جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴
ص۲۳۵-۲۴۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۲۳

بررسی تأثیر کاتیونی‌کردن الیاف سوزنی‌برگ توسط EPTMAC و اختلاط آن با خمیرکاغذ CMP

❖ **ایمان رشیدی جویباری؛** دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **محمد آزادفلاح*؛** استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **حسین رسالتی؛** استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
❖ **یحیی همزه؛** استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

استفاده از خمیرکاغذ شیمیایی الیاف بلند، به منزلهٔ رویکردی متداول برای افزایش خواص مقاومتی خمیرکاغذهای مکانیکی و شیمیایی- مکانیکی، همواره مورد توجه کاغذسازان بوده است. در این مطالعه، به منظور کاهش مصرف این مادهٔ اولیه، الیاف بلند سوزنی‌برگ با استفاده از عامل کاتیونی EPTMAC اصلاح شد. سپس، الیاف کاتیونی‌شده با نسبت‌های معین با خمیرکاغذ CMP مخلوط و از آن‌ها کاغذهای دست‌ساز ساخته شد. برای ارزیابی تأثیر کاتیونی‌کردن بر میزان مصرف الیاف بلند، آزمون‌های مقاومت به ترکیدن، مقاومت به کشش، و مقاومت به پارگی کاغذهای دست‌ساز انجام و میزان ماندگاری نرمه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد اختلاط الیاف بلند کاتیونی‌شده با خمیرکاغذ CMP خواص مقاومتی و ماندگاری نرمه‌ها را افزایش می‌دهد. با این حال، سطوح زیاد کاتیونی، به‌ویژه در اندازه‌های زیاد اختلاط، بر مقاومت به پارگی کاغذهای دست‌ساز اندکی تأثیر منفی دارد. در سطح مصرف عامل کاتیونی‌کنندهٔ ۵ درصد (نسبت به وزن خشک الیاف) ویژگی‌های خمیرکاغذ بهبود قابل توجهی نشان داد. به طور کلی، با اصلاح کاتیونی الیاف بلند توسط EPTMAC می‌توان مصرف این نوع الیاف را در اختلاط با خمیرکاغذ CMP کم کرد و در عین حال به میزان مناسبی از مقاومت‌های کاغذ دست یافت.

واژگان کلیدی: الیاف بلند، کاتیونی‌کردن، ماندگاری نرمه، مقاومت، CMP، EPTMAC.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۱، فاکس: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۱
Email: adfallah@ut.ac.ir

مقدمه

خمیرکاغذهای مکانیکی و شیمیایی- مکانیکی در مقایسه با خمیرکاغذهای شیمیایی، به دلیل داشتن ویژگی‌های مقاومتی کم و ماندگاری کم نرمه‌ها و پرکننده‌ها، در ساخت کاغذهای باکیفیت از مطلوبیت کمی برخوردارند. از این رو، بیشترین زمینهٔ استفاده از این نوع خمیرکاغذها به ساخت محصولاتی چون مقوا، کاغذهای روزنامه و سایر انواع محصولات با درجهٔ کیفی کم معطوف شده است.

در سال‌های اخیر مطالعات متعددی دربارهٔ اصلاح ویژگی‌های الیاف سلولزی و بهبود آن صورت گرفته است. به طور کلی الیاف، نرمه‌ها و پرکننده‌های معدنی مهم‌ترین مواد مورد استفاده در فرایند کاغذسازی‌اند. این مواد، به علت داشتن بار آنیونی، همدیگر را دفع می‌کنند که نتیجهٔ آن، نارسایی‌هایی شامل ماندگاری ضعیف نرمه‌ها، پیوند ضعیف الیاف، خواص مقاومتی کم و همچنین مسائل آبگیری و افزایش حجم پساب است [۱ و ۲]. برای رفع نارسایی‌های ناشی از بار سطحی الیاف و نرمه‌ها، سطح الیاف را می‌توان به کمک روش‌های اتری‌کردن، استری‌کردن، اکسیدکردن، یا با استفاده از تکنیک‌های لایه‌به‌لایه[1] (LBL) و کاتیونی‌کردن به روش پیوندزنی[2] اصلاح کرد.

کاتیونی‌کردن از طریق افزودن گروه‌های آمینی به الیاف یکی از روش‌های متداول تغییر ترکیب شیمی سطح الیاف و کاتیونی‌کردن آن است که می‌تواند از طریق پیوندزنی یا رسوب‌دادن پلیمرهای آمین‌دار بر الیاف انجام شود. در واقع، کاتیونی‌کردن منجر به تغییر بار سطحی الیاف و به عبارتی کاهش بار سطحی آنیونی الیاف می‌شود که می‌تواند مشکلات دفع بارهای هم‌نام را برطرف کند و در نتیجه موجب افزایش نیروی جاذبه (نیروهای پیوندی) میان ترکیب‌های مورد استفاده در کاغذسازی شود [۳- ۶].

عمدهٔ پیوندهای موجود در شبکهٔ الیاف کاغذ پیوندهای واندروالسی (انرژی پیوند در حدود ۸ــ ۲ KJ/mol برای برهم‌کنش‌های دوقطبی القایی) و پیوندهای هیدروژنی (انرژی پیوند ۳۲ــ ۸ KJ/mol) هستند. اما، در نتیجهٔ کاتیونی‌کردن از طریق پیوندزنی الیاف سلولزی برهم‌کنشی از نوع الکترواستاتیکی (برهم‌کنش از نوع دوقطبی القایی- یون[3]) با انرژی پیوند ۷۲- ۶۵ KJ/mol بین الیاف ایجاد می‌شود که به طور قابل توجهی مقاومت‌های کاغذ را افزایش می‌دهد [۷].

در زمینهٔ اصلاح کاتیونی الیاف مطالعات بسیاری در سال‌های اخیر انجام شده است که به نتایج بعضی از آن‌ها به طور خلاصه اشاره می‌شود.

وانگ و هویتو قابلیت کاتیونی‌کردن الیاف کتان توسط ترکیب آمین نوع چهارم را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که الیاف سلولزی کتان کاتیونی می‌شوند و با برقراری پیوند از نوع کووالانسی به طور کامل روی الیاف تثبیت می‌شوند [۸].

مونتپلیزر و همکاران او کاتیونی‌کردن الیاف[4] (TMP) و بهینه‌سازی واکنش پیوندزنی و اثر آن بر مقاومت و ماندگاری نرمه‌ها و پرکننده‌ها را بررسی کردند. در این تحقیق الیاف TMP سوزنی‌برگ با استفاده از آمین نوع چهارم، به منظور افزایش بار

1. Layer by layer
2. Graft cationization
3. Ion-induced dipole force
4. Thermo mechanical pulp

کاتیونی سطحی الیاف، کاتیونی شد و بهترین شرایط برای کاتیونی‌کردن انتخاب شد. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد مقاومت‌های کاغذ دست‌ساز حاصل از الیاف کاتیونی‌شده افزایش می‌یابد. همچنین استفاده از الیاف کاتیونی‌شده در صنایع خمیرکاغذ بسیار امیدوارکننده است [۱ و ۲].

وی و همکاران او از الیاف کاتیونی‌شده به منزلهٔ افزودنی پایانه‌تر کاغذسازی استفاده کردند. با استفاده از استر کاتیونی قابل تجزیهٔ زیستی آمونیوم نوع چهارم، الیاف رنگ‌بری‌شدهٔ خمیرکاغذ کرافت کاتیونی شد و با استفاده از ۰٫۹ درصد الیاف کاتیونی‌شده، به منزلهٔ افزودنی پایانه‌تر، ماندگاری کربنات کلسیم و همچنین خواص فیزیکی کاغذ افزایش یافت [۹].

مونتپلیزر و همکاران او در مطالعهٔ خود در زمینهٔ کاتیونی‌کردن الیاف برای تعیین مقدار نیتروژن سطح خمیرکاغذ TMP از روش طیف‌سنجی الکترونی اشعهٔ ایکس استفاده کردند. نتایج نشان داد انرژی پیوند و همچنین کارآیی آمین نوع چهارم بیشتر از سایر آمین‌هاست و آمین نوع چهارم روی سطح الیاف پیوند زده می‌شود و جذب آن از نوع سطحی است [۱۰].

ما و همکاران او تأثیر اکسیداسیون و کاتیونی‌کردن را بر خواص الیاف خمیرکاغذ TMP مطالعه کردند. آن‌ها الیاف خمیرکاغذ TMP را با استفاده از عامل کاتیونی‌کنندهٔ EPTMAC[1] کاتیونی کردند. سپس تأثیر اختلاط الیاف کاتیونی‌شده و الیاف اکسیدشده با الیاف تیمارنشده را بر ویژگی‌های کاغذ بررسی کردند. نتایج نشان داد کاتیونی‌کردن موجب افزایش پیوند الیاف می‌شود. از طرف دیگر، افزایش مصرف عامل کاتیونی‌کننده ظرفیت ایجاد پیوند را به دلیل حجم فضایی زیاد آن و ایجاد اختلال در پیوندیابی دیگر گروه‌ها کاهش می‌دهد [۱۱].

خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی (CMP) از خمیرکاغذهای تولید داخلی است که عموماً جهت ارتقای کیفیت محصولات حاصل از آن از اختلاط خمیرکاغذهای الیاف بلند سوزنی‌برگ وارداتی استفاده می‌شود. در کارخانهٔ صنایع چوب و کاغذ مازندران، مطابق طراحی اولیه، از اختلاط تقریباً ۱۷ درصدی خمیرکاغذ شیمیایی الیاف بلند سوزنی‌برگ وارداتی با خمیرکاغذ CMP برای ساخت کاغذ روزنامه و اختلاط ۲۰ درصدی خمیرکاغذ شیمیایی الیاف بلند سوزنی‌برگ برای ساخت کاغذ چاپ و تحریر استفاده می‌شود. از این رو، علاوه بر وابستگی، بخش قابل توجهی از هزینه‌های کارخانه صرف تهیه و وارد کردن الیاف بلند سوزنی‌برگ، به‌ویژه از کشور روسیه، می‌شود. این تحقیق با هدف کاتیونی‌کردن الیاف بلند سوزنی‌برگ و تعیین درصد اختلاط بهینهٔ آن با خمیرکاغذ CMP به منظور یافتن راهی برای کاهش مصرف این مادهٔ خام وارداتی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

خمیرکاغذ CMP رنگ‌بری‌شده، تهیه‌شده از مخلوط گونه‌های پهن‌برگان و بدون هیچ‌گونه مادهٔ افزودنی، و خمیرکاغذ الیاف بلند سفید کرافت وارداتی، ساخت شرکت یوایلیمسک[2] کشور روسیه، هر دو، از کارخانهٔ چوب و کاغذ مازندران تهیه شدند.

مادهٔ کاتیونی‌کنندهٔ استفاده‌شده در این تحقیق

1. Epoxy propyl trimethyl ammonium chloride

2. U-ilimsk

کمپلکس آمونیوم نوع چهارم با نام شیمیایی ۲،۳-اپوکسی پروپیل تری‌متیل آمونیوم کلراید (EPTMAC) بود که به صورت محلول ۶۰ درصد از شرکت سیگما آلدریچ تهیه شد. سدیم هیدروکسید استفاده‌شده از نوع آزمایشگاهی و ساخت شرکت مرک آلمان بود.

روش‌ها

ابتدا مقدار مشخصی از خمیرکاغذ الیاف بلند سوزنی‌برگ (درصد خشکی ۱۰٪) برای عمل کاتیونی‌کردن داخل کیسه‌های پلی‌اتیلنی قرار داده شد. سپس، جهت فعال‌سازی سطح الیاف خمیرکاغذ و آماده‌سازی مادهٔ کاتیونی برای پیوندزنی، سدیم هیدروکسید در دو سطح ۱۰ و ۲۰ درصد (نسبت به وزن خشک الیاف) در حالت محلول به آن اضافه و محتویات داخل کیسه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق (۲۳ $^{\circ}C$) ورز داده شد. طی این مدت الیاف برای واکنش با مادهٔ کاتیونی آماده شدند. آن‌گاه مادهٔ کاتیونی‌کنندهٔ EPTMAC به مقدار مورد نیاز (جدول ۱) به محتویات درون کیسه اضافه شد و کیسه با حرارت دوخته و محتویات درون آن به‌خوبی ورز داده شد. در نهایت، کیسهٔ حاوی الیاف خمیرکاغذ و مواد واکنش‌دهنده به درون بن‌ماری با دمای ۵۰ درجهٔ سلسیوس منتقل شد و به مدت ۹۰ دقیقه درون آب گرم قرار گرفت. طی این مدت نیز هر ۳۰ دقیقه کیسه از بن‌ماری خارج و ورز داده شد. بعد از اتمام واکنش، کیسهٔ حاوی خمیرکاغذ از بن‌ماری خارج و به منظور متوقف‌کردن واکنش و خنثی‌کردن شرایط قلیایی مقدار ۴ درصد (وزن خشک الیاف) اسید استیک به محتویات درون کیسه اضافه شد. سپس، خمیر اسیدی‌شده با آب مقطر روی صافی، تا خنثی‌شدن آب زیر آن، شست‌وشو شد. از این الیاف کاتیونی‌شده برای ساخت کاغذهای دست‌ساز استفاده شد.

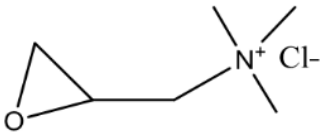
جدول ۱. شرایط کاتیونی‌کردن الیاف بلند خمیرکاغذ سوزنی‌برگ با EPTMAC به روش پیوندزنی

عوامل ثابت و متغیر	میزان
وزن خمیرکاغذ (g)	۳۰
زمان (دقیقه)	۹۰
دما ($^{\circ}C$)	۵۰
قلیا (NaOH) (نسبت به وزن خشک خمیرکاغذ)	٪۱۰ ٪۲۰
(EPTMAC) (نسبت به وزن خشک خمیرکاغذ)	٪۵ ٪۱۰ ٪۱۵

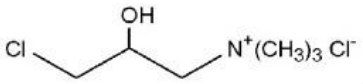
آماده‌سازی الیاف و EPTMAC برای واکنش

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 مکانیسم، موجب کاتیونی‌شدن الیاف خمیرکاغذ می‌شود. ابتدا هیدروکسید سدیم باعث متورم‌شدن الیاف و دسترس‌پذیرترشدن گروه‌های هیدروکسیل و یونیزه‌شدن آن در سطح الیاف جهت واکنش با گروه اپوکسی می‌شود. از طرف دیگر، واکنش هیدروکسید سدیم با کمپلکس کاتیونی‌کننده و بازکردن حلقهٔ اپوکسی زمینه را برای واکنش کاتیونی‌کردن مهیا می‌سازد. عامل کاتیونی‌کنندهٔ EPTMAC در حالت

عادی به شکل یک اپوکسید (شکل ۱) است. بعد از واکنش با قلیا، گروه اپوکسی موجود در ساختار عامل کاتیونی‌کننده باز می‌شود و ساختار کلروهیدرین (شکل ۲) را ایجاد می‌کند [۱، ۲، ۹، ۱۱، ۱۲].

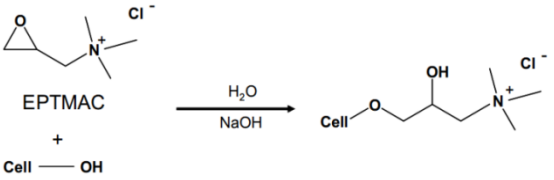


شکل ۱. ساختار اپوکسید EPTMAC



شکل ۲. ساختار کلروهیدرین EPTMAC

سپس، حلقهٔ بازشدهٔ اپوکسی کمپلکس آمونیوم نوع چهارم با گروه‌های عاملی سطح الیاف واکنش می‌دهد و پیوند قوی کوالانسی از نوع اتری با الیاف ایجاد می‌کند [۱]. بنابراین، کاتیونی‌کردن الیاف از طریق ایجاد مواضع با بار مثبت در الیاف آن را جهت واکنش با گروه‌های با بار منفی (الیاف کاتیونی‌نشده) بسیار فعال می‌کند.



شکل ۳. مکانیسم واکنش کاتیونی‌کردن الیاف سلولزی به روش پیوندزنی توسط EPTMAC [۱۰]

اختلاط الیاف، ساخت کاغذهای دست‌ساز، و آزمون‌ها

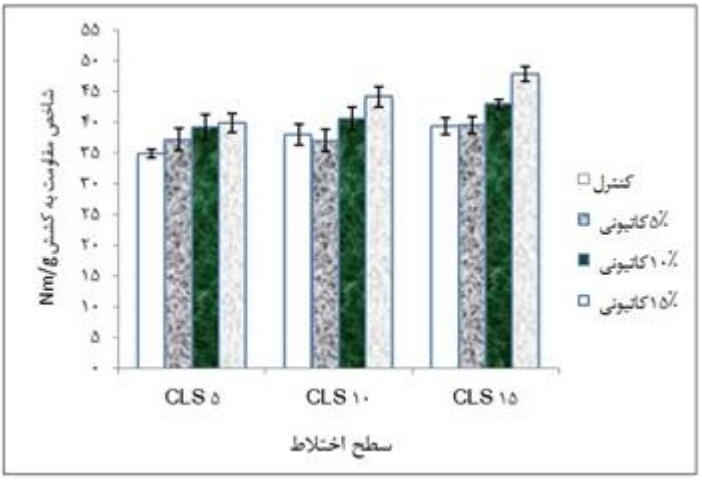
همان‌طور که گفته شد، یکی از اهداف مهم این تحقیق کاهش استفاده از الیاف بلند وارداتی در اختلاط با خمیرکاغذ CMP و کاربرد آن، از باب مثال، در ساخت کاغذ روزنامه است. بنابراین، اختلاط الیاف بلند کاتیونی‌شده در نسبت‌های ۵ و ۱۰ و ۱۵ درصد با خمیرکاغذ CMP انجام شد. برای سهولت، این درصدهای اختلاط در شکل‌ها با عبارت CLS و نسبت اختلاط در جلوی آن نمایش داده می‌شوند. از این ترکیب‌ها مطابق آیین‌نامهٔ T 205 sp-95 استاندارد تاپی[1] کاغذهای دست‌ساز با وزن پایهٔ ۶۰ g/m^2 ساخته شد. گفتنی است برای ارزیابی دقیق‌تر ساخت نمونه‌های کنترل، متناسب با درصد اختلاط، از میزان یکسان الیاف بلند کاتیونی‌نشده استفاده شد.

در نهایت از آزمون‌های مقاومتی، شامل مقاومت به کشش و مقاومت به ترکیدن و مقاومت به پارگی، به ترتیب، مطابق آیین‌نامه‌های ISO-1924-2، T 403 om-97، و T414 om-98 و همچنین آزمون تعیین ماندگاری نرمه، طبق آیین‌نامهٔ SCAN-CM 66:05، برای بررسی تأثیر کاتیونی‌کردن در کاهش مصرف الیاف سوزنی‌برگ استفاده شد.

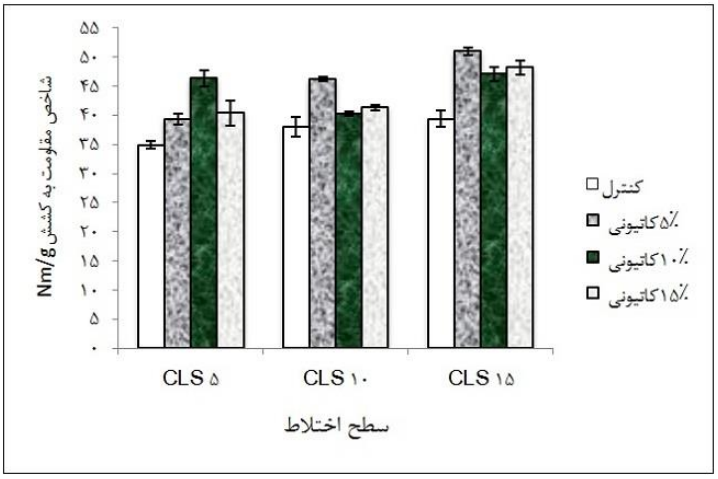
یافته‌ها و بحث

به منظور بررسی تأثیر اختلاط الیاف بلند سوزنی‌برگ کاتیونی‌شده بر مقاومت‌های کاغذ CMP، خواص مقاومت به کشش و ترکیدن و پارگی الیاف کاتیونی‌شده در دو سطح پیش‌تیمار قلیایی ۱۰ و ۲۰ درصد تعیین شد.

1. TAPPI



شکل ۴. تأثیر کاتیونی‌کردن در سطح قلیای ۱۰ درصد و سطوح مختلف اختلاط الیاف بلند کاتیونی‌شده بر میزان شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذ CMP



شکل ۵. تأثیر کاتیونی‌کردن در سطح قلیای ۲۰ درصد و سطوح مختلف اختلاط الیاف بلند کاتیونی‌شده بر میزان شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذ CMP

مقایسهٔ نتایج شکل‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهد کاتیونی‌کردن الیاف با پیش‌تیمار قلیایی ۲۰ درصد بهتر از پیش‌تیمار قلیایی ۱۰ درصد است و در این پیش‌تیمار قلیایی کاتیونی‌کردن الیاف در سطح مصرفی EPTMAC ۵ درصد به بیشترین مقاومت به کشش می‌انجامد.

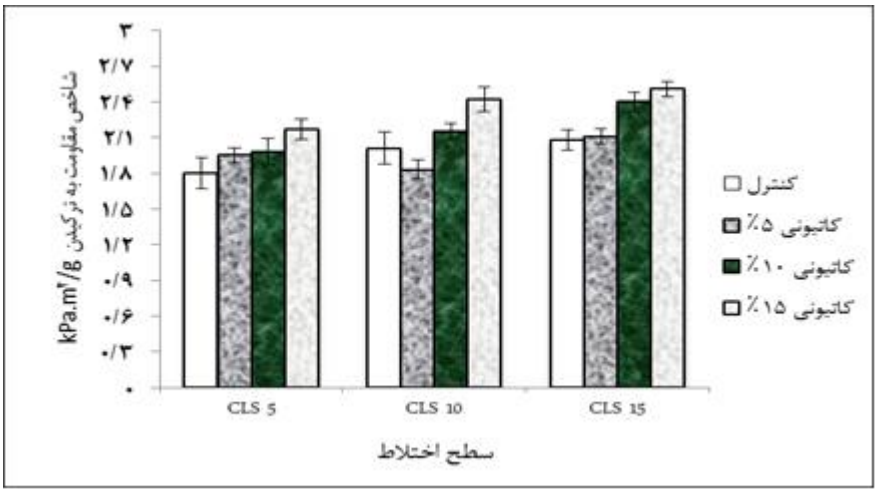
این موضوع بیانگر توانایی بیشتر پیش‌تیمار قلیایی در سطح ۲۰ درصد برای دسترس‌پذیرکردن گروه‌های هیدروکسیلی الیاف نسبت به پیش‌تیمار در سطح ۱۰ درصد است. شکل ۴ نشان می‌دهد هر چه مقدار مصرف عامل کاتیونی‌کننده بیشتر شود مقاومت به کشش روند افزایشی از خود نشان می‌دهد. اما، برای کاتیونی‌کردن الیاف قلیایی‌شده در سطح ۲۰ درصد تأثیر افزایش مقاومت‌ها توسط عامل کاتیونی‌کننده

متفاوت بود. بیشترین مقدار شاخص مقاومت به کشش به‌دست‌آمده در سطح اختلاط ۱۵ درصد الیاف بلند سوزنی‌برگ کاتیونی‌شده با خمیرکاغذ CMP به دست آمد. در سطح اختلاط ۱۵ درصد شاخص مقاومت به کشش تیمار شاهد ۳۹٫۳۹ Nm/g بود. استفاده از الیاف کاتیونی‌شده در سطح ۵ درصد عامل کاتیونی شاخص مقاومت به کشش کاغذهای دست‌ساز را به ۵۱٫۰۱ Nm/g افزایش داد. به بیان دیگر، بهرهٔ مقاومتی به‌دست‌آمده از تیمار الیاف در این حالت ۳۰ درصد بوده است.

همان‌طور که شکل ۵ نشان می‌دهد، افزایش مصرف عامل کاتیونی‌کننده در سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد سبب کاهش شاخص مقاومت به کشش می‌شود که می‌تواند به دلیل مصرف بیش از حد[1] مقدار عامل کاتیونی‌کنندهٔ EPTMAC یا مسائل مربوط به ممانعت فضایی ناشی از پیوندزنی باشد [۱۱].

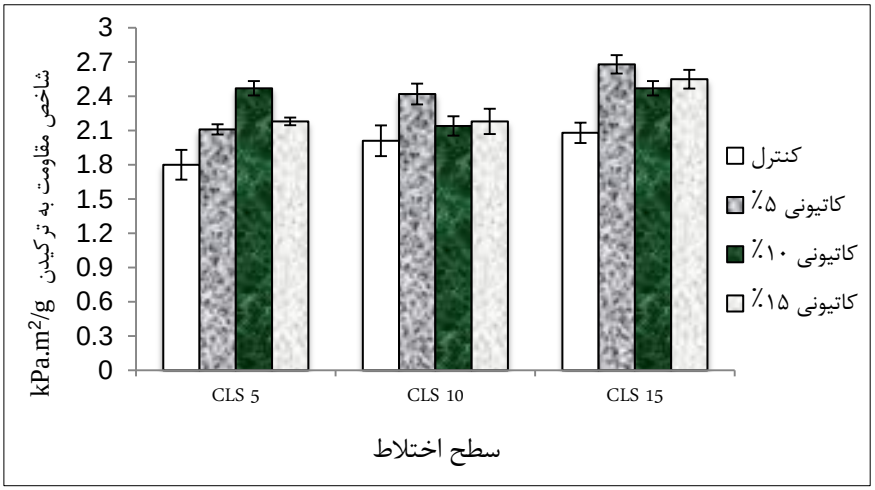
نتایج اندازه‌گیری مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست‌ساز حاصل از اختلاط الیاف بلند سوزنی‌برگ کاتیونی‌شده با خمیرکاغذ CMP در شکل ۶ و ۷ می‌آید. نتایج آزمون مقاومت به ترکیدن با نتایج به‌دست‌آمده از مقاومت به کشش مطابقت دارد. در این آزمون نیز بیشترین مقاومت به‌دست‌آمده در پیش‌تیمار قلیایی ۲۰ درصد بود. در سطح عامل کاتیونی مصرفی ۵ درصد و اختلاط الیاف کاتیونی‌شده به نسبت ۱۵ درصد بیشترین مقاومت به دست آمد. بهرهٔ مقاومتی به‌دست‌آمده در این تیمار نسبت به تیمار شاهد ۲۹ درصد بود.

در کار مشابهی که وی و همکاران او [۹] انجام دادند، با اضافه کردن ۱ درصد الیاف بلند کاتیونی‌شدهٔ سوزنی‌برگ (عامل کاتیونی‌کننده در سطح ۴٪ نسبت به وزن خشک الیاف) به خمیرکاغذ الیاف بلند TMP شاخص مقاومت به کشش از ۳۰٫۰۹ به ۳۴٫۳۶ Nm/g و شاخص مقاومت به ترکیدن از ۲٫۳۷ به ۲٫۶۳ $kPa.m^2/g$ افزایش یافت.

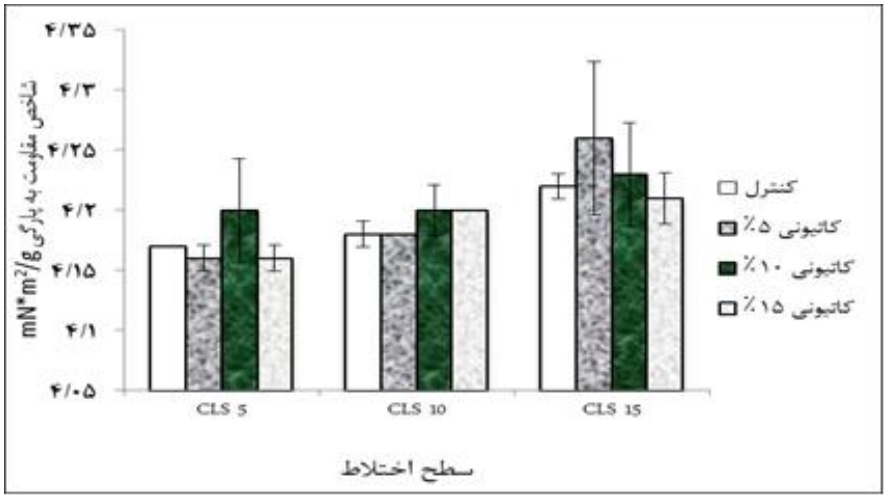


شکل ۶. تأثیر کاتیونی‌کردن در سطح قلیای ۱۰ درصد و سطوح مختلف اختلاط الیاف بلند کاتیونی‌شده بر میزان شاخص مقاومت به ترکیدن خمیرکاغذ CMP

1. Over dose

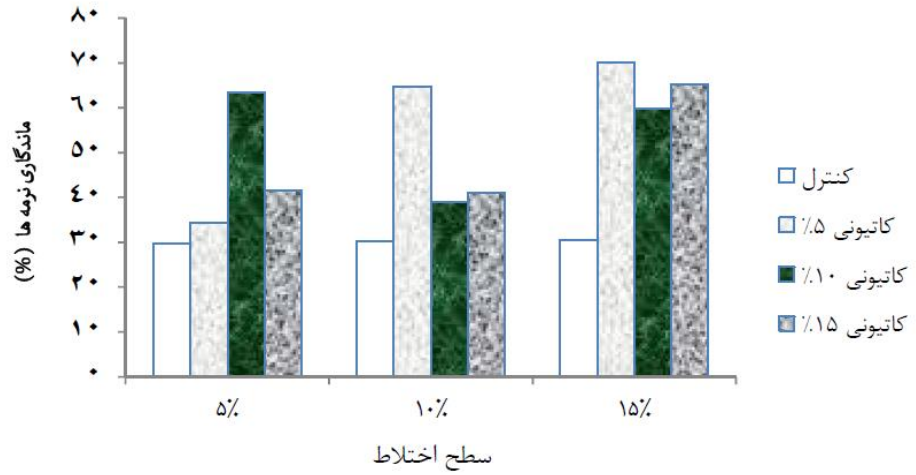


شکل ۷. تأثیر کاتیونی‌کردن در سطح قلیای ۲۰ درصد و سطوح مختلف اختلاط الیاف بلند کاتیونی‌شده بر میزان شاخص مقاومت به ترکیدن خمیرکاغذ CMP



شکل ۸. تأثیر کاتیونی‌کردن در سطح قلیای ۲۰ درصد و سطوح مختلف اختلاط الیاف بلند کاتیونی‌شده بر میزان شاخص مقاومت به پارگی خمیرکاغذ CMP

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های مقاومت به کشش و ترکیدن، از الیاف کاتیونی‌شده در میزان قلیای ۲۰ درصد برای بررسی خواص مقاومت به پارگی کاغذهای دست‌ساز استفاده شد. نتایج اندازه‌گیری مقاومت به پارگی در شکل ۸ می‌آید. این نتایج بیانگر تأثیر نسبتاً ناموفق کاتیونی‌کردن بر ارتقای شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای ساخته‌شده از اختلاط الیاف بلند سوزنی‌برگ با خمیرکاغذ CMP است. هر چه مقدار مصرف عامل کاتیونی‌کننده بیشتر می‌شود توانایی آن در افزایش مقاومت به پارگی نیز تقریباً به همان ترتیب افت پیدا می‌کند؛ هرچند کاهش مقاومت ناشی از آن جزئی است. این کاهش اندک ممکن است در نتیجهٔ تأثیر منفی تیمار قلیایی بر مقاومت ذاتی الیاف باشد.



شکل ۹. تأثیر اختلاط الیاف بلند سوزنی‌برگ کاتیونی‌شده بر مقدار ماندگاری نرمه‌ها

نتایج تأثیر اختلاط الیاف کاتیونی‌شدهٔ سوزنی‌برگ در نسبت‌های ۵، ۱۰، و ۱۵ درصد با الیاف خمیرکاغذ CMP بر مقدار ماندگاری نرمه‌ها در شکل ۹ می‌آید. این نتایج نشان می‌دهند با افزایش سطح اختلاط الیاف کاتیونی‌شدهٔ سوزنی‌برگ با خمیرکاغذ CMP مقدار ماندگاری نرمه‌ها افزایش می‌یابد. مقدار ماندگاری نرمه‌ها در سطح کاتیونی ۵ درصد بیشتر از سایر تیمارهای کاتیونی به دست آمد. در این حالت، بهرهٔ ماندگاری نرمه‌ها نسبت به تیمار کنترل ۷۰٫۱ درصد است.

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری ماندگاری نرمه‌ها با نتایج به‌دست‌آمده از آزمون مقاومت به کشش و ترکیدن مطابقت دارد. همچنین این نتایج نشان می‌دهد کاتیونی‌کردن نقشی مؤثر در ماندگاری نرمه‌ها دارد؛ طوری که این امر در کنار افزایش برهم‌کنش الکترواستاتیکی از نوع دوقطبی القایی- یون بین اجزای خمیرکاغذ [۷] به بهبود مقاومت‌های کاغذ بیشتر کمک می‌کند.

نتیجه‌گیری

- استفاده از الیاف کاتیونی‌شدهٔ سوزنی‌برگ در مقایسه با الیاف کاتیونی‌نشدهٔ خمیرکاغذ سوزنی‌برگ اثر مثبت و چشمگیری در افزایش مقاومت‌های اصلی کاغذ دارد.
- پیش‌تیمار قلیایی الیاف خمیرکاغذ اثری واضح در مکانیسم کاتیونی‌کردن دارد. کاتیونی‌کردن در سطح قلیایی ۲۰ درصد توانایی بیشتری در دسترس‌پذیرکردن گروه‌های هیدروکسیل سطحی الیاف و همین‌طور فعال شدن EPTMAC دارد.
- مصرف بیش از حد عامل کاتیونی‌کننده به افزایش بیش از حد بار کاتیونی سیستم می‌انجامد. در نتیجه، شاخص مقاومت به کشش و ترکیدن کاهش می‌یابد.
- کاتیونی‌کردن الیاف بلند سوزنی‌برگ در سطح مصرفی عامل کاتیونی‌کنندهٔ ۵ درصد و سطح اختلاط ۱۵ درصد الیاف سوزنی‌برگ کاتیونی‌شده

با خمیرکاغذ CMP بیشترین شاخص‌های مقاومتی را در کاغذهای دست‌ساز ایجاد می‌کند.

- استفاده از الیاف کاتیونی‌شده در سطح ۵ درصد توانایی بهتری در افزایش ماندگاری نرمه‌های خمیرکاغذ دارد.
- اصلاح کاتیونی الیاف بلند سوزنی‌برگ با روش پیوندزنی EPTMAC می‌تواند مصرف این نوع الیاف را در ساخت کاغذ روزنامه کم کند؛ طوری که برای رسیدن به مقدار قابل قبول مقاومت‌ها می‌توان از مقدار کمتر الیاف بلند اصلاح‌شده استفاده کرد.

References

[1]. Montplaisir, D., Daneault, C., and Chabot, B. (2006). Cationisation of thermomechanical pulp fibres: part 1: Grafting reaction optimization. Pulp & Paper Canada, 107(10): 29-32.

[2]. Montplaisir, D., Daneault, C., and Chabot, B. (2006). Cationisation of thermomechanical pulp fibres: part 2: Influence on strength and retention. Pulp & Paper Canada, 107(11): 39-42.

[3]. Schemp, W., Kaufer, M., and Krause, T. (1983). Cationization of pulp: reactions and kinetics. In: Proceedings of International Dissolving and Specialty Pulps Conference, Hyatt Regency Cambridge, Boston, MA, April 5-8, 171-175.

[4]. Seong, H. S. and Ko, S. W. (1998). Synthesis, application and evaluation of cationising agents for cellulosics fibres. Journal of the Society of Dyers and Colourists, 114(4): 124-129.

[5]. Gess, J. M., Harding, M. J., and Gaines, R. C. (1989). Cationic cellulose product and method for its preparation. Canadian Patent 1,249,585. Issued Jan. 31.

[6]. Gruber, E., Granzow, C., and OTT, T. (1996). New ways for cationizing cellulose. Papier, 50(12): 729-734.

[7]. Niskanen, K. (1998). Papermaking Science and Technology: Paper Physics. TAPPI Press, 324.

[8]. Wang, H. and Lewis, D. M. (2002). Chemical modification of cotton to improve fiber dyeability. Coloration Technology, 118(4): 159-168.

[9]. Wei, X., Hai-li, F., and Xue-ren, Q. (2008). Preparation and application of cationized pulp fiber as a papermaking wet-end additive. Journal of Forestry Research, 19(3): 235-238.

[10]. Montplaisir, D., Daneault, C., and Chabot, B. (2008). Surface composition of grafted thermomechanical pulp through XPS measurement. BioResources, 3(4): 1118-1129.

[11]. Ma, P., Law, K., Daneault, C., and Zhai, H. (2011). Influence of oxidation and cationization on properties of TMP fibers. Cellulose Chemistry and Technology, 45 (5-6): 389-395.

[12]. Cezar, N. and Xiao, H. (2005). Novel retention system based on (2, 3-Epoxy Propyl) trimethyl ammonium chloride modified silica nanoparticles and anionic polymer. Industrial & Engineering Chemistry Research, 44 (3):539-545.