Archive of SID

اثر نوع و ترکیب رزین بر خواص کاغذ ملامینه

صدیقه رفیعی[۱]
حسین کرمانیان[۲*]
اسماعیل رسولی گرمارودی[۳]
امید رمضانی[۴]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، پردیس یک دانشگاه شهید بهشتی، زیرآب، سوادکوه، مازندران، ایران

[۲] استادیار گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، پردیس یک دانشگاه شهید بهشتی، زیرآب، سوادکوه، مازندران، ایران

[۳] استادیار گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، پردیس یک دانشگاه شهید بهشتی، زیرآب، سوادکوه، مازندران، ایران

[۴] استادیار گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، پردیس یک دانشگاه شهید بهشتی، زیرآب، سوادکوه، مازندران، ایران

مسئول مکاتبات:
h_kermanian@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۲۹

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر انواع رزین‌ها و همچنین اختلاط‌های مختلفی از این رزین ها بر روی خواص کاغذهای اشباع شده انجام شد. در این راستا رزین اوره به‌صورت ۱۰۰ درصد، ترکیب رزین‌های اوره فرماالدهید و ملامین فرمالدهید با ترکیب‌های مختلف (۴۰/۶۰ و ۳۰/۷۰ و ۵۰/۵۰)، ترکیب نانو فیبر سلولز با نسبت‌های ۱، ۲ و ۳ درصد به همراه رزین اوره و پلی وینیل استات به صورت ۱۰۰ درصد خالص برای اشباع کاغذ پایه روزنامه کارخانه چوب و کاغذ مازندران استفاده شد. غوطه وری نمونه ها در مرحله اشباع در دو بازه زمانی ۵ و ۱۰ ثانیه انجام شد. در مرحله بعد با رزین ملامین فرمالدهید به صورت سطحی پوشش دهی شد و بعدازآن میزان جذب رزین در مراحل اشباع و پوشش دهی اندازه‌گیری شد. نتایج آزمون‌های انجام‌شده نشان داد که در ترکیب ۱۰۰٪ اوره برای مرحله اشباع، ازنظر میزان جذب ملامین و ویژگی های سطحی کاغذ ملامینه، بهترین زمان اشباع در ۱۰ ثانیه است. در تیمارهای ترکیبی، اضافه کردن تا ۳۰٪ ملامین به اوره به‌عنوان رزین مرحله اشباع ویژگی‌های مناسب‌تری را ازلحاظ مقاومت به لکه، مقاومت به سیگار، مقاومت به ترک و مقاومت به بخارآب داغ برای کاغذ حاصله ارائه می‌دهد. با اضافه کردن نانوسلولز تا ۱٪ در ترکیب رزین اشباع، ویژگی‌های بهتری برای کاغذ ملامینه قابل حصول است. همچنین پلی وینیل استات به‌عنوان رزین اشباع می‌تواند کیفیتی مشابه با رزین اوره ۱۰۰ در کاغذهای ملامینه حاصله ارائه نماید.

واژگان کلیدی: اشباع کاغذ، کاغذ ملامینه، نانو فیبر سلولز، اوره فرمالدئید، ملامین فرمالدئید.

مقدمه

از دیرباز محصولات و مصنوعات تزیینی در سراسر جهان بخصوص در صنعت مبلمان و دکوراسیون داخلی علاقه‌مندان بسیاری داشته است. امروزه شاهد علاقه‌مندی بیشتر مردم و پیشرفت‌های سریع و فراوان تکنولوژیک این صنعت در دنیا هستیم. یکی از محصولاتی که به دلیل زیبایی و دوام، در ساختمان‌سازی و طراحی دکوراسیون داخلی موردتوجه بسیاری از مردم قرارگرفته است کاغذهای تزیینی است. صنعت کاغذهای تزیینی یک بخش صنعتی بسیار رقابتی است و تولیدکنندگان برای اینکه سودآوری داشته باشند باید به مقدار قابل‌توجهی هزینه‌های خود را کاهش دهند. در این راستا فرمولاسیون

www.SID.ir

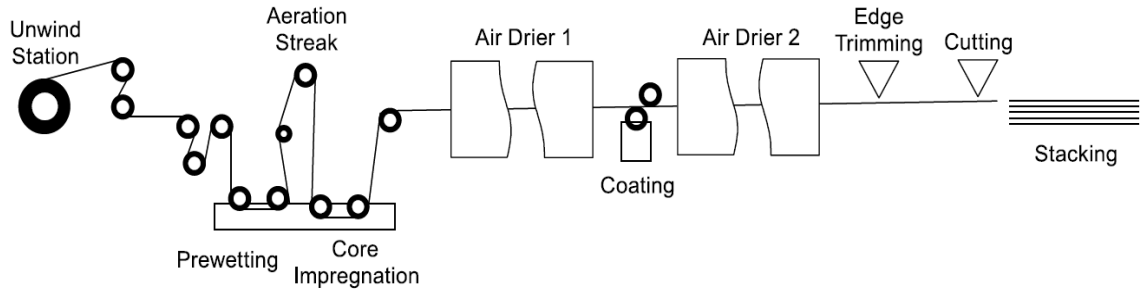
Archive of SID

رزین فرمالدئید مصرفی و همچنین هزینه‌های مواد خام بسیار حائز اهمیت است. کاغذهای آغشته به رزین ملامین فرمالدئید به‌طور گسترده‌ای در سطح کاغذهای تزیینی مورداستفاده قرار می‌گیرند. همچنین در پانل های مبتنی بر مهندسی چوب برای کاربرد در محیط داخلی و خارجی استفاده می‌شوند. از طرف دیگر، ورق‌های کاغذ آغشته به رزین ترموست آمینو پلاستیک غالباً برای حفاظت سطحی ورقه‌های تزیینی در ام دی اف، تخته خرده چوب و نیز در مبلمان استفاده می‌شود [۱].

از انواع کاغذهای آغشته می‌توان به انواع روکش‌های مصنوعی از قبیل روکش‌های ملامینه، فرمیکا، فینیش فویل و پی وی سی اشاره نمود که به دلیل بهبود ویژگی‌های آن و سهولت مصرف به‌عنوان رقیبی بزرگ برای صنایع روکش چوبی محسوب می‌گردند. روکش‌های مصنوعی، لایه‌ها و اوراق منفرد یا مرکبی هستند که از موادی نظیر کاغذ (تزئینی یا غیر تزئینی) و سایر مواد سنتزی ساخته می‌شوند و ممکن است به رزین‌های مختلف ترموست مانند (ملامین فرمالدهید، فنل فرمالدهید، اوره فرمالدهید) آغشته شده باشند و یا این اوراق ممکن است با لاک‌های پوششی مقاوم در برابر عوامل مختلف، ورق‌های اکریلیک، پی‌وی‌سی و... پوشش داده شده باشد که برای پوشاندن سطوح اوراق فشرده چوبی (ام دی اف، تخته خرده چوب و...) به کار می‌روند [۲].

در سطح جهانی روکش‌های ملامینه بیشترین و وسیع‌ترین دامنه مصرف را در بین سایر روکش‌ها دارند و در مصارف عمومی و تقریباً تمامی مصارف روکش‌کاری سطوح مورداستفاده قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که در حدود ۳۳٪ از مصرف کل را به خود اختصاص دادند. در ایران نیز این روکش‌ها با ۲۳٪ (سهم مصرف به‌کل) بیشترین استفاده را دارند [۳]. همان‌گونه که قبلاً نیز ذکر گردید این نوع روکش‌ها تحت عنوان کاغذهای اشباع نیز نامیده می‌شوند که به روش‌های خاصی تولید می‌گردند.

به‌عنوان گام اول در تولید کاغذهای اشباع‌شده، کاغذ تزئینی با استفاده از رزین اشباع و سپس خشک می‌شود. در این راستا و به دلایل اقتصادی، در بیشتر موارد رزین اوره فرمالدئید (UF) به‌جای ملامین فرمالدئید (MF) گران‌قیمت مورداستفاده قرار می‌گیرد. در گام دوم، کاغذ اشباع‌شده، پوشش دهی شده و سپس تا رطوبت نهایی ٪ ۷-۶ خشک می‌گردد (شکل ۱).



شکل ۱- فرایند اشباع کاغذ [۱]

به دلیل ایجاد خواص سطحی یکنواخت، فرمولاسیون های جاری ملامین فرمالدئید معمولاً به‌منظور پوشش سطحی مورداستفاده قرار می‌گیرد. به دلیل صرفه‌جویی در هزینه‌ها، معمولاً جایگزینی بخشی از ملامین با اوره از مطلوبیت بالایی برخوردار بوده بطوریکه این علاقه‌مندی می‌تواند با مخلوط نمودن ملامین و اوره و یا تهیه کوپلیمری از ملامین-اوره-فرمالدئید پوشش داده شود. در مرحله پرس داغ نهایی هم یک حامل مناسب مثل تخته خرده و یا ام دی اف با استفاده از این کاغذ اشباع‌شده خود چسب پوشش دهی می‌شود. در هر یک از مراحل اشباع، پوشش دهی و چسبانیدن، بایستی سرعت تولید تا حد ممکن بالا باشد. بااین‌حال، افزایش در سرعت تولید اغلب منجر به تخریب قابلیت اطمینان فرایند و کیفیت محصول می‌شود. فیلم سطحی ملامین فرمالدئید بایستی بادوام بوده و ازنظر شیمیایی نیز باثبات باشد. همچنین می‌بایستی به‌آسانی قابل تمیز کردن بوده و به لحاظ

www.SID.ir

Archive of SID

جذابیت‌های نوری شفاف باشند. دراین‌ارتباط تشکیل فیلم سطحی صاف برای خواص کاربردیشان بسیار حیاتی است. برای جایگزینی موفقیت‌آمیز MF، ترکیب رزین به‌طورکلی نیازمند پارامترهای مشخصی است. علاوه بر خواص اشباع خوب رزین مایع نظیر مقدار کم مواد جامد، ویسکوزیته پائین و تغییرات مقدار آب قابل‌قبول، خواص فرایندی کاغذهای اشباع‌شده با رزین جدید نیز باید خوب باشد. کاغذهای اشباع‌شده می‌بایستی دارای انعطاف‌پذیری مناسب، زمان جاری شدن مناسب (Flow time) و درجه مناسبی از پیوندزنی عرضی (cross-linking) باشند [۱].

کاغذ پایه مورداستفاده در تهیه کاغذ تزئینی می‌تواند به‌صورت الیاف بلند سوزنی‌برگ یا الیاف کوتاه پهن‌برگ باشد. البته الیاف پنبه و نیز مخلوطی از الیاف فوق‌الذکر نیز امکان‌پذیر است. در این راستا مخلوط خمیر سوزنی‌برگ به پهن‌برگ با نسبت‌های ۱۰:۹۰ تا ۹۰:۱۰ و به‌ویژه ۲۰:۸۰ تا ۸۰:۲۰ ترجیح داده می‌شود. بااین‌حال خمیر ۱۰۰ درصد پهن برگان نیز مزیت‌های خاص خود را دارد. در این میان مخلوط خمیر می‌تواند حاوی الیاف اصلاح‌شده کاتیونی به میزان ۵٪ وزن کل مخلوط هم باشد. خمیر تهیه‌شده از مواد فوق پس از رقیق‌سازی تا غلظت ۱٪ با اضافه کردن پرکننده نظیر TiO_2، مواد کمک نگه‌دارنده و سایر افزودنی‌ها برای ساخت کاغذ با وزن پایه ۲۰۰-۱۵ گرم بر مترمربع به ماشین‌های کاغذ فوردرینیر و یا یانکی هدایت می‌شوند. کاغذهای پایه با وزن پایه ۱۰۰-۴۰ گرم بر مترمربع به‌طور ویژه‌ای برای ساخت کاغذهای تزئینی مناسب‌اند [۱].

لازم به ذکر است که علاوه بر رزین عوامل مختلفی می‌تواند به‌عنوان مواد افزودنی در فرایند تولید کاغذ اشباع مورداستفاده قرار گیرند که عبارت‌اند از:

۱. مواد ترکننده (wetting agents): قبل از آغشته سازی و به‌منظور تقویت نفوذ رزین به کاغذ اضافه می‌شوند.
۲. مواد پخش‌کننده (dispersing agents): قبل از آغشته سازی به رزین، به کاغذ اضافه می‌شوند. این مواد در سطوح تک‌رنگ در حمام رزین بکار می‌روند که معمولاً برای کاغذهای سفید از TiO_2 استفاده می‌شود.
۳. رزین (resins): معمولاً به‌صورت محلولی یکنواخت از اوره، فنل و ملامین فرمالدئید در یک حمام برای آغشته سازی کاغذ بکار می‌روند.
۴. سخت‌کننده رزین (hardener): برای کمک به‌سرعت سخت شدن رزین پس از پوشش دادن سطح کاغذ مورداستفاده قرار می‌گیرند.
۵. مواد کف‌زدا (anti-foamer): معمولاً در رزین‌های ملامینه به‌منظور اشباع کاغذهای تزئینی و لایه‌های رویی (overlayer) و نیز در رزین‌های فنلی به‌منظور اشباع کاغذهای کرافت استفاده می‌شوند.
۶. مواد ضد گردوغبار (anti-dust): به‌صورت محلول آبی با غلظت ٪ ۳-۱ اضافه می‌شود که معمولاً به‌صورت یک فیلم شفاف بوده بدون آنکه صدمه‌ای به سطح وارد نماید.
۷. کاغذ اشباع‌شده نهایی متناسب با کاربرد باید ویژگی‌هایی نظیر مقاومت در برابر نور، گرما، مواد شیمیایی، میکروارگانیسم‌ها، بخار، سایش، آتش سیگار، اسید و جذب آب، ترک، لکه شدن و نیز قابلیت شکل‌پذیری نهائی (post-forming) را داشته باشد [۵].

بررسی تولید کاغذ ملامینه از کاغذهای پایه تزئینی سفید با استفاده از رزین‌های اوره و ملامین فرمالدئید نشان داد که جریان رزین باید به‌اندازه کافی بالا باشد تا فیلم در پرس داغ به‌صورت خوب و مناسبی شکل گیرد. همچنین، با افزایش میزان کاتالیزور، مدت‌زمان تیمار کاهش می‌یابد اما زمانی که از ملامین- اوره- فرمالدئید استفاده می‌شود زمان تیمار بسیار کندتر می‌شود. بعلاوه، حضور درصد بالایی از میزان کاتالیزور در ملامین فرمالدئید، میزان انعطاف‌پذیری کاغذ نهائی کاهش می‌یابد [۵].

مطالعه به‌کارگیری رزین‌های اوره و ملامین فرمالدئید مختلف به تنهائی و به‌صورت ترکیبی برای کاغذهای پایه طرح دار رنگی و یا سفید ساده جهت تولید کاغذ ملامینه نشان می‌دهد که تخته‌های پوشش داده‌شده با کاغذ ملامینه اشباع‌شده با ملامین فرمالدئید خالص دارای ویژگی‌های سطحی مناسب‌تری در مقایسه با سایر ترکیبات رزین بوده بطوریکه نسبت به خش برداشتن

www.SID.ir

Archive of SID

مقاوم‌ترند. همچنین، ویژگی‌های مقاومت به ترک و بخارآب به نوع رزین و نوع کاغذ پایه بستگی ندارد [۶].

همچنین نتایج تحقیقات قائمی و همکاران (۲۰۰۹) نشان می‌دهد که در صورت استفاده از ترکیب رزین‌های اپوکسی و اوره فرمالدئید برای تولید کاغذهای اشباع‌شده بهترین گزینه نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ از هرکدام است که به ویژگی‌های کیفی مناسبی نظیر مقاومت در برابر بخار و درجه تخلخل مطلوب ختم می‌گردد [۷].

استفاده از ترکیب ملامین و فرمالدئید به نسبت ۱:۱/۹ با مقدار مواد جامد حدود ۵۲ درصد، ویسکوزیته ۲۷s و کاتالیزور مورفولین با پاراتولوین اسید برای اشباع کاغذ سفید با گراماژ ۷۰ گرم بر مترمربع با غلظت‌های مختلف کاتالیزور مذکور نشان می‌دهد که با افزایش غلظت کاتالیزور و زمان پرس میزان براقیت به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد [۵].

در حال حاضر کارخانه‌های داخل کشور با استفاده از تلفیقی از MF/UF به نسبت ۶۰: ۴۰ و یا پلی وینیل استات (PVA) به‌تنهایی به‌عنوان ماده اصلی به همراه سخت‌کننده و تثبیت‌کننده ۱ به اشباع کاغذ می‌پردازند. در این راستا تحقیق حاضر به دنبال آن است که اثر نوع و ترکیب رزین‌های اوره و ملامین فرمالدئید و نیز اضافه کردن نانوسلولز به‌عنوان یک ماده افزودنی در مرحله آغشته سازی را بر کیفیت کاغذهای اشباع‌شده ملامینه بررسی نماید. نانوسلولز به دلیل داشتن سفتی و مقاومت بالای کریستالهای سلولز می‌تواند به‌عنوان یک تقویت‌کننده در تولید کاغذهای اشباع‌شده مورداستفاده قرار گیرد لذا با این هدف و نیز به‌عنوان جایگزین ملامین فرمالدئید در بخش اشباع مورداستفاده قرار گرفت. با توجه به اینکه در تولید کاغذ اشباع‌شده همواره تلاش این بوده که در عین حفظ کیفیت از هزینه‌های این فرایند کاسته شود، جایگزینی رزین گران‌قیمت ملامین در بخش اشباع همواره مدنظر بوده است. لذا هدف از این تحقیق جایگزینی بخشی از ملامین در ترکیب رزین اشباع مورداستفاده در کشور است تا از این طریق بتوان به محصول باکیفیت با قیمت ارزان‌تر دست‌یافت.

مواد و روش‌ها

برای این تحقیق کاغذ روزنامه، با گراماژ ۴۸ گرم بر مترمربع که به‌صورت رول از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شده بود، به‌عنوان کاغذ پایه مورداستفاده قرار گرفت. همچنین، رزین‌های اوره و ملامین فرمالدهید از کارخانه فومنات واقع در شهرستان فومن استان گیلان تهیه گردید.

نانو سلولز موردنیاز به‌صورت نانو فیبر سلولز ۳٪ از شرکت نانو نوین پلیمر و پلی وینیل استات نیز از شرکت گلپامهر آبگین گستر خریداری شد.

تعیین ویژگی‌های کاغذ پایه

به‌منظور تعیین ویژگی‌های کاغذ روزنامه کارخانه چوب و کاغذ مازندران که به‌عنوان کاغذ پایه در این تحقیق مورداستفاده قرارگرفته است آزمون‌های مختلفی بر روی آن انجام‌شده که نتایج آن‌ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- نتایج بررسی ویژگی‌های کاغذ پایه

ویژگی	گراماژ (g/m^2)	رطوبت (٪)	درصد خاکستر (٪)	شاخص مقاومت به کشش (Nm/g)	شاخص مقاومت به پارگی (mNm2/g)	شاخص مقاومت به ترکیدن (KPm2/g)
استاندارد	T410 OM-02	T432 om-94	T 211 om-93	T494 OM-01	T414 OM-04	T403 OM-02
مقدار	۴۸	۷/۳۵	۱۱/۴۵	۳۳/۹۶	۱۰/۴۲	۶۳/۵

[1] stabilizer

www.SID.ir

Archive of SID

Roberts و Evan (۲۰۰۵) در تولید کاغذهای ملامینه از کاغذهای دکوراسیون رنگی صنعتی اتوشده در دامنه ۱۰۰-۶۹ گرم بر مترمربع با میزان خاکستر ۴۱/۳-۲۸ درصد و برای کاغذهای اتو شده در دامنه ۲۱۰-۷۱ گرم بر مترمربع با میزان خاکستر ۳۴/۸-۰/۷ درصد استفاده نمودند [۸]. همچنین Kandelbauer و Teischeinger (۲۰۱۰) دراین‌ارتباط از کاغذهای صنعتی سفید با گراماژ ۱۰۵ و ۱۰۶ گرم بر مترمربع با میزان خاکستر ۲۶/۸-۲۲/۴ درصد استفاده کردند. همچنین در بخش دیگری از تحقیق خود اشاره داشته‌اند که گراماژ قابل‌قبول برای تولید کاغذهای ملامینه ۱۰۰-۴۰ گرم بر مترمربع است. لازم به ذکر آنکه گراماژ کاغذ روزنامه استفاده‌شده در این تحقیق در دامنه تحقیقات فوق‌الذکر می‌گنجد لذا از این لحاظ تا حدودی می‌توانند در کاغذ نهائی قابل‌مقایسه باشند [۱].

تعیین ویژگی‌های اولیه رزین‌های اوره فرمالدهید، ملامین فرمالدهید و پلی وینیل استات

کلیه آزمون‌های این قسمت بر اساس روش Kandelbauer و Teischeinger (۲۰۱۰) طبق استاندارد EN717-1 اندازه‌گیری شد [۱].

برای تعیین دانسیته رزین‌های مورداستفاده در این تحقیق، مقدار ۱۰ سی‌سی از هرکدام را درون بشر کوچکی ریخته، توزین نموده و سپس توسط رابطه ۱ دانسیته هر رزین محاسبه گردید.

$$\text{دانسیته} = \frac{M}{V} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

ویسکوزیته رزین‌ها نیز توسط دستگاه ویسکومتر بروکفیلد اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری زمان سخت شدن رزین، مقدار ۱۰ سی‌سی از هرکدام را درون لوله‌آزمایش ریخته و درون بشری که در آن آب در حال جوشیدن بود قرار داده شد تا سخت شوند و این زمان به‌عنوان زمان سخت شدن رزین ثبت گردید.

برای اندازه‌گیری دامنه تغییرات آب برای هر رزین، به مقداری از هرکدام که در دمای اتاق بر روی استیرر در حال هم خوردن بود آن‌قدر آب اضافه شد تا یک رنگ روشن سفید از رزین دیده شد مقدار آب مصرفی به‌عنوان دامنه تغییرات آب در نظر گرفته شد.

بعلاوه، برای اندازه‌گیری مقدار مواد جامد هر رزین، دو نمونه ۱۰ سی‌سی از هرکدام را ابتدا روی هیتر کمی حرارت داده تا گازهای آن خارج شده و نمونه‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۳۰ درجه سانتی گراد قرار داده تا خشک شوند، سپس توزین گردیده و آن‌قدر این خشک‌کردن ادامه پیدا کرد تا دیگر تغییر وزنی مشاهده نشد. وزن کاملاً خشک این نمونه به‌عنوان مقدار مواد جامد رزین در نظر گرفته شد.

تولید کاغذ ملامینه

اشباع با UF و پوشش دهی با MF

ده نمونه کاغذ در ابعاد ۳۵*۱۰ سانتیمتر بریده و توزین شد. سپس این نمونه‌ها را به مدت ۵ و ۱۰ ثانیه در UF غوطه‌ور نموده و سپس آن‌ها را خارج کرده و به مدت یک دقیقه در هوا نگه‌داشته تا اضافه رزین چکیده شود. بعدازآن نمونه‌های کاغذی را روی یک سطح شیشه‌ای قرار داده و با یک خط کش فلزی بر روی دو سطح کاغذ کشیده تا کاملاً اضافات رزین از سطح کاغذ گرفته شود. سپس این نمونه‌ها را به مدت ۳۰ دقیقه در آون با دمای ۱۳۰ درجه سانتی گراد قرار داده تا خشک شوند. بعد از نیم ساعت نمونه‌ها را از آون خارج کرده و به مدت ۱۵ دقیقه در دسیکاتور قرار داده شده تا خنک شوند. سپس نمونه‌ها وزن گردیده و میزان جذب UF محاسبه شد. کاغذهایی اشباع‌شده را با مقادیر ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ سی‌سی رزین MF پوشش دهی نموده و به مدت یک ساعت در اتو در دمای ۱۳۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت تا دوباره خشک شوند. بعدازآن دوباره نمونه‌ها را از اتو خارج کرده و به مدت ۱۵ دقیقه در دسیکاتور قرار داده تا خنک شود و دوباره نمونه‌ها را وزن کرده و میزان جذب رزین MF اندازه‌گیری شد. ازآنجایی‌که مقدار ۱ و ۲ سی‌سی ملامین سطح کاغذ را کاملاً پوشش نمی‌داد بنابراین چنین نتیجه‌گیری شد که این دو مقدار نمی‌تواند نتیجه خوبی را نسبت به تست‌های بعدی ایجاد کند همچنین میزان ۵ سی‌سی ملامین برای پوشش دهی سطح کاغذ بسیار زیاد بود به صورتی که کاغذ کاملاً خیس می‌شد و قابل برداشتن از سطح کمتر جهت خشک شدن نبود. درنتیجه

www.SID.ir

Archive of SID

این سه مقدار برای پوشش‌دهی سطح کاغذ از دستورالعمل حذف شد و در مراحل بعدی فقط از ۳ و ۴ سی‌سی که بهترین عملکرد را دارا بودند استفاده شد. در مورد نمونه‌های ترکیبی (اوره+ ملامین به‌عنوان رزین اشباع کننده) ابتدا ترکیب موردنظر به‌صورت ۵۰:۵۰، ۴۰:۶۰ و ۳۰:۷۰ آماده گردیده و پس از هم زدن ترکیب به مدت ۵ دقیقه، امولسیون به‌دست‌آمده در یک تشت فلزی ریخته شد و سپس مشابه موارد فوق‌الذکر اشباع با اوره و پوشش دهی با ملامین انجام شد. در مورد ترکیباتی از رزین اشباع کننده که حاوی نانوسلولز بودند بدین‌صورت عمل گردید که ابتدا مقادیر ۱، ۲ و ۳ درصد از نانوسلولز بر اساس وزن خشک رزین اوره در نظر گرفته شده و با اوره مخلوط گردیده و بدین ترتیب رزین آماده گردید. رزین تهیه‌شده پس از ۳ دقیقه هم خوردن به امولسیون یکنواختی تبدیل گردیده که مشابه موارد بالا اقدام به اشباع و پوشش دهی گردید. در مورد رزین PVA نیز مشابه موارد فوق‌الذکر اشباع و پوشش دهی انجام شد. بعدازاینکه کاغذهای ملامینه با مواد مختلف فوق‌الذکر اشباع شدند با چسب ممبران دوجزئی و با کمک پرس آزمایشگاهی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، تحت‌فشار ۰/۷ بار و طی زمان ۹۰ ثانیه بر روی ام دی اف های به ابعاد ۱۰*۱۰ چسبانیده شد. به‌منظور یکسان‌سازی شرایط جهت انجام آزمون‌های بعدی، کلیه نمونه‌ها تا رسیدن به جرم ثابت، به مدت ۴۸ ساعت در شرایط دمایی ۲±۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۵۰ درصد قرار داده شدند. سپس نسبت به انجام آزمون‌های مختلف مقاومت در برابر سیگار، مقاومت در برابر بخارآب داغ، مقاومت در برابر ترک و مقاومت در برابر لکه شدن بر اساس استاندارد ملی ایران که منطبق با استاندارد EN438-2 است، اقدام گردید.

آزمودن کاغذهای ملامینه

آزمون مقاومت در برابر سیگار، با استفاده از دو نوع سیگار با برند های تیر و بهمن و بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۰۹۳ منطبق بر استاندارد EN438-2/18 انجام‌شده و سپس از درجه ۱ تا درجه ۴ به‌صورت زیر مورد درجه‌بندی قرار گرفت.

درجه ۱: تغییری در سطح نمونه دیده نشده است. درجه ۲: تغییر مختصر از بعضی از زوایا در شفافیت یا مختصر لکه قهوه‌ای مشاهده شده است. درجه ۳: تغییر متوسط در شفافیت یا لکه قهوه‌ای متوسط در سطح نمونه مشاهده شده است. درجه ۴: تغییر شدید در شفافیت یا لکه قهوه‌ای شدید در سطح نمونه مشاهده شده است. درجه ۵: تاول‌زدگی در سطح نمونه مشاهده شده است.

آزمون مقاومت در برابر بخارآب، بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۰۹۳ منطبق بر استاندارد EN438-2/24 انجام شده و سپس از درجه ۱ تا درجه ۴ به ترتیب زیر مورد درجه‌بندی قرار گرفت.

درجه ۱: تخریب سطح و یا ایجاد تاول قابل‌مشاهده است. درجه ۲: تغییر شدید جلا و یا رنگ قابل‌مشاهده است. درجه ۳: تغییر قابل‌ملاحظه و مشخص در رنگ و جلا. درجه ۴: درجه ۴: تغییری اندک در جلا. درجه ۵: تغییری قابل‌ملاحظه نیست.

آزمون مقاومت در برابر لکه شدن، بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۰۹۳ منطبق بر استاندارد EN438-2/15 انجام شده و سپس از درجه ۱ تا درجه ۴ به ترتیب زیر مورد درجه‌بندی قرار گرفت.

درجه ۱: تغییری در سطح آزمونه دیده نشده است. درجه ۲: تغییری مختصری در شفافیت و یا رنگ آزمونه دیده‌شده البته فقط در بعضی زوایا این امر رخ داده است. درجه ۳: تغییر متوسط در شفافیت و یا رنگ دیده می‌شود. درجه ۴: تغییر مشخص در شفافیت و رنگ دیده می‌شود. درجه ۵: تخریب سطحی آزمونه دیده می‌شود.

آزمون مقاومت در برابر ترک خوردن، بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۰۹۳ منطبق بر استاندارد EN438-2/23 انجام شده و سپس از درجه ۱ تا درجه ۴ به ترتیب زیر مورد درجه‌بندی قرار گرفت.

درجه ۱: ترک‌های بیشتری روی سطح کل تخته پراکنده‌اند. درجه ۲: علاوه بر مرحله ۳، یک تا سه ترک کوچک‌تر از طول ۲۵ میلی‌متر روی سطح تخته از فاصله ۴۰۰ میلی‌متری قابل‌مشاهده‌اند. درجه ۳: ترک‌هایی مویی به‌طور تصادفی در کل سطح تخته پراکنده و قابل‌مشاهده می‌باشند. درجه ۴: ترک‌های کوچک مویی جدا از هم قابل‌مشاهده‌اند. درجه ۵: بدون ترک است.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

نتایج آزمون‌های رزین‌ها

جدول ۲ نتایج ارزیابی رزین‌های مختلف به‌صورت مستقل و ترکیبی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مذکور مشاهده می‌شود دامنه تغییرات آب اوره فرمالدهید خالص ۱/۵ برابرملامین فرمالدهید است ولی با ترکیب کردن این دو رزین دامنه تغییرات آب تغییر می‌نماید به‌طوری‌که بیشترین مقدار تغییرات موردنظر در ترکیب ٪۷۰UF+MF٪۳۰ دیده می‌شود. همچنین وقتی‌که از نسبت اوره در ترکیب فوق کم نموده و به درصد ملامین اضافه می‌شود ویژگی موردنظر روندی کاهشی را طی می‌نماید. بعلاوه، با افزودن نانو سلولز به چسب اوره از ۳-۱ درصد، تغییرات میزان آب در ترکیبات روندی صعودی می‌یابد. دراین‌ارتباط دامنه تغییرات آب در رزین خالص اوره فرمالدئید [۷] و ملامین فرمالدئید [۵] معادل ٪۱۵۰ گزارش شده است.

جدول ۲- نتایج ارزیابی رزین‌های مختلف

نوع رزین	دامنه تغییرات آب (٪)	ویسکوزیته (s)	زمان سخت شدن (min)	مقدار ماده جامد (٪)	دانسیته (g/cm^3)
%۱۰۰UF	٪۱۵۰	۳۸۶/۲	۱۸۰	۳۶/۶	۱/۲۴۸
%۱۰۰MF	٪۱۰۰	۵۱	۳۶۰	۳۵/۴	۱/۱۷۸
%۷۰UF+ MF%۳۰	٪۲۰۰	۸۴/۶	۱۱۰	۳۶/۲	۱/۲۸۷
%۶۰UF+MF%۴۰	٪۱۰۰	۶۵/۶	۱۵۰	۳۵/۸	۱/۲۴۶
%۵۰UF+MF%۵۰	٪۵۰	۵۷/۱	۲۷۰	۳۵/۵	۱/۲۴۴
%۱NC+UF	٪۵۰	۲۸۶	۶۰	۳۵/۶	۱/۲۲۶
%۲NC+UF	٪۱۰۰	۲۹۷	۷۵	۳۴/۹	۱/۲۵۵
%۳NC+UF	٪۱۵۰	۶۲۶	۹۰	۳۴/۶	۱/۲۷۷
PVA	٪۲۰	۴۵۰	۳۰	۳۹/۶	۱/۲۰

در مورد ویسکوزیته ترکیبات، با افزودن نانو سلولز میزان ویسکوزیته نیز افزایش یافته است به صورتی که ترکیبی که دارای بیشترین نانو سلولز بوده است بیشترین مقدار ویسکوزیته را نیز داراست. در مورد ترکیبات اوره و ملامین ترکیبی که دارای مقدار بیشتری از اوره است ویسکوزیته بالاتری دارد اما همه ترکیبات ویسکوزیته شان از اوره کمتر و از ملامین بیشتر است. آقای Kandelbauer و همکاران (۲۰۱۰) ویسکوزیته رزین ملامین فرمالدئید را برای تولید کاغذ ملامینه ۲۷ ثانیه گزارش نموده‌اند [۵].

در مورد زمان سخت شدن، ترکیبی که دارای ملامین فرمالدهید بیشتری است از زمان زیادتری برخوردار است. بعلاوه، در ترکیباتی که دارای نانوسلولز بیشتری هستند زمان سخت شدن بیشتر می‌شود. لازم به ذکر است که ترکیب کردن رزین‌ها اصولاً باعث کاهش زمان سخت شدن گردیده است. همچنین اضافه کردن نانو سلولز درمجموع باعث کاهش زمان سخت شدن می‌شود که ازنظر فرایندی می‌تواند به‌عنوان یک مزیت به شمار بیاید و بر میزان تولید در واحد زمان بیفزاید که می‌تواند ازنظر اقتصادی توجیه ویژه‌ای برای صنایع مرتبط ایجاد نماید. در این خصوص، آقای Kandelbauer و همکاران (۲۰۱۰) زمان سخت شدن رزین ملامین فرمالدئید و MUF را به ترتیب ۲۱۰ و ۲۶۱ ثانیه گزارش کرده‌اند [۵].

همچنین، نزدیک بودن دانسیته و میزان مواد جامد موجود در رزین‌های مختلف بیانگر آن است که رزین‌ها تقریباً از یکنواختی پراکنش ترکیبات برخوردار بوده‌اند. در این خصوص، Ghaemy و همکاران (۲۰۱۰) دانسیته و میزان مواد جامد اوره فرمالدنید مصرفی را به ترتیب برابر ۱/۲۶ گرم بر مترمکعب و ۶۰٪ گزارش نموده‌اند [۷]. بعلاوه آقای Kandelbauer و همکاران (۲۰۱۰) میزان مواد جامد ملامین فرمالدئید مصرفی تحقیق خویش را ۵۲٪ اعلام نموده‌اند [۵].

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج میزان جذب رزین‌های مختلف در کاغذ اشباع‌شده

نتایج میزان جذب رزین‌های اوره و ملامین فرمالدهید برای ترکیبات مختلف آن‌ها و در ترکیب با نانوسلولز به همراه مقادیر جذب برای رزین PVA در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- میزان جذب ترکیبات مختلف رزین‌ها در کاغذ اشباع‌شده

نام تیمار	زمان اشباع با (s) UF	میزان مصرف (cc) MF	کد تیمار	میانگین جذب (%) UF	معنی‌داری	میانگین جذب (%) MF	معنی‌داری
٪۱۰۰UF	۱۰	۳	100U-10-3	۱۳۴/۱۸	cdef	۱۳/۶۵	a
		۴	100U-10-4	۱۳۵/۵۵	defg	۱۲/۵۶	a
	۵	۳	100U-5-3	۱۳۳/۷۲	cde	۱۵/۱۲	a
		۴	100U-5-4	۱۲۵/۹۵	c	۱۸/۸۰	a
٪۷۰UF+٪۳۰MF	۱۰	۳	70U30M-10-3	۱۷۳/۶۹	o	۳۵/۹۲	bcd
		۴	70U30M-10-4	۱۷۳/۰۳	no	۳۲/۲۳	b
	۵	۳	70U30M-5-3	۱۵۵/۱۹	kl	۳۴/۷۷	bc
		۴	70U30M-5-4	۱۶۱/۸۷	lm	۳۶/۶۸	becd
٪۶۰UF+٪۴۰MF	۱۰	۳	60U40M-10-3	۱۲۹/۴۹	cd	۵۱/۶۲	hi
		۴	60U40M-10-4	۱۳۱/۲۹	cd	۵۶/۶۹	ji
	۵	۳	60U40M-5-3	۱۴۵/۵۰	hij	۴۲/۰۰	cdefg
		۴	60U40M-5-4	۱۵۱/۳۴	ijk	۴۶/۳۵	gh
٪۵۰UF+٪۵۰MF	۱۰	۳	50U50M-10-3	۱۶۵/۴۹	mno	۴۰/۵۷	cdefg
		۴	50U50M-10-4	۱۶۰/۳۶	lm	۴۱/۴۲	cdefg
	۵	۳	50U50M-5-3	۱۴۴/۷۳	ghi	۴۰/۷۸	cdefg
		۴	50U50M-5-4	۱۵۰/۸۳	ijk	۴۳/۱۷	cdefg
٪ NC+UF ۱	۱۰	۳	1NU-10-3	۱۶۵/۹۴	mno	۳۷/۸۱	bcde
		۴	1NU-10-4	۱۴۸/۹۰	hijk	۴۵/۵۰	fgh
	۵	۳	1NU-5-3	۱۴۹/۸۷	hijk	۴۵/۸۲	fgh
		۴	1NU-5-4	۱۴۱/۱۸	efg	۴۶/۷۲	gh
٪۲ NC+UF	۱۰	۳	2NU-10-3	۱۵۳/۸۰	jkl	۳۷/۹۴	bcde
		۴	2NU-10-4	۱۶۸/۷۶	mno	۳۸/۷۴	bcdef
	۵	۳	2NU-5-3	۱۴۳/۱۹	gih	۴۲/۹۴	defg
		۴	2NU-5-4	۱۴۵/۸۲	hij	۳۹/۷	cdefg
٪۳NC+UF	۱۰	۳	3NU-10-3	۱۲۹/۳۴	cd	۴۳/۴۵	Efg
		۴	3NU-10-4	۱۴۲/۶۹	fghi	۴۶/۳۲	gh
	۵	۳	3NU-5-3	۱۵۱/۰۴	ijk	۴۰/۱۵	cdefg
		۴	3NU-5-4	۱۶۴/۳۵	mn	۴۳/۳۲	efg
PVA	۱۰	۳	PVA-10-3	۵۳/۰۰	a	۶۲/۳	jk
		۴	PVA-10-4	۶۳/۰۴	b	۶۰/۴۳	j
	۵	۳	PVA-5-3	۴۷/۵۳	a	۶۷/۷۱	k
		۴	PVA-5-4	۵۲/۰۴	a	۸۱/۶۸	l

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که چنانچه اگر میزان جذب اوره فرمالدئید در بخش اشباع کاغذ به نحوی صورت پذیرد که در بخش پوشش دهی سطحی مقدار ملامین بیشتری در سطح کاغذ اشباع‌شده جذب گردد ویژگی‌های کاغذ ملامینه حاصله می‌تواند بهبود یابد [۱۰]. لذا در این تحقیق نیز با معیار قرار دادن این موضوع به تحلیل نتایج ارائه‌شده در جدول ۳ پرداخته خواهد شد.

در ترکیب ۱۰۰٪ اوره، تیمار U-5-4۱۰۰ دارای بیشترین مقدار جذب ملامین در بخش پوشش دهی بوده و متناسب با آن میزان جذب اوره در تیمار فوق کمترین مقدار بوده است. لازم به ذکر است که از منظر میزان جذب ملامین بین تیمار فوق‌الذکر و سایر تیمارهای ترکیب ۱۰۰٪ اوره به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در ترکیب ۳۰%UF+70%MF، تیمار 70U30M-5-4 از میزان جذب ملامین بیشتری برخوردار بوده است هرچند بین این تیمار و سایر تیمارهای ترکیب بالا به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۵٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. از سوی دیگر ازنظر میزان جذب اوره بین تیمار فوق با 70U30M-5-3 اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. از آنجائی که تیمار اخیر دارای کمترین جذب اوره است شاید بتوان این تیمار را به‌عنوان گزینه خوب برای کیفیت کاغذ ملامینه نهایی پیشنهاد داد. در ترکیب ۴۰%UF+60%MF، تیمار U40M-10-4۶۰ از میزان جذب ملامین بالاتر و جذب اوره پائین تری برخوردار شده است. البته ازنظر میزان جذب رزین‌های مذکور بین این تیمار و تیمار 60U40M-10-3 اختلاف معنی‌دار وجود ندارد لذا با توجه به اینکه تیمار اخیر از میزان کمتری ملامین جهت پوشش دهی استفاده می‌کند با ارائه ویژگی‌های سطحی کاغذ مشابه، شاید گزینه بهتری ازنظر اقتصادی باشد.

در ترکیب ۵۰%UF+50%MF، تیمار 50U50M-5-4 به لحاظ میزان جذب ملامین، بالاترین میزان جذب را داشته و احتمالاً می‌تواند کیفیت سطحی بهتری ارائه دهد هرچند بین تیمارهای مختلف ترکیب فوق اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. بررسی نتایج تیمارهای ترکیبی نشان می‌دهد که افزودن ملامین به اوره باعث بهبود جذب ملامین در پوشش دهی سطحی کاغذ اشباع‌شده می‌گردد بطوریکه بهترین گزینه در ترکیب 40%MF+60%UF مشاهده می‌شود که در مقایسه با حالت استفاده از ۱۰۰٪ اوره مقدار جذب ملامین بیش از سه برابر زیاد می‌شود لذا تیمار مناسب 60U40M-10-4 معرفی می‌گردد که احتمالاً کاغذ ملامینه حاصله نیز می‌تواند از کیفیت بهتری برخوردار شود. همچنین وقتی از نانو فیبر سلولز به‌صورت ترکیب با اوره فرمالدئید استفاده می‌شود درمجموع نسبت به حالت ۱۰۰٪ اوره میزان جذب ملامین تا حدود ۲/۵ برابر زیاد می‌شود که می‌تواند با بسیاری از حالت‌های تلفیقی اوره و ملامین برابری نماید. لازم به ذکر است که بهترین تیمار از این نظر تیمار 1NU-5-4 است. گفتنی است که افزایش نانو سلولز از ۱٪ به ۲٪ باعث کاهش میزان جذب ملامین گردیده و با رسیدن به ۳٪ اندکی بهتر می‌شود که درمجموع حالت ۱٪ از مقادیر جذب بالاتری برخوردار بوده است.

جدول ۳ همچنین نشان می‌دهد که میزان جذب ملامین در حالت استفاده از PVA در بهترین شکل است که همان‌گونه که مشاهده می‌شود در مقایسه با سایر تیمارها و ترکیب‌ها از میزان جذب رزین در کاغذ اشباع‌شده کمتری برخوردار بوده و بدیهی است که از جذب ملامین بالاتری برخوردار شود. لازم به ذکر است که از آنجائی که PVA مورداستفاده نسبت به سایر رزین‌ها از غلظت بالاتری برخوردار بوده لذا در زمان کوتاه غوطه‌وری فرصت لازم برای نفوذ در بافت کاغذ را نداشته است و بر اساس مشاهدات این تحقیق کاغذ اشباع‌شده با این رزین از چروکیدگی بیشتری برخوردار بوده است که به نظر می‌رسد با قرار گرفتن در بخش پوشش دهی توانسته میزان ملامین بیشتری را به خود جذب نماید. بعلاوه بهترین تیمار ازنظر میزان جذب ملامین در کاغذهای اشباع‌شده با PVA مربوط به تیمار PVA-5-4 است.

نتایج حاصل از آزمون‌های مختلف بر روی کاغذ ملامینه

جدول ۴ نتایج مربوط به آزمون‌های مختلفی که بر روی کاغذهای ملامینه تولیدشده از تیمارهای گوناگون انجام‌شده است را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نوع رزین بر درجه مقاومت کاغذ در برابر سیگار اثرگذار بوده است بطوریکه کاغذهای ملامینه حاصل از ۱۰۰٪ اوره از درجه کیفی ۲ و ۳ برخوردار شده‌اند که در

www.SID.ir

Archive of SID

این خصوص، زمان اشباع برابر ۵ ثانیه از کیفیت بالاتری برخوردار است. هنگامی‌که ملامین به اوره اضافه می‌شود مقاومت کاغذ حاصله در برابر سیگار دچار نقصان می‌شود ولی درجه کیفی آن با درجه کیفی برخی از تیمارهای ۱۰۰ درصد اوره برابری می‌کند (درجه سه).

جدول ۴- نتایج مربوط به آزمون مختلف کاغذهای ملامینه حاصل از تیمارهای گوناگون

نام تیمار	زمان اشباع با UF (s)	میزان مصرف MF (cc)	کد تیمار	نتیجه آزمون سیگار	نتیجه آزمون لکه	نتیجه آزمون بخارآب داغ	نتیجه آزمون ترک
٪۱۰۰UF	۱۰	۳	100U-10-3	درجه ۳	درجه ۴	درجه ۳	درجه ۴
		۴	100U-10-4	درجه ۳	درجه ۴	درجه ۳	درجه ۴
	۵	۳	100U-5-3	درجه ۲	درجه ۲	درجه ۴	درجه ۳
		۴	100U-5-4	درجه ۲	درجه ۲	درجه ۴	درجه ۳
٪۷۰UF+٪۳۰MF	۱۰	۳	70U30M-10-3	درجه ۳	درجه ۲	درجه ۲	درجه ۵
		۴	70U30M-10-4	درجه ۳	درجه ۲	درجه ۲	درجه ۵
	۵	۳	70U30M-5-3	درجه ۲	درجه ۲	درجه ۲	درجه ۵
		۴	70U30M-5-4	درجه ۲	درجه ۲	درجه ۲	درجه ۵
MF٪۴۰UF+٪۶۰	۱۰	۳	60U40M-10-3	درجه ۳	درجه ۳	درجه ۳	درجه ۴
		۴	60U40M-10-4	درجه ۳	درجه ۳	درجه ۳	درجه ۴
	۵	۳	60U40M-5-3	درجه ۳	درجه ۳	درجه ۳	درجه ۴
		۴	60U40M-5-4	درجه ۳	درجه ۳	درجه ۳	درجه ۴
٪۵۰UF+٪۵۰MF	۱۰	۳	50U50M-10-3	درجه ۴	درجه ۲	درجه ۵	درجه ۳
		۴	50U50M-10-4	درجه ۴	درجه ۴	درجه ۵	درجه ۳
	۵	۳	50U50M-5-3	درجه ۴	درجه ۴	درجه ۵	درجه ۳
		۴	50U50M-5-4	درجه ۴	درجه ۴	درجه ۵	درجه ۳
۱٪ NC+UF	۱۰	۳	1NU-10-3	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۲	درجه ۵
		۴	1NU-10-4	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۲	درجه ۵
	۵	۳	1NU-5-3	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۲	درجه ۵
		۴	1NU-5-4	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۲	درجه ۵
٪۲ NC+UF	۱۰	۳	2NU-10-3	درجه ۳	درجه ۴	درجه ۳	درجه ۵
		۴	2NU-10-4	درجه ۳	درجه ۴	درجه ۳	درجه ۵
	۵	۳	2NU-5-3	درجه ۳	درجه ۴	درجه ۳	درجه ۵
		۴	2NU-5-4	درجه ۳	درجه ۴	درجه ۳	درجه ۵
٪۳NC+UF	۱۰	۳	3NU-10-3	درجه ۴	درجه ۳	درجه ۴	درجه ۴
		۴	3NU-10-4	درجه ۴	درجه ۴	درجه ۴	درجه ۴
	۵	۳	3NU-5-3	درجه ۴	درجه ۳	درجه ۴	درجه ۴
		۴	3NU-5-4	درجه ۴	درجه ۴	درجه ۴	درجه ۴
PVA	۱۰	۳	PVA-10-3	درجه ۳	درجه ۳	درجه ۲	درجه ۴
		۴	PVA-10-4	درجه ۳	درجه ۴	درجه ۲	درجه ۴
	۵	۳	PVA-5-3	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۳	درجه ۳
		۴	PVA-5-4	درجه ۲	درجه ۴	درجه ۳	درجه ۳

www.SID.ir

Archive of SID

لازم به ذکر است که تیمار 70U30M-5-4 و 70U30M-5-3 با درجه کیفی ۲ مشابه تیمار ۱۰۰ درصد اوره بوده و در مقایسه با سایر تیمارها در جایگاه مطلوب‌تری قرار دارد. نتایج جدول ۳ نیز نشان می‌دهد که افزودن ملامین به ترکیب رزین اشباع با نسبت ۴۰٪ باعث بهبود جذب ملامین در بخش پوشش دهی کاغذ می‌شود که به نظر می‌رسد که این جذب بالاتر رزین ملامین باعث ایجاد مقاومت به سیگار مناسب و مشابه با تیمار ۱۰۰٪ رزین اوره می‌شود. گفتنی است درصد بالای ۴۰٪ حضور ملامین در ترکیب رزین باعث افت در مقاومت کاغذ نسبت به سیگار می‌شود. Istak و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی ویژگی کاغذهای ملامینه با نسبت‌های مختلف اوره و ملامین فرمالدئید اعلام نموده‌اند که نوع رزین در مقاومت کاغذ به سیگار تأثیری ندارد و افزایش نسبت ملامین در ترکیب به میزان بالای ۵۰٪ باعث کاهش مقاومت به سیگار می‌گردد [۶]. همچنین با افزودن نانو فیبرسلولز به اوره تا ۲٪ می‌توان به کیفیت مقاومتی مشابه تیمار اوره ۱۰۰ درصد دست‌یافت و اضافه کردن بیشتر از آن باعث افت مقاومت کاغذ ملامینه در برابر سیگار می‌شود. قابل‌ذکر آنکه تیمارهای 1NU-10-3، 1NU-10-4، 1NU-5-3 و 1NU-5-4 ازنظر کیفی دارای بهترین درجه (درجه ۲) می‌باشند. نتایج مربوط به میزان جذب ملامین در جدول ۳ نیز حاکی از آن است که اضافه کردن ۱٪ نانو سلولز به ترکیب اوره بیشترین مقدار جذب ملامین را دارد و بر همین اساس تیمار حاوی ۱٪ نانو سلولز از مقاومت بالاتری نسبت به تست سیگار برخوردار بوده است. در خصوص PVA نتایج بیانگر شباهت کاغذ ملامینه حاصله با حالت ترکیب ۱۰۰ درصدی اوره است بطوریکه بهترین درجات مربوط به تیمارهای PVA-5-3 و PVA-5-4 می‌باشند.

نتایج آزمون لکه نمونه‌های مختلف کاغذهای ملامینه نشان می‌دهد کاغذ حاصل از تیمار ۱۰۰٪ اوره، درزمانی که کاغذ مدت‌زمان بیشتری را در UF غوطه‌ور بوده است نسبت به تست لکه بیشتر مقاومت نشان داده است. گفتنی است که تیمارهای 100U-10-3 و 100U-10-4 دارای بالاترین درجه کیفی (درجه ۴) می‌باشند. از نتایج به‌دست‌آمده در مرحله ترکیب رزین‌ها مشخص شد که ترکیبی که دارای مقدار بیشتری از اوره فرمالدهید و مقدار کمتری از ملامین فرمالدهید است مقاومت کمتری نسبت به لکه‌های قهوه و... دارد و هرچه میزان ملامین فرمالدهید در ترکیب بیشتر می‌شود (50%MF+50%UF) مقاومت کاغذ نیز به لکه بیشتر می‌شود. نتایج جذب ملامین در جدول ۳ نیز نشان می‌دهد که ترکیب 40%MF+60%UF از میزان جذب ملامین بالاتری برخوردار است ولی در بسیاری از موارد با تیمار 50%MF+50%UF اختلاف معنی‌دار نشان نمی‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده در مرحله افزودن نانو فیبر سلولز نشان می‌دهد که ترکیبی که دارای ۱٪ نانو سلولز است مقاومت کمتری را در برابر لکه از خود نشان می‌دهد و با بالا رفتن میزان نانو سلولز تا ۲٪ مقاومت موردنظر بیشتر گردیده اما با افزایش میزان نانو سلولز به میزان ۳٪ حالت بینابینی دو حالت قبل مشاهده می‌شود. نتایج جدول ۳ نیز بیانگر آن است که افزایش نانو سلولز باعث بهبود جذب ملامین می‌گردد لذا انتظار بر این است که ویژگی‌های کیفی کاغذ بهتر شود که کاغذهای حاصله دارای مقاومت به لکه بالاتری در مقایسه با کاغذهای حاصل از ۱۰۰٪ اوره دارند.

بعلاوه، از آنجائی که در تیمارهای PVA مقادیر جذب ملامین بالاتر بوده است انتظار می‌رود که کاغذ حاصله از درجه کیفی بالاتری برخوردار باشد که در مقایسه با سایر تیمارهای بررسی‌شده مقاومت این نوع کاغذها در برابر لکه از درجات ۳ و ۴ برخوردار شده است. Istak و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی کاغذهای مختلف ازنظر ویژگی موردنظر گزارش کرده‌اند که نوع کاغذ پایه در مقاومت کاغذ ملامینه تولیدشده از آن بر روی مقاومت به لکه تأثیرگذار است. همچنین در مقایسه ترکیبات مختلف رزین به‌منظور اشباع کاغذ دریافتند که به‌کارگیری رزین اوره فرمالدئید تنها در بخش اشباع می‌تواند باعث بهبود مقاومت کاغذ ملامینه نهائی به لکه شود. گفتنی است در این تحقیق، درجه کاغذهای ملامینه اشباع‌شده با ۱۰۰ درصد اوره درجه ۴ و با سایر ترکیبات درجه ۵ اعلام شده است [۶].

نتایج آزمون مقاومت به بخارآب کاغذهای ملامینه تولیدشده در جدول ۴ در مورد کاغذهای حاصل از تیمار ۱۰۰٪ اوره نشان می‌دهد که نمونه‌هایی که زمان غوطه‌وری آن‌ها در UF بیشتر بوده است مقاومت بهتری نسبت به بخارآب داغ از خود نشان داده‌اند. قابل‌ذکر آنکه

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارهای 100U-5-4 و 100U-5-3 از درجه کیفی بالاتر (درجه ۴) برخوردار بوده‌اند. بعلاوه در مقایسه با سایر تیمارها کاغذهای حاصل از اوره ۱۰۰ درصد از مقاومت متوسطی در برابر بخارآب داغ برخوردار بوده‌اند. همچنین استفاده از ملامین در ترکیب با اوره تا ۳۰٪ می‌تواند باعث بهبود مقاومت کاغذ در برابر بخارآب داغ شود و استفاده بیشتر از آن باعث افت مقاومت مذکور می‌شود. لازم به یادآوری است که تیمار %MF+70%UF۳۰ در کلیه تیمارها از درجه کیفی بالاتری (درجه ۲) برخوردار بوده است. اضافه کردن نانو فیبر سلولز به ترکیب اوره باعث بهبود مقاومت کاغذ در برابر بخارآب شده است که هرچه میزان نانو سلولز اضافه‌شده به UF بیشتر باشد مقاومت کاغذ اشباع‌شده به بخارآب داغ کمتر است. در این میان میزان مصرف ۱٪ نانو سلولز از مقاومت بالاتری برخوردار شده است که این موضوع می‌تواند ناشی از جذب بیشتر ملامین در تیمار مذکور باشد. نتایج در مرحله اشباع با پلی وینیل استات نشان می‌دهد که مقاومت نمونه‌ها نسبت به بخارآب داغ با افزایش زمان غوطه‌وری در PVA افزایش می‌یابد. درمجموع کاغذهای مربوط به این تیمار از مقاومت‌های متوسطی در برابر بخارآب داغ برخوردارند. در این میان تیمارهای PVA-10-4 و PVA-10-3 از درجه کیفی ۲ برخوردارند. Istak و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی ترکیبات مختلف رزین در تولید کاغذ ملامینه دریافتند که نوع رزین و نوع کاغذ پایه در کیفیت کاغذ ملامینه ازنظر مقاومت به بخارآب تأثیری ندارد و همه کاغذها دارای درجه ۵ می‌باشند [۶]. Ghaemy و همکاران (۲۰۱۰) در تولید کاغذ ملامینه از رزین‌های مختلف به‌صورت تنها و ترکیبی اعلام کردند که نوع و ترکیب رزین در بخش اشباع می‌تواند بر درجه کیفی کاغذ نهائی اثر بگذارد بطوریکه بهترین کیفیت (درجه ۱) مربوط به کاغذهای اشباع‌شده با ۱۰۰٪ رزین اوره فرمالدئید بوده و هرچقدر به مقدار حضور ملامین در ترکیب رزین اشباع اضافه می‌شود از درجه کیفی کاغذ کاسته می‌شود [۷].

نتایج مربوط به آزمون ترک کاغذهای ملامینه تولیدشده از تیمارهای مختلف در جدول ۴ نیز در مورد کاغذهای حاصل از تیمار ۱۰۰٪ اوره نشان می‌دهد هرچه زمان غوطه‌وری در UF افزایش یابد مقاومت نمونه در برابر ترک افزایش می‌یابد. درمجموع کاغذهای حاصل از این تیمار از درجات متوسطی برخوردارند. تیمارهای 100U-10-3 و 100U-10-4 از درجه کیفی بالاتر (درجه ۴) برخوردارند.

نتایج به‌دست‌آمده از مرحله ترکیب رزین‌ها نشان می‌دهد که اضافه کردن ملامین تا ۳۰٪ باعث بهبود مقاومت کاغذ در برابر ترک می‌شود و هرچقدر میزان مصرف ملامین بیشتر شود مقاومت مذکور دچار نقصان می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، هر چه میزان UF در ترکیبات بیشتر و میزان MF کمتر باشد نمونه‌ها مقاومت بیشتری را نسبت به ترک از خود نشان می‌دهند. نتایج به‌دست‌آمده از مرحله افزودن نانو فیبر سلولز نشان می‌دهد هر چه میزان نانو سلولز اضافه‌شده به UF کمتر باشد مقاومت نمونه‌ها به ترک بیشتر است و با افزایش مقدار نانو سلولز به‌اندازه ۲٪ این مقاومت تغییری نمی‌کند اما با اضافه شدن این مقدار به میزان ۳٪ این مقاومت کاهش می‌یابد. نتایج جدول ۴ نیز حاکی از جذب بیشتر ملامین تا ۲٪ افزودن نانو سلولز بوده است که می‌تواند مؤید این یافته باشد. نتایج به‌دست‌آمده از مرحله اشباع با پلی وینیل استات نشان می‌دهد که با افزایش زمان غوطه‌وری در PVA مقاومت نمونه‌ها نسبت به ترک افزایش می‌یابد. در اینجا نیز کاغذها مشابه تیمار ۱۰۰ درصدی اوره از مقاومت‌های متوسطی برخوردار هستند. Istak و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تأثیر نوع و ترکیب رزین بر روی کیفیت کاغذ ملامینه نهائی گزارش کرده‌اند که ترکیب رزین در مرحله اشباع و نوع کاغذ پایه (طرح دار رنگی یا ساده سفید) بر روی مقاومت به ترک در کاغذ ملامینه نهائی تأثیری ندارد [۶].

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به‌منظور تولید کاغذ ملامینه با استفاده از رزین‌های اوره، ملامین و PVA در صنعت تولید تخته‌های روکش‌دار و با تغییر نسبت‌های مختلف آن‌ها به‌منظور بهبود کیفیت کاغذ ملامینه انجام شده است. همچنین در کنار این هدف از نانو سلولز به‌عنوان بخشی از ترکیب رزین در بخش اشباع استفاده شده تا بتوان اثرات آن را در بهبود کیفیت کاغذهای فوق‌الذکر بررسی نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

لذا بر اساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه‌گیری‌های زیر را به عمل آورد:

- در ترکیب ۱۰۰٪ اوره برای مرحله اشباع، ازنظر میزان جذب ملامین و ویژگی‌های سطحی کاغذ ملامینه می‌توان گفت که بهترین زمان اشباع ۱۰ ثانیه است که تقریباً ازنظر کلیه ویژگی‌های کاغذ نهائی دارای درجه کیفی مناسبی است.
- در تیمارهای ترکیبی، ترکیب 30%MF+70%UF ازنظر میزان جذب ملامین و نیز ویژگی‌های کاغذ ملامینه نهائی از جایگاه مطلوب‌تری برخوردار بوده است. به نظر می‌رسد که اضافه کردن تا ۳۰٪ ملامین به اوره به‌عنوان رزین مرحله اشباع می‌تواند گزینه مطلوب پیشنهاد شود.
- در خصوص به‌کارگیری نانو سلولز در ترکیب رزین اشباع، با در نظر گرفتن میزان جذب رزین ملامین و نیز ویژگی‌های به‌دست‌آمده برای کاغذ ملامینه، میزان مصرف نانو سلولز تا ۱٪ می‌تواند پیشنهاد می‌شود.
- در ارتباط با استفاده از PVA به‌عنوان رزین اشباع، می‌توان گفت که می‌تواند کیفیتی مشابه با رزین اوره ۱۰۰ در کاغذهای ملامینه حاصله ارائه نماید؛ اما با توجه به استفاده آسان‌تر از رزین اوره ازنظر عملیاتی، بهتر آن است که از اوره در مرحله اشباع استفاده شود.

منابع

[1] Kandelbauer, A., Teischinger, A., 2010. Dynamic mechanical properties of decorative paper impregated with melamin formaldehyde resin. European Journal of Wood and Wood Products, 68:179–187.

[2] Tabatabaei, M., 1984. Industry of veneer and viewing of wood, publication of deputy of cellulosic industries, Industry ministry, 549p. (In Persian).

[3] Tasooji, M., Tabarsa, T. and Mohamadi, A., 2010. Manufacturing of wheat straw particleboards based on the mixture of MF, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 25(2): 291-301. (In Persian).

[4] Wicher, M., 2012. Base Paper for decorative coating material, European Patent EP 2 222 919 B1.

[5] Kandelbauer, A., Petek, P., Medved, S., Pizzi, A. and Teischinger A., 2010. ON the performance a melamine-urea- formaldehyde resin for decorative paper coating. European Journal of Wood and Wood Products, 68: 63-67.

[6] Istak, a., 2010. The effect of décor paper and resin type on the physical, mechanical, and surface quality properties of particleboards coated with impregnated décor paper. Bioresurces, 5(2):1074-1083.

[7] Ghaemy, M. Sarrafi, y. and karimi, m., 2010. Curing kinetis of DGEBA\UF resin system used as laminates in impregnated decorative paper. Iranian Polymer Journal, 19(9):661-668.

[8] Roberts, R. J. and Evans, P. D., 2005. Effects of manufacturing variables on surface quality and distribution of melamine formaldehyde resin in paper laminates, Composites: Part A, 36: 95–104.

[9] Zanneti, M. and Pizzi, A., 2004. Dependence on the adhesive formulation of the upgrading of MUF particleboard adhesives and decrease of melamine content by buffer and additives, Holz als Roh- und Werkstoff, 61(1): 55-65.

[10] Kandelbauer, A., Wuzella, G., Mahendran, A., Taudes, I.and Widsten, P., 2009. Using isoconversional kinetic analysis of liquid melamine formaldehyde resin curing to predict laminate surface properties. Journal of Applied Polymer Science, 113(4): 2649 – 2660.

www.SID.ir

Archive of SID

The effect of type and mixture of resin on the properties of impregnated paper

Abstract

This study was carried out in order to investigate the effects of different types and mixtures of resins on the impregnated paper properties. In this regard, pure urea resin (100%), mixture of melamine and urea resins with various combinations (60/40 and 70/30 and 50/50), mixture of nano-fiber cellulose with ratios of 1, 2 and 3 percent with urea resin and pure PVA (100%) were used to impregnate the newsprint basic paper of Mazandaran wood and paper industries. Immersion of samples in the impregnation step were done in two durations of 5 and 10 seconds. Next, melamine resin was used for surface coating and then absorption of resin in the impregnation and coating process was measured. The results showed that, with respect to absorption rate and surface properties of melamine paper, the best impregnation duration was 10 seconds (in the case of pure (100%) urea). In the combined treatment, adding up to 30% melamine to urea resin, as impregnation step resin, offers better properties in terms of stain resistance, cigarette resistance, resistance to cracking and resistance to hot water steam for resulting papers. By adding nanocellulose up to 1% in impregnation resin, better properties were obtained for melamine paper. Moreover, PVA as impregnation resin can offer similar quality compared to the pure urea in the resulting melamine papers.

Key words: impregnated paper, melamine paper, nanocellulose, urea-formaldehyde, melamine formaldehyde.

S. Rafiei[1]
H. Kermanian[2]
E. Rasooly Garmaroody[3]
O. ramezani[4]

[1] M.Sc, Department of cellulose and paper technology, Shahid Beheshti university, Zirab campus, Mazandaran, Iran

[2] Assistant Prof., Department of cellulose and paper technology, Shahid Beheshti university, Zirab campus, Mazandaran, Iran

[3] Assistant Prof., Department of cellulose and paper technology, Shahid Beheshti university, Zirab campus, Mazandaran, Iran

[4] Assistant Prof., Department of cellulose and paper technology, Shahid Beheshti university, Zirab campus, Mazandaran, Iran

Corresponding author:
h_kermanian@sbu.ac.ir

Received: 2016/05/24
Accepted: 2016/07/19

www.SID.ir