

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۲۳

ص ۲۳۵-۲۴۵

بررسی تأثیر کاتیونی کردن الیاف سوزنی‌برگ توسط EPTMAC و اختلاط آن با خمیر کاغذ CMP

- ❖ ایمان رشیدی جویباری؛ دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ محمد آزادفلاح*؛ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده 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، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

استفاده از خمیر کاغذ شیمیایی الیاف بلند، به منزله رویکردی متداول برای افزایش خواص مقاومتی خمیر کاغذهای مکانیکی و شیمیایی-مکانیکی، همواره مورد توجه کاغذسازان بوده است. در این مطالعه، به منظور کاهش مصرف این ماده اولیه، الیاف بلند سوزنی‌برگ با استفاده از عامل کاتیونی EPTMAC اصلاح شد. سپس، الیاف کاتیونی‌شده با نسبت‌های معین با خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذ 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 کاتیونی‌کننده ۵ درصد (نسبت به وزن خشک الیاف) ویژگی‌های خمیر کاغذ بهبود قابل توجهی نشان داد. به طور کلی، با اصلاح کاتیونی الیاف بلند توسط EPTMAC می‌توان مصرف این نوع الیاف را در اختلاط با خمیر کاغذ CMP کم کرد و در عین حال به میزان مناسبی از مقاومت‌های کاغذ دست یافت.

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

مقدمه

خمیر کاغذهای مکانیکی و شیمیایی- مکانیکی در مقایسه با خمیر کاغذهای 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 زمینه استفاده از این نوع خمیر کاغذها به ساخت محصولات محصلاتی چون مقوا، کاغذهای روزنامه و سایر انواع محصولات با درجه کیفی کم معطوف شده است.

در سال‌های اخیر مطالعات متعددی درباره 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 نتیجه 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 اتری کردن، استری کردن، اکسید کردن، یا با استفاده از تکنیک‌های لایه‌به‌لایه^۱ (LBL) و کاتیونی کردن به روش پیوندزنی^۲ اصلاح کرد.

کاتیونی کردن از طریق افزودن گروه‌های آمینی به الیاف یکی از روش‌های متداول تغییر ترکیب شیمی سطح الیاف و کاتیونی کردن آن است که می‌تواند از طریق پیوندزنی یا رسوب دادن پلیمرهای آمین‌دار بر الیاف انجام شود. در واقع، کاتیونی کردن 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].

عمده پیوندهای موجود در شبکه الیاف کاغذ پیوندهای واندروالسی (انرژی پیوند در حدود ۸-۲ KJ/mol برای برهم‌کنش‌های دوقطبی القایی) و پیوندهای هیدروژنی (انرژی پیوند ۳۲-۸ KJ/mol) هستند. اما، در نتیجه کاتیونی کردن از طریق پیوندزنی الیاف سلولزی برهم‌کنشی از نوع الکترواستاتیکی (برهم‌کنش از نوع دوقطبی القایی- یون^۳) با انرژی پیوند ۷۲-۶۵ KJ/mol بین الیاف ایجاد می‌شود که به طور قابل توجهی مقاومت‌های کاغذ را افزایش می‌دهد [۷].

در زمینه 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 کاتیونی کردن 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 کاتیونی کردن الیاف^۴ (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

3. Ion-induced dipole force
4. Thermo mechanical pulp

1. Layer by layer
2. Graft cationization

مصرف عامل کاتیونی‌کننده ظرفیت ایجاد پیوند را به دلیل حجم فضایی زیاد آن و ایجاد اختلال در پیوندیابی دیگر گروه‌ها کاهش می‌دهد [۱۱].

خمیر کاغذ شیمیایی-مکانیکی (CMP) از خمیر کاغذهای تولید داخلی است که عموماً جهت ارتقای کیفیت محصولات حاصل از آن از اختلاط خمیر کاغذهای الیاف بلند سوزنی‌برگ وارداتی استفاده می‌شود. در کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران، مطابق طراحی اولیه، از اختلاط تقریباً ۱۷ درصدی خمیر کاغذ شیمیایی الیاف بلند سوزنی‌برگ وارداتی با خمیر کاغذ CMP برای ساخت کاغذ روزنامه و اختلاط ۲۰ درصدی خمیر کاغذ 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 کاتیونی کردن الیاف بلند سوزنی‌برگ و تعیین درصد اختلاط بهینه آن با خمیر کاغذ CMP به منظور یافتن راهی برای کاهش مصرف این ماده خام وارداتی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

خمیر کاغذ CMP رنگ‌بری شده، تهیه شده از مخلوط گونه‌های پهن‌برگان و بدون هیچ‌گونه ماده افزودنی، و خمیر کاغذ الیاف بلند سفید کرافت وارداتی، ساخت شرکت یوایلیمسک^۲ کشور روسیه، هر دو، از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شدند.

ماده کاتیونی‌کننده استفاده شده در این تحقیق

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

وی و همکاران او از الیاف کاتیونی شده به منزله افزودنی پایانه‌تر کاغذسازی استفاده کردند. با استفاده از استر کاتیونی قابل تجزیه زیستی آمونیوم نوع چهارم، الیاف رنگ‌بری شده خمیر کاغذ کرافت کاتیونی شد و با استفاده از ۰٫۹ درصد الیاف کاتیونی شده، به منزله افزودنی پایانه‌تر، ماندگاری کربنات کلسیم و همچنین خواص فیزیکی کاغذ افزایش یافت [۹].

مونتیلیزر و همکاران او در مطالعه خود در زمینه کاتیونی کردن الیاف برای تعیین مقدار نیتروژن سطح خمیر کاغذ TMP از روش طیف‌سنجی الکترونی اشعه ایکس استفاده کردند. نتایج نشان داد انرژی پیوند و همچنین کارایی 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 کاتیونی کردن را بر خواص الیاف خمیر کاغذ TMP مطالعه کردند. آن‌ها الیاف خمیر کاغذ TMP را با استفاده از عامل کاتیونی‌کننده^۱ EPTMAC کاتیونی کردند. سپس تأثیر اختلاط الیاف کاتیونی شده و الیاف اکسید شده با الیاف تیمار نشده را بر ویژگی‌های کاغذ بررسی کردند. نتایج نشان داد کاتیونی کردن موجب افزایش پیوند الیاف می‌شود. از طرف دیگر، افزایش

2. U-ilimsk

1. Epoxy propyl trimethyl ammonium chloride

خمیر اسیدی شده با آب مقطر روی صافی، تا خشتی شدن آب زیر آن، شست و شو شد. از این الیاف کاتیونی شده برای ساخت کاغذهای دست ساز استفاده شد.

جدول ۱. شرایط کاتیونی کردن الیاف بلند خمیر کاغذ سوزنی برگ با EPTMAC به روش پیوندزنی

میزان	عوامل ثابت و متغیر
۳۰	وزن خمیر کاغذ (g)
۹۰	زمان (دقیقه)
۵۰	دما (°C)
٪۱۰	قلیا (NaOH)
٪۲۰	(نسبت به وزن خشک خمیر کاغذ)
٪۵	(EPTMAC)
٪۱۰	(نسبت به وزن خشک خمیر کاغذ)
٪۱۵	

آماده سازی الیاف و EPTMAC برای واکنش

نقش قلیا در واکنش پیوندزنی EPTMAC به الیاف CMP بسیار مهم است. در واقع، فرآوری خمیر کاغذ مکانیکی با مقدار مناسب قلیا، تحت شرایط مناسب دما و زمان از طریق دو مکانیسم، موجب کاتیونی شدن الیاف خمیر کاغذ می شود. ابتدا هیدروکسید سدیم باعث متورم شدن الیاف و دسترس پذیرتر شدن گروه های هیدروکسیل و یونیزه شدن آن در سطح الیاف جهت واکنش با گروه اپوکسی می شود. از طرف دیگر، واکنش هیدروکسید سدیم با کمپلکس کاتیونی کننده و باز کردن حلقه اپوکسی زمینه را برای واکنش کاتیونی کردن مهیا می سازد. عامل کاتیونی کننده EPTMAC در حالت

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

روش ها

ابتدا مقدار مشخصی از خمیر کاغذ الیاف بلند سوزنی برگ (درصد خشکی ٪۱۰) برای عمل کاتیونی کردن داخل کیسه های پلی اتیلنی قرار داده شد. سپس، جهت فعال سازی سطح الیاف خمیر کاغذ و آماده سازی ماده 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 °C) ورز داده شد. طی این مدت الیاف برای واکنش با ماده کاتیونی آماده شدند. آن گاه ماده کاتیونی کننده EPTMAC به مقدار مورد نیاز (جدول ۱) به محتویات درون کیسه اضافه شد و کیسه با حرارت دوخته و محتویات درون آن به خوبی ورز داده شد. در نهایت، کیسه حاوی الیاف خمیر کاغذ و مواد واکنش دهنده به درون بن ماری با دمای ۵۰ درجه سلسیوس منتقل شد و به مدت ۹۰ دقیقه درون آب گرم قرار گرفت. طی این مدت نیز هر ۳۰ دقیقه کیسه از بن ماری خارج و ورز داده شد. بعد از اتمام واکنش، کیسه حاوی خمیر کاغذ از بن ماری خارج و به منظور متوقف کردن واکنش و خشتی کردن شرایط قلیایی مقدار ۴ درصد (وزن خشک الیاف) اسید استیک به محتویات درون کیسه اضافه شد. سپس،

اختلاط الیاف، ساخت کاغذهای دست‌ساز، و آزمون‌ها

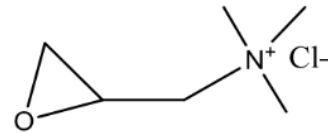
همان‌طور که گفته شد، یکی از اهداف مهم این تحقیق کاهش استفاده از الیاف بلند وارداتی در اختلاط با خمیر کاغذ CMP و کاربرد آن، از باب مثال، در ساخت کاغذ روزنامه است. بنابراین، اختلاط الیاف بلند کاتیونی‌شده در نسبت‌های ۵ و ۱۰ و ۱۵ درصد با خمیر کاغذ CMP انجام شد. برای سهولت، این درصدهای اختلاط در شکل‌ها با عبارت CLS و نسبت اختلاط در جلوی آن نمایش داده می‌شوند. از این ترکیب‌ها مطابق آیین‌نامه T 205 sp-95 استاندارد تاپی^۱ کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه ۶۰ g/m² 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، T 414 om-98 و T 414 om-97 و همچنین آزمون تعیین ماندگاری نرمه، طبق آیین‌نامه SCAN-CM 66:05، برای بررسی تأثیر کاتیونی کردن در کاهش مصرف الیاف سوزنی برگ استفاده شد.

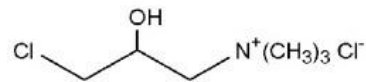
یافته‌ها و بحث

به منظور بررسی تأثیر اختلاط الیاف بلند سوزنی برگ 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.

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].

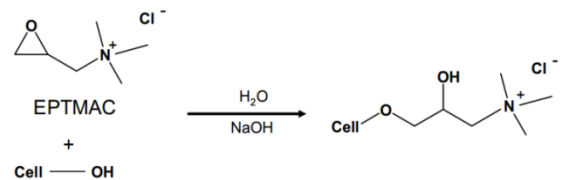


شکل ۱. ساختار اپوکسید EPTMAC

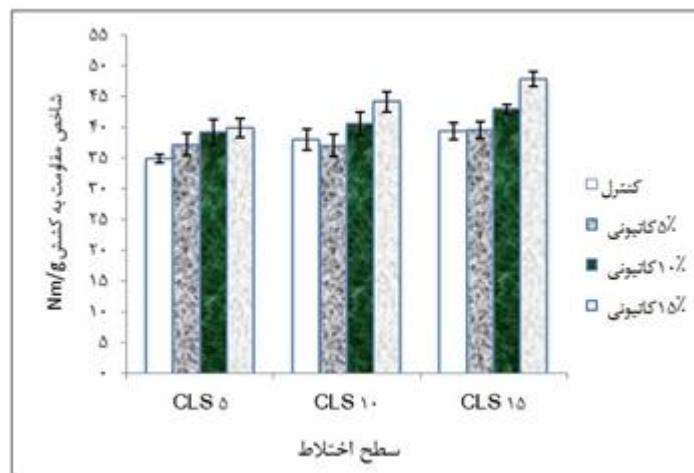


شکل ۲. ساختار کلروهیدرین EPTMAC

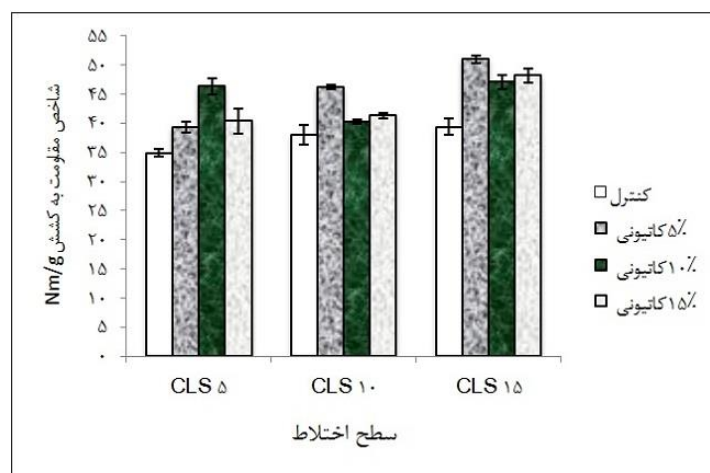
سپس، حلقه باز شده اپوکسی کمپلکس آمونیوم نوع چهارم با گروه‌های عاملی سطح الیاف واکنش می‌دهد و پیوند قوی کوالانسی از نوع اتری با الیاف ایجاد می‌کند [۱]. بنابراین، کاتیونی کردن الیاف از طریق ایجاد مواضع با بار مثبت در الیاف آن را جهت واکنش با گروه‌های با بار منفی (الیاف کاتیونی‌نشده) بسیار فعال می‌کند.



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



شکل ۴. تأثیر کاتیونی کردن در سطح قلیایی ۱۰ درصد و سطوح مختلف اختلاط الیاف بلند کاتیونی شده بر میزان شاخص مقاومت به کشتش خمیر کاغذ CMP



شکل ۵. تأثیر کاتیونی کردن در سطح قلیایی ۲۰ درصد و سطوح مختلف اختلاط الیاف بلند کاتیونی شده بر میزان شاخص مقاومت به کشتش خمیر کاغذ CMP

در سطح ۲۰ درصد برای دسترس پذیر کردن گروه‌های هیدروکسیلی الیاف نسبت به پیش تیمار در سطح ۱۰ درصد است. شکل ۴ نشان می‌دهد هر چه مقدار مصرف عامل کاتیونی کننده بیشتر شود مقاومت به کشتش روند افزایشی از خود نشان می‌دهد. اما، برای کاتیونی کردن الیاف قلیایی شده در سطح ۲۰ درصد تأثیر افزایش مقاومت‌ها توسط عامل کاتیونی کننده

مقایسه نتایج شکل‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهد کاتیونی کردن الیاف با پیش تیمار قلیایی ۲۰ درصد بهتر از پیش تیمار قلیایی ۱۰ درصد است و در این پیش تیمار قلیایی کاتیونی کردن الیاف در سطح مصرفی EPTMAC ۵ درصد به بیشترین مقاومت به کشتش می‌انجامد.

این موضوع بیانگر توانایی بیشتر پیش تیمار قلیایی

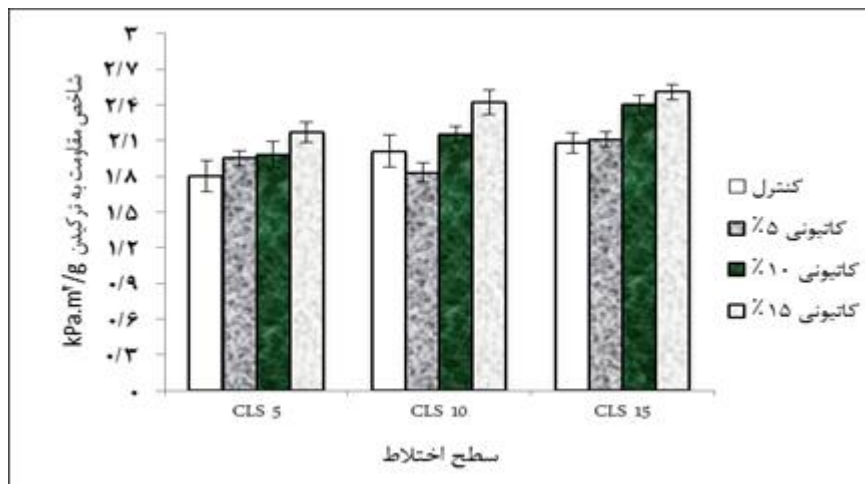
دست ساز حاصل از اختلاط الیاف بلند سوزنی برگ کاتیونی شده با خمیر کاغذ CMP در شکل ۶ و ۷ می آید. نتایج آزمون مقاومت به ترکیدن با نتایج به دست آمده از مقاومت به کشش مطابقت دارد. در این آزمون نیز بیشترین مقاومت به دست آمده در پیش تیمار قلیایی ۲۰ درصد بود. در سطح عامل کاتیونی مصرفی ۵ درصد و اختلاط الیاف کاتیونی شده به نسبت ۱۵ درصد بیشترین مقاومت به دست آمد. بهره مقاومتی به دست آمده 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 کاتیونی شده سوزنی برگ (عامل کاتیونی کننده در سطح ۴٪ نسبت به وزن خشک الیاف) به خمیر کاغذ 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.m²/g افزایش یافت.

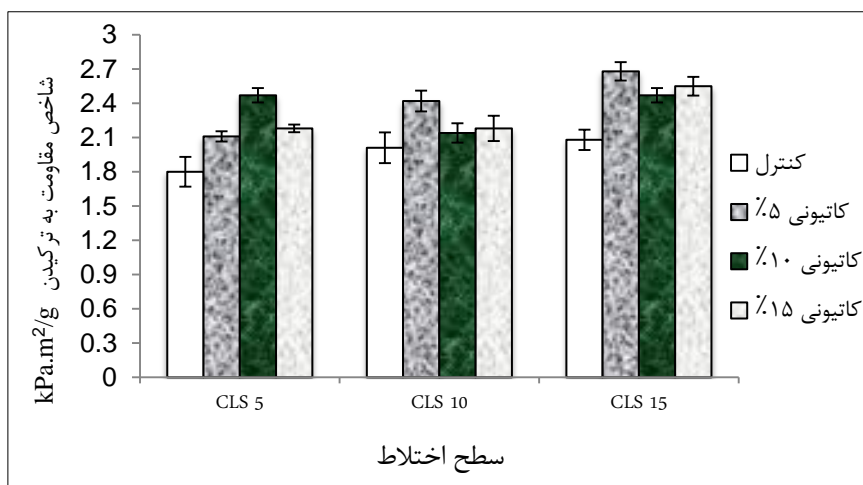
متفاوت بود. بیشترین مقدار شاخص مقاومت به کشش به دست آمده در سطح اختلاط ۱۵ درصد الیاف بلند سوزنی برگ کاتیونی شده با خمیر کاغذ CMP به دست آمد. در سطح اختلاط ۱۵ درصد شاخص مقاومت به کشش تیمار شاهد ۳۹/۳۹ Nm/g بود. استفاده از الیاف کاتیونی شده در سطح ۵ درصد عامل کاتیونی شاخص مقاومت به کشش کاغذهای دست ساز را به ۵۱/۰۱ Nm/g افزایش داد. به بیان دیگر، بهره مقاومتی به دست آمده از تیمار الیاف در این حالت ۳۰ درصد بوده است.

همان طور که شکل ۵ نشان می دهد، افزایش مصرف عامل کاتیونی کننده در سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد سبب کاهش شاخص مقاومت به کشش می شود که می تواند به دلیل مصرف بیش از حد مقدار عامل کاتیونی کننده EPTMAC یا مسائل مربوط به ممانعت فضایی ناشی از پیوندزنی باشد [۱۱].

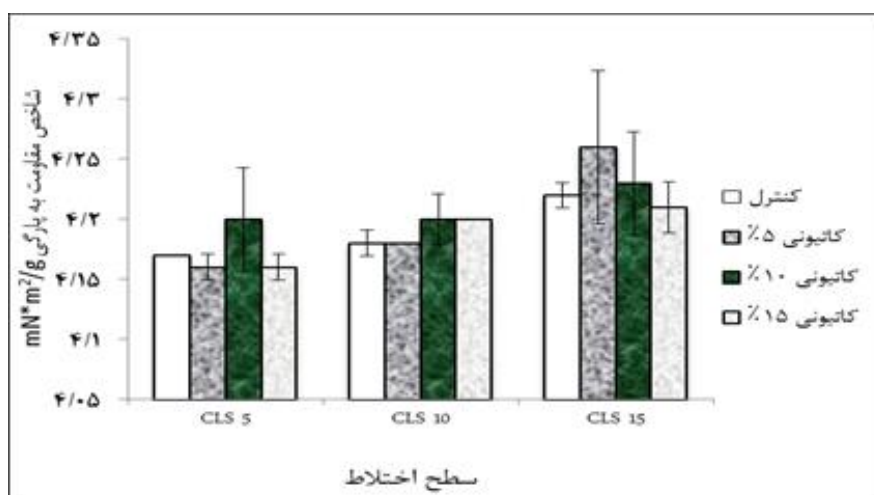
نتایج اندازه گیری مقاومت به ترکیدن کاغذهای



شکل ۶. تأثیر کاتیونی کردن در سطح قلیایی ۱۰ درصد و سطوح مختلف اختلاط الیاف بلند کاتیونی شده بر میزان شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذ CMP



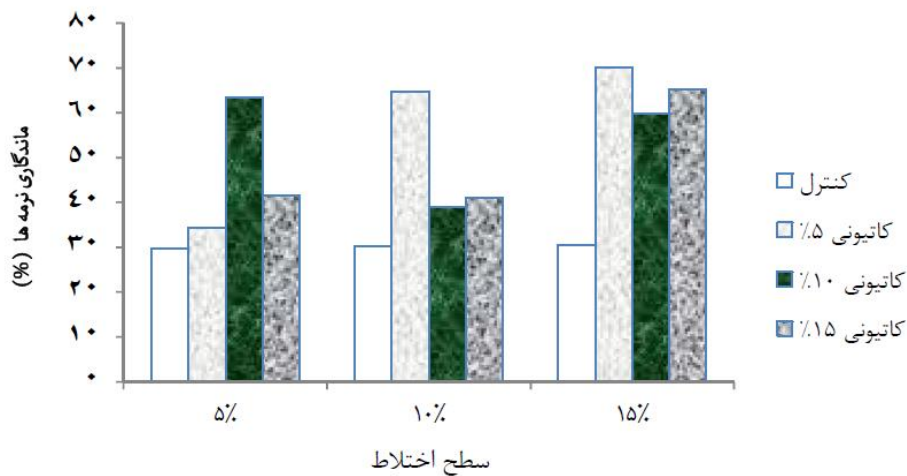
شکل ۷. تأثیر کاتیونی کردن در سطح قلیای ۲۰ درصد و سطوح مختلف اختلاط الیاف بلند کاتیونی شده بر میزان شاخص مقاومت به ترکیب خمیر کاغذ CMP



شکل ۸. تأثیر کاتیونی کردن در سطح قلیای ۲۰ درصد و سطوح مختلف اختلاط الیاف بلند کاتیونی شده بر میزان شاخص مقاومت به پارگی خمیر کاغذ CMP

اختلاط الیاف بلند سوزنی‌برگ با خمیر کاغذ 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 نتیجه تأثیر منفی تیمار قلیایی بر مقاومت ذاتی الیاف باشد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های مقاومت به کشش و ترکیب، 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 کاتیونی کردن بر ارتقای شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای ساخته‌شده از



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

نتیجه‌گیری

- استفاده از الیاف کاتیونی شده سوزنی‌برگ در مقایسه با الیاف کاتیونی نشده خمیر کاغذ سوزنی‌برگ اثر مثبت و چشمگیری در افزایش مقاومت‌های اصلی کاغذ دارد.
- پیش‌تیمار قلیایی الیاف خمیر کاغذ اثری واضح در مکانیسم کاتیونی کردن دارد. کاتیونی کردن در سطح قلیایی ۲۰ درصد توانایی بیشتری در دسترس پذیر کردن گروه‌های هیدروکسیل سطحی الیاف و همین‌طور فعال شدن EPTMAC دارد.
- مصرف بیش از حد عامل کاتیونی کننده به افزایش بیش از حد بار کاتیونی سیستم می‌انجامد. در نتیجه، شاخص مقاومت به کشش و ترکیدن کاهش می‌یابد.
- کاتیونی کردن الیاف بلند سوزنی‌برگ در سطح مصرفی عامل کاتیونی کننده ۵ درصد و سطح اختلاط ۱۵ درصد الیاف سوزنی‌برگ کاتیونی شده

نتایج تأثیر اختلاط الیاف کاتیونی شده سوزنی‌برگ در نسبت‌های ۵، ۱۰، و ۱۵ درصد با الیاف خمیر کاغذ CMP بر مقدار ماندگاری نرمه‌ها در شکل ۹ می‌آید. این نتایج نشان می‌دهند با افزایش سطح اختلاط الیاف کاتیونی شده سوزنی‌برگ با خمیر کاغذ 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، بهره‌ماندگاری نرمه‌ها نسبت به تیمار کنترل ۷۰/۱ درصد است.

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

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.

- با خمیر کاغذ CMP بیشترین شاخص‌های مقاومتی را در کاغذهای دست‌ساز ایجاد می‌کند.
- استفاده از الیاف کاتیونی‌شده در سطح ۵ درصد توانایی بهتری در افزایش ماندگاری نرّمه‌های خمیر کاغذ دارد.
 - اصلاح کاتیونی الیاف بلند سوزنی‌برگ با روش

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.

