Archive Of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دورهٔ ٦٩، شمارهٔ ٢، تابستان ١٣٩٥

تاریخ دریافت: ١٣٩٣/١١/٠٦
تاریخ پذیرش: ١٣٩٤/٠٢/٢٣

ص ٣٩٧-٤٠٦

بررسی تأثیر تغییرات بازده تولید خمیر کاغذ CMP بر ویژگی‌های مقاومتی و نوری آن

❖ **قاسم اسدپور اتویی***؛ استادیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
❖ **احمدرضا زاهدی طبرستانی؛** دانشجوی دکتری گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،گرگان، ایران
❖ **علی برزن؛** دانشجوی دکتری گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
❖ **محمدتقی منقولی؛** دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
❖ **زهره قزوینی؛** کارشناس ارشد شیمی، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

در این تحقیق از ترکیب ثابت چوبی شامل مخلوطی از گونه‌های ممرز (٤٤ درصد)، صنوبر (٣١ درصد)، افرا (١٥ درصد) و بید (١٠ درصد)، خمیر کاغذ شیمیایی- مکانیکی CMP با بازده‌های متفاوت تهیه شد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی تغییرات ویژگی های خمیر کاغذ شیمیایی- مکانیکی CMP و در بازده های کمتر از حد معمول (٨٥ درصد) بوده است. با تغییر عوامل پخت شامل درجهٔ حرارت، زمان پخت و نیز درصد مصرف مایع پخت نسبت به وزن مادهٔ چوبی، چهار بازده متفاوت ٨٤، ٨٠، ٧٣ و ٦٧ درصد به‌دست آمد. در هر بازده، خرده‌چوب‌های پخته‌شده دفیبره شده و از خمیر کاغذ حاصل، درجهٔ روانی اولیه اندازه‌گیری و کاغذهای دست‌ساز ٦٠ گرمی تهیه و ویژگی‌های مقاومتی و نوری آنها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با کاهش ١٧ واحدی بازده خمیر کاغذ CMP، درجهٔ روانی اولیهٔ خمیر کاغذ روند کاهشی داشت، ولی شاخص‌های مقاومتی خمیر کاغذ شامل شاخص‌های مقاومت به پارگی، ترکیدگی و کششی به‌ترتیب ٤٢، ١٠٠ و ٢٩ درصد افزایش یافت. درجهٔ روشنی و ماتی خمیر کاغذ CMP با کاهش بازده خمیر، روند کاهشی داشت و با ١٧ واحد کاهش بازده (از ٨٤ به ٦٧ درصد)، درجهٔ روشنی در حدود ٩ درصد و ماتی خمیر کمتر از ١ درصد کاهش یافت.

واژگان کلیدی: بازده، خمیر کاغذ CMP، ویژگی‌های مقاومتی، ویژگی‌های نوری.

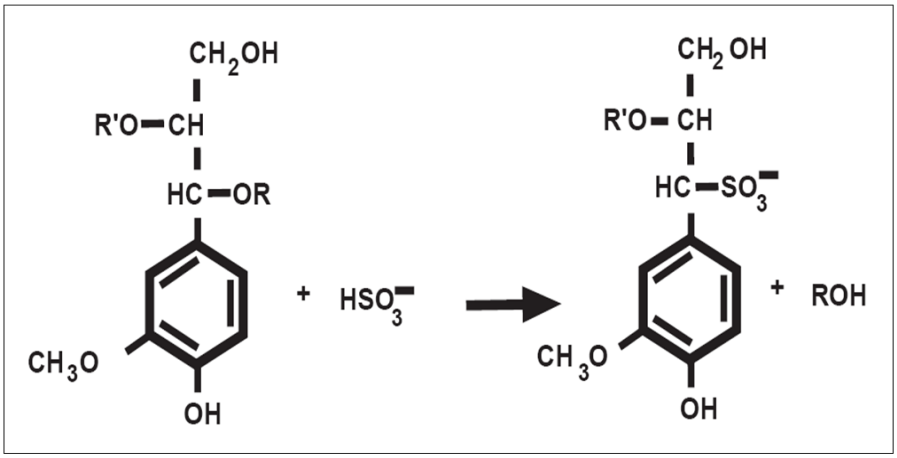
* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ٠٩١١٣٥٣٨٢٥٢
Email: asadpur2002@yahoo.com

www.SID.ir

Archive Of SID

مقدمه

روش شیمیایی- مکانیکی (CMP) برای تهیهٔ خمیر کاغذ از گونه‌های چوبی سوزنی‌برگ و پهن‌برگ به‌کار می‌رود. از سال ۱۹۷۰ میلادی فعالیت‌های زیادی در کانادا با هدف تولید خمیر کاغذ پربازده و استفاده از آن به‌جای خمیر کاغذ سولفیت برای تهیهٔ کاغذ روزنامه انجام گرفت تا سرانجام خمیرهای شیمیایی- مکانیکی (CMP) مناسب شناخته شد. در این فرایند، ابتدا خرده‌چوب‌ها در دمای بیش از ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد با مواد شیمیایی تیمار شده و سپس تحت فشار اتمسفری، الیاف چوبی توسط پالایشگرها از یکدیگر جدا شدند. مادهٔ شیمیایی پخت شامل سولفیت سدیم (Na_2SO_3) یا ترکیبی از این ماده و سود سوزآور (NaOH) بود و خمیر کاغذ تولیدشده، بازده بیش از ۸۰ درصد داشت [۱]. تیمار با سولفیت سدیم در مقایسه با سود سوزآور شدیدتر است و خصوصیات مقاومتی بهتری را سبب می‌شود، ولی بازده و ماتی کمتری را نتیجه می‌دهد. خصوصیات مقاومتی خمیرهای شیمیایی- مکانیکی تولیدشده از پهن‌برگان با افزایش درجهٔ سولفوناسیون و افزایش جذب مواد شیمیایی بهبود می‌یابد. اگر جذب مواد شیمیایی توسط چوب کم باشد، بازده خمیر کاغذ ۸۵ تا ۹۰ درصد خواهد شد و خواص خمیر کاغذ حاصل مشابه خمیرهای مکانیکی خواهد بود، درحالی که با افزایش جذب مواد شیمیایی، بازده خمیر کاغذ کمتر شده و خصوصیات خمیر کاغذ، مشابه خمیرهای شیمیایی خواهد شد [۲]. برای چوب‌های پهن‌برگ با مصرف ۱۰ تا ۱۵ درصد سولفیت سدیم نسبت به وزن خشک خرده‌چوب و زمان پخت ۱۰ تا ۶۰ دقیقه و دمای پخت ۱۳۰ تا ۱۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد، دامنهٔ تغییرات بازده خمیر CMP از ۸۰ تا ۸۸ درصد خواهد بود [۳]. نرم شدن لیگنین در فرایند پخت CMP به‌دلیل قرار گرفتن و جایگزین شدن گروه‌های سولفوناتی به‌جای گروه‌های هیدروکسیل حلقه‌های لیگنین است (شکل ۱). مقدار گروه‌های سولفوناتی موجود در خمیر کاغذ CMP به مقدار مصرف سولفیت سدیم، PH مایع پخت و دمای واکنش بستگی دارد. براساس محاسبات نظری، حداکثر مقدار لیگنین قابل سولفونه شدن ۲/۵ تا ۳ درصد وزن کاملاً خشک چوب در سوزنی‌برگان و حدود ۲/۵ درصد در پهن‌برگان است. با توجه به شروع انحلال لیگنین در سطوح بالای سولفوناسیون، عملاً حداکثر مقدار لیگنین سولفونه‌شده کمتر (۲/۱ درصد) است [٤].



شکل ۱. فرایند جایگزین شدن گروه‌های سولفوناتی در حلقه‌های لیگنین خمیر کاغذ CMP [٤]

www.SID.ir

Archive Of SID

با کاهش بیشتر بازده خمیر کاغذ و در نتیجه خروج بیشتر لیگنین و شیمیایی‌تر شدن خمیر کاغذ، ویژگی‌های مقاومتی آن افزایش پیدا می‌کند، ولی قابلیت پخش نوری آن کاهش می‌یابد [۵]. افزایش تیمار شیمیایی و کاهش بازده خمیر CMP سبب کاهش درصد ذرات نپختهٔ خمیر[1]، افزایش مقادیر الیاف بلند و کاهش نرمه‌های الیاف[2] خمیر کاغذ می‌شود [٤]. هدف از تیمار شیمیایی، در فرایند تهیهٔ خمیر کاغذ CMP، افزودن گروه‌های آبدوست نظیر گروه‌های کربوکسیلیک (–COOH) و سولفونیک (–HSO_3) به لیگنین و افزایش قابلیت واکشیدگی و انحلال لیگنین است [٤].

جهان لتیباری در بررسی ساخت خمیر کاغذ شیمیایی – مکانیکی رنگبری‌شده از کاه گندم نتیجه گرفت با افزایش مصرف مایع پخت (NaOH) و با نگه داشتن سایر شرایط پخت (دما و فشار)، بازده تولید و نیز درجهٔ روانی اولیهٔ خمیر کاغذ کاهش می‌یابد [٦].

بهروز اشکیکی و همکاران در تحقیقی، اثر میزان لیگنین‌زدایی بر خصوصیات خمیر کاغذ تهیه‌شده از مخلوط پهن‌برگان داخلی را بررسی کرد. نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش میزان لیگنین‌زدایی، درجهٔ روانی خمیر کاغذ کاهش و خصوصیات مقاومتی کاغذ حاصل افزایش می‌یابد [۷].

رسولی و همکاران در تحقیقی با ثابت نگه داشتن بازده تولید خمیر کاغذ CMP به مقدار ۸۵ درصد، ترکیب چوبی مناسب برای تهیهٔ خمیر کاغذ CMP را مخلوطی از ٦۵ درصد ممرز، ۱۰ درصد راش و ۲۵ درصد صنوبر معرفی کردند [۸].

در کارخانهٔ صنایع چوب و کاغذ مازندران برای تولید کاغذهای روزنامه و چاپ و تحریر از خمیر کاغذ CMP به‌عنوان خمیر کاغذ پایه و برای تقویت مقاومت‌های مکانیکی کاغذ و نیز افزایش قابلیت گذر ماشین کاغذ[3] حدود ۲۰ و ۲۵ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند رنگبری‌شدهٔ کرافت به‌ترتیب برای کاغذهای روزنامه، و چاپ و تحریر استفاده می‌شود [۹]. در حال حاضر با توجه به طراحی اولیه، مقدار بازده خمیر کاغذ CMP در کارخانهٔ صنایع چوب و کاغذ مازندران حدود ۸۵ درصد است که با توجه به امکانات موجود و تغییر شرایط پخت می‌توان بازده تولید خمیر کاغذ CMP را کاهش داد. در این تحقیق تأثیر کاهش بازده تولید خمیر کاغذ CMP بر ویژگی‌های مقاومتی و نوری آن بررسی شد تا با دستیابی به مقاومت مطلوب خمیر کاغذ CMP از مصرف خمیرهای الیاف بلند کرافت وارداتی کاسته شود. نتایج این تحقیق را می‌توان به‌منظور تعیین نقطهٔ بهینهٔ بازده خمیر کاغذ CMP برای تأمین ویژگی‌های مقاومتی کاغذ و نیز افزایش قابلیت گذر ماشین کاغذ به‌کار گرفت و سالیانه با کاهش مصرف خمیرهای الیاف بلند کرافت وارداتی، نسبت به اقتصادی کردن تولید کاغذهای روزنامه و چاپ و تحریر در کشور اقدام کرد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ترکیب و درصد مصرف خرده‌چوب برای تهیهٔ خمیر کاغذ CMP شامل ٤٤ درصد ممرز، ۳۱ درصد صنوبردلتوئیدس، ۱۵درصد افرا و ۱۰ درصد بید بوده است. خرده‌چوب‌های مخلوط‌شده با نسبت‌های ذکرشده به‌منظور جداسازی ناخالصی‌ها مثل سنگریزه، شن، ماسه و ... کاملاً با آب گرم (۵۵ درجهٔ سانتی‌گراد)

1. Shives
2. Fines
3. Runnability

www.SID.ir

Archive Of SID

شست‌وشو شدند. خرده‌چوب‌های شست‌وشوشده با دیگ پخت آزمایشگاهی شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران و با توجه به جدول ۱ و با تغییر عوامل پخت شامل درجهٔ حرارت، زمان پخت و نسبت وزنی سولفیت سدیم برای دستیابی به بازده‌های متفاوت خمیر کاغذ CMP پخت شدند. دیگ پخت آزمایشگاهی از نوع هاتو، چرخان و با گنجایش ۱۰ لیتر بود که در هر نوبت حدود ۵۰۰ گرم چیپس چوب برپایهٔ وزن خشک به خمیر کاغذ CMP تبدیل شد. برای دستیابی به هر بازده سه پخت (تکرار) انجام گرفت.

جدول ۱. شرایط پخت برای تهیهٔ خمیرهای CMP با بازده متفاوت

تیمار	درجهٔ حرارت (سانتی‌گراد)	زمان پخت (دقیقه)	سولفیت سدیم مصرفی (٪)	نسبت مایع پخت به چوب	بازده پخت (٪)
۱	۱۶۵	۵۰	۱۴	۷:۱	۸۴
۲	۱۷۰	۵۵	۱۴	۷:۱	۸۱
۳	۱۷۴	۱۲۰	۱۶	۷:۱	۷۴
۴	۱۷۶	۱۸۰	۲۲	۷:۱	۶۷

خرده‌چوب‌ها پس از پخت و تکمیل تیمار شیمیایی، به‌وسیلهٔ یک دستگاه دفیبراتور ساخت داخل دفیبره شدند و پس از عبور از الک با مش ۲۰ و جداسازی رشته‌ها و دسته‌های بزرگ که الیاف آنها به‌خوبی از هم جدا نشده بودند، خمیر کاغذ CMP حاصل بر روی الک با مش ۲۰۰ با آب شست‌وشو داده شد. پس از شست‌وشوی خمیرهای کاغذ CMP، درجهٔ روانی اولیهٔ آنها برحسب استاندارد کانادایی (CSF) و براساس استاندارد تاپی T227OM-99 اندازه‌گیری شد. بازده خمیر کاغذ با روش توزین و با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد.

(۱) بازده خمیر کاغذ= (جرم خشک خرده‌چوب / جرم خشک خمیر) ×۱۰۰

در مرحلهٔ بعدی، کاغذهای دست‌ساز با وزن پایهٔ ۶۰ گرم بر متر مربع براساس استاندارد تاپی T205SP-95 ساخته شد. درجهٔ روشنی و میزان ماتی و همچنین آزمون‌های مکانیکی شامل مقاومت به کشش، ترکیدن و پاره شدن به‌ترتیب براساس استانداردهای تاپی T452Om-92، T452Om-91، T495Om-96، T403om-97، T414Om98 اندازه‌گیری شد [۱۰].

مقادیر به‌دست‌آمده از آزمون‌ها توسط آزمون دانکن برپایهٔ طرح آماری کاملاً تصادفی و با درصد اطمینان ۹۵ درصد تجزیه‌وتحلیل شد.

نتایج و بحث

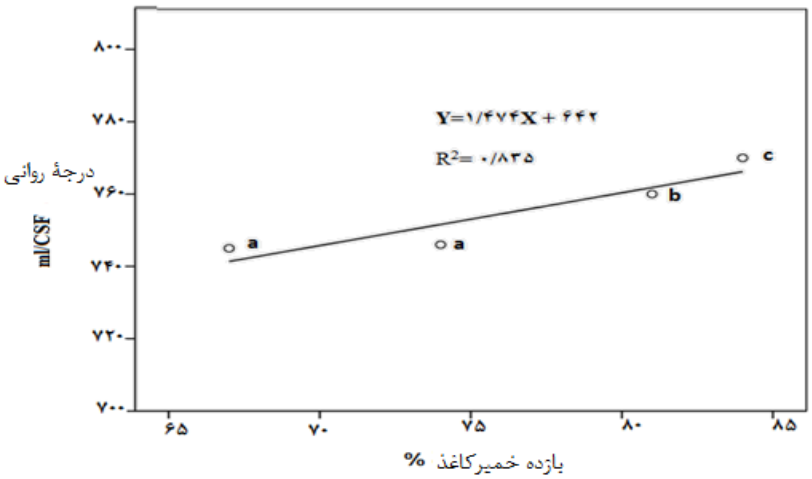
درجهٔ روانی اولیهٔ خمیر

برخلاف خمیرهای شیمیایی، خرده‌چوب‌های پخته‌شده در فرایند پخت خمیر کاغذ شیمیایی – مکانیکی CMP بعد از پخت و خروج از دیگ پخت، حالت چوبی خود را حفظ می‌کنند و بنابراین الیاف آنها باید با تیمار مکانیکی (دستگاه دفیبراتور) از هم جدا شود. علاوه‌بر شرایط پخت و مقدار بازده خمیر کاغذ، شدت تیمار مکانیکی جداسازی الیاف در تعیین درجهٔ روانی اولیه مؤثر است. درجهٔ روانی اولیهٔ خمیرهای شیمیایی–مکانیکی بعد از جداسازی اولیهٔ الیاف، به مقادیر الیاف جدانشده و نرمه‌های الیاف موجود درخمیر بستگی دارد [۳]. با افزایش لیگنین‌زدایی (کاهش بازده) و سهولت جداشدن الیاف در مرحلهٔ جداسازی، الیاف به‌طور سالم از یکدیگر جدا می‌شوند و مقادیر الیاف جدانشده

www.SID.ir

Archive Of SID

کاهش می‌یابد که این موضوع سبب کاهش درجهٔ روانی اولیهٔ خمیر با کاهش بازده تولید خمیر می‌شود. شکل ۲ ارتباط درجهٔ روانی اولیهٔ خمیر کاغذ CMP را با مقادیر مختلف بازده تولید خمیر کاغذ نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که با کاهش بازده تولید خمیر کاغذ CMP، درجهٔ روانی اولیهٔ خمیر کاغذ نیز روند کاهشی دارد. شایان ذکر است که در همهٔ شکل‌ها، حروف لاتین کنار داده‌ها، گروه‌بندی میانگین‌ها با آزمون دانکن است.



شکل ۲. ارتباط درجهٔ روانی اولیهٔ خمیر کاغذ CMP با مقادیر مختلف بازده تولید خمیر کاغذ

در درجهٔ روانی اولیهٔ اندازه‌گیری‌شده، تفاوت زیادی بین مقادیر درجهٔ روانی با مقادیر مختلف بازده تولید خمیر کاغذ مشاهده نشد، ولی در فرایند پالایش ثانویهٔ خمیر برای رسیدن به درجهٔ روانی حدود ٤٠٠ میلی‌لیتر، دور دستگاه پالایشگر آزمایشگاهی (PFI) برای بازده‌های ٨٤، ٨١، ٧٤ و ٦٧ درصد به‌ترتیب ٥٥٠٠، ٥٣٠٠، ٤٦٠٠ و ٣٦٠٠ بود. واکنش شیمیایی چوب با محلول پخت سولفیت، سبب تغییر خواص مکانیکی آن و نرم شدن و آماده‌سازی چوب‌های پخته‌شده برای دفیبره شدن (جداسازی الیاف) و پالایش می‌شود و شدت مصرف انرژی کاهش می‌یابد [٤].

ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ CMP

شاخص مقاومت به پارگی

مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ تحت تأثیر طول الیاف، تعداد الیافی که در پاره شدن دخالت دارند و تعداد اتصالات بین الیاف و مقاومت اتصالات بستگی دارد [۱، ۱۱]. پیش‌تیمار شیمیایی خمیرهای شیمیایی – مکانیکی خواص خمیر را از طریق تغییر پراکنش ابعادی و همچنین تغییر خواص ویژهٔ الیاف بهبود می‌بخشد. در مقایسه با خمیرهای مکانیکی، پیش‌تیمار شیمیایی سبب کاهش ذرات درشت و نپختهٔ خمیر کاغذ، افزایش مقدار درصد الیاف بلند در خمیر و کاهش مقدار درصد نرمه‌های الیاف و در نتیجه بهبود کیفیت خمیر می‌شود. پراکنش ابعاد الیاف خمیرهای شیمیایی– مکانیکی حد واسط خمیرهای کاملاً مکانیکی و کاملاً شیمیایی است [٤].

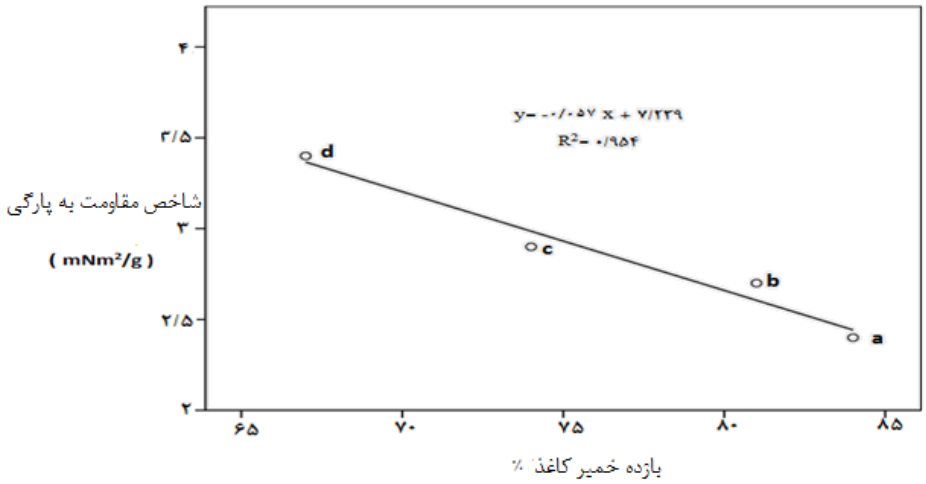
با توجه به شکل ۳ با کاهش بازده خمیر کاغذ CMP، شاخص مقاومت به پارگی به‌طور خطی و با ضریب همبستگی زیادی افزایش می‌یابد. افزایش شاخص مقاومت به پارگی با کاهش بازده خمیر در نتیجهٔ سهولت و جداسازی سالم‌تر الیاف در بازده‌های

www.SID.ir

Archive Of SID

کمتر است. در بازده‌های کمتر خمیر کاغذ CMP به‌دلیل افزایش نسبت الیاف بلند و کاهش مقادیر نرمه‌های الیاف، میانگین طول الیاف خمیرهای شیمیایی- مکانیکی افزایش می‌یابد و در نتیجه مقاومت به پارگی آن نیز افزایش نشان می‌دهد. در مجموع با ۱۷ واحد کاهش بازده خمیر CMP، حدود ٤٢ درصد به شاخص مقاومت به پارگی خمیر افزوده شد.

به‌نظر می‌رسد علاوه‌بر افزایش میانگین طول الیاف خمیر کاغذ CMP در بازده‌های کمتر، به‌دلیل تیمار شیمیایی بیشتر در بازده‌های کمتر، انعطاف‌پذیری و سطح اتصال بین الیاف در نتیجهٔ افزایش گروه‌های سولفونات به لیگنین افزایش یافته و این پدیده سبب افزایش شاخص مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ شده است [۱۱].



شکل ۳. تأثیر تغییرات بازده خمیر کاغذ CMP بر شاخص مقاومت به پارگی آن

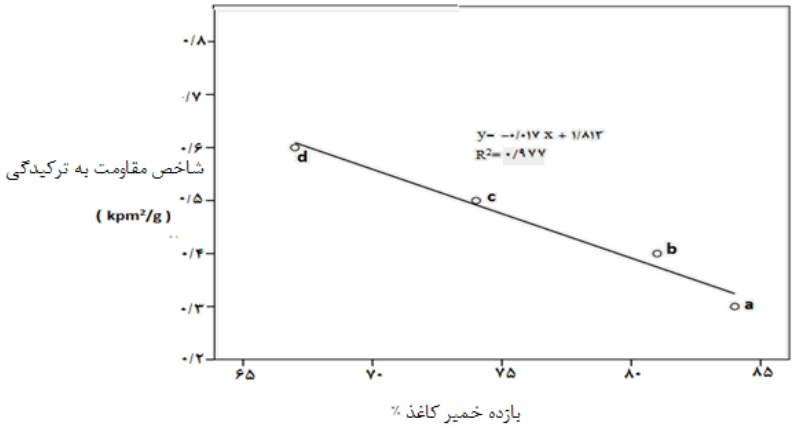
شاخص مقاومت به ترکیدگی

مقاومت به ترکیدگی در واقع مقاومت یک ورق کاغذ در برابر تغییر شکل به‌وسیلهٔ یک پردهٔ لاستیکی منبسط‌شونده است که با اندازه‌گیری فشار هیدرولیکی در نقطهٔ پارگی (ترکیدن) کاغذ تعیین می‌شود. افزایش طول الیاف، افزایش پالایش و فشار پرس، سبب افزایش مقاومت به ترکیدگی و افزایش مقدار مواد پرکننده و نیز شاخص شکل‌گیری (شکل‌گیری نامناسب) موجب کاهش آن خواهد شد [۱۱]. با توجه به شکل ٤، با کاهش بازده خمیر کاغذ، شاخص مقاومت به ترکیدگی افزایش یافته است.

سالم‌تر بودن الیاف و همچنین افزایش خاصیت انعطاف‌پذیری الیاف در بازده‌های کمتر خمیر کاغذ، سبب افزایش بیشتر اتصال بین الیاف و در نتیجه افزایش شاخص مقاومت به ترکیدگی شد. شاخص مقاومت به ترکیدگی خمیر CMP با ۱۷ واحد کاهش بازده، ۱۰۰ درصد افزایش یافت.

www.SID.ir

Archive Of SID

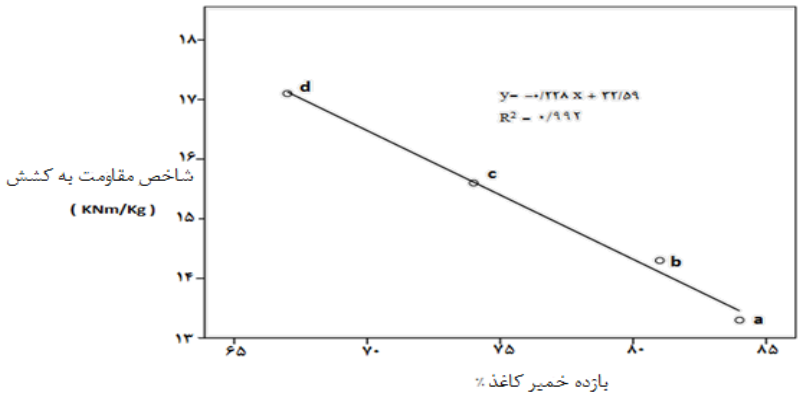


شکل ٤. تأثیر تغییرات بازده خمیر کاغذ CMP بر شاخص مقاومت به ترکیدگی آن

شاخص مقاومت کششی

مقاومت کششی از مهم‌ترین مقاومت‌های کاغذ است که آن را در برابر تنش‌های کششی که به آن وارد می‌شود، حفظ می‌کند. عوامل مؤثر بر شاخص مقاومت به کشش عبارت‌اند از: گراماژ کاغذ، زبری الیاف (وزن واحد طول)، پهنا و طول الیاف و پالایش. اثر تمامی عوامل ذکرشده بر مقدار مقاومت کششی به‌صورت سطح نسبی پیونددار (RBA)[1] بیان می‌شود و هر عاملی که بتواند سبب افزایش سطح پیوند بین الیاف شود، موجب افزایش مقاومت‌های کششی کاغذ خواهد شد [۱۱].

با توجه به شکل ۵، همانند شاخص‌های مقاومت به پارگی و ترکیدگی، با کاهش بازده تولید خمیر CMP، مقادیر شاخص مقاومت به کشش افزایش یافت. با ۱۷ واحد کاهش بازده خمیر CMP، شاخص مقاومت به کشش حدود ۲۹درصد افزایش نشان می‌دهد. در خمیر کاغذ CMP با افزایش تیمار شیمیایی و کاهش بازده خمیر گروه‌های سولفونات موجود در خمیر کاغذ افزایش می‌یابند که سبب انعطاف‌پذیری بیشتر الیاف و افزایش سطوح تماس و بهبود مقاومت کششی خمیر کاغذ می‌شود [٤]. پیش‌بینی می‌شود که در تحقیق حاضر، در بازده‌های کمتر خمیر کاغذ، به‌دلیل تیمار شدیدتر شیمیایی، مقدار سولفونات موجود در خمیر کاغذ نیز بیشتر باشد.



شکل ۵. تأثیر تغییرات بازده خمیر کاغذ CMP بر شاخص مقاومت به کشش آن [1]

1. Relative Bonded Area

www.SID.ir

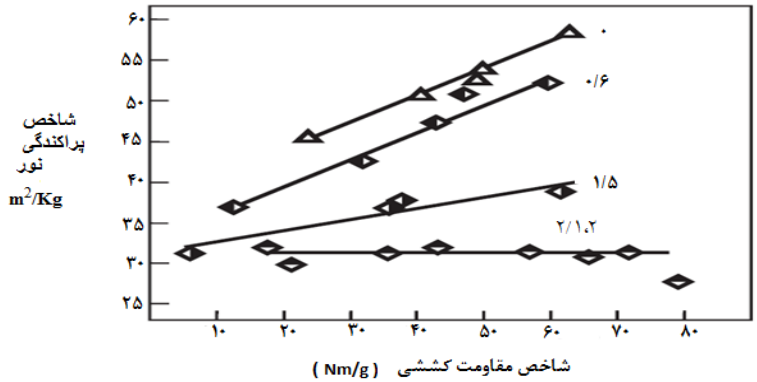
Archive Of SID

ویژگی‌های نوری خمیر CMP

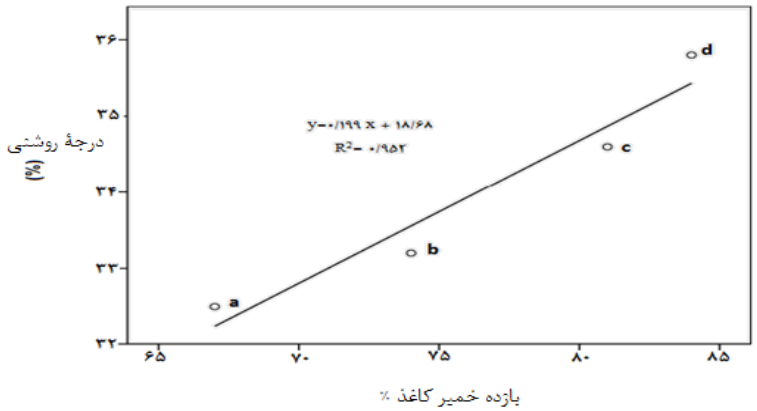
درجهٔ روشنی[1]

مقدار درجهٔ روشنی کاغذ (خمیر کاغذ) به درجهٔ روشنی مواد اولیه، PH خمیر کاغذ و در مجموع به ضرایب جذب و پخش نور بستگی دارد. با افزایش گروه‌های سولفوناتی به خمیر کاغذ CMP (کاهش بیشتر بازده خمیر) مقادیر ضریب پخش نور کاهش می‌یابد [٤]. با توجه به شکل ٦ با افزایش مقادیر سولفونات موجود در خمیر کاغذ CMP که به‌مفهوم مصرف بیشتر مایع پخت سولفیتی و کاهش بازده خمیر کاغذ است، مقاومت کششی افزایش و ضریب شاخص پخش نور کاهش یافت که به‌مفهوم کاهش درجهٔ روشنی و ماتی خمیر کاغذ مذکور است.

با توجه به شکل ۷ مشاهده می‌شود که با کاهش بازده خمیر کاغذ CMP مقادیر درجهٔ روشنی خمیر کاغذ روند نزولی داشت. در نتیجهٔ کاهش بازده خمیر و افزایش گروه‌های سولفوناتی موجود در خمیر CMP، ضریب پخش نور خمیر کاهش یافت [٤] و از درجهٔ روشنی خمیر کاغذ نیز کاسته شد. در این تحقیق با کاهش ۱۷ واحدی بازده خمیر کاغذ CMP، درجهٔ روشنی ٤ واحد (حدود ۹ درصد) کاهش پیدا کرد.



شکل ٦. رابطهٔ بین ضریب پخش نور و شاخص مقاومت کششی خمیر پالایش‌شده و در مقادیر مختلف درصد سولفونات (اعداد روی نمودار) موجود درخمیر [٤]



شکل ۷. تأثیر تغییرات بازده خمیر کاغذ CMP بر درجهٔ روشنی آن [1]

1. Brightness

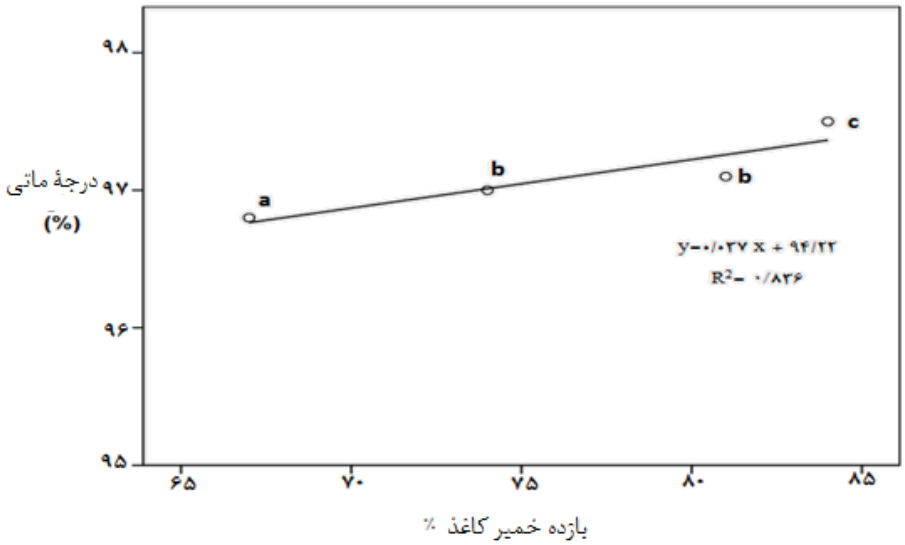
www.SID.ir

Archive Of SID

ماتی[1] کاغذ

ماتی معیاری از میزان نور عبوری از خمیر کاغذ است و به عوامل مختلفی چون حجم، میزان پرس و غیره بستگی دارد. با افزایش سطح اتصال بین الیاف، میزان ماتی کاهش می‌یابد، زیرا فضای خالی بین الیاف کاهش می‌یابد و نور بدون عبور از هوا و شکسته شدن، از فیبری به فیبر دیگر انتقال پیدا کرده و از کاغذ عبور می‌کند [۱۱]. ماتی خمیر کاغذ نیز تابع ضرایب جذب و پخش خمیر و گراماژ کاغذ است.

با توجه به شکل ۸، همانند درجهٔ روشنی، مقادیر ماتی کاغذ با کاهش بازده خمیر، روند نزولی نشان می‌دهد، ولی دارای شیب تغییرات کمتر (ضریب همبستگی R^2=۰/۸۳٦) است. با کاهش بازده خمیر CMP، و در نتیجه کاهش ضریب پخش نور، ماتی کاغذ نیز روند نزولی نشان می‌دهد. البته علاوه‌بر کاهش ضریب پخش نور کاغذ، منعطف‌تر بودن الیاف خمیر CMP در بازده‌های کمتر، سبب تولید کاغذ با دانسیتهٔ بیشتر، و ضخامت و ماتی کمتر شده است.



شکل ۸. تأثیر تغییرات بازده خمیر کاغذ CMP بر درجهٔ ماتی آن

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، با کاهش بازده تولید خمیر کاغذ CMP تهیه‌شده از مخلوط گونه‌های پهن‌برگ، ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ شامل شاخص مقاومت به پارگی، ترکیدگی و کششی افزایش یافت و بیشترین مقدار افزایش در شاخص مقاومت به ترکیدگی بود. در زمینهٔ ویژگی‌های نوری، با کاهش بازده خمیر کاغذ CMP، درجهٔ روشنی کاغذ و ماتی کاغذ روند کاهشی داشتند. تعیین حد بهینهٔ بازده خمیر کاغذ CMP، به نوع محصول نهایی و ویژگی‌های کاغذ تولیدی بستگی دارد و با توجه به ویژگی مقاومتی و نوری کاغذ می‌توان بازده مناسب را انتخاب کرد. در مجموع با لحاظ ویژگی‌های مقاومتی و نوری، و نیز در نظر گرفتن مسائل اقتصادی تولید خمیر کاغذ، مناسب‌ترین دامنهٔ بازده تولید خمیر کاغذ CMP بین ۷۰ تا ۷۵ درصد پیشنهاد می‌شود.

1. Opacity

www.SID.ir

Archive Of SID

References

[1]. Smook, G. A. (2003). Handbook for Pulp and Paper Technologists, Translated by Mirshokraee, S. A., Aeij Press, Tehran, 501p.

[2]. Beatson, R., Heitnet, C., and Atack, D., (1984). Factors affecting the sulphonation of spruce. Journal of Pulp and Paper Science, 10(1): 12-17

[3]. Sixta, H. (2006). Handbook of Pulp. Lenzing, Austria,1352p.

[4]. Gullichsen, S., and Paula Puro, H. (1998). Mechanical Pulping. Helsinki, Finland,427p.

[5]. Holik, H. (2006). Handbook of Paper and Board, Willey-Vch Verlag gmbh, Weinheim, Germany,505p.

[6]. Jahan Latibari, A (2012). Investigation on production of bleachable chemi-mechanical pulp from wheat straw. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(4): 634-646.

[7]. Eshkiki R. B., and Resalati H. (1999). Study on the effect of extent of delignification on kraft pulp and paper properties. Pajouhesh & Sazandegi, 44: 84- 90.

[8]. Rasouli Garmaroudi, A., Resalati, H., and Mahdavi Feizabady, S. (2007). Effect of wood raw material combination on the properties of chemi-mechanical pulp for making Newsprint. Pajouhesh va Sazandegi, 76(3): 69-75.

[9]. Asadpour, Gh., Resalati, H., Dehghani, MR., Ghasemian, A., and Mohammad nezhad, M. (2012). The Effect of cationized CMP fines on newsprint pulp properties. Journal of Forest and Wood Products, 64(4): 357-368.

[10]. Tappi Standard Test Methods. (2009). Tappi Press, Atlanta, GA. USA,1382p.

[11]. Scott, Villiam.E. (2003). Properties of paper: an introduction, Translated by Afra, A., Agricultural Sciences Press, Tehran,392p.

www.SID.ir