

تأثیر اصلاح الیاف با روش پیوندزنی بر خواص مقاومتی خمیر کاغذ CMP

ایمان رشیدی جویباری^{۱*}، محمد آزادفلاح^۲، یحیی همزه^۳، حسین رسالتی^۴ و سعید مهدوی^۵

*۱- مسئول مکاتبات، دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته صنایع خمیر و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
پست الکترونیک: inrashidi@yahoo.com

۲- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴- استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۵- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش شهریور ۱۳۹۱

چکیده

خمیر کاغذهای مکانیکی و شیمیایی - مکانیکی از جمله CMP در مقایسه با خمیر کاغذهای شیمیایی به دلیل داشتن خواص ضعیف، به‌ویژه مقاومت نسبتاً کم برای استفاده در ساخت کاغذهایی با کیفیت زیاد از مطلوبیت کمی برخوردار هستند. بنابراین با استفاده از روش‌های مناسبی برای اصلاح و بهبود ویژگی‌های این نوع الیاف می‌توان معایب مربوط به این خمیر کاغذها را برطرف ساخت. بنابراین در این مطالعه از کاتیونی کردن به روش پیوندزنی به منظور اصلاح الیاف استفاده شده است. بدین منظور ابتدا الیاف توسط قلیا با نسبت ۲۰٪ وزن خشک الیاف پیش تیمار و بعد با استفاده از کمپلکس کاتیونی کننده EPTMAC^۱ در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵٪ (نسبت به وزن خشک الیاف)، سطح الیاف خمیر کاغذ CMP اصلاح شد. از اختلاط الیاف کاتیونی شده با نسبت‌های ۱۰۰، ۴۰ و ۲۰ درصد با الیاف کاتیونی نشده کاغذهای دست‌ساز ساخته شد و مقاومت به کشش و مقاومت به ترکیدن آنها اندازه‌گیری شد. بهترین نتایج اندازه‌گیری‌های مقاومت به ترکیدن و مقاومت به کشش از ترکیب الیاف کاتیونی شده با سطح ۱۰٪ عامل کاتیونی کننده و نسبت اختلاط ۴۰ و ۲۰ درصد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: کاتیونی کردن، EPTMAC، پیوندزنی، CMP، مقاومت.

مقدمه

خمیر کاغذهای مکانیکی و شیمیایی - مکانیکی در مقایسه با خمیر کاغذهای شیمیایی به دلیل داشتن برخی ویژگی‌های نامطلوب مثل تمایل به زرد شدن و برگشت روشنی، خواص مقاومتی نسبتاً کم و ماندگاری پایین نرمه‌ها برای استفاده در کاغذسازی به‌ویژه ساخت کاغذهای با کیفیت زیاد از مطلوبیت کمی برخوردار هستند. کاستن از مشکلات مربوط به این خمیر کاغذها و به تبع آن توسعه کاربرد آنها در ساخت کاغذهای مرغوب سال‌ها توجه محققان را به خود معطوف کرده است و این تحقیقات همچنان ادامه دارد. به‌عنوان مثال برای بهبود ویژگی‌های مقاومت این نوع خمیر کاغذها در طی دو دهه اخیر روش‌های متعددی شامل:

پیش تیمار الیاف سلولزی مانند پیش تیمار حرارتی، پالایش و مصرف مواد شیمیایی به‌منظور افزایش واکنش‌پذیری الیاف به‌کار گرفته شده است.

به‌طور کلی الیاف، نرمه‌ها و پرکننده‌های معدنی مهمترین مواد مورد استفاده در کاغذسازی هستند. اغلب همه این مواد به علت بار آنیونی همدیگر را دفع می‌کنند که اشکالات مربوط به این اثر شامل ماندگاری ضعیف نرمه‌ها، پیوند ضعیف بین الیاف و خواص مقاومتی کم و همچنین مسائل مربوط به آب‌گیری و افزایش حجم پساب می‌باشد.

برای رفع مشکلات ناشی از بار سطحی الیاف و نرمه‌ها، سطح الیاف را می‌توان با استفاده از روش‌های اتری کردن، استری کردن، اکسید کردن و یا با استفاده از تکنیک‌های لایه به لایه^۱ (LBL) و کاتیونی کردن به روش پیوندزنی^۲ اصلاح نمود.

افزودن گروه‌های آمینی به الیاف یکی از روش‌های متداول تغییر ترکیب شیمی سطح الیاف و کاتیونی کردن است که می‌توان آن را از طریق پیوندزنی یا رسوب دادن پلیمرهای آمین‌دار بر روی الیاف انجام داد. در واقع کاتیونی کردن با تغییر بار سطحی الیاف و به عبارتی کاهش بار سطحی آنیونی الیاف می‌تواند مشکلات مربوط به دفع بارهای همنام را برطرف ساخته و در نتیجه موجب افزایش نیروی جاذبه میان ترکیب‌های مورد استفاده در کاغذسازی شود (Gruber, 1996; Gess, 1989; Seong, 1998; Schempp, 1983).

در هدباکس ماشین کاغذ، در درصد خشکی کمتر از ۱٪، پیوند بین الیاف تحت تأثیر نیروهای دافعه الکترواستاتیکی و نیروهای جاذبه و اندروالسی می‌باشد (Carre, 1992). کاتیونی کردن با روش پیوندزنی از طریق ایجاد مواضع کاتیونی زیاد بر روی سطح الیاف و با کاهش نیروی دافعه از طریق کاهش قابلیت و نیروی سطحی الیاف، واکنش‌پذیری الیاف را افزایش می‌دهد و در نتیجه می‌توان کاغذی با مقاومت زیاد و کیفیت مطلوب ساخت. اصولاً پیوند بین الیاف کاغذ به چندین پارامتر بستگی دارد (Gullichsen, 2000):

۱- پیوندهای شیمیایی داخل مولکول‌های سلولز و برهم‌کنش‌های اسید-باز بین آنها.

۲- پیوندهای بین مولکولی از نوع و اندروالسی و پیوندهای هیدروژنی.

۳- درهم‌رفتگی زنجیرهای پلیمری.

۴- اتصالات بین الیاف: نواحی که دو لیف به قدری به هم نزدیک هستند که برقراری پیوندهای شیمیایی، برهم‌کنش‌های و اندروالسی و در هم‌رفتگی مولکولی محقق می‌شود.

1- Layer by layer

2- Graft Cationization

استفاده از استر کاتیونی قابل تجزیه زیستی آمونیوم نوع چهارم، الیاف خمیرکاغذ کرافت رنگ‌بری شده کاتیونی گردید و با استفاده از ۹/۰٪ الیاف کاتیونی شده به‌عنوان افزودنی پایانه‌تر ماندگاری کربنات کلسیم و همچنین خواص فیزیکی کاغذ افزایش یافت.

Montplaisir و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی کاتیونی شدن الیاف برای تعیین مقدار نیتروژن سطح خمیر TMP از روش طیف‌سنجی الکترونی اشعه ایکس استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که روش مؤثری برای تعیین تغییرات سطح الیاف است. به‌علاوه انرژی پیوند و همچنین کارایی آمین نوع چهارم بیشتر از سایر آمین‌ها گزارش گردید. آنها ثابت کردند که آمین نوع چهارم روی سطح الیاف پیوند زده می‌شود و جذب آن سطحی می‌باشد.

نقش قلیا در واکنش پیوندزنی EPTMAC به الیاف CMP بسیار مهم است. در واقع فرآوری خمیرکاغذ مکانیکی با مقدار مناسب قلیا، تحت شرایط مناسب دما و زمان از طریق دو سازوکار، موجب کاتیونی شدن الیاف خمیرکاغذ می‌شود. در ابتدا هیدروکسید سدیم منجر به متورم شدن الیاف و دسترس پذیرتر شدن گروه‌های هیدروکسیل و یونیزه شدن آن در سطح الیاف برای واکنش با گروه اپوکسی می‌شود، در نتیجه الیاف را برای واکنش با کمپلکس EPTMAC آماده می‌سازد. به‌علاوه از طریق واکنش قلیا با گروه‌های عاملی OH لیگنین الیاف منجر به یونی شدن بیشتر الیاف می‌شود. در نهایت هیدروکسید سدیم از طریق واکنش با کمپلکس کاتیونی کننده و باز کردن حلقه اپوکسی، زمینه را برای انجام واکنش کاتیونی کردن مهیا می‌سازد (شکل ۵). سپس حلقه باز شده اپوکسی کمپلکس آمونیوم نوع چهارم با گروه‌های

پیوندهای واندروالسی دارای انرژی در محدوده ۸-۲۰ kJ/mol برای برهم‌کنش‌های دو قطبی القایی و پیوندهای هیدروژنی در دامنه ۳۲-۸۰ kJ/mol هستند. پیوندزنی یک بار کاتیونی یک برهم‌کنش دو قطبی یون-القایی با انرژی پیوند ۷۲-۶۵ kJ/mol می‌دهد و به‌طور قابل توجهی می‌تواند باعث افزایش مقاومت کاغذ شود (Gullichsen, 2000).

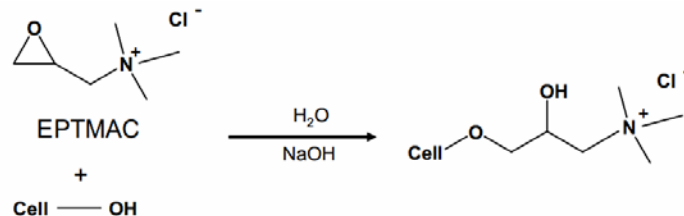
در زمینه اصلاح کاتیونی الیاف مطالعات متعددی در سال‌های اخیر انجام شده است که به نتایج برخی از آنها به‌طور خلاصه اشاره می‌شود.

Wang و Huitu (۲۰۰۲) قابلیت کاتیونی کردن الیاف کتان توسط ترکیب آمین نوع چهارم حاوی آکریل‌امید را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که الیاف سلولزی کتان کاتیونی شده و با برقراری پیوند از نوع کووالانسی کاملاً روی الیاف تثبیت می‌شوند.

Montplaisir و همکاران (۲۰۰۶) کاتیونی کردن الیاف TMP^۱ و بهینه‌سازی واکنش پیوندزنی و اثر آن روی مقاومت و ماندگاری نرمة‌ها و پُرکننده‌ها را بررسی کردند. در این تحقیق الیاف TMP سوزنی‌برگ با استفاده از آمین نوع چهارم به‌منظور افزایش بار کاتیونی سطحی الیاف، کاتیونی شده و بهترین شرایط برای کاتیونی کردن انتخاب شدند. به‌علاوه کاتیونی کردن در درصد خشکی‌های کم و زیاد بررسی شد و نشان داده شد که کاتیونی کردن در غلظت زیاد برای استفاده در صنایع بسیار امیدوار کننده است. این محققان همچنین افزایش مقاومت‌های کاغذ دست‌ساز حاصل از الیاف کاتیونی شده را گزارش کردند.

Wei و همکاران (۲۰۰۸) از الیاف کاتیونی شده به‌عنوان افزودنی پایانه‌تر کاغذسازی استفاده کردند. با

مثبت در الیاف آن را برای انجام واکنش با گروه‌های با بار منفی (الیاف کاتیونی نشده) بسیار فعال می‌کند.



شکل سازوکار واکنش کاتیونی کردن الیاف سلولزی به روش پیوندزنی

توسط EPTMAC (Montplaisir, 2008)

سدیم هیدروکسید از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

روشها

ابتدا مقدار مشخصی از خمیرکاغذ CMP (درصد خشکی ۱۰٪) برای عمل کاتیونی کردن در داخل کیسه‌های پلی اتیلنی قرار داده شده، سپس برای فعال‌سازی سطح الیاف خمیرکاغذ و آماده‌سازی ماده کاتیونی برای پیوندزنی، ۲۰٪ (نسبت به وزن خشک الیاف) سدیم هیدروکسید در حالت محلول به آن اضافه گردید و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق (۲۳ °C) محتویات داخل کیسه خوب ورز داده شد. طی این مدت الیاف آماده برای واکنش با ماده کاتیونی می‌گردند. در ادامه ماده کاتیونی‌کننده EPTMAC به مقدار مورد نیاز (جدول ۱) به محتویات درون کیسه اضافه گردید و در کیسه بسته شد و محتویات درون کیسه به خوبی ورز داده شد سپس کیسه حاوی الیاف خمیرکاغذ و مواد واکنش‌دهنده به درون حمام آب گرم با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد منتقل گردید و به مدت ۹۰ دقیقه درون آن قرار

عاملی سطح الیاف واکنش داده و پیوند قوی کوالانسی از نوع اتری با الیاف ایجاد می‌کند (Montplaisir, 2006). بنابراین کاتیونی کردن الیاف از طریق ایجاد مواضع با بار

با توجه به مقدمه ذکر شده در تحقیق حاضر قابلیت کاتیونی کردن الیاف خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی (CMP) با کمپلکس آمین نوع چهارم EPTMAC به روش پیوندزنی و تأثیر آن بر خواص مقاومتی خمیرکاغذهای حاصل بررسی شده است.

مواد و روشها

مواد

خمیرکاغذ CMP، تهیه شده از مخلوط گونه‌های پهن-برگان و رنگ‌بری شده بدون هیچ گونه ماده افزودنی از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه گردید.

ماده کاتیونی‌کننده مورد استفاده در این تحقیق کمپلکس آمونیوم نوع چهارم (2-3 Chloro EPTMAC hydroxyl propyl) trimethyl ammonium chloride بوده که به صورت محلول ۶۰٪ از شرکت سیگما آلدریج تهیه گردید.

با الیاف تیمار نشده CMP برای ساخت کاغذهای دست‌ساز استفاده گردید و خواص مقاومتی کاغذهای حاصل مورد بررسی قرار گرفت.

برای این منظور کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه ۶۰ g/m² مطابق با دستورالعمل شماره T 205 sp-95 آئین‌نامه تاپی^۱ ساخته شدند و پیش از انجام آزمایش‌های مقاومتی در شرایط رطوبت نسبی ۵۰٪ و دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد مشروط‌سازی شدند.

انجام آزمون‌های مقاومت به کشش و مقاومت به ترکیدن برای بررسی اثر کاتیونی کردن روی خمیرکاغذ CMP به ترتیب مطابق با استانداردهای ISO-1924-2 و T 403 om-97 توسط آزمونگرهای فرانک^۲ انجام گردید.

گرفت. طی این مدت نیز هر ۳۰ دقیقه یک‌بار کیسه از حمام آب گرم خارج و به خوبی ورز داده شد. بعد از اتمام واکنش، کیسه حاوی خمیر از حمام آب گرم خارج گردید و به منظور متوقف کردن واکنش مقدار ۴٪ (وزن خشک الیاف) اسید استیک به محتویات درون کیسه اضافه شد. سپس خمیر اسیدی شده به خوبی تحت فیلتر و شستشو با آب مقطر قرار گرفت.

به‌منظور کاستن از میزان مصرف ماده کاتیونی‌کننده EPTMAC و پیشگیری از اثرهای منفی احتمالی ناشی از افزایش بیش از حد بار سطحی مثبت الیاف، در ترکیب خمیرکاغذهای آماده برای ساخت کاغذهای دست‌ساز، علاوه بر استفاده از الیاف ۱۰۰٪ کاتیونی شده، از اختلاط ترکیب‌های با نسبت ۲۰ و ۴۰ درصد الیاف کاتیونی شده

جدول ۱- شرایط کاتیونی کردن خمیرکاغذ CMP با EPTMAC به روش پیوندزنی

گروه	CMP (g)	NaOH (g)	(EPTMAC %) (نسبت به وزن خشک خمیر)	زمان (دقیقه)	دما (°C)
CMP ^۱	۳۰	۰	۰	۰	۰
ACMP ^۲	۳۰	۶	۰	۲۰	۰
CCMP-1	۳۰	۶	۵	۹۰	۵۰
CCMP-2	۳۰	۶	۱۰	۹۰	۵۰
CCMP-3	۳۰	۶	۱۵	۹۰	۵۰

۱- خمیرکاغذ CMP بدون تیمار (نمونه شاهد)

۲- خمیرکاغذ CMP فقط پیش تیمار قلیایی شده (نمونه شاهد)

۳- C - کاتیونی شده

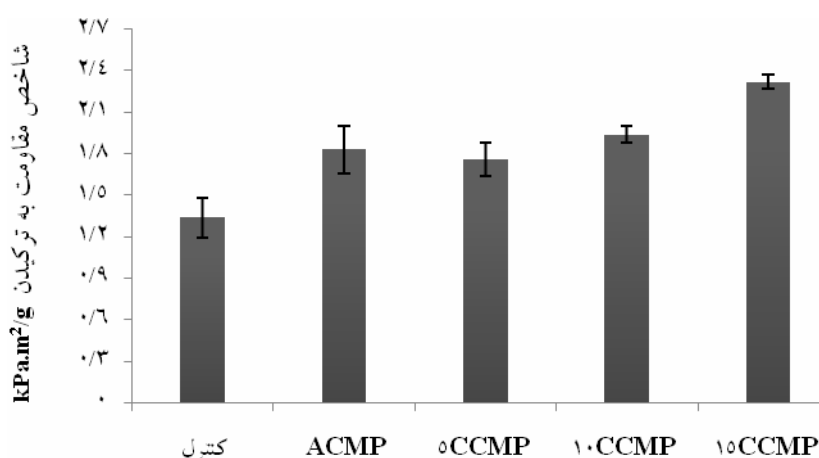
1- Tappi

1- Frank

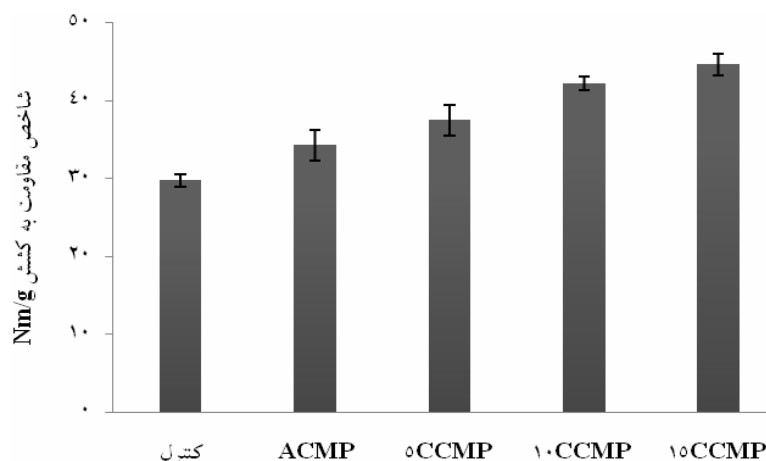
نتایج

میزان شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به کشش نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه کاغذهای تیمار نشده افزایش یافته است که این خود نشان‌دهنده موفقیت عمل پیوندزنی EPTMAC الیاف است. به علاوه اینکه با افزایش مقدار مصرف EPTMAC و به طور کلی با افزایش میزان کاتیونی شدن الیاف هر دو خصوصیات مکانیکی روند صعودی از خود نشان می‌دهند.

نتایج مربوط به تأثیر کاتیونی کردن الیاف خمیر کاغذ CMP به روش پیوندزنی کمپلکس EPTMAC (طبق شرایط مندرج در جدول ۱) بر شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به کشش کاغذهای ساخته شده از ۱۰٪ الیاف تیمار شده به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. همان طور که نتایج نشان می‌دهد



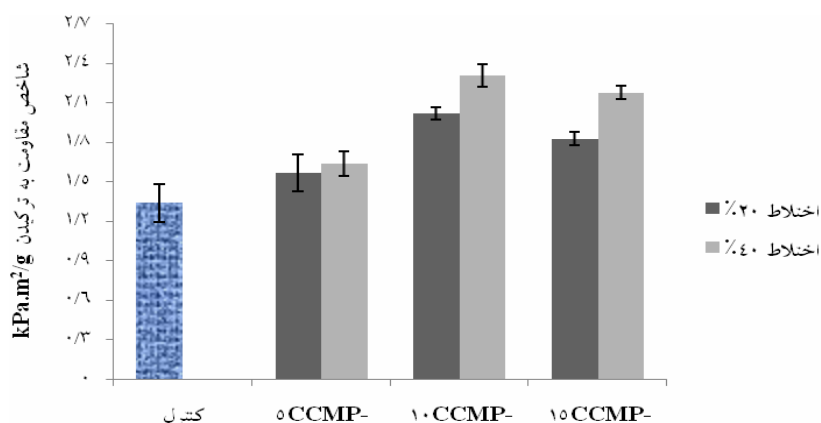
شکل ۱- تأثیر کاتیونی کردن با مقادیر مختلف EPTMAC بر شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذ CMP



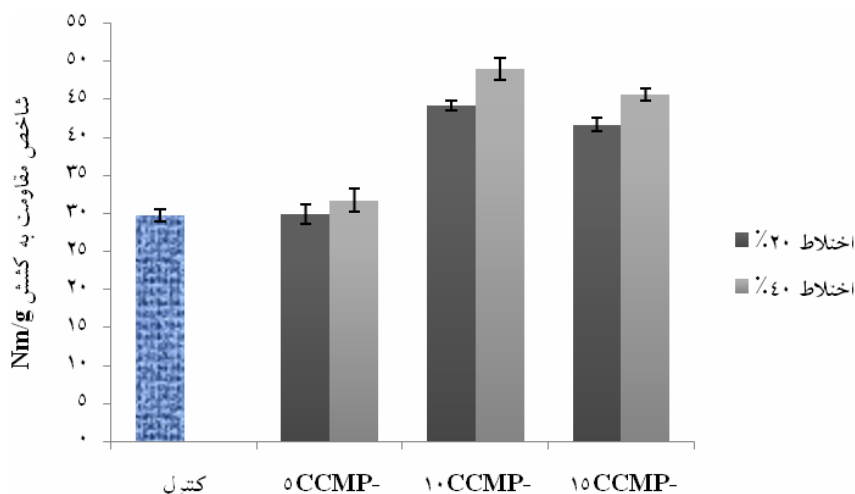
شکل ۲- تأثیر کاتیونی کردن با مقادیر مختلف EPTMAC بر شاخص مقاومت به کشش خمیر کاغذ CMP

منعکس شده است. به طور کلی نتایج به دست آمده حکایت از افزایش قابل توجه این خواص در مقایسه با نمونه تیمار نشده دارد. با وجود این با تغییر درصد اختلاط الیاف کاتیونی در ساخت کاغذ دست‌ساز از ۲۰ به ۴۰ درصد روند مشخص با توجه به مقدار مصرفی EPTMAC مشاهده نمی‌شود.

علاوه بر ساخت کاغذهای دست‌ساز با استفاده از الیاف کاتیونی شده با نسبت ۱۰٪، از ترکیب اختلاط الیاف کاتیونی شده CMP با الیاف کاتیونی نشده CMP با نسبت‌های مختلف ۲۰ و ۴۰ درصد کاغذهای دست‌ساز تهیه گردید. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به کشش مربوط به این نسبت اختلاط به ترتیب در شکل‌های ۳ و ۴ به صورت شاخص



شکل ۳- تأثیر درصد اختلاط الیاف کاتیونی شده با نسبت ۲۰ و ۴۰ درصد بر شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذ CMP



شکل ۴- تأثیر درصد اختلاط الیاف کاتیونی شده با نسبت ۲۰ و ۴۰ درصد بر شاخص مقاومت به کشش خمیر کاغذ CMP

بحث

مقایسه نتایج شاخص مقاومت به ترکیدن (شکل ۱) کاغذهای ساخته شده توسط الیاف کاتیونی شده با میزان کمپلکس کاتیونی کننده ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد و مقایسه آنها با نتایج حاصل از خمیر کاغذ تیمار نشده CMP و خمیر کاغذ پیش تیمار شده قلیایی نشان می‌دهد که خمیر کاغذهای کاتیونی شده در سطح ۱۵٪ دارای شاخص مقاومت به ترکیدن بیشتری نسبت به سایر کاغذهای تیمار شده و همین طور خمیر کاغذ تیمار نشده و پیش تیمار قلیایی شده می‌باشند. با علم به اینکه مقاومت به ترکیدن و مقاومت به کشش بستگی به پیوندیابی بین الیاف و مقاومت اتصال بین الیاف دارد، می‌توان دریافت که کاتیونی کردن الیاف از طریق دسترس پذیرتر کردن گروه‌های هیدروکسیل و همچنین ایجاد پیوند اتری کمپلکس کاتیونی با الیاف منجر به افزایش مقاومت‌های کاغذ دست‌ساز شده است. به طوری که با مقایسه خمیر کاغذ CMP بدون تیمار و پیش تیمار قلیایی شده، بهبود پیوندیابی بین الیاف در نتیجه افزایش تورم الیاف، دلیل افزایش مقاومت کاغذهای دست‌ساز حاصل از پیش تیمار قلیایی می‌باشد.

نتایج حاصل از آزمون مقاومت به کشش کاغذهای ساخته شده روند افزایش مقاومت به کشش را در کاغذهای ساخته شده نشان می‌دهد. به طوری که کاغذ ACMP مقاومت بیشتری نسبت به CMP دارد و با افزایش مصرف مقدار ماده کاتیونی کننده EPTMAC مقاومت به کشش در کاغذهای مورد نظر بهبود می‌یابد. مقاومت کششی مستقیماً بیانگر دوام و چگونگی کارکرد نهایی کاغذهایی مانند کاغذ بسته‌بندی، کاغذ کیسه و کاغذهای چاپ می‌باشد. این کاغذها در هنگام مصرف و

چاپ تحت تنش‌های مستقیم کششی قرار می‌گیرند. به طوری که هر کاغذی که دستخوش عمل تبدیل می‌شود باید از یک مقاومت کششی حداقل برخوردار باشد، زیرا کاغذ در هنگام عبور از مراحل مختلف در معرض تنش‌های کششی قرار می‌گیرد.

برای خمیر کاغذ کاتیونی نشده شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به کشش به دست آمده به ترتیب $1/34 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ و $29/81 \text{ Nm/g}$ تعیین گردید. پس از انجام تیمار افزایش مقاومت برای خمیر کاغذ CMP ۱۰۰٪ کاتیونی شده در سطح کاتیونی ۱۵٪ بوده است که مقدار آن برای شاخص مقاومت به ترکیدن $2/28 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ و شاخص مقاومت به کشش $44/71 \text{ Nm/g}$ به دست آمد. در تحقیق مشابه، مقدار شاخص مقاومت به ترکیدن TMP تیمار نشده و کاتیونی شده به ترتیب $2/33 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ و $3/1 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ گزارش شده است (Montsclair و همکاران، ۲۰۰۶).

در مطالعاتی که به منظور پیش تیمار اصلاحی خمیر کاغذ CMP با استفاده از آنزیم‌های اکسیدکننده تولید شده از قارچ *Phanerochaet hrysosporium* شامل لیگنین پروکسیداز و منگنز پروکسید و لاکاز انجام شد، نتایج برای خمیر کاغذ تیمار نشده برای شاخص مقاومت به ترکیدن $2/3 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ و شاخص مقاومت به کشش $30/7 \text{ Nm/g}$ و برای خمیر کاغذ تیمار شده CMP مقدار شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به کشش به ترتیب $2/5 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ و $44/5 \text{ Nm/g}$ به دست آمد (Boeva و همکاران، ۲۰۰۷).

در خصوص نتایج حاصل از اختلاط الیاف می‌توان گفت که الیاف خمیر کاغذ CMP کاتیونی شده در سطح ۵٪ و ۱۵٪ در ترکیب با الیاف CMP تیمار نشده افزایش

ساخت کاغذ کاتیونی شده با مصرف ۱۵٪ عامل کاتیونی کننده نسبت به وزن خشک خمیر کاغذ و همچنین اختلاط به نسبت ۴۰٪ الیاف خمیر کاغذ کاتیونی شده (در سطح ۱۰٪ عامل کاتیونی کننده مصرفی) با الیاف خمیر کاتیونی نشده می توان به بهره مقاومت به ترکیدن ۷۲/۳۹٪ و شاخص مقاومت به کشش ۶۴/۵۴٪ نسبت به الیاف CMP تیمار نشده دست یافت.

شایان ذکر است که عمل اختلاط علاوه بر بهبود قابل توجه خواص مقاومتی، در حالت ۲۰٪ اختلاط به میزان ۸۰٪ و در حالت ۴۰٪ اختلاط به میزان ۶۰٪ از مصرف ماده کاتیونی کننده EPTMAC می کاهد و به عبارتی مقدار واقعی اعمال شده به ۲ و ۴ درصد تقلیل پیدا می کند. بنابراین با توجه به مسائل اقتصادی و بهره مقاومتی حاصل به نظر می رسد درصد اختلاط ۲۰٪ با سطح کاتیونی ۱۰٪ قابل توصیه باشد. مؤلفان در حال مطالعه بر روی بهینه سازی و تأثیر این تیمار بر سایر ویژگی های خمیر کاغذ هستند. بدیهی است ارتقاء و بهبود خواص خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی راه را برای توسعه محصولات با الزامات کیفی شدیدتر هموار می سازد.

منابع مورد استفاده

- Boeva-Spiridonova, R., Petkova, E., Georgieva, N., Yotova, L. and Spiridonov, I., 2007. Utilization of a chemical-mechanical pulp with improved properties from poplar wood in the composition of packing papers. *BioResources* 2(1), 34-40. 34.
- Carre B. Contribution to a better understanding of the retention and flocculation mechanism occurring during papermaking. 1992. Doctoral thesis, Polytechnics National Institute of Grenoble, France.
- Gruber, E., Granzow, C. and OTT, T., 1996. New Ways for Cationizing Cellulose. *Papier* 50(12): 729-734.

مقاومت به ترکیدن قابل ملاحظه ای نسبت به کاغذ ساخته شده با ۱۰۰٪ الیاف کاتیونی شده نداشته است. اما مقایسه نتایج مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذهای ساخته شده با ترکیبی از الیاف کاتیونی شده در سطح ۱۰٪ با الیاف تیمار نشده نشان می دهد که اختلاط ۴۰٪ اثر قابل ملاحظه ای در افزایش مقاومت خمیر کاغذ CMP دارد. در واقع استفاده از ترکیب ۲۰ و ۴۰ درصد الیاف کاتیونی شده در سطح ۱۰ درصد EPTMAC مصرفی به همراه ۸۰ و ۶۰ درصد الیاف تیمار نشده بیشترین مقاومت را در مقابل ترکیدن از خود نشان داده اند.

نتایج مربوط به آزمون مقاومت به کشش (شکل ۴) با ترکیبی از الیاف تیمار شده و نشده با نتایج مربوط به ترکیدن کاغذ مطابقت دارد. به طوری که کاتیونی کردن در سطح ۱۰٪ و نسبت اختلاط ۲۰٪ و ۴۰٪ بیشترین مقاومت به کشش را به کاغذ می دهند.

الیاف خمیر کاغذ تیمار نشده دارای بار آنیونی و الیاف تیمار شده دارای بار کاتیونی می باشند. بنابراین در مرحله ساخت کاغذ، الیاف سلولزی به دلیل حضور بار یونی مخالف و خاصیت جذب بار ناهم نام در کنار یکدیگر قرار گرفته و با تشکیل پیوند هیدروژنی و برقراری جاذبه الکترواستاتیکی بین گروه های کاتیونی و آنیونی روی الیاف و هم این طور با برهم کنش دوقطبی یون-القایی با انرژی پیوند ۶۵-۷۲ kJ/mol علاوه بر حفظ نرمه ها در مرحله ساخت کاغذ به طور قابل توجهی می توانند باعث افزایش مقاومت کاغذ شوند (Montplaisir, D., 2006).

نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان دهنده قابلیت کاتیونی کردن و اصلاح الیاف خمیر کاغذ CMP توسط کمپلکس EPTMAC به روش پیوندزنی و کارایی زیاد آن بر خواص مقاومتی الیاف CMP است، به طوری که

- Montplaisir, D., Daneault, C. and Chabot, B., 2008. Surface composition of grafted thermo mechanical pulp through xps measurement. *BioResources* 3(4), 1118-1129.
- Seong, H.S. and Ko, S.W., 1998. Synthesis, Application and Evaluation of Cationising Agents for Cellulosic's Fibers. *JSDC* 114(4):124-129.
- Schempp, W., Kaufer, M. and Krause, T., 1983. Cationization of Pulp: Reactions and Kinetics. *Proc. TAPPI Int. Dissolving Specialty Pulps Conf, Boston* p.171-175.
- Xie Wei, Feng Hai-li and Qian Xue-ren., 2008. Preparation and application of cationized pulp fiber as a papermaking wet-end additive. *Journal of Forestry Research* 19(3):235-238 DOI 10.1007/s11676-008-0039-y.
- Gess, J.M., Harding, M.J. and Gaines, R.C., 1989. Cationic Cellulose Product and Method for Its Preparation. *Can. Pat. 1,249,585*. Issued Jan. 31.
- Gullichsen, J. and Paulapuro, H., 2000. *Papermaking Science and Technology: Paper Physics*. Vol. 16, 1st ed. Helsinki, Finland.
- Gullichsen, J. and Paulapuro, H., 2000. *Papermaking Science and Technology: Papermaking Chemistry*, Vol. 4, 1st ed., Helsinki, Finland.
- Huitu Wang and Lewis, 2002. Chemical modification of cotton to improve fiber dye ability. *Color. Technol.*, 118.
- Montplaisir, D., Daneault, C. and Chabot, B., 2006. Cationisation of thermo mechanical pulp fibers: part 1: Grafting reaction optimization. *Pulp & Paper Canada* • 107:10. P 29-32.
- Montplaisir, D., Daneault, C. and Chabot, B., 2006. Cationisation of thermo mechanical pulp fibers: part 2: Influence on strength and retention. *Pulp & Paper Canada* • 107:11. P 39-42.

The effect of CMP fiber grafting on strength properties of its paper

Rashidi Jouybari, I.^{1*}, Azadfallah, M.², Hamzeh, Y.³, Resalati, H.⁴ and Mahdavi, S.⁵

1*-Corresponding Author; M.Sc., Pulp and Paper Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.

E- mail: inrashidi@Yahoo.com

2- Assistant Professor, Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.

3- Associated Professor, Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.

4- Professor., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

5- Assistant Professor, Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran, Iran.

Received: Feb., 2012

Accepted: Aug., 2012

Abstract

Mechanical and chemi-mechanical pulps such as CMP, due to the weaker strength properties, have found limited application in the production of high quality papers as compared with chemical pulps. Therefore, appropriate modification of such fibers could be used to overcome such deficiencies. This study investigates the effect of cationic pretreatment of the CMP fibers to improve the potential of these fibers in paper production. First, fibers were treated with 20% sodium hydroxide, and then the fiber surface was cationized by grafting with one of the dosages of 5, 10 and 15% EPTMAC, based on fiber oven dry weights. The cationized fibers were mixed with 100, 20 and 40 % non-cationized fibers and the mixture was used to make hand sheets. The tensile and burst indices of the hand sheets were measured. The highest tensile and burst indices were measured on hand sheets produced containing either 20 or 40% fibers grafted with 10% cationic agent.

Key words: Cationization, EPTMAC, grafting, CMP, strength.