Archive of SID

فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۶، شمارهٔ ٤، صفحهٔ ٦۲۱-٦۰۵، (۱۳۹۰)

بررسی تأثیر شکل و اندازه نرمه خمیر کاغذ مکانیکی بر ویژگیهای کاغذ

امیر محسن ناظری[1*]، محمد طلایی پور[2] و سعید مهدوی[3]

۱*- مسئول مکاتبات، کارشناسی ارشد، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
پست الکترونیک: nazeri95@gmail.com
۲- استادیار، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
۳- استادیار، علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

تاریخ دریافت : آبان ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۰

چکیده

در این تحقیق تأثیر شکل و اندازه نرمه‌ها[1] بر ویژگی‌های کاغذ ساخته شده از خمیر مکانیکی در دو بخش مورد مطالعه قرار گرفت. در بخش اول گروه‌بندی نرمه‌ها به دو گروه نرمه‌های رشته‌ای[2] و نرمه‌های نواری[3] انجام شد و در بخش دوم نیز تأثیر آنها بر ویژگی‌های کاغذ ساخته شده مورد بررسی قرارگرفت. نرمه‌های رشته‌ای از مواد رشته‌ای، مانند دیواره نازک سلول و رشته‌های لیفی تشکیل شده و نرمه‌های نواری متشکل از تکه‌های ضخیم دیواره سلول و اشعه‌های سلولی می‌باشند. برای شناسایی ویژگی‌های نرمه‌های رشته‌ای و نواری از یک روش آنالیز تصویری پیشرفته استفاده شد. نتایج نشان داد که نرمه‌های رشته‌ای و نواری دارای خواص متفاوت بوده و اثرات مختلفی را بر خواص ورقه کاغذ حاصل دارند. نرمه‌های رشته‌ای به شدت خواص مقاومتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند ولی نرمه‌های نواری خواص پخش نور را بهبود می‌بخشند. در مجموع ذرات با اندازه ریزتر سبب افزایش دانسیته و مقاومت‌های کاغذ می‌شود. در نتیجه مقادیر نرمه‌ها و مواد رشته‌ای عامل بسیار مهمی در نرمه‌های خمیرکاغذهای مکانیکی می‌باشد که در کنترل کیفیت نرمه‌های مکانیکی و خمیرکاغذ و کاغذ تولید شده بسیار با اهمیت هستند.

واژه‌های کلیدی: نرمه‌ها، خمیرکاغذ مکانیکی، نرمه‌های رشته‌ای، نرمه‌های نواری، پخش نور.

1-Fiber Fines
2-Fibrils
3-Flakes

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

فرایند جداکردن مکانیکی الیاف مقادیر زیادی ذرات نرمه تولید می‌کند که محدوده وسیعی از انواع مختلف ذرات را شامل می‌شود. نرمه‌ها نقش مهم و اساسی در تعیین خواص خمیرکاغذ مکانیکی ایفا می‌کنند، چون درصد وزنی بخش نرمه‌ها ممکن است تا حدود ٤٠٪ در خمیرکاغذهای مکانیکی به‌کار رفته در تهیه کاغذهای چاپ و تحریر با کیفیت بالا برسد . تأثیر مقادیر نرمه بر خواص خمیرکاغذ و کاغذ بطور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است اما کیفیت خود نرمه‌ها و عواملی که خواص آنها را تعیین می کنند کمتر مورد توجه بوده است .

Brechet و klemn (١٩٥٣) در یک مطالعه بنیادی خواص نرمه‌های خمیر کاغذ مکانیکی را بررسی کردند آنها نرمه‌ها را به دو بخش پودری شکل[1] و مواد لعابی یا چسبناک طبقه‌بندی کردند.

مواد پودری شامل تکه‌های گرانول مانند الیاف و بخش‌هایی از الیاف و اشعه‌های سلولی می‌باشند اگر چه مواد چسبناک بیشتر حاوی نرمه‌های رشته‌ای هستند. نتایج مطالعه این محققان نشان می‌دهد که این دو نوع ماده تأثیرات مختلفی بر خواص ورق کاغذ دارند. همچنین نتایج بسیاری از تحقیقات نشان می‌دهد که مواد چسبنده مثل نرمه‌های غنی از الیاف[2] مواد خوبی برای شکل‌دهی و ایجاد پیوند هستند اگرچه ذرات تکه‌ای و نواری مانند متراکم و سفت و محکم حاصل از دیواره سلولی الیاف و دیواره میانی قابلیت پیونددهی ضعیفی دارند (De Silviera,١٩٩٦) .

تقسیم کردن نرمه‌های خمیر کاغذ مکانیکی به دو قسمت پودری و چسبناک فقط به منظور تشریح خواص و تأثیرات آنهاست و واضح است که نرمه‌ها از انواع مختلف ذرات با شکل‌ها و اندازه‌های مختلف تشکیل شده‌اند و حد و مرزی بین نرمه‌های پودری و چسبناک نمی‌توان قائل شد. البته فرض بر این است که نرمه‌ها به‌طور نسبی شامل بخش رشته‌ای و بخش نواری هستند، این فرضیات بر اساس نتایج تحقیقات Brechet و Klemn پایه‌گذاری شده است.

J.Silvio (٢٠٠٤) نیز در تحقیقی به این نکته اشاره نمود که با افزایش مقدار نرمه‌های خمیر کاغذ کرافت شاخص مقاومت به کشش کاغذ افزایش یافته اما ضریب پخش نور تا افزایش مقدار معینی از نرمه‌ها تا حدود ١٥٪ همچنان بدون تغییر باقی‌ماند. اما در مورد نرمه‌های خمیر مکانیکی به نظر می‌رسد ضریب پخش نور بیشتر با مقدار نرمه‌ها ارتباط دارد تا کیفیت آنها که این مقدار ممکن است در برخی خمیر کاغذها تا حدود ٤٠٪ برسد.

مرادیان و همکاران (١٣٨٢) در تحقیقی بر روی تولید خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی (CMP)، افزایش میزان نرمه‌ها را تحت تأثیر افزایش پالایش خمیرکاغذ، موجب کاهش آبگیری از خمیرکاغذ و تولید کاغذی با استحکام و تراکم بیشتر و نیز ساختار یکنواخت‌تر ورقه عنوان نموده‌اند. لیکن به این نکته نیز اشاره شده است که میزان تولید نرمه با تنظیم درجه‌روانی خمیرکاغذ به منظور جلوگیری از افت بیش از حد مقاومت به پاره‌شدن کاغذ باید کنترل شود.

حمصی و همکاران (١٣٨٥) در بررسی تولید خمیرکاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه کلزا نتیجه می‌گیرند که استفاده از زمان پخت کمتر به علت عدم تأثیر مناسب مواد

1-Flour stuff
2-Fibril rich

www.SID.ir

Archive of SID

شیمیایی در حین پخت، موجب ترد و سخت‌تر بودن ساختمان الیاف کلزا شده و در نتیجه میزان نرمه و درجه‌روانی خمیرکاغذ افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، جدا شدن و فیبریله شدن الیاف به خوبی صورت نگرفته و موجبات افت ویژگی‌های مقاومتی کاغذ را فراهم می‌کند.

Luukko Kari AaPPo (۲۰۰۰) طی تحقیقی با عنوان «شناسایی خصوصیات نرمه‌های خمیر مکانیکی» به بررسی خصوصیات و خواص نرمه‌ها پرداخت. هدف وی در این تحقیق پیدا کردن عوامل موثر بر خواص نرمه‌ها و همچنین یافتن پارامترهای مربوطه و نسبتاً قابل اندازه‌گیری آسان، می‌باشد که برای مشخص کردن ابهامات خواص کاغذسازی نرمه‌ها مورد نیاز هستند او نتیجه گرفت که خواص فیزیکی و شیمیایی نرمه‌های خمیر مکانیکی تا حد زیادی بهم وابسته‌اند و در محدودهٔ وسیعی قابل تغییر هستند اما هیچ یک از عوامل شناخته شده به تنهایی خواص کاغذسازی نرمه‌ها را تعیین نمی‌کند بلکه به وسیله اثرات ترکیبی عوامل مختلف قابل تعیین و تغییر هستند.

Mosbye Jhon (۲۰۰۲) در تحقیقی به ارزیابی ترکیبات شیمیایی نرمه‌های خمیر مکانیکی و بار موجود در آنها پرداختند و در نهایت اظهار داشتند که نرمه‌های تولید شده در مراحل اولیه پالایش دارای مواد فیبری و بار سطحی کمتر و گروه‌های باردار بیشتری نسبت به نرمه‌های تولید شده در دیگر مراحل پالایش هستند.

PaulaPur (۲۰۰۲) در ادامهٔ تحقیقاتشان در مورد شکل، اندازه و ترکیبات نرمه‌ها و اثرات آنها بر خواص کاغذسازی به نتایج دیگری دست یافتند، آنها دریافتند که نرمه‌های خمیرهای شیمیایی اساساً دانسیته کاغذهای کرافت را افزایش می‌دهند در صورتی که نرمه‌های خمیر TMP با اندازه بزرگتر، فقط مقدار کمی دانسیته را افزایش می‌دهند و ضریب پخش نور بالاتری دارند بعلاوه ورقه‌هایی که حاوی ۱۵٪ نرمه بودند مقاومت کششی بالاتری را نشان دادند. از نظر ترکیبات سطحی هم به این نتیجه رسیدند که لیگنین و مواد استخراجی زیادی سطوح نرمه‌ها را پوشانده است. به طور کل از این تحقیق این مطلب نتیجه می‌شود که ارتباط بین شکل، اندازه و ترکیبات شیمیایی نرمه‌ها و تعیین سهم هر یک در خصوصیات ورقه کاغذ کار مشکلی است.

Southan Inc (۲۰۰۳) در مقاله‌ای تحت عنوان «اندازه‌گیری و اهمیت نرمه‌ها» به بررسی خواص و روش‌های اندازه‌گیری آنها پرداخت و نتیجه گرفت که افزودن نرمه به خمیرهای شیمیایی به طور معنی‌داری استحکام ورق و بسیاری از خواص مقاومتی خشک ورق کاغذ را بهبود می‌بخشد، اگرچه او دریافت که نرمه‌ها به شدت درجه‌روانی و تخلخل ورق را درست مثل حالتی که خمیر تا حد زیادی زده شده باشد، کاهش می‌دهند و درنتیجهٔ اُفت درجه‌روانی، آبگیری کندتر صورت می‌گیرد، همچنین کاهش تخلخل سبب به تاخیر افتادن خروج رطوبت و کندتر شدن سرعت خشک شدن می‌شود. او دریافت که هر دوی این عوامل در کاهش قابلیت تولید ماشین کاغذ و خمیر نقش دارند و تراکم نرمه‌ها در مخلوط خمیر کاغذ سبب این قبیل شرایط می‌شود وی همچنین بدلیل اینکه نرمه‌ها در فرایندهای کاغذسازی اهمیت فراوانی دارند و بدقت باید اندازه‌گیری شوند، استفاده از روش آنالیز نوری طول الیاف را برای اندازه‌گیری آنها مناسب ندانست چون معتقد بود روش فوق مقدار صحیحی از نرمه‌ها را عرضه نمی‌کند.

با وجوداینکه تاکنون مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفته است ولی تأثیر ذرات رشته‌ای و نواری با

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌های متفاوت بر خواص نرمه‌ها تا امروز بطور کامل اثبات نشده است.یک دلیل آن دشواری تهیه زیرمجموعه‌ها و ذرات کوچکتر نرمه‌ها می‌باشد. بعلاوه روش‌های مناسب برای اندازه‌گیری مستقیم ذرات نرمه‌ها هنوز در دسترس نمی‌باشد.

در تحقیق حاضر اثرات شکل و اندازه ذرات بر خواص نرمه‌های خمیر کاغذ مکانیکی مورد بررسی قرار گرفته است. دو نوع مختلف انواع ذرات وجود دارند که مورد آزمون قرار می‌گیرند: ذرات رشته‌ای مانند و نواری مانند. تفکیک نرمه‌ها به این دو بخش با روش آنالیز تصویری پیشرفته انجام شده که در بخش‌های آتی توضیح داده خواهد شد. به طور کل نرمه‌های رشته‌ای و نواری در شکل ذرات به ترتیب پتانسیل تشکیل پیوند زیاد و کم را نشان می‌دهند.

مواد و روشها

مواد

ابتدا از نرمه‌های مختلف دارای مقادیر متفاوت مواد رشته‌ای با اندازه‌های ذرات مختلف نمونه‌هایی تهیه شد. به این منظور از خمیرکاغذ TMP نوئل با درجه‌روانی حدود۵۰ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی برای نمونه‌گیری استفاده شد.

روشها

جداسازی یا آماده‌سازی نرمه‌ها

بخش‌های نرمه‌های غنی از الیاف از خمیرکاغذ خروجی وازده‌های[1] پالایشگر گرفته شد. این بخش از الک با مش۱۰۰ عبور کرده وبر روی الک با مش۲۰۰ باقی‌مانده است. این فرایند با استفاده ازدستگاه طبقه‌بندی الیاف از نوع Bauer-MC Nett انجام شده است.

سپس نمونه‌های گرفته شده به درصد خشکی ۵٪ رسانده شده و توسط یک دستگاه کوبنده با دور ۱۰۰۰۰۰ پالایش شد و به زیر مجموعه‌های ٤۰۰ P۳۰۰/R و P٤۰۰ تفکیک شدند. این بخش‌ها حاوی فقط مقدار کمی از ذرات تکه‌ای و نواری کوچک می‌باشند بخش‌های رشته‌ای، فیبریل‌های P۱۰۰/R۲۰۰، فیبریل‌های P۳۰۰/R٤۰۰ و فیبریل‌های P٤۰۰ نامیده شدند.

نرمه‌های نمونه از تکه‌های کوچک (غنی از ذرات نواری و پوسته‌ای) بوسیله گرفتن خمیرکاغذ بعداز مرحله اول پالایش و جداکردن بخش P۳۰۰/R٤۰۰ که بیشتر شامل ذرات تکه‌ای کوچک هستند تهیه می‌شوند. این بخش از تکه‌های P۳۰۰/R٤۰۰ حدود ۲/۷٪ از خمیرکاغذ مرحله اول پالایشگر را شامل می‌شوند. شکل۱ انواع نرمه‌ها و شکل۲ روش تهیه نمونه‌های رشته‌ای و تکه‌ای را بخوبی تشریح می‌کند. علاوه بر نمونه‌های تهیه شده ازقسمت‌های P۲۰۰ و P٤۰۰ خمیرکاغذ قابل قبول و رنگبری نشده نیز مورد مطالعه قرار گرفت و نرمه‌های TMP خمیرکاغذ P۲۰۰ به‌عنوان مرجع استفاده شد که نمایانگر نمونه نرمه خمیر قابل قبول در یک فرایند TMP می‌باشد برای تهیه کوچکترین نرمه‌های موجود، یک بخش P٤۰۰ از بخش P۲۰۰ خمیر کاغذ TMP جدا شد که شامل کوچکترین رشته‌ها و نوارها می‌باشند این قسمت بخش رشته‌ای- نواری P٤۰۰[2] نامیده شد.

نسبت نرمه‌های P٤۰۰ در نرمه‌های P۲۰۰ خمیر کاغذ TMP نرمه‌های سفید شده خمیر کاغذ کرافت[3] نیز با نرمه‌های خمیرکاغذ شیمیایی مقایسه شدند خمیر کاغذ به

1- Rejects

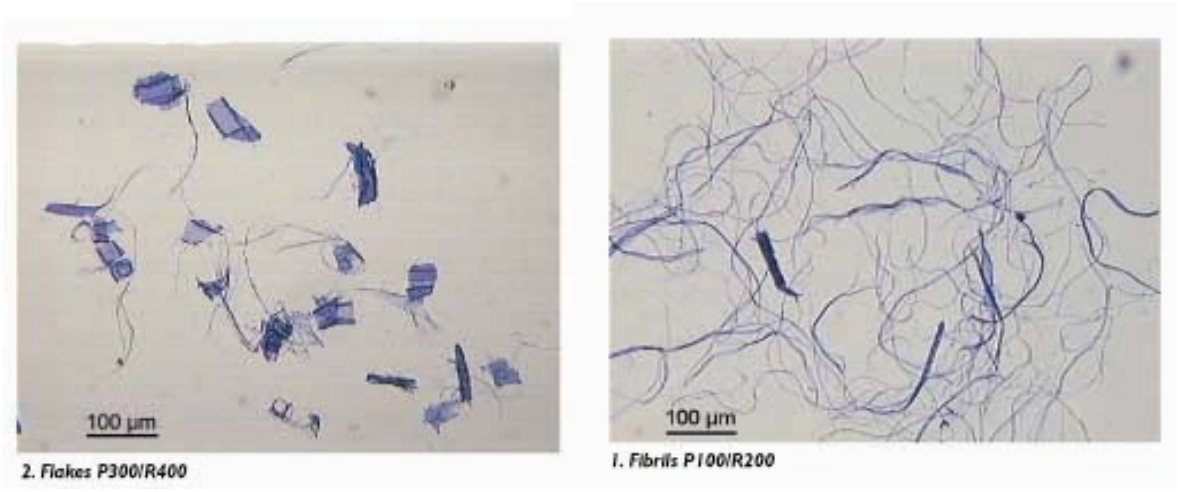
2- Fibril + Flakes P400

3- Bleached Kraft (BK)

www.SID.ir

Archive of SID

مدت ۱۲۰دقیقه در یک کوبنده آزمایشگاهی مدل Valley تا درجه‌روانی ۸٦ میلی‌لیتر SR کوبیده شده و نرمه‌ها از یک الک با مش۲۰۰ در دستگاه طبقه‌بندی الیاف از نوع Bauver Mcnet عبور کرده و سپس جمع‌آوری شدند. نسبت نرمه‌ها در این بخش از خمیر ۹/۱٪ بود که BK P۲۰۰ نامیده می‌شود.



شکل ۱- شکل نرمه‌های رشته‌ای P ۱۰۰/R ۲۰۰ (راست)و نرمه‌های نواری P۳۰۰/R ٤۰۰ (چپ)

بررسی ویژگی‌های نرمه‌ها

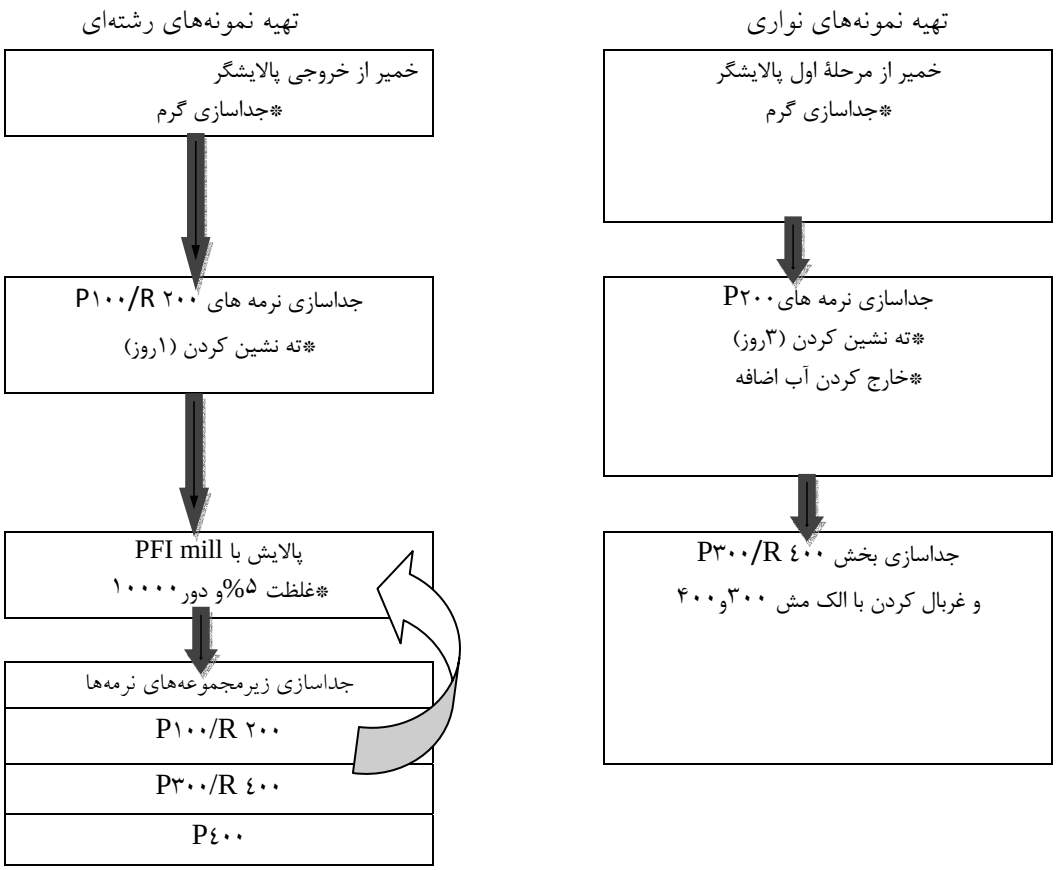
- تحلیل تصاویر

برای بررسی ویژگی نرمه‌ها و آزمایش محتویات ورق‌های دست‌ساز ساخته شده، از یک روش آنالیز تصویری حجم ویژه هیدرودینامیک استفاده شد. در این روش نرمه‌ها به دو گروه مواد رشته‌ای و مواد غیررشته‌ای طبقه‌بندی شدند.

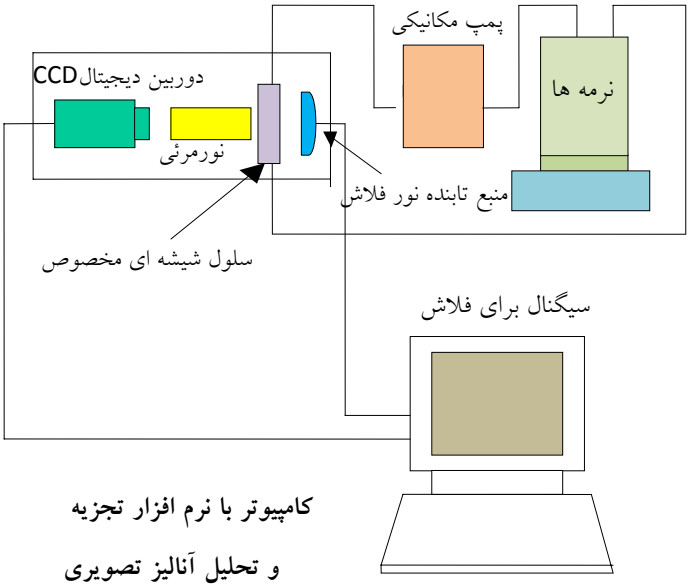
در این روش نرمه‌های مورد نظر قبل از تصویربرداری، با نور آبی روشن رنگ‌آمیزی شده سپس یک سوسپانسیون از نرمه‌ها با غلظت ۰/۰۲ تا ۰/۰٤ گرم در لیتر تهیه شده و به مخزن ذخیره نرمه‌ها تزریق می‌شود در مرحله بعد نرمه‌های رنگ شده، توسط یک پمپ انتقال دهنده مکانیکی به داخل یک سلول شیشه‌ای با فضای ۰/۲ میلیمتر هدایت شده و بعد از تابش نور توسط منبع تابنده نور فلاش، یک دوربین دیجیتال از نوع CCD برای هر نمونه حدود یک‌هزار تصویر به ابعاد ۱۰۰۰×۱٤۰۰ پیکسل ثبت می‌نماید که تصاویر پس از ثبت شدن به کامپیوتری با قابلیت تجزیه وتحلیل تصاویر دیجیتال و نرم افزار مربوطه منتقل می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- تهیه نمونه‌های رشته‌ای و نواری نرمه‌ها



شکل۳- تجهیزات مربوط به روش آنالیز تصویری حجم ویژه هیدرودینامیک

www.SID.ir

Archive of SID

بخش رشته‌ای شامل الیاف، صفحات ضخیم و رشته‌هایی است که به آنها متصل هستند و همچنین بخش‌هایی از دیواره‌های سلولی الیاف بخش غیر رشته‌ای مانند تکه‌ها حاوی دیواره‌های بخش سلولی و صفحات ضخیم وسلول‌های اشعه هستند. این‌طور فرض می‌شود که الیافی که به تکه‌های نرمه‌ها متصل هستند علی‌رغم داشتن محدودیت جنبشی همان قابلیت تشکیل پیوند رشته‌های جداگانه را دارند. این روش آنالیز تصویری توانایی شناسایی و مشاهده چگونگی اتصال مکانیکی یک رشته به نرمه نواری را ندارد. بنابراین منطقی است که همه انواع نرمه‌های رشته‌ای در گروه مواد رشته‌ای طبقه‌بندی شوند.

پارامترهای آنالیز تصویری شامل مقادیر رشته‌ها[1]، طول مؤثر رشته‌ها[2] یا الیاف و مساحت یا سطح نوارها[3] بودند که برای مشخص کردن ویژگی نرمه‌ها استفاده شده است.

مقادیر رشته‌ها، درصد ذرات رشته‌ای در همه ذرات می‌باشد، در محاسبه مقدار رشته‌ها، فقط انبوهی و تعداد ذرات مورد نظر نیست بلکه مساحت و مقدار آنها هم محاسبه می‌شود. واحد بخش مساحت تکه‌های نرمه و طول الیاف پیکسل[4] می‌باشد. طول مؤثر رشته‌ها برابر است با تعداد پیکسل‌های رشته‌ها برای تعیین این پارامتر از یک وسیله تصویربرداری اتوماتیک برای تهیه ١٠٠٠ تصویر از هر نمونه نرمه استفاده می‌شود (J Sirvio , ٢٠٠٤ ,Nurminen I).

- تعیین حجم ویژه هیدرودینامیک

با این روش مقدار طول مؤثر هر رشته و مساحت نوارها مشخص می‌شود. برای تعیین حجم ویژه هیدرودینامیک نرمه‌ها از روشی که توسط Marton و Robie (Lukko k,٢٠٠٠) شرح داده شده استفاده شد. در این روش ١ گرم بر لیتر از نرمه را به مدت ٢٤ساعت در ٠/٥ میلی‌گرم برلیتر محلول آبی سولفات منیزیم در یک وسیله شیشه‌ای مدرج و مجهز به لوله تخلیه هوا رسوب می‌دهیم. هوای اضافی سوسپانسیون نرمه‌ها بوسیله مکش قبل از ته‌نشین شدن تخلیه می‌شود، بعد از زمان ته‌نشینی حجم رسوب خوانده می‌شود و نرمه‌ها صاف شده و توزین می‌گردند. کاغذهای دست‌ساز آزمایشگاهی از نرمه‌ها و مخلوطی از الیاف و نرمه‌ها ساخته شده و برای آزمایش بررسی ویژگی‌های نرمه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای بخش الیاف ورق‌های مخلوط از قسمت R١٠٠ خمیرکاغذ قابل قبول رنگبری نشده خمیرکاغذ TMP با درجه‌روانی حدود ٥٠ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی استفاده می‌شود و بخش فیبری نیز به استفاده از ١٠٠٪ الیاف مربوط می‌شود.

- تهیه کاغذ دست‌ساز

مقدار نرمه در ورقه‌های مخلوط از١٠٪ تا ٥٠٪ متغیر است. ورقه‌های کاغذ دست‌ساز مخلوط نرمه الیاف طبق روش استاندارد Scan –c26:27 تهیه شده‌اند. تمامی ورقه‌های ساخته شده تحت پرس مرطوب با فشار٤٩٠ کیلوپاسکال طی مدت زمان ٤ دقیقه قرار گرفته و سپس در خشک‌کن کاغذ به مدت ٢ ساعت خشک شدند برای اندازه‌گیری شاخص کششی ورقه‌های کاغذ از استاندارد Scan P67:93 و فاصله ٥٠ میلی‌متری در بین دو گیره دستگاه استفاده شد ضمناً به منظور اندازه‌گیری ضریب پخش نور نیز از استاندارد Scan P8:93 با استفاده

1- Fibrillar content
2- Effective fibril length
3- Flakes area
4- Pixel (1pixel=1.0 × 1.4m2)

www.SID.ir

Archive of SID

از یک دستگاه کارل زایس الرفو[1] مدل ۵۰ استفاده شد.

نتایج

بررسی ویژگی‌های نرمه‌ها

جدول ۱ ویژگی نرمه‌ها را بر اساس روش آنالیز تصویری نشان می‌دهد، همان طور که انتظار می‌رفت، بخش نواری P۳۰۰/R٤۰۰ کمترین و بخش نرمه‌های کرافت BKP۲۰۰ بیشترین مقادیر مواد رشته‌ای را داشتند نرمه‌های ثانویه اساساً حاوی مواد رشته‌ای و سلولهای اشعه فرض شدند. به طور خلاصه کلمه P برای بخش عبور یافته از الک[2] و R برای بخش باقی‌مانده در پشت الک[3] استفاده می‌شود P۱۰۰/R۲۰۰ یعنی، ذراتی که از الک با مش ۱۰۰ عبور کرده و بر روی الک با مش ۲۰۰ باقی‌مانده است. این حجم از نرمه‌های P۱۰۰/R۲۰۰ بیشتر حاوی الیاف بلند و نواری شکل می‌باشند که حدود ۱۱٪ از خمیر کاغذ خروجی پالایش شده را تشکیل می‌دهند.

جدول ۱- ویژگی‌های نرمه‌ها

ویژگی	BK	رشته	بخش رشته‌ای	TMP	بخش رشته‌ای و نواری	بخش رشته‌ای	بخش نواری
	P۲۰۰	P٤۰۰	P۳۰۰/R٤۰۰	P۲۰۰	P٤۰۰	P۱۰۰/R۲۰۰	P۳۰۰/R ٤۰۰
تعداد مواد رشته‌ای(٪)	۸٤/۱	۷۹/۸	۷۱/۱	٥٤/٤	٤۹/٤	٤٥/۳	۲۹/۲
طول مؤثر رشته‌ها(μm)	٤۱/۲	٤٦/۸	٦٥	٤۱/٤	٤٤/۲	۸٥/۷	۷۷
مساحت نوارها(Pixels)	۱۷٥	۱۸۲	۲٤۷	۲۰۰	۱۷۹	۳٦۱	۳۸٦
حجم ویژه (cm^3/g)	۸۹۰	۹۱۰	۸٦۲	٤۸٤	٤۹۸	۸۳۱	۱٥٥
ورقه‌های ۱۰۰٪ فاین							
دانسیته (kg/m^3)	۱۰٤۰	۱۰۱۰	۸٤۷	٤٥٤	٤۹۲	۷۳٤	۳٥٦
شاخص کشش(N.m/g)	۷٦	۷۰/٦	٦٦/٥	۳٦/٤	۳۸/٦	٦۳/۲	۱۸/۹
ضریب پخش‌نور (m^2/kg)	۸/٥	۱۸/٦	۲۸	۹۷/٥	۹٤/۸	۳٤/۱	۸۱/۲

مقادیر نرمه‌های رشته‌ای غنی از الیاف با افزایش اندازه ذرات این بخش کاهش می‌یابند که اساساً سبب تغییر در اندازه نوارها می‌شود. اگر نوارهای ضخیم و بزرگ در نرمه‌ها موجود باشد مقادیر نرمه‌ها بسرعت کاهش می‌یابد. این یکی از خواص آنالیز تصویری است که درصد حجم واقعی مواد رشته‌ای و نواری مانند را در نرمه‌ها اندازه‌گیری می‌کنند شمردن انبوهی از ذرات به طور مثال مقادیر رشته‌ای درصد حجم وزن شده مواد رشته‌ای در نرمه‌ها می‌باشد. این حالت برای پیش‌بینی کردن پتانسیل کاغذسازی نرمه‌ها ضروری است چون در بررسی موارد

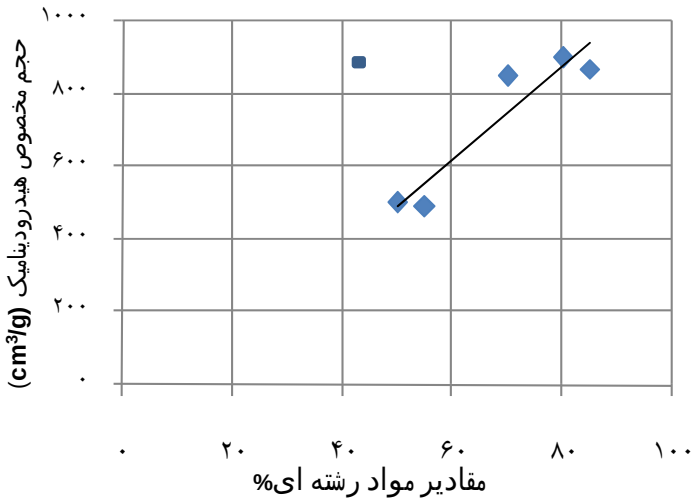
1-Zeiss Elrepho reflectometer
2 -Passed
3- Retained

www.SID.ir

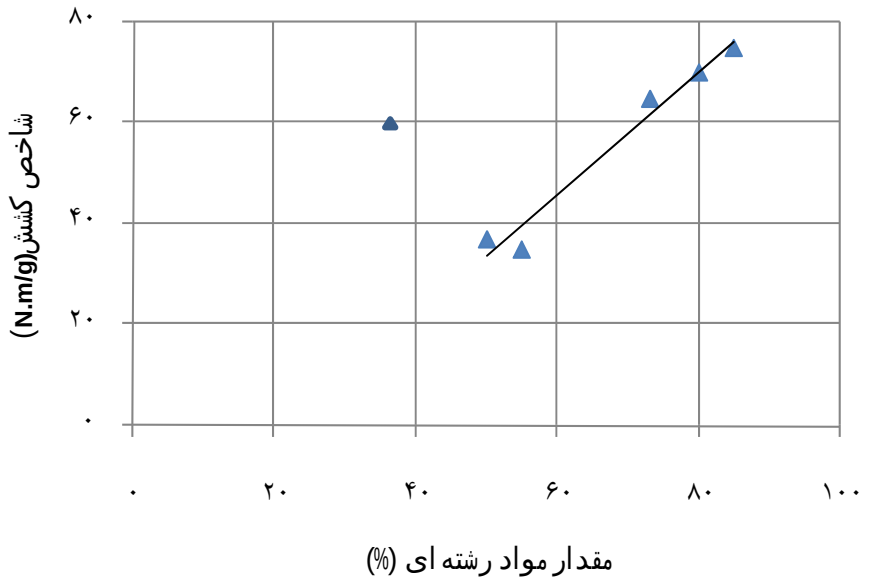
Archive of SID

مربوط به نرمه‌ها این طور فرض می‌شود که نوارهای ضخیم و متراکم فضای بیشتری در شبکه الیاف به نسبت قابلیت ایجاد پیوندشان در مقایسه با رشته‌های نازک و دارای انعطاف بیشتر می‌گیرند (Forgacs OL, ١٩٦٣).

نموداری از آنالیز تصویری در شکل٤ شرح داده شده است که نشان می‌دهد مقدار رشته‌ها با حجم مخصوص هیدرودینامیک به خوبی مرتبط است. همچنین مقدار الیاف رابطه خوبی با شاخص کششی ورقه‌های کاغذ دارد (شکل٥).



شکل٤- رابطه بین مقادیر ذرات رشته‌ای نرمه‌ها و حجم مخصوص هیدرودینامیک نرمه‌ها



شکل٥- تأثیر مقادیر ذرات رشته‌ای نرمه‌ها بر روی شاخص مقاومت به کشش در ورق تهیه شده از١٠٠٪ نرمه

www.SID.ir

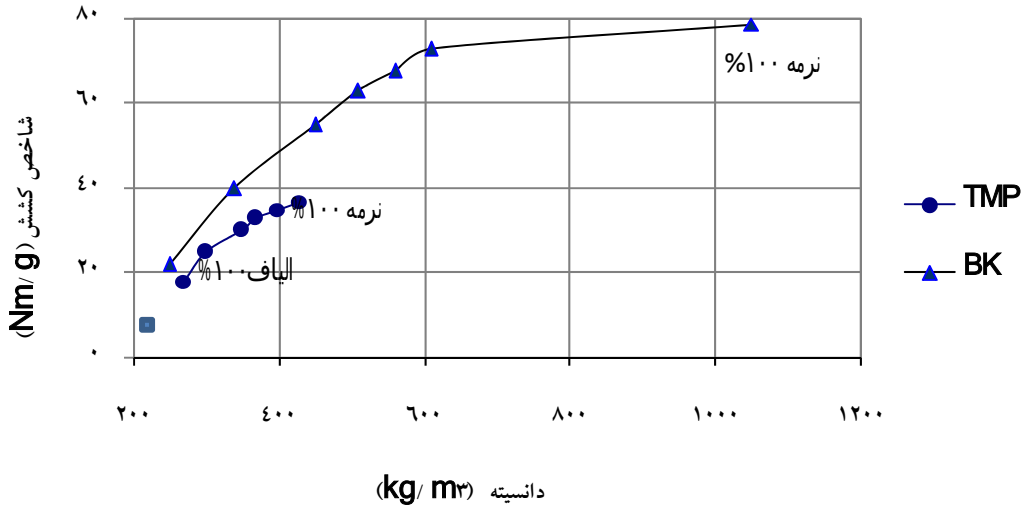
Archive of SID

ویژگی‌های اصلی ورق کاغذ مثل دانسیته، مقاومت‌کششی و ضریب پخش نور شدیداً به یکدیگر وابسته هستند (جدول۱). نتایج نشان می‌دهند که تفاوت اصلی در این ویژگی‌ها، بین نوارهای P۳۰۰/R٤۰۰ و رشته‌های P۱۰۰/R۲۰۰ می‌باشد و نشان‌دهنده این است که شکل ذرات نقش معنی‌داری در تعیین پتانسیل کاغذسازی نرمه‌ها ایفا می‌کند. این حالت همچنین تفاوت بین رشته‌های P ٤۰۰ و بخش رشته‌ای – نواری P٤۰۰ را تأئید می‌کند، وجود نوارهای کوچکی در بخش رشته‌ای – نواری، دانسیته ورق و مقاومت کششی را کاهش داده اگر چه ضریب پخش نور افزایش داشته است. بخش پوسته‌های P۳۰۰/R٤۰۰ ورق بسیار ضعیف با دانسیته پایین تولید کرده است، اگرچه با وجود قابلیت کم ایجاد پیوند ضریب پخش نور بالایی نیز ارائه نکرده است.

آشکار است که ذرات نرمه برای اینکه نور را به‌طور مؤثرتری پخش کنند بسیار بزرگ هستند، بالاترین ضریب پخش نور بوسیله نرمه‌های P۲۰۰ خمیر TMP ارائه شده است که نشان می‌دهد این قسمت ممکن است دارای اندازه ذرات طبیعی و توزیع شکل مناسب برای پخش بهتر نور باشد.

بررسی ویژگی ورقه‌های مخلوط الیاف /نرمه‌ها

روش‌های ذکر شده فوق اطلاعاتی درباره رفتار ذرات در شبکه الیاف نمی‌دهند چون ورقه‌ها فقط از نرمه‌ها تشکیل شده و مورد آزمایش قرار گرفتند، بنابراین به منظور آزمایش رفتار ذرات در شبکه الیاف ورق‌هایی از مخلوط نرمه‌ها و الیاف تهیه شده و مورد آزمون قرار گرفت. به طور کلی دانسیته ورق و مقاومت‌ها با افزایش مقدار نرمه‌ها افزایش یافت (شکل‌های٦ تا ۸) نرمه‌های خمیر کاغذ رنگبری شده کرافت به طور واضح دانسیته بالاتر ورق و مقاومت بیشتر را در مقدار مشخصی از نرمه نسبت به نرمه‌های خمیر کاغذTMP ارائه کردند (شکل ٦).

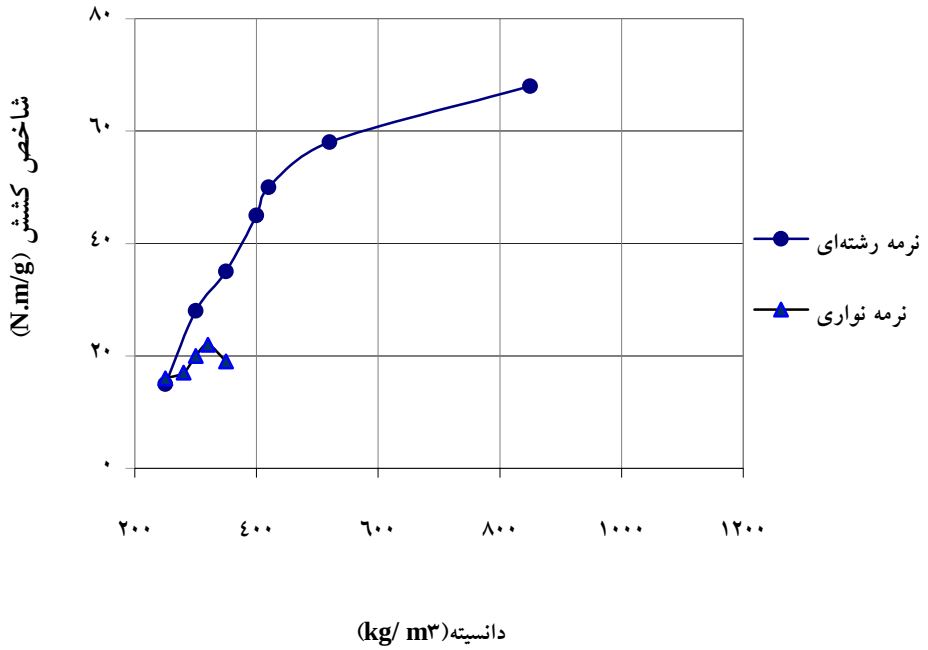


شکل٦- تأثیر اضافه کردن نرمه‌هایTMP و BKP۲۰۰ برشاخص مقاومت به کشش و دانسیته در ورق مخلوط الیاف/نرمه‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار نرمه‌ها از صفر (١٠٠٪ الیاف) تا ٥٠٪ تغییر می‌کند، البته نقطه ١٠٠٪ نرمه نیز وجود دارد ١٠٠٪ الیاف فقط الیاف TMP هستند. نوع ذرات تأثیر زیادی بر دانسیته ورق کاغذ و مقاومت آن دارد، رشته‌ها این خواص را بیشتر از نوارها افزایش می‌دهند (شکل٧).



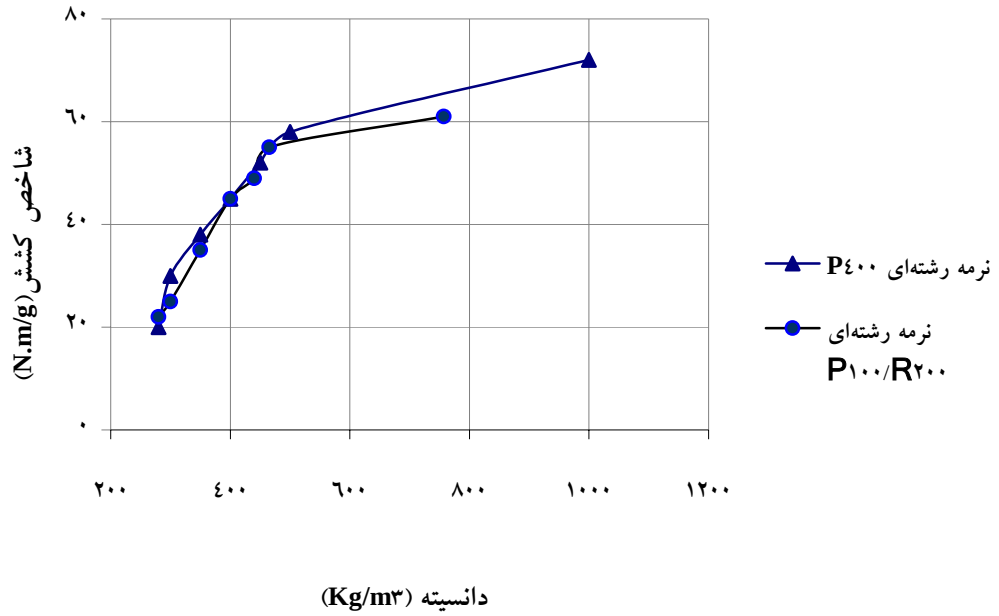
شکل٧- تاثیر افزودن نرمه‌های رشته‌ای و نواری مانند P٣٠٠/R ٤٠٠ بر شاخص کشش و دانسیته ورق مخلوط الیاف/نرمه‌ها

شکل ٨ روند تغییرات شاخص کششی و دانسیته ورق را با تغییر اندازه نرمه رشته‌ای نشان میدهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در استفاده از ١٠٠٪ نرمه رشته‌ای، با کاهش اندازه نرمه رشته‌ای شاخص کششی و دانسیته ورق افزایش می‌یابند.

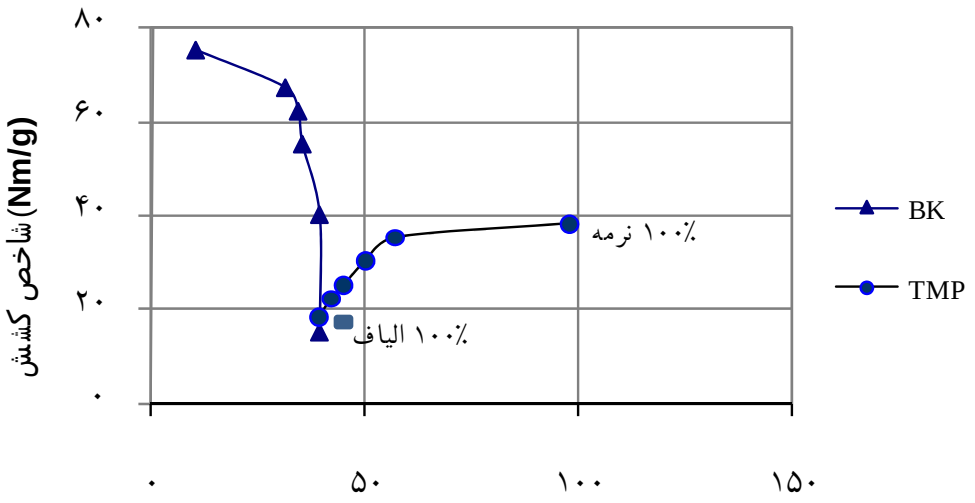
نرمه‌های TMP, P٢٠٠ و نوارهای بخش P٣٠٠/R٤٠٠ به مقدار زیادی سبب افزایش ضریب پخش نور شدند (شکل ٩ و١٠). نرمه‌های رشته‌ای در مقادیر نرمه‌های کم و کمتر از ٥٠٪ کمی ضریب پخش‌نور را افزایش می‌دهند اما در مقادیر بالاتر سبب کاهش آن می‌شوند (شکل‌های ١٠ و١١). اندازه کوچکتر رشته‌ها سبب کاهش ضریب پخش‌نور می‌شود، چون قابلیت پیوند بالایی دارند (شکل ١١).

www.SID.ir

Archive of SID



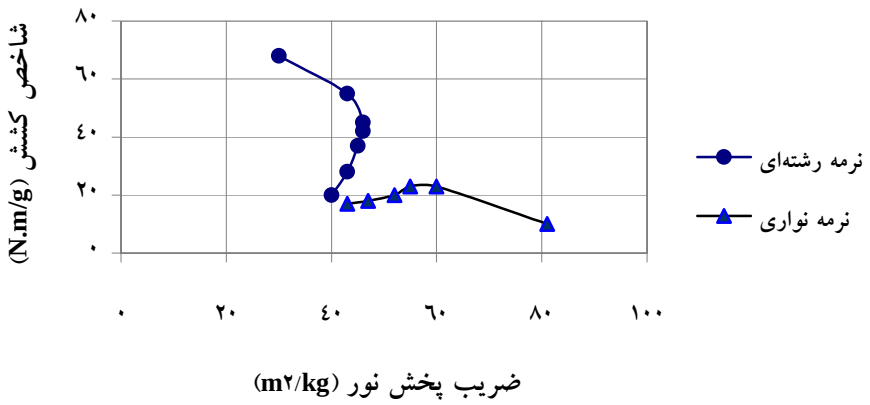
شکل۸- تاثیر اندازه رشته‌ها بر شاخص کششی و دانسیته ورقه مخلوط الیاف/نرمه‌ها



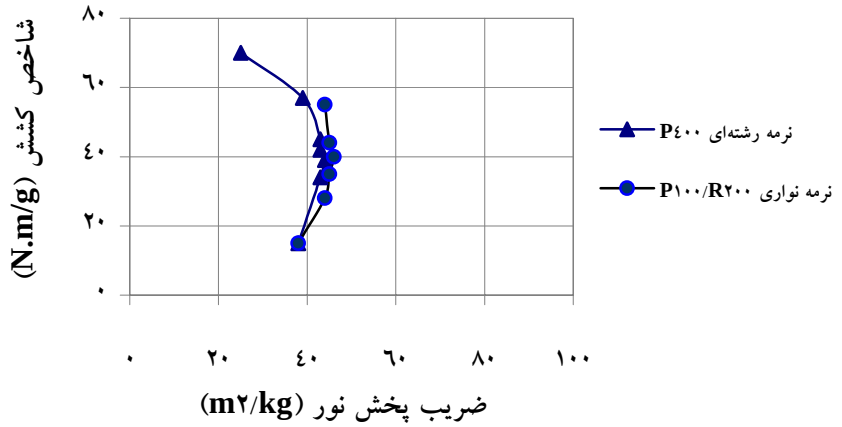
شکل۹- تاثیر نرمه‌های خمیرهای TMP و BKP۲۰۰ بر شاخص کششی و ضریب پخش نور در ورقه مخلوط الیاف/نرمه‌ها .

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ١٠- تاثیر نوع ذرات (بخش‌های رشته‌ای و نواری ٤٠٠ P٣٠٠/R) بر شاخص کششی و ضریب پخش نور در ورقه مخلوط الیاف/نرمه‌ها



شکل ١١- تاثیر اندازه ذرات رشته‌ای بر شاخص کششی و ضریب پخش نور در ورقه مخلوط الیاف / نرمه‌ها .

بحث

تأثیر اساسی نرمه‌ها بر ساختار ورق کاغذ این است که فاصله بین الیاف توسط آنها پر شده و همزمان متراکم کننده ورق و بهبود دهنده پیوند بین الیاف می‌باشند. همچنین مشاهده شده است که ذرات نرمه‌های ورق کاغذ ممکن است تاحدی مانند مواد پرکننده و پیوند دهنده آزاد عمل کنند و سطوح پخش نور جدید و ساختار باز ایجاد نمایند (Lukko,١٩٩٧ وهمکاران).

این حالت برای نرمه‌های خمیر کاغذ مکانیکی که شامل هر دوی نرمه‌های رشته‌ای و نواری هستند صدق می‌کند و در خصوص نرمه‌های خمیر شیمیایی صادق نمی‌باشد. برای نرمه‌های خمیر کاغذ شیمیایی که بیشتر مواد رشته‌ای دارند به نظر می‌رسد قابلیت تشکیل پیوند

www.SID.ir

Archive of SID

خیلی نسبت به این نرمه‌ها بیشتر باشد اما ضریب پخش نور ورق را حتی در مقادیر کم نرمه‌ها نیز بهبود نمی‌دهند. عمل‌کرد ذرات نرمه‌ها در شبکه الیاف دربسیاری ازمطالعات اخیر مورد توجه قرار گرفته است (Mosbye, 1996 & Marton, 2002). برای مثال Desilveria و همکاران (١٩٩٦) چهار عملکرد ساختمانی برای ذرات نرمه‌ها بسته به انواع آنها پیشنهاد کرده‌اند که عبارتند از:

١- الیاف نوار مانند و سلول‌های اشعه به‌عنوان الیاف کوتاه عمل می‌کنند.

٢- پوسته‌های الیاف پرکننده فاصله‌ها و بوجود آورنده پل در شبکه الیاف می‌باشند.

٣- تکه‌های کوچکتر دیوارها ولیه یا تکه‌های نوار مانند دیواره ثانویه سلول به‌عنوان پرکننده عمل کرده و پیوند بین الیاف ایجاد می‌کنند.

٤- ذرات مشابه همچنین در سطوح خارجی الیاف به‌وسیله پوشاندن آنها وجود دارند (Marton R,Robie D, ١٩٦٩).

Gorres و همکاران(١٩٩٦) تأثیر ساختاری نرمه‌ها بر شبکه الیاف را با کمک مفهوم مدل چند سطحی مؤثر بر هم مورد بررسی قرار دادند. آنها سه عملکرد ساختاری برای نرمه‌های خمیر کاغذ مکانیکی در شبکه الیاف پیشنهاد کردند. پل‌زدن[1] ، مسدودکردن[2] و پرکردن[3].

در مطالعه حاضر عملکرد دو نوع ذرات رشته‌ای و نواری مورد تحقیق و بررسی قرار گرفت. شکل٤ نشان می‌دهد که روابط مستقیمی بین افزایش مقدار نرمه رشته‌ای با افزایش حجم مخصوص هیدرودینامیک و شاخص مقاومت به کشش کاغذ ساخته شده وجود دارد. همان طور که در شکل ٥ نیز ملاحظه می‌شود، رشته‌های P١٠٠/R٢٠٠ در نمودار از خط رگرسیون انحراف پیدا کرده‌اند، چون نوارهای بزرگ مقادیر رشته‌ای را در آنالیز تصویری کاهش داده‌اند البته شاید اندازه این بخش برای اینکه با بخش نرمه‌های P٢٠٠ مقایسه شوند خیلی بزرگ باشد.

نتایج همچنین نشان می‌دهند که اندازه کوچکتر ذرات، دانسیته و شاخص مقاومت به کشش بیشتر ورق کاغذ را سبب می‌شوند. به طور مثال، ذرات بزرگتر در بخش رشته‌ای P١٠٠/R٢٠٠ دانسیته پایین‌تر ورق و مقاومت کمتر نسبت به بخش رشته‌ای P٤٠٠ را ارائه می‌دهند. زمانی که ویژگی ورقه‌های نرمه‌های خمیر کاغذ مکانیکی غنی از مواد رشته‌ای را مورد آزمون قرار می‌دهیم، به‌طور شگفت‌انگیزی در می یابیم که آنها بسیار شبیه نرمه‌های خمیر کاغذ کرافت هستند، که به طور وضوح دانسیته و مقاومت کششی زیاد ولی ضریب پخش نور کمتری ارائه می‌دهند.

اگر چه رشته‌ها به شدت دانسیته ورق کاغذ را افزایش می‌دهند ولی نوارها آنها را فقط اندکی افزایش می‌دهند (شکل ٧). ذرات نواری می‌توانند به‌عنوان پر کننده شبکه الیاف فرض شوند . آنها همچنین شبکه الیاف رامسدود کرده و بنابراین درواقع نمی‌توانند دانسیته ورق کاغذ را افزایش بدهند (شکل ٦ و٧). واضح است که آنها نمی‌توانند متراکم شوند و بخاطر ساختار سفت و محکم و شکل متراکم ذرات به‌طور مؤثر، پیوندی تشکیل دهند.

شکل ٨ نشان می‌دهد که مقادیر نرمه کمتر (کمتر از ٥٠٪) اندازه رشته‌ها تأثیری بر دانسیته و مقاومت کششی ورق کاغذ ندارد و تفاوت فقط در مقادیر نرمه١٠٠٪ مشاهده می‌شود. همچنین قابلیت ایجاد پیوند ذرات در شبکه الیاف را می‌توان در ضریب پخش نور مشاهده کرد نرمه‌های TMP, P٢٠٠ و

1- Bridging
2- Blocking
3- Filling

www.SID.ir

Archive of SID

نوارهای بخش P۳۰۰/R٤۰۰ به مقدار زیادی سبب افزایش ضریب پخش نور شدند (شکل ۹). شکل۱۰ مؤید آن است که نرمه‌های رشته‌ای در مقادیر نرمه‌های کم و کمتر از ۵۰٪ کمی ضریب پخش‌نور را افزایش می‌دهند، اما در مقادیر بالاتر سبب کاهش آن می‌شوند ولی نرمه‌های نواری ضریب پخش‌نور را افزایش می‌دهند.

رشته‌ها همچنین پرکننده و ارتباط دهنده شبکه الیاف هستند. اگرچه آنها نازک و انعطاف‌پذیرند و احتمالاً شبکه الیاف را حتی در مقادیر زیاد نرمه مسدود نمی‌کنند بنابراین دانسیته در حال استفاده از۱۰۰٪ نرمه افزایش می‌یابد.

افزایش در دانسیته، نتیجه فراوانی شکل رشته‌ای قابل انعطاف پیوندهاست که دستاورد آن مقاومت بالای ورق کاغذ می‌باشد. متناظر آن، ضریب پخش‌نور در طی کاهش فعالیت نوری سطح ورق، کاهش می‌یابد (شکل۱۱).

شکل‌های ۹ تا۱۱ به وضوح بیان‌گر افزایش ویژگی‌های مقاومتی توسط نرمه‌های رشته‌ای و افزایش ضریب پخش‌نور توسط نرمه‌های غنی از نوارها می‌باشند. نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابق با تحقیقات انجام شده در این خصوص مطابقت دارد (Lukko et al.,۱۹۹۷).

نتایج حاصل نشان می‌دهد که تفاوت عمیقی بین نرمه‌های خمیر کاغذ مکانیکی و شیمیایی در ساختار الیاف وجود دارد. نرمه‌های خمیر کاغذکرافت نسبت به نرمه‌های خمیر کاغذ TMP، ورق کاغذهای با دانسیته بیشتر تولید می‌کند، در این حالت اینطور فرض می‌شود که دلیل اصلی این تفاوت مقادیر رشته‌ای نرمه‌ها می‌باشد. یافته‌ها بیانگر این است که مواد رشته‌ای در نرمه‌های خمیرکاغذ مکانیکی به طور کل عهده‌دار خواص مقاومتی ورق کاغذ می‌باشند.

طول رشته‌ها و سطح نوارها نیز خواص مقاومتی و دانسیته ورق را تحت تأثیر قرار می‌دهند اما به نظر می‌رسد نقش آنها کمتر است. بنابراین مواد رشته‌ای عامل اصلی تعیین پتانسیل مقاومتی نرمه‌های خمیر کاغذ مکانیکی می‌باشند . باید توجه کرد که نرمه‌ها با محدوده وسیع مواد رشته‌ای به‌صورت مصنوعی در آزمایشگاه تهیه شدند و در عمل، در کارخانه تهیه خمیر کاغذ مکانیکی به این حالت نمی‌باشد، اگرچه در جای دیگر نشان داده شد که مقادیر رشته‌ای بستگی به مراحل فرایند و توالی آنها داشته و می‌تواند به‌طور مستقل و وسیعی در فرایندهای مختلف خمیر کاغذ مکانیکی متغیر باشد (J Sirvio,; Nurminen I, ۲۰۰٤).

از طرف دیگر حداقل در خط پالایش خمیر کاغذ (شامل مراحل پالایش اولیه و ثانویه پالایشگرها) مقدار مواد رشته‌ای با مقادیر نرمه‌های خمیر کاغذ مرتبط است (J Sirvio,Nurminen I, ۲۰۰٤).

نرمه‌ها، پرکننده‌ها و رنگ‌ها به‌صورت مستقل از یکدیگر نور را در کاغذ جذب کرده و متفرق می‌سازند. در هر حال حتی مقدار اندکی از رنگ با جذب قسمتی از نور تابیده شده موجب افزایش ماتی کاغذ می‌گردد. اساساً هرچه شاخص انکسار نور بیشتر باشد ماتی بیشتر است و با افزایش پرکننده‌ها ماتی افزایش می‌یابد. ضریب پخش‌نور یک پرکننده معین تحت اثر اندازه ذرات و چگونگی توزیع آن در کاغذ قرار می‌گیرد و با کاهش اندازه ذرات تعداد دفعاتی که نور از فواصل میان هوا به پرکننده عبور می‌کند افزایش می‌یابد و بنابراین پخش نور افزایش می‌یابد ولی اگر پرکننده به نحو مناسبی در کاغذ توزیع نشود و تعداد زیادی از این ذرات در تماس نوری با هم باشند، ضریب پخش نور کاهش می‌یابد. هرچه الیاف و فیبرهای کوتاهتری در خمیر کاغذ موجود باشد، کاغذهایی با کدری یا تیرگی بالاتری بدست می‌دهند یعنی ذرات نرمه‌های رشته‌ای بدلیل پتانسیل ایجاد پیوند بیشتر

www.SID.ir

Archive of SID

اغلب سبب افزایش مقاومت‌ها می‌شوند و نرمه‌های نواری سبب بهبود ضریب پخش‌نور خواهند شد.

در آزمایش تأثیر شکل و اندازه ذرات بر ویژگی نرمه‌های خمیر کاغذ مکانیکی دریافتیم که بخش مواد رشته‌ای پارامتر معنی‌دار و مهمی در اغلب این ویژگی نرمه‌ها می‌باشد، اگرچه ذرات نواری مانند ضریب پخش نور را بهبود می‌بخشند اما مواد رشته‌ای به‌طور وسیعی در محکم کردن و متراکم کردن ورق کاغذ شرکت دارند. اندازه ذرات نیز در این خواص نقش و اهمیت زیادی دارند. به‌طور کلی اندازه کوچکتر ذرات سبب افزایش مقاومت‌ها و دانسیته ورق کاغذ شده است. یک یافته جالب این بود که ویژگی ورق رشته‌های نرمه‌های خمیر کاغذ مکانیکی، نسبت به نرمه‌های خمیر کاغذ کرافت رنگبری شده بسیار شبیه بودند.

پیشنهادات :

تأثیر ترکیب شیمیایی و خصوصاً تأثیر ترکیب شیمیایی سطحی بر ویژگی نرمه‌ها در این تحقیق مورد مطالعه و بررسی قرار نگرفت. پیشنهاد می‌شود تأثیر شستشوی خمیر کاغذ در جداسازی مواد استخراجی زبر و خشن در سطوح نرمه‌ها در دستگاه طبقه‌بندی الیاف از نوع Bauver Mcnett نیز مورد بررسی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

– مرادیان، ه.، حسینی، س.ض. و فخریان، ع.، ۱۳۸۲. بررسی تولید خمیرکاغذCMP از کاه گندم، مجله منابع طبیعی ایران، ٥٦ (٤):٤٨٣-٤٧٩.

– حمصی، ا. ه.، پیروز، م. م. و میرشکرایی، س. ا.، ۱۳۸۵. بررسی ویژگی‌های خمیرکاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی از کاه کلزا، مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، ۱۲ (٤): ۹۳۸-۹۲۵.

-Brecht,W. and Klemm, K., 1953. Mechanical Pulp fines Properties. Pulp and Paper Mag. Canada, 54 (1):72.

-De Silveira,G., Zhang, X. and Berry, R., 1996. Location of fines in Mechanical Pulp Handsheets using Scaning Electron Microscopy. JPPS, 22(9):J315-J320.

-Forgacs, O.L., 1963. Investigation on Papermaking Potential of Fines. Pulp and Paper Mag. Canada, 64(C): T-89.

-Gavelin, G., Kolmodin, H. and Treiber, E., 1975. Critical Point Drying of Fines from Mechanical Pulps, Paper Technology Journal, 78(17):603.

-Gorres, J., Wood, J.R. and Karins, A., 1996. Mechanical Pulp Fines and Sheet Structure. Pulp and Paper Science Mag., 22(12):49.

-Luukko,K.A., 2000. Characterization and Properties of Mechanical Pulp Fines. Helsinki, Finland, DAI-C 61/02, p 577.

- Lukko, K.A., Kem, P., Kajola, P. and Paulapuro, H., 1997. Effects of Fines on Paper Structure., Appita Journal, 50(5):387.

- Lukko, K.A. and Paulapuro, H., 1998. Effects of Fines Concentration on Mechanical Properties of Recycled Paper. Preprints of the CPPA 1998 Annual Meeting, CPPA, Montreal, P.B23.

-Marton, R. and Robie, R., 1996. Effect of Model and Fractionated TMP Fines on Sheet Properties. Tappi J., 52(12):2400.

-Marton, R., 1981. Measure Wet Fiber Flexibility. Tappi J., 64(3):113-116

-Mosbye, J., Storker, M. and Laine, J., 2002. Evaluation of Mechanical Pulp Fines Chemical Composition and Electrical Charges on Paper Properties. Nordic Pulp and Paper Research Journal, Vol.17, no.3, P352-356.

-Moss, P. and Retulainen, E., 1997.The Role of Fiber Bonding in Paper Properties. Pulp and Paper Science Mag., 23(8):382.

-Retulainen, E., Luukko, K.A., Fagerholm, K., Pere, J., Laine, J. and Paulaporo, H., 2002. Shape, Size and Composition of Fines and its Effects on Paper properties. APPITA Journal, Vol.55, no.6, pp457-460.

-Retulainen,E., Moss, P. and Nieminen, K., 1993. Papermaking Quality of Fines From Different Pulps. Transactions of 10th Fundamental Research Symposium, Pira International, Surry, Vol.2, p727.

-Sirvio, J. and Nurminen, I., 2004. Systematic Changes in paper properties Caused by Fines. Pulp and Paper Canada, 105:8, P39-42.

-Southan, Inc. 2003. The Measurement and Significance of Fines. Pulp and paper Canada, Vol.104, no.2, p 41-44.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of shape and particle size of mechanical pulp fines on paper properties

Nazeri, A.M.[1*] , Talaeipour, M.[2] and Mahdavi, S.[3]

1*- Corresponding author, M.Sc., Wood &Paper Science and Tech. Faculty of Natural Resources, Tehran Azad University ,Science and Research Campus.Email: nazeri95@gmail.com
2-Assistant professor Faculty of Natural Resources, Tehran Azad University Science and Research Campus.
3- Assistant professor ,Wood and Forest products Research Division, Research Institute of Forests and Rangeland.

Received: Oct., 2010 Accepted: July, 2011

Abstract

The effects of different fines with different shape and size of mechanical Pulp on Paper Properties in two fractions was investigated. Fines was classified in two categories including fibrils and flakes , and then effect of these particles on pulp properties was studied .The fibril fraction was consist of fibrillar material, i.e., ribbons, fibrils, and thin lamella particles. The flake fraction consist of flake like material i.e., fiber wall fragments and thick lamella. An advanced image analysis method was used to characterize the properties of fibrils and flakes. The results indicate that the fibrils and flake fractions have distinct characteristics and effect on sheet properties. The fibrils strongly affected the strength properties, while the flakes improved light scattering. Generally, the smaller size Particles afforded higher sheet density and strength. Fines content and fibrillar material are very important parameters in mechanical pulping and can also affect quality controlling of mechanical pulp and papermaking.

Keywords: Fines, mechanical pulp, fibrillar fines, flake fines, light scattering.

www.SID.ir