بهبود مقاومت الیاف سلولوزی مقوا در برابر آب

A Method of Improvement of the Water Absorption Resistance of Cellulosic Fibers

قاسم نحف‌پور، علی‌اصغر قربشی، نادر زرجندشیراز
دانشگاه مازندران، دانشکده علوم‌پایه، استیتو شیمی
دریافت: ۷۴/۸/۱۶، پذیرش: ۷۵/۷/۱۸

چکیده
الیاف سلولوزی آبدوستند، بنابراین بخوبی‌پذیری آنها در برابر آب طی مطالعات آزمایشگاهی و با استفاده از مواد شیمیایی مختلف مواد عطفی، پیش‌ویسل‌کلوزد و اوره ـ فرمالدهید بررسی شده و استفاده از رزینهای گرماسخت مانند اوره ـ فرمالدهید برای بهبود مقاومت کاغذهایی که در برابر نفوذ آب مقاومت کمی دارند توصیه شده است. در این پژوهش، ضمن استفاده از مقوان تهیه شده از کاه برنج (محصول تولیدی یک واحد صنعتی در مازندران) به عنوان ماده اولیه، اثر مواد مختلف در استحکام بخشیدن و افزایش مقاومت آن در برابر نفوذ آب بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که یکارگیری چسب اوره ـ فرمالدهید از راه پوشش‌دهی سطحی در شرایط دمایی و پرس مناسب برای تولید انواع مقوا و کارتنهای ضد رطوبت عملی و به‌طورکلی موفقیت‌آمیز است.

واژه‌های کلیدی: الیاف سلولوزی، مقوا، رزین اوره ـ فرمالدهید، مقاومت در برابر جذب آب، آغشته‌سازی
Key Words: cellulosic fibers, cardboard, urea-formaldehyde resin, water absorption resistance, impregnation

مقدمه

الیاف سلولوزی آبدوستند، بنابراین به راحتی در آب متورم می‌شوند. سطوح الیاف متورم بکاررفته در تولید ورقه‌های کاغذ به هنگام فشرده شدن در تماس نزدیک با یکدیگر قرار می‌گیرند. آب ضمن خشک‌شدن از الیاف خارج می‌شود، درنتیجه نیروهای بین پیوندی الیاف در سطوح مجاور گسترش می‌یابد. این نیروها به محصول نهایی استحکام بیشتری می‌بخشند. اگر چنین کاغذهایی دوباره خیس شوند، الیاف متورم شده و نیروهای بین الیاف تضعیف می‌شود، درنتیجه کاغذ مقاومت خود را از دست می‌دهد. آزمایشهای دقیق روی کاغذهایی که از خمیرهای مختلف و در شرایط متفاوت تهیه شده‌اند، نشان می‌دهد که مقاومت این کاغذهای سیرشده در غیاب پیوندهای مصنوعی در حدود ۱ تا ۸ درصد کاهش می‌یابد. از آنجا که کاغذها در هنگام ترشدن مقاومت خود را از دست می‌دهند، افزایش مقاومت آنها در شرایط تر مهم است.

طی یک مجموعه اکتشافات در اواخر دهه ۱۹۳۰ و اوایل دهه ۱۹۴۰ تولید انبوه کاغذهای مقاوم در برابر آب آغاز شد [۱]. با استفاده از رزینهای گرماسخت پویژه آمینوپلاستها، اوره ـ فرمالدهید (UF) و ملامین ـ فرمالدهید (MF) مقاومت کاغذ در برابر آب بطور چشمگیری افزایش می‌یابد. این رزینها به شکل مونومر یا مواد مراحل میانی پلیمرشدن در حالت محلول، جذب الیاف می‌شوند. در اثر این عمل مقاومت الیاف نسبت به آب با پیدایش پلیمر جامد، که الیاف کاغذ به آن آغشته شده است، زیاد می‌شود. در ابتدای کار برای تولید ورق کاغذ به روش آغشته سازی از رزینها استفاده می‌شد. در پی آن رزینهایی شناخته شدند که با الیاف سلولوزی سازگاری داشتند. این نوع رزینها قبل از شکل‌دهی کاغذ به خمیر آن اضافه می‌شوند تا خاصیت مقاومت در برابر آب را بدست آورند.

کاغذهای مقاوم به آب به شکل ورقه‌هایی هستند که اگر با آب سیر شوند در مقابل تر شدن، پاره شدن و متلاشی شدن مقاومت چشمگیری نشان می‌دهند. مقاومت کاغذ را معمولاً در مجاورت آب می‌سنجند. زیرا آب هیچ‌گونه اثر شیمیایی بر کاغذ ندارد. افزایش برخی از مواد شیمیایی ممکن است بر الیاف کاغذ اثر سوء داشته باشد، در حالی که بعضی دیگر مانند هیدروکربنهای خالص عملا هیچ‌گونه اثری بر مقاومت کاغذ ندارند. با وجود این، الکلها، اسیدهای آلی و آمینها بر حسب قطبیت مایع و وزن مولکولی آن می‌توانند مؤثر باشند.

روشهای گوناگونی برای مقاوم‌سازی کاغذ در برابر آب وجود دارد که اکثر این روشها در حد پژوهشهای آزمایشگاهی باقی مانده‌اند و برخی جهت تولید فراورده‌های خاص به مرحله تولید تجاری رسیده‌اند. بطور کلی، مواد اصلی برای مقاوم‌سازی کاغذ در برابر آب به سه دسته تقسیم می‌شود [۲]:

۱ـ مشتقات کاتیونی مرحله B اوره ـ فرمالدهید،

۲ـ مشتقات کلوییدی کاتیونی ملامین ـ فرمالدهید،

۳ـ رزینهای پلی آمید ـ پلی‌آمین ـ اپی کلروهیدرین و ترکیبات اصلاح شده آنها.

از آنجا که استفاده از مواد دسته اول موردنظر است، تنها به توضیح مختصری درباره دو دسته دیگر بسنده می‌کنیم.

رزینهای اوره ـ فرمالدهید

اوره ـ فرمالدهید در شرایط خنثی یا کمی قلیایی طبق واکنش زیر تشکیل دی متیلول اوره (DMU) می‌دهد:

این واکنش به عنوان مرحله A یا مرحله مونومری رزین در نظر گرفته می‌شود. در شرایط اسیدی و در دمای بالا، DMU پلیمری نامحلول تولید می‌کند. چنانچه کاغذ به محلول DMU اسیدی آغشته شود و پلیمرشدن با کاتالیزور اسیدی انجام گیرد، مقاومت در برابر آب حاصل می‌شود. چون DMU به صورت غیر یونی و پلیمری است نمی‌تواند به‌وسیله الیاف کاغذ از محلول آبی جذب شود. ازاین‌رو، آغشته‌سازی کاغذ با پاشیدن یا تر کردن سطوح صورت می‌گیرد. به‌علاوه، مقاومت حاصل از DMU در اثر انبارشدن کاغذ در شرایط کاملاً مرطوب موجب از دست رفتن آن و تجزیه و آبکافت رزین مقاوم در برابر آب می‌شود. رزینهای مرحله B اوره ـ فرمالدهید در اثر پلیمرشدن به پلیمرهایی اساساً سه بعدی تبدیل می‌شوند.

برای بهبود مقاومت اوره ـ فرمالدهید در حالت تر از آمینهای چند عاملی استفاده می‌شود که به عنوان واکنشگرهای اصلاح کننده در رزینهای اوره ـ فرمالدهید عمل می‌کنند. این آمینها عبارتند از: اتیلن‌دی‌آمین (EDA)، دی‌اتیلن تری آمین (DET)، تری‌اتیلن تترآمین (TET)، گوانیدینها، بی‌گوانیدینها، گوانیل اوره‌ها، اتانول آمین و دی‌اتانول آمین [۳].

رزینهای ملامین ـ فرمالدهید

آمین سه عاملی ملامین، نخستین بار به صورت تجارتی از کلسیم سیانامید تولید شده است. ملامین با فرمالدهید واکنش می‌دهد و مجموعه‌ای از مشتقات متیلول، از مونو تا هگزامتیلول ملامین بوجود می‌آورد.

مشتقات متیلول برای بهبود خواص الیاف سلولوز، کاغذ یا منسوجات بکار گرفته می‌شوند. وجود این ترکیبات موجب بهبود خواص الیاف به‌هنگام آغشته‌سازی می‌شود. کاغذهای تولید شده از رزین ملامین، به علت وجود گروههای فعال و عمل کننده در رزینهای ملامین، در مقایسه با رزین اوره مقاومت بیشتری به ازای واحد رزین مصرفی دارد و پایداری آنها هنگام انبار شدن بیشتر است. برای عملکرد بهتر رزینهای ملامین ـ فرمالدهید، همانند اوره ـ فرمالدهید، شرایط اسیدی لازم است.

رزینهای پلی آمید ـ پلی آمین ـ اپی‌کلروهیدرین (PPE)

سومین دسته اصلی از رزینهای مقاوم در برابر آب که به صورت انبوه تولید می‌شوند، رزینهای نوع پلی آمید ـ پلی آمین ـ اپی کلروهیدرین‌اند. از ویژگیهای اصلی این نوع رزینها قابلیت جذب آنها به‌وسیله الیاف است [۴]. این رزینها در شرایط خنثی یا قلیایی عمل‌آوری می‌شوند. شرایط اسیدی مورد نیاز (pH برابر ۴ تا ۵) برای استفاده موثر از رزینهای UF و MF باعث خوردگی در ماشینهای تهیه کاغذ می‌شود، در نتیجه استفاده از این رزینها، که برای عمل‌آوری آنها شرایط اسیدی لازم نیست، برتری ویژه‌ای دارد.

مکانیسمهای مقاومت در برابر آب

عموماً مکانیسمهای مقاومت در برابر آب به‌صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱ـ رزینهای شبکه‌ای دارای پیوندهای عرضی بین الیاف با کاهش میزان تورم الیاف، مقاومت آنها را افزایش می‌دهند. در این حالت علاوه بر تشکیل پیوندهای عرضی بین رزین و سلولوز، پیوندهای عرضی بین سلولوزی نیز ایجاد می‌شود که استحکام بیشتری به الیاف می‌بخشد. یکی از روشهای نسبتا جالب، آغشته‌سازی سطوح الیاف به مونومر رزین است

که پس از آن در آب نامحلول می‌شود و در شرایطی پیوندهای عرضی ایجاد می‌کند.

۲ـ چسبهای نامحلول در آبی که بین الیاف قرار می‌گیرد، به آنها استحکام می‌بخشند. چسبهای مایع پروتئینی، که با فرمالدهید سخت می‌شوند، می‌توانند بین الیاف پیوندهایی را بوجود آورند. در این حالت مقاومت الیاف در برابر آب دائمی نیست و در اثر تماس طولانی با آب از دست می‌رود. عواملی که بین الیاف پیوند بوجود می‌آورند، در ایجاد مقاومت در برابر آب موثرند و علاوه بر آن، مقاومت در برابر کشش در حالت خشک، چگالی و سختی را افزایش می‌دهند.

۳ـ جاذبه بین اتمی (غالباً پیوند هیدروژنی) موجب مقاومت بیشتر آنها نسبت به کاغذهای معمولی می‌شود. پیوندهای هیدروژنی از طریق گروههای هیدروکسیل الیاف سلولوز ایجاد می‌شوند و متداولترین نوع پیوند در کاغذند. در کاغذهای معمولی این نوع پیوند ضعیف است و در مجاورت آب از بین می‌رود، ولی با ایجاد گروههای استخلافی روی الیاف می‌توان مقاومت در برابر آب را افزایش داد.

۴ـ ایجاد پیوند کووالانسی بین الیاف، با پیدایش فاز اضافی یا بدون آن، مقاومت آنها را افزایش می‌دهد. در اثر ایجاد پیوند، مقاومتی در برابر آب پدید می‌آید که در تمام محدوده pH در برابر آبکافت پایدار می‌ماند و بدین‌ترتیب از انواع مکانیسمهای دیگر مشخص می‌شود. مثلاً، فرمالدهید در شرایط اسیدی و دماهای بالا با سلولوز واکنش می‌دهد و اتصالات متیلنی ایجاد می‌کند.

کاربردهای کاغذهای مقاوم در برابر آب

کاغذهای مقاوم در برابر آب کاربردهای متنوعی دارند که در این بخش به برخی از آنها اشاره می‌شود:

۱ـ محصولات کاغذی که برای خشک کردن بکار گرفته می‌شود، مانند حوله کاغذی، دستمال عدسی و کاغذهای صنعتی.

۲ـ محصولاتی که در معرض هوای مرطوب قرار می‌گیرند، مانند کاغذهای بسته‌بندی، کیفهای کاغذی، نقشه‌ها، پوسترها و پاکتهای موادی نظیر کود و سیمان.

۳ـ بسته‌بندی مواد مرطوب، مانند بسته‌بندی گوشت، سبزی، میوه، غذای آماده و موادغذایی منجمد و ورق نازک برای پوشش مواد غذایی.

۴ـ موادی که در ضمن فراورش در آب غوطه‌ور می‌شوند، مانند کاغذهای عکاسی، کپی، چاپ، صافی، سیرشده و کاغذ بسته‌های چای.

۵ـ مصارف موقتی کاغذ به جای منسوجات، مانند ملافه‌های بیمارستان، نوارهای یکبارمصرف امور بهداشتی و رویوش بیمارستانی.

تجربی

مواد

مقوای لازم برای این پژوهش از واحد صنعتی برد مازند مازندران تهیه شد. در این واحد برای مصارف مختلف از کاه برنج مقوا تولید می‌شود. پژوهشهایی برای تولید مقوای مقاوم در برابر رطوبت و آب در مقیاس آزمایشگاهی صورت گرفت. برای انجام آزمایشها ورقهای مقوایی به ابعاد ۷۰×۱۰۰ سانتیمتر به‌صورت نوارهای ۲×۱۸ سانتیمتری برش داده شد.

همه مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از شرکتهای فلوکا، مرک و فیشر تهیه شدند. قیر، نشادر، پارافین، بنزین و نفت بکار رفته از بازار خریداری شد، که انواع تجارتی این مواد در آنجا به وفور وجود دارد. چسب اوره‌ـ فرمالدهید از شرکت سبنای شیراز و پی وی‌سی ژئومیران از شرکت درخشان تهیه شد.

دستگاهها

جهت نشردن مکانیکی از صفحه داغ نوع هایدولف مدل MR ۲۰۰۲ و ترموکوپل نوع گرایزینگر الکترونیک مدل مولیبدن GTH ۲۱۰ استفاده شد. دما و فشار پرس به ترتیب در حدود ۱۵۰ درجه سانتیگراد و ۳ تا ۵ کیلوگرم بر سانتیمتر بود و نمونه‌ها به مدت ۲ الی ۳ دقیقه گرما دیده‌اند تا پخت شیمیایی آنها انجام گیرد. برای خشک کردن نمونه‌ها، خشک‌کن گرمایی آزمایشگاهی LTE بکار گرفته شد.

یادآور می‌شود که برای خشک کردن مواد در مقیاس بزرگ از خشک‌کن با جریان هوای گرم استفاده می‌شود.

روشها

پس از اندازه‌گیری وزن اولیه نمونه‌های مقوای برش داده‌شده، این نمونه‌ها برای مدت کوتاهی درمحلولهای رقیق‌شده قرارداده‌شدند تا نفوذ مواد در آنها به اندازه لازم صورت گیرد. روز بعد نمونه‌های آغشته‌شده به مدت زمانهای مختلف درآب قرارگرفتند. سرانجام جذب آب بر حسب درصد وزنی مقوای آغشته‌شده محاسبه‌شد. اوره‌ـ فرمالدهید با غلظتهای مختلف، ۱۰ تا ۶۵ درصد تهیه و بکار گرفته شد. مواد شیمیایی سخت کننده اوره‌ـ فرمالدهید، قبل از پخت گرمایی به مقدار اندک مصرف شدند.

فراورده‌های نفتی، PVC و چسب اوره‌ـ فرمالدهید برای بهبود مقاومت الیاف سلولوزی و جهت افزایش مقاومت مقوای تک لایی و چندلایی مورد آزمایش قرار گرفتند [۷ـ۵].

نتایج و بحث

از سالها پیش مشخص شده است که قرار گرفتن کاغذ در گرما آن را تا

جدول ۱ـ مقایسه درصد جذب آب به وسیله الیاف مقوا

نمونه	وزن اولیه (g)	نوع محلول	وزن ثانویه (g)	غلظت محلول (٪)	وزن‌نمونه ترشده (g)	جذب آب (٪)	زمان عمل‌آوری
۱	۷/۰۸۱	اوره‌ـ اتانول	۸/۱۷۶	۱۵/۵	۱۷/۷۱	۱۱۷	۲۴ ساعت با آب
۲	۵/۸۸۵	قیر ـ بنزین	۶/۳۵	۸/۶	۱۴/۸۹۶	۱۳۵	عمل‌آوری نشده
۳	۱۰/۷۹۵	اوره‌ـ آب	۱۴/۷۶۵	۳۶/۸	۲۷/۴۳۵	۸۶	-
۴	۹/۹۷۲	پلی‌وینیل‌کلرید	۱۰/۴۶۳	۴/۹	۲۳/۴۵	۱۲۴	-
۵	۹/۷۷۶	اوره‌ـ آب	۹/۹۱	۵	۱۸/۲	۸۴	۵ دقیقه
۶	۹/۳۴۲	اوره‌ـ روی‌کلرید	۱۴/۲۱	۵۰	۲۵/۷۱	۸۱	۲۵ دقیقه
۷	۸/۹۲۴	اوره‌ـ آلومینیم‌اکسید	۱۴/۴	۵۰	۲۵	۷۳	۲۵ دقیقه
۸	۷/۷۹۶	اوره‌ـ باریم‌کلرید	۱۳/۸۵	۷۷	۲۲/۶۲	۶۳	۲۵ دقیقه
۹	۱۰/۰۰۴	قیر ـ نفت	۱۰/۶۵۵	۶/۵	۲۴/۶۸۵	۱۳۱/۶	عمل‌آوری نشده
۱۰	۹/۷۵۵	اوره‌ـ نشادر	۷/۲۷	۷/۶	-	-	-
۱۱	۱۲/۵۶۵	اوره‌ـ نشادر	۱۷/۶۲	۴۰	۱۹/۸۴	۱۲	۵ دقیقه
۱۲	۵/۵۷۶	شاهد	-	-	۱۴/۷۷	۱۶۵	عمل‌آوری نشده

حدودی در برابر آب مقاوم می‌کند. واکنش الیاف سلولوزی در دمای بالا در منابع متعددی گزارش شده است. این واکنش به وسیله تشکیل پیوندهای عرضی انسری از راه آبگیری روی می‌دهد. هرگاه چنین پیوندهای عرضی به طور طبیعی بین لایه‌های الیاف تشکیل شود، مقاومت و سختی در برابر آب ایجاد می‌شود. مقاومتی که در برابر آب بوجود می‌آید در تمام pHها در برابر آبکافت پایدار می‌ماند و این نتایج در تایید نظریه تشکیل پیوندهای کووالانسی است. تاکید می‌شود که تفاوت اندکی بین ایجاد خود به خود پیوندهای عرضی و تحلیل رفتن زنجیرهای سلولوزی وجود دارد. دما و مدت زمان اعمال دما هر دو در این فرایند سهیم‌اند. کمترین دمای لازم برای این واکنش ۲۰۰ درجه سانتیگراد است [۴،۸].

درصد جذب آب نمونه‌های مقوایی آغشته به چسب با محلولهای متفاوت، که در این پژوهش بکار رفته‌اند، محاسبه و نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. در این جدول کاهش درصد نفوذ آب با افزایش درصد آغشته شدن مقوا مشاهده می‌شود.

چسب اوره‌ـ فرمالدهید از واکنش فرمیک‌اسید با اوره در شرایط بازی حاصل می‌شود. این چسب در تجاری مصرف بسیار زیادی دارد. ایجاد پیوندهای عرضی در این ماده با پخت شیمیایی، تنظیم دما و فشار بطور موفقیت‌آمیزی صورت می‌گیرد. برای انجام پلیمرشدن محیط اسیدی لازم است. بهترین شرایط پیش‌بینی شده عبارت از دمای ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد و pHبرابر ۴ تا ۵ است [۵]. اوره‌ـ فرمالدهید در نفت، بنزین و استون نامحلول است و در اتانول تخریب می‌شود. اوره‌ـ فرمالدهید در آب محلول است و می‌توان آن را به آسانی از محلولهای رقیق بدست آورد. در آغاز pHمحلول قلیایی است و تا زمانی که اوره‌ـ فرمالدهید به خودی خود واکنش ندهد، این شرایط حفظ می‌شود. چنانچه محیط اسیدی شود، تشکیل پیوندهای عرضی آغاز می‌شود و افزایش آمونیم کلرید، صرفا به دلیل آزادسازی کلریدریک‌اسید، برای تغییر pH محیط است.

برای افزایش مواد پرکننده طبیعی به نمونه‌های ۱۱ و ۱۲ [۹] ابتدا با محلول ۵۰ گرم چسب، ۱۵۰ گرم آب، ۱۵ گرم پرکننده طبیعی و ۵ گرم آمونیم کلرید و با تنظیم pH به‌وسیله چند قطره اسید، پوشش داده شدند و سپس، این نمونه‌ها به‌وسیله گرما و در پرس داغ در دمای ۱۳۰ درجه سانتیگراد طی مدت چند دقیقه تهیه شده‌اند. نتایج تجربی نشان می‌دهد که در اثر این عمل، سطح مقوا ملایم‌تر می‌شود. این نمونه‌های مقوا از استقامت قابل ملاحظه و انعطاف نسبی برخوردارند.

در این پژوهش از دو روش برای پوشش‌دهی استفاده شده است. ابتدا با روش غوطه‌ورسازی نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت در چسب با غلظتهای متفاوت ۱۰ تا ۴۰ درصد قرار گرفته و بررسی شده‌اند. سپس، روشهای دیگر، از جمله روش اضافه کردن چسب به خمیر کاغذ و خشک و پرس‌کردن بعدی آن در دمای ۱۳۰ درجه سانتیگراد آزمایش شده‌اند. نتایج بدست آمده از این روش حاکی از ناموفق بودن این تجربه است، زیرا در حالت تر خمیر کاغذ مقاومت پیدا نمی‌کند. آنچه مسلم است، غلظت متوسط ۲۵ درصد چسب اوره‌ـ فرمالدهید با ۸ ساعت تماس در دمای آزمایشگاه بهترین شرایط است. روش آغشته‌سازی کاغذ به چسب رقیق و تغییر و تنظیم pH در محدوده ۴ تا ۵ با نشادر و

جدول ۲- مقایسه میزان جذب چسب و آب بوسیله مقوای تک لایه و چند لایه با روکش و بدون روکش.

نمونه	وزن اولیه (g)	نوع محلول	وزن ثانویه (g)	وزن نمونه خشک‌شده (g)	وزن نمونه ترشده (g)	جذب آب (%)	ملاحظات
۲۴	۶/۵	اوره ۲۰٪	۱۸/۷۸	۸/۹۴	۱۰/۰۱	۱۲	-
۲۶	۵/۷۱	اوره ۲۰٪	۱۸/۱۵	۸/۱۵	۸/۶۴	۶	نمونه بسیار خشک
۳۱	۵/۸۵	اوره ۴۰٪	۲۰/۰۵	۱۰/۵۲	۱۱/۵	۹/۳	زمان تماس ۲ ساعت
۴۲	۶/۷۸	پلیمر	۷/۰۹	۷/۰۹	۷/۱۵	۰/۸۵	جذب کمتر از یک‌درصد
۴۳	۶/۴	پلیمر	۶/۶۴	۶/۶۴	۶/۷	۰/۹	-
۴۷	۷/۰۶	اوره ۲۰٪	۱۸/۸۶	۷/۸۸	۱۲/۷۵	۶۲	در هوا خشک شده
۴۹	۷/۰۴	اوره ۲۰٪	۱۸/۸۶	۷/۸۹	۱۳/۱۲	۶۶	در هوا خشک شده

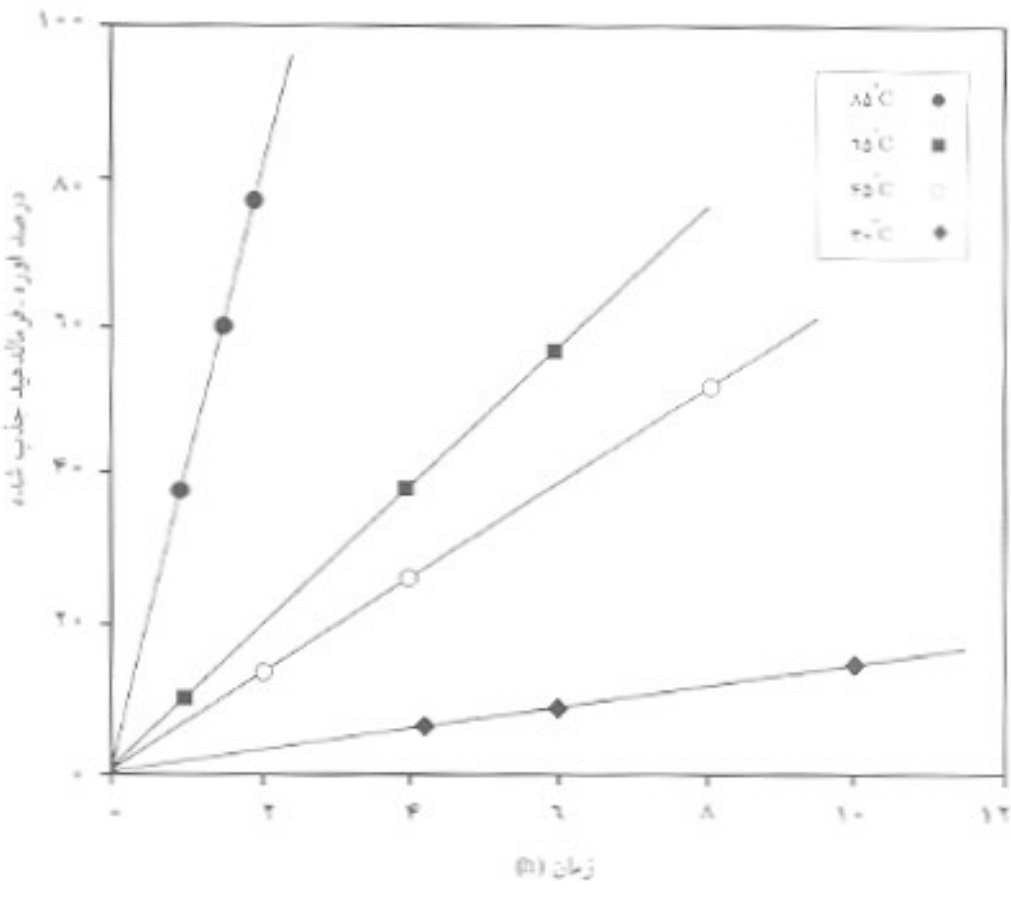
سدیم بی‌سولفیت در حمامهای جداگانه به مدت یک دقیقه موجب سخت شدن چسب می‌شود و پایداری آن را بالا می‌برد. عمل‌آوری به کمک گرما و فشار صورت می‌گیرد که نتیجه آن ایجاد مقوای محکم و مقاوم است. بدین ترتیب که هنگام رسیدن دمای سطح پرس به ۱۳۵ تا ۱۴۵ درجه سانتیگراد، گرما دادن متوقف و بلافاصله مقوا از پرس خارج می‌شود. برای جلوگیری از چسبندگی کاغذ به پرس به میزان بسیار اندک سطح پرس با پارافین تر می‌شود تا عمل‌آوری به آسانی صورت گیرد.

خشک شدن مقوای آغشته به چسب رقیق در خشک‌کن با دمای ۵۵ تا ۶۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ ساعت موجب سخت شدن مقوا و اصطلاحا بیسکویتی شکل شدن آن می‌شود و قوام و سختی آن را افزایش می‌دهد. کشش الیاف سلولوزی برای ایجاد استحکام بیشتر موجب انحنای جزئی مقوا می‌شود که این معایب با فشردن کاملا رفع می‌شود. برای ایجاد مقاومت بیشتر در کاغذ از چسب نئوپان استفاده شد که چسب غلیظی شامل حدود ۶۵ گرم اوره- فرمالدهید، ۲۵ گرم پرکننده طبیعی و ۲۵ میلی‌لیتر آب بدون عوامل سخت کننده است. چسب حاصل را می‌توان برای مدتی نگهداری کرد و به هنگام مصرف مقداری مواد سخت کننده به آن افزود تا pH آن تنظیم شود. اکنون برای تهیه چند لایی، سطوح تماس تک‌لایها به چسب غلیظ آغشته شده و سپس پرس می‌شوند. خصوصیات سه‌لایهای درست شده با روکش و بدون‌روکش حاکی از موفقیت کار است که با جذب کمتر از ۲ درصد طی یک تا دو دقیقه تماس با آب، استحکام خود را همچنان حفظ می‌کنند. در جدولهای ۲ و ۳، وزن و درصد چسب و میزان جذب آب در تجربه‌های موفق نشان داده شده است. نتایج مربوط به نمونه‌های ۵۱ تا ۷۰ حاکی از رسیدن به اهداف پژوهش است که امیدواریم این نمونه‌ها در مقیاس صنعتی و بر اساس روش کار آزمایشگاهی مدلسازی شده و مورد بهره‌برداری قرار گیرند.

در جدولهای ۲ و ۳ کاهش درصد نفوذ آب در اثر افزایش درصد پوشش مقوا و زمان طولانی آغشته‌سازی در چسب مشاهده می‌شود. چسب غلیظ از محلول ۶۵ گرم چسب، ۲۵ گرم آب، ۲۵ گرم پرکننده طبیعی و ۵ گرم آمونیم کلرید و با تنظیم pH به‌وسیله چند قطره اسید تهیه شده است. قرار گرفتن مقوا در پرس داغ با دمای ۱۵۰

جدول ۳- مقایسه میزان جذب چسب و آب بوسیله مقوای چندلایی عمل آوری شده (ملامین‌دار).

نمونه	وزن‌اولیه (g)	نوع محلول	وزن پیش‌از قرار گرفتن‌درآون(g)	وزن پس‌از قرار گرفتن‌درآون(g)	وزن پس‌از قرار گرفتن‌درپرس‌داغ(g)	وزن نمونه ترشده (g)	جذب آب (%)
۴۶-۴۴	۲۱/۶۶	اوره ۱۰٪	۵۴/۶	۲۹/۶۱	۲۶/۲۲	۲۷/۰۸	۳/۳
۴۷،۲۶،۲۴	۱۹/۲۷	اوره ۲۰٪	۵۳/۸	۲۸/۷۲	۲۵/۰۱	۲۷/۲۹	۵/۳
۳۷،۳۳،۳۱	۱۸/۲۶	اوره ۴۰٪	۶۰/۱	۳۲/۳	۲۸/۵	۲۹/۷۲	۴/۳
۵۸،۵۷،۵۱	۲۳/۳۷	اوره ۲۰٪	۶۲/۳	۲۹/۶	۳۰	۳۰/۴۸	۱/۶
۵۶،۵۴،۵۲	۳۰/۴۵	اوره ۲۰٪	۷۴/۹	۴۳/۱۹	۳۸/۵۷	۳۸/۵۷	۰(شاهد)
۷۰-۶۸	۲۰/۸	اوره ۳۰٪	۵۸/۸۶	۲۸/۱۳	۲۹/۸	۳۰/۱۹	۱/۳
۴۳،۴۲	۱۳/۱۸	پلی‌وینیل‌کلرید	-	-	۲۴/۶۳	۲۴/۸۶	۰/۹ روکش دار
سه لایی بزرگ	۸۶/۵۷	اوره ۲۵٪	۱۵۰/۴۵	۹۳/۱۵	۹۲/۴۸	۹۳/۰۴	۰/۶ روکش‌دار



شکل ۱ ـ درصد جذب اوره ـ فرمالدهید بوسیله مقوا برحسب زمان در دماهای مختلف.

درجه سانتیگراد به مدت دو دقیقه کافی است. در صورتی که دمای پایینتر اعمال شود، زمان بیشتری لازم است. پس از آن، عمل ملامین‌دار شدن روی مقوا کاملاً مشاهده می‌شود. مقوای حاصل از استقامت قابل‌ملاحظه و انعطاف نسبی برخوردار است و طی این آزمایشها سه‌لایی روکش‌دار مطلوبی بدست می‌آید. توصیه می‌شود که عمل غوطه‌ورشدن و آغشته‌سازی به مدت ۸ ساعت و عمل سخت شدن به‌وسیله نشادر و سدیم‌بی‌سولفیت و تنظیم شرایط مناسب pH برابر ۴ تا ۵ در یک حمام جداگانه طی یک تا دو دقیقه صورت گیرد. افزایش نمک اسیدی کمک زیادی به سخت‌شدن چسب می‌کند. آماده‌سازی، پرس و پخت گرمایی از حساسیت خاصی برخوردار است، از این‌رو، دقت در تنظیم دمای پرس ضروری است.

اثر مدت زمان غوطه‌ورسازی و میزان جذب اوره ـ فرمالدهید در دماهای متفاوت نیز بررسی شده است. در مدت زمانی کمتر از نیم ساعت و در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد بیش از ۸۰ درصد چسب جذب الیاف می‌شود. در صورتی که در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد و در مدت دو برابر یعنی نزدیک به ۲ ساعت، میزان جذب چسب به ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. با ثابت نگهداشتن میزان جذب چسب به مقدار ۲۰ درصد در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد، مدت جذب ۲ ساعت می‌شود، درصورتی که در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد، زمان غوطه‌ورسازی به ۳ ساعت و در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد، مدت جذب به ۱۲ ساعت افزایش می‌یابد. نتایج آزمایشها نشان می‌دهد که مدت زمان غوطه‌ورسازی با افزایش دما تا ۳۵ درجه سانتیگراد، از ۱۲ ساعت به ۲ ساعت کاهش می‌یابد و با افزایش دما تا ۵۵ درجه سانتیگراد، زمان غوطه‌ورسازی الیاف مقوا به ۱۲ تا ۱۵ دقیقه می‌رسد. شکل ۱ وابستگی درصد اوره ـ فرمالدهید جذب شده به دما را بر حسب زمان نشان می‌دهد.

استفاده از پلیمر ژئومبران نیز موفقیتهای چشمگیری را در تهیه مقوای ضد رطوبت داشته است. در این حالت تماس دائم پوشش مقوا با آب امکان‌پذیر است. افزایش ضخامت غشای ژئومبران می‌تواند در استفاده بهینه از آن موثر باشد. مشاهده شده است که با استفاده از ۳/۵ درصد پلیمر، درصد جذب آب به‌وسیله مقوا کمتر از یک درصد خواهد بود. تنها نقص روش یادشده این است که پوشش به دلیل نازکی، به آسانی زخمی یا ساییده می‌شود. در چنین مواردی لازم است که ضخامت پوشش افزایش یابد. نمونه‌های ۴۲ و ۴۳ با این پلیمر پوشش

یافته‌اند که در جدولهای ۲ و ۳ درصد جذب پلیمر بوسیله مقوا و درصد جذب آب بوسیله مقوای مقاوم شده ارائه شده است.

استفاده از چسب اوره ـ فرمالدهید از راه پوشش‌دهی سطحی در شرایط دمایی و پرس مناسب برای تولید انواع مقوا و کارتنهای ضد رطوبت عملی است که در این طرح پژوهشی نیز نتایج موفقیت‌آمیزی را به همراه داشته است. همچنین، برای تولید انواع مقواهای ضخیم چند لایه‌ای با استفاده از چسب اوره ـ فرمالدهید غلیظ و عمل‌آوری آن در شرایط مناسب نتایج مفیدی حاصل می‌شود. با این روش می‌توان مقوا و سه‌لایی مقاوم در برابر آب تهیه کرد. استفاده از پلی‌وینیل‌کلرید بهترین نتیجه را در این زمینه دربر دارد، ولی از نظر اقتصادی استفاده از چسب اوره‌ـ فرمالدهید نسبت به این پلیمر برتری دارد.

نتیجه‌گیری

تاکنون از مواد شیمیایی مختلف مانند قیر و رزینهای اوره ـ فرمالدهید برای استحکام بخشیدن و بهبود مقاومت الیاف سلولوزی در برابر نفوذ آب استفاده شده است.

مواد نفتی نظیر قیر، گرچه در استحکام بخشیدن به الیاف موثرند، ولی اثر چندانی در بهبود مقاومت الیاف در برابر آب ندارند. استفاده از ترکیبات اوره ـ فرمالدهید رقیق ۱۰ تا ۴۰ درصد به ترتیبی که الیاف در محلول غوطه‌ور و سپس در آون خشک شود، موجب بهبود مقاومت آن در برابر نفوذ آب می‌شود. بدین‌ترتیب نفوذپذیری الیاف پخت شده حتی تا حد کمتر از ۲ درصد کاهش خواهد یافت. استفاده از رزین پی وی سی جهت پوشش‌دهی مقوا نیز نتایج بسیار خوبی در پی داشته است. نتایج به دست آمده از بررسی پلیمر پلی‌وینیل‌کلرید نشان می‌دهد که استفاده از آن میزان نفوذپذیری آب را به میزان کمتر از یک درصد می‌رساند.

نتایج حاصل نشان می‌دهد که ترکیبات اوره ـ فرمالدهید نقش عمده و موثری در تهیه فراورده‌های مقوا و کارتن سخت و با دوام و مقاوم نسبت به آب دارند. به علاوه، استفاده از چسب اوره ـ فرمالدهید یکی از روشهای موفق جهت تولید انواع کاغذهای ضدآب و رطوبت است. پخت اوره ـ فرمالدهید با استفاده از انواع سخت‌کننده‌های شیمیایی در دمای مناسب در مدت زمان بسیار کوتاه عملی می‌شود و نتایج بسیار رضایت‌بخشی نیز بدست می‌دهد.

اشاره می‌شود که میزان چسب جذب شده رابطه مستقیم با دمای محلول دارد. بدین‌ترتیب که با افزایش دما درصد جذب رزین افزایش می‌یابد و زمان غوطه‌ورسازی الیاف بسیار کوتاه می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از شرکت بردمازند به دلیل همکاری بی‌دریغ جهت اجرای این طرح قدردانی می‌شود.

مراجع

1 *The Paper Dictionary*; American Pulp and Paper Association, New York, 475, 1965.

2 Casey J. et al.; *Pulp and Paper: Chemistry and Chemical Technology*; John Wiley and Sons, 3, 1981.

3 Herman B. S.; *Adhesives Recent Development*; Noyes Data Corporation, 65, 1976.

4 Bateman D. L.; *Hot Melt Adhesives*; Noyes Data Corporation, 109, 1978.

5 ASTM D4690-90, 1990.

6 ASTM D1490-82, 1987.

7 ASTM D2559-84, 1990.

8 Satriana M. J.; *Adhesives Technology Annual*; Noyes Data Corporation, 1978.

9 Hemingway R. W. et al.; *Adhesives from Renewable Resources*; ACS Symposium Series, ACS, 385, 1989.