‌ها بر ویژگی‌های روکش ملامینه اثر می‌گذارد. در صورت استفاده از کاغذ تحریر و کپی به‌جای کاغذ دکوراسیون در تولید روکش ملامینه، انتظار نمی‌رود هیچ یک از ویژگی‌های روکش ملامینه به‌طور کامل بهبود یابد. استفاده از نانوآلومینای عامل‌دار ممکن است موجب تغییر ویژگی‌های روکش ملامینه شود، اگرچه این تأثیر و مقدار لازم آن به ویژگی‌های کاغذ پایه وابسته است. در مجموع، کاغذهای تحریر و کپی در صورت آغشته‌سازی و ملامینه شدن، به‌طور کامل همانند کاغذهای دکوراسیون رفتار نمی‌کنند و قابلیت جایگزینی ندارند و برای جایگزینی باید ویژگی‌هایی مانند مقدار جذب و مقاومت به کششِ تر هنگام تولید طوری تنظیم شود که به ویژگی‌های کاغذ دکوراسیون نزدیک شود.

References

[1].Fang, Y., Liu, X., Zheng, H., and Shang, W. (2020). Bio-inspired fabrication of nacre-mimetic hybrid nanocoating for eco-friendly fire-resistant precious cellulosic Chinese Xuan paper. Carbohydrate Polymers, 235: 115782.

[2].Roberts, R., and Evans, P.D. (2005). Effects of manufacturing variables on surface quality and distribution of melamine formaldehyde resin in paper laminates. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 36(1): 95-104.

[3].Sutman, F.J. (2011). The influence of filler content and process additives on wet web strength and runnability. Paper presented at the Paper presented at the PaperCon, Cincinnati, USA.

[4].Xie, W., Liu, W., Dang, Y., Tang, A., and Luo, Y. (2020). Unveiling the effect of homogenization degree on electrochemical performance of TEMPO-mediated oxidized cellulose separators for lithium-ion batteries. European Polymer Journal, 127: 109587.

[5].Belle, J., and Odermatt, J. (2016). Initial wet web strength of paper. Cellulose, 23(4): 2249-2272.

[6].Khalilian Shalamzari, M., Moradian, M. H., and Rezayati Charani, P. (2018). Improving wet tensile strength of paper glass using PAE, CNF and CMC. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 9(2): 163-173.

[7].Rezayati Charani, P., Moradian, M. H., and Mousavi, S. F. (2020). Strengthening tensile strength of wet and dry layer of paper from chemical-mechanical pulp by cellulose nanofibers and PAE. Journal of Environmental Science Studies, 5(2): 2458-2465.

[8]. Bardak, S., Sarı, B., Nemli, G., Kırcı, H., and Baharoğlu, M. (2011). The effect of decor paper properties and adhesive type on some properties of particleboard. International Journal of Adhesion and Adhesives, 31(6): 412-415.

[9]. Jaisle, R.F., and Drees, T.P. (1984). Decorative laminate. U.S. Patent No. 4,473,613. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[10]. Babazadeh Lehi, A., Farrokhpayam, S.R., and Aminian, H. (2018). Evaluation of replacing the melamine veneer paper waste with urea formaldehyde adhesive in the core layer of particleboard. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 25(3): 103-114.

[11]. Nosal, E., and Reinprecht, L. (2019). Anti-bacterial and anti-mold efficiency of silver nanoparticles present in melamine-laminated particleboard surfaces. BioResources, 14(2): 3914-3924.

[12]. Egiburu, J.L., and Navalpotro, J.A. (2010). Use of an additive for the production of decorative paper: U.S. Patent Application 12/531,337.

[13]. Dohring, D., and Stutz, J. (2003). Paper for producing panels and paper-making method. U.S. Patent Application 09/980,419.

[14]. Rafiei, S., Kermanian, H., Rasooly Garmaroody, E., and Ramezani, O. (2017). The effect of type and mixture of resin on the properties of impregnated paper. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 8(1): 25-38.

[15]. Dunky, M. (1998). Urea–formaldehyde (UF) adhesive resins for wood. International Journal of Adhesion and Adhesives, 18(2): 95-107.

[16]. Minopoulou, E., Dessipri, E., Chryssikos, G.D., Gionis, V., Paipetis, A., abd Panayiotou, C. (2003). Use of NIR for structural characterization of urea–formaldehyde resins. International Journal of Adhesion and Adhesives, 23(6): 473-484.

[17]. Pizzi, A. (1994). Advanced Wood Adhesives Technology: CRC Press.

[18]. Bui, T.M.A., Nguyen, T.V., Nguyen, T.M., Hoang, T.H., Nguyen, T.T.H., Lai, T.H., Tran, T.N., Hoang, V.H., Le, T.L., Dang, T.C. and Vu, Q.T. (2020). Investigation of crosslinking, mechanical properties and weathering stability of acrylic polyurethane coating reinforced by SiO_2 nanoparticles issued from rice husk ash. Materials Chemistry and Physics, 241: 122445.

[19]. Hasehmpour, H., Mohammadi Atashgah, K., and Karbalaei Rezaei, M. (2014). An investigation into the role of nano-silica in improving strength of lightweight concrete. European Online Journal of Natural and Social Sciences, 3(4): 1058-1067.

[20]. Resalati, H., Hatam, A., and Dehghani Firouzabadi, M. R. (2015). Preparation, characterization and abrasion resistance property of melamine formaldehyde/montmorillonite nanocomposite coatings. Progress in Color, Colorants and Coatings, 8(4): 267-281.

[21]. Erfani, S., Rezayati-Charani, P., and Saadatnia, M. A. (2020). Influence of functionalized nano-alumina on improving melamine paper properties. Journal of Forest and Wood Products, 73(2): 139-150.

[22]. Harms, M., Schnieder, C., and Schroer, W.- D. (1997). Base paper for decorative coating systems. United States patent US 5,679,219.

[23]. Perrin, C., and Godet, J.-Y. (2004). Decorative paper sheet and decorative laminate comprising same. U.S. Patent 6,709,764.

[24]. Hosseinpour, D., Guthrie, J.T., and Berg, J.C. (2008). The effect of α-alumina filler/acrylic–melamine polymer interfacial interactions on the abrasion resistance of an automotive topcoat layer. Progress in Organic Coatings, 62(2): 214-218.

[25]. Istek, A., Aydemir, D., and Aksu, S. (2010). The effect of décor paper and resin type on the physical, mechanical, and surface quality properties of particleboards coated with impregnated décor papers. BioResources, 5(2): 1074-1083.

[26]. Nemli, G., and Usta, M. (2004). Influences of some manufacturing factors on the important quality properties of melamine-impregnated papers. Building and Environment, 39(5): 567-570.

[27]. Voigt, B., Rychwalski, R.W., McCarthy, D.M.C., Den Adel, J.C. and Marissen, R. (2003). Carbon fiber reinforced melamine-formaldehyde. Polymer Composites, 24(3): 380-390.

[28]. Kandelbauer, A., and Teischinger, A. (2010). Dynamic mechanical properties of decorative papers impregnated with melamine formaldehyde resin. European Journal of Wood and Wood Products, 68(2): 179-187.

Evaluation of writing and copy papers compared with decorative paper with using functionalized nanoalumina in the production of melamine laminate veneer

P. Rezayati-Charani*; Assis., Prof., Department of Cellulose Technology Engineering, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, I.R. Iran.

S .Erfani; M.Sc. Graduated, Department of Cellulose Technology Engineering, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, I.R. Iran.

M. A. Saadatnia; Assis., Prof., Department of Cellulose Technology Engineering, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, I.R. Iran.

(Received: 12 March 2020, Accepted: 27 May 2020)

ABSTRACT

In this study, melamine laminated veneers (MLV) were made with bagasse writing paper, copy and decorative papers and their properties were investigated. In order to make MLV, the properties of the base papers were measured before impregnation and then the base papers were first impregnated with urea formaldehyde resin and pressed on the surface of the low-pressure fiber board. Then, all papers were coated with melamine formaldehyde resin together with functionalized nanoalumina, with 50 nm particle dimensions at 3 levels of 0.5, 1 and 5% (w/w) by painting brush. MLV strength properties including wear resistance, stain, cigarette burning, crack and impact effects were measured. Results showed that the melamine coating properties were dependent on the base paper type and the percentage of nanoalumina. Also, the most important feature of base paper that directly affected the properties of MLV was the water absorption rate. In addition, there was an interaction between the effect of the base paper properties and the effect of nanoalumina on the properties of the MLV so that the amount of nanoalumina used to improve melamine coating properties depended on the properties of the base paper. Overall, if the stationery and commercial copy papers are impregnated with melamine coatings, in some respects they behave completely as decorative papers but to be replaced completely with them, some of their properties have to be improved.

Keywords: Bleached soda pulp of bagasse, Melamine laminated veneer, Writing paper, Copy paper, Decorative paper, Functionalized nanoalumina.

* Corresponding Author, Email: p.rezayati@gmail.com, Tel: +98-9111851546