

تأثیر فیبریلایسیون خارجی الیاف بر ویژگی‌های کاغذ

جعفر ابراهیم پور کاسمانی^{۱*}، امیر محسن ناظری^۲ و احمد ثمریها^۳

۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سوادکوه

پست الکترونیک: jafar_kasmani@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد چوب و کاغذ- مدیر کنترل کیفیت شرکت کارتن توحید

۳- دانشجوی دکتری، صنایع چوب و کاغذ، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، باشگاه پژوهشگران جوان، تهران

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۸۹

چکیده

فیبریلایسیون خارجی یکی از اثرهای پالایش در پالایشگرهای معمولی به همراه برخی تغییرات همزمان نظیر فیبریلایسیون داخلی می‌باشد. هدف این تحقیق ارزیابی تأثیر فیبریلایسیون خارجی الیاف بر روی خواص کاغذ می‌باشد. خمیر کاغذهای مورد استفاده، کرافت سوزنی‌برگ و خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی (CMP) صنوبر تولیدی کارخانه چوب و کاغذ مازندران بود. به منظور کنترل فیبریلایسیون خارجی نیز، از یک آسیاب فوق ریز اصطکاکی استفاده شد. نتایج نشان داد که در اثر افزایش فیبریلایسیون خارجی، دانسیته ورقه کاغذ افزایش یافت، با افزایش دانسیته و کاهش فاصله بین صفحات آسیاب، ضریب پخش نور نیز کاهش پیدا کرد. در نهایت با افزایش فیبریلایسیون خارجی مقاومت به کشش کاغذ حدود ۲۰٪ و مقاومت پیوند داخلی بین ۳۳٪ تا ۴۶٪ افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: فیبریلایسیون خارجی، آسیاب فوق ریز اصطکاکی، پالایش، مقاومت به کشش، ضریب پخش نور.

مقدمه

فیبریلایسیون خارجی^۱ از اثرهای ناگزیر پالایش در پالایشگرهای معمولی به همراه برخی تغییرات ساختاری نظیر فیبریلایسیون داخلی می‌باشد. فیبریلایسیون خارجی را می‌توان جدا شدن لایه‌های سطوح خارجی الیاف تعریف نمود، هرچند این لایه‌ها از سطح اصلی جدا نشده و به آن متصل باقی می‌مانند (Ebeling, 1980 and Page, 1989).

Clark (۱۹۶۹) تأکید کرد که فیبریل‌های خارجی، متصل به الیاف به‌عنوان عامل پیوند بین الیاف عمل می‌کنند (Clark, 1969). Casey (۱۹۶۰) اشاره کرد که حداکثر مقاومت کاغذ زمانی به دست می‌آید که الیاف، نسبتاً سالم و دست‌نخورده باشند و هنوز درصد بالایی از فیبریلایسیون خارجی با بیشترین طول الیاف را دارا باشند (Casey, 1960).

فرایند پالایش، با تأثیرهای متجانس و همگن با استفاده از پالایشگرهای برشی^۱ (1984, and Hartman, Waterhouse 1970) و پالایشگرهای تراکمی^۲ (Hartman, 1984, Wang & Paulapuro, 2005 and) (Cohen, 1948) این فرصت را ایجاد کرد، که اهمیت نسبی اثرهای مختلف پالایش آزمایش شود. در این زمینه، رشته‌ای شدن داخلی الیاف توجه بیشتری را به خود جلب نمود، چون سبب بهبود انعطاف‌پذیری و قابلیت درهم‌رفتگی الیاف، که لازمه ایجاد پیوندهای داخلی می‌باشد، می‌گردد.

این تحقیق بر روی چگونگی کنترل فیبریلایسیون خارجی و روشن نمودن نقش آن در خواص خمیرکاغذ متمرکز شده است. بنابراین هدف اصلی این تحقیق یافتن روشی جهت کنترل فیبریلایسیون خارجی الیاف و ارزیابی نقش آن بر روی خواص خمیرکاغذ می‌باشد.

مواد و روشها

خمیرکاغذ مورد استفاده

در این تحقیق از دو نوع خمیرکاغذ کرافت سوزنی‌برگ (کاج رنگبری‌شده و یکبارخشک شده) و خمیرکاغذ شیمیایی مکانیکی (CMP) صنوبر (از خط تولید کارخانه چوب و کاغذ مازندران) استفاده شده است.

روش کار

در این تحقیق، از یک آسیاب فوق ریز اصطکاکی مدل MKZA (ساخت ژاپن) در آزمایشگاه بخش خمیر و کاغذ دانشگاه رویال سوئد، استفاده گردید. این آسیاب دارای دو

شکل هندسی فیبریل‌ها، سطح خارجی الیاف را از خشکی خارج کرده و نرم می‌کند که عامل مهمی در تحت تأثیر قرار دادن مقاومت ورقه کاغذ در تشکیل پیوند دارد و می‌تواند نقش ثانویه نسبت به فیبریلایسیون داخلی داشته باشد. Nanko (۲۰۰۳) نشان داد که یک لایه پیوندی بین الیاف، از فیبریل‌های ریز و درشت تشکیل شده و به نظر می‌رسد این لایه برای تشکیل پیوند محکم و قوی اهمیت زیادی داشته باشد (Nanko, 2003). نقش فیبریلایسیون خارجی در بهبود مقاومت‌ها احتمالاً در خمیرکاغذ مکانیکی نسبت به خمیرکاغذ شیمیایی بیشتر می‌باشد (Forgacs, 1963; Corson, 1989 and Sundstr *et al.*,) (1970, Karnis, 1994). فیبریلایسیون خارجی در خمیرکاغذهای شیمیایی و مکانیکی اهمیت زیادی دارد، در خمیرکاغذهای مکانیکی فیبریلایسیون خارجی مکانیزمی شبیه پوسته‌پوسته شدن سطوح الیاف را دارند، که در این حالت دیواره اولیه و لایه S_1 پوسته شده و لایه S_2 در معرض ایجاد پیوند بین الیاف قرار می‌گیرد، غشای سلول، سلول‌های نواری شکل و فیبریل‌ها به‌عنوان عوامل تشکیل پیوند عمل می‌کنند.

پالایش یکی از مراحل ضروری در فرآوری الیاف خمیرکاغذ به‌منظور دستیابی به سطح کیفی مورد نظر در فرایند کاغذسازی می‌باشد و سبب تغییرات ساختاری همزمان و مختلفی نظیر رشته‌ای شدن (فیبریلایسیون) داخلی و خارجی، تشکیل نرمه‌ها، کوتاه شدن یا بریده شدن الیاف و پیچیدگی الیاف یا راستار شدن آنها می‌گردد (Giertz, 1980; Ebeling, 1980 and Page, 1989).

وقایع همزمان و اثرهای آنها در پالایشگرهای معمولی سبب محدود شدن امکان استفاده از تمام قابلیت بالقوه مواد لیفی شده است. تلاش‌های متعددی به‌منظور ایجاد

1 Shear Refiners

2 - Compressive Refiners

سنگ از جنس اکسید آلومینیوم با قطر ۲۵۰ میلی متر می باشد، صفحه پائینی متحرک و بالایی ثابت است. این آسیاب مجهز به الکتروموتوری با قدرت ۱۱ کیلووات است. فاصله صفحه ها، توسط اهرمی که سنگ های چرخان را به طور عمودی تا ۲۰ میکرومتر حرکت می دهد تنظیم می شود.

قبل از تغذیه خمیر کاغذ، فاصله بین صفحه ها به اندازه کافی زیاد است. به محض اینکه خمیر کاغذ وارد فضای تغذیه شد، فاصله سنگ ها را می توان تا سطح مورد نظر کاهش داد. خمیر کاغذ از میان فاصله بین سطوح سنگی عبور کرده و تحت نیروهای فشاری و برشی قرار می گیرد. فاصله بین سنگ ها از صفر تا ۲۵۰ میکرومتر قابل تنظیم و تغییر می باشد (در تحقیق حاضر فاصله ۲۳۰ و ۲۵۰ میکرومتری مورد استفاده قرار گرفت). سنگ های آسیاب از جنس Al_2O_3 با دانه بندی ۸۰ (grit class 80) می باشد. سطح بیرونی پیرامون سنگ ها نسبتاً صاف و سطح داخلی به صورت شیاردار و مخروطی می باشد که اجازه می دهد فاصله در قسمت خروجی آسیاب باریکتر و در قسمت ورودی پهن تر باشد. آب می تواند در قسمت خنک کن آن به منظور خنک کردن ناحیه آسیاب، چرخش کند. خمیر کاغذ به وسیله نیروی گریز از مرکز تخلیه می شود. خمیر کاغذ به مدت ۱۰ دقیقه و با درصد خشکی بین ۳-۶ درصد، تحت تیمار در دستگاه آسیاب فوق ریز اصطکاکی قرار گرفت. چرخش صفحات آسیاب در ۹۰۰ و ۱۵۰۰ دور در دقیقه تنظیم شد. همچنین خمیر کاغذ با کوبنده Valley (به عنوان پالایشگر شاهد) به طور جداگانه پالایش شده و با خمیر کاغذ های کوبیده شده توسط آسیاب فوق ریز اصطکاکی مقایسه شد. ویژگی های کاغذ های یاد شده بر طبق روش های استاندارد TAPPI به شرح زیر انجام گردید:

- تهیه کاغذ دست ساز با ۶۰ گرم بر متر مربع طبق استاندارد شماره T205-om-88 آئین نامه TAPPI.
 - اندازه گیری دانسیته کاغذ طبق استاندارد شماره T411-Om-05 آئین نامه TAPPI.
 - اندازه گیری ضریب پخش نور طبق استاندارد شماره T1214 sp-02 آئین نامه TAPPI.
 - اندازه گیری شاخص مقاومت به کشش طبق استاندارد شماره T404-wd-03 آئین نامه TAPPI.
 - اندازه گیری مقاومت پیوند داخلی طبق استاندارد شماره T541-Om05 آئین نامه TAPPI.
- اندازه گیری این خواص، در آزمایشگاه بخش خمیر و کاغذ دانشگاه رویال سوئد، انجام شد.
- برای انجام محاسبه های آماری از آنالیز تجزیه واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی و جهت گروه بندی میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن و همچنین برای مقایسه فاصله بین صفحات در شکل ۱ و ۲ از آزمون t توسط نرم افزار SPSS در سطح معنی داری ۹۵ درصد استفاده شد.

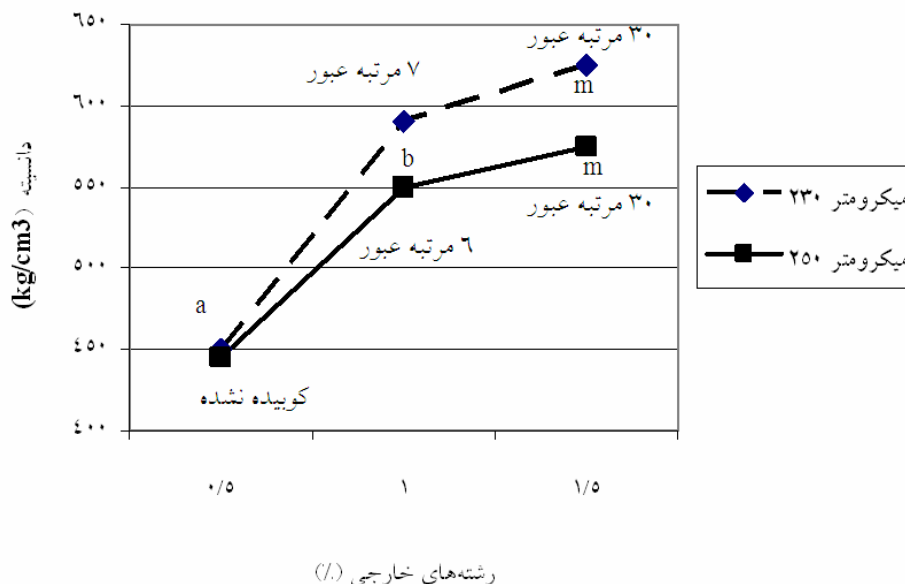
نتایج

دانسیته کاغذ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین عوامل متغیر (رشته های خارجی و فاصله بین صفحات) اختلاف معنی دار وجود دارد. همچنین اثر متقابل رشته های خارجی و فاصله بین صفحات نیز معنی دار است. با افزایش فیبریلسیون خارجی و کاهش فاصله بین صفحات، دانسیته افزایش می یابد. درهم ریختگی و انعطاف پذیری ایجاد شده در الیاف توسط فیبریلسیون خارجی نقش مهمی در بهبود دانسیته ورقه کاغذ ایفا می کند (شکل ۱). شکل ۱ نشان

افزایش نیروهای پیوند بین الیاف و در نتیجه بهبود دانسیته ورقه کاغذ می‌شوند (Giertz, 1980 and 1981).

می‌دهد در اثر ایجاد فیبریلایسیون خارجی دانسیته ورقه کاغذ افزایش داشته است. Giertz (۱۹۸۰ و ۱۹۸۱) دریافت که رشته‌های خارجی متصل به الیاف سبب

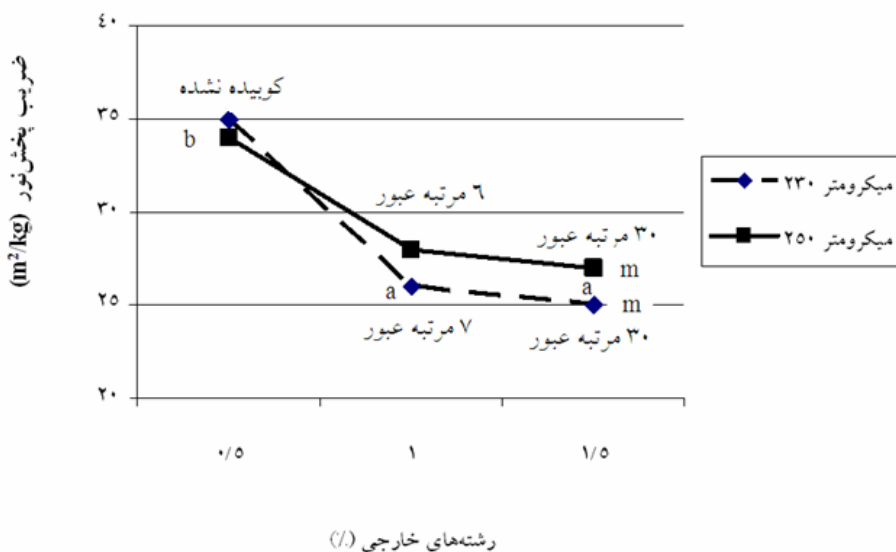


شکل ۱- تأثیر فیبریلایسیون خارجی بر دانسیته ورقه کاغذ سوزنی برگ رنگبری شده یکبار خشک شده بخش R₁ c, b, a و تفاوت معنی‌داری بین رشته‌های خارجی و m عدم تفاوت معنی‌دار بین فاصله صفحات

(Retulainen, 1997). زمانی که نرمه‌های حاصل از خمیرکاغذ کرافت به بخش الیاف بلند افزوده می‌شوند، ضریب پخش نور کمی کاهش پیدا می‌کند، ولی در خمیرکاغذ مکانیکی با افزایش درجه فیبریلایسیون خارجی، ضریب پخش نور کمی افزایش پیدا می‌کند. به نظر می‌رسد، رشته‌های خارجی که هنوز به الیاف متصل هستند، بطور مشابهی مانند نرمه‌های موجود در خمیرکاغذ عمل می‌کنند.

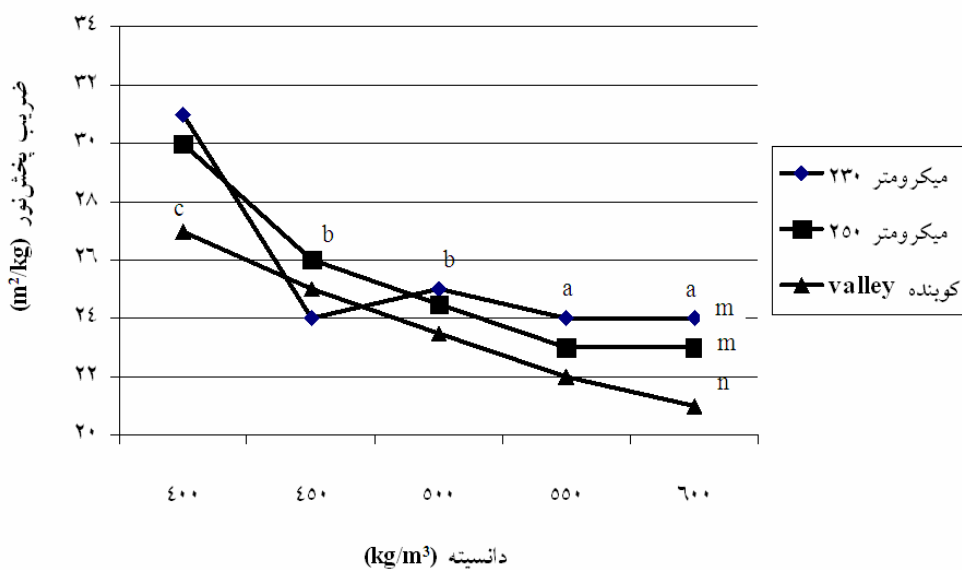
ضریب پخش نور

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که رشته‌های خارجی دارای اختلاف معنی‌دار بوده، در حالیکه فاصله بین صفحات اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارد (شکل ۲). شکل ۲، تأثیر فیبریلایسیون خارجی را بر ضریب پخش نور نشان می‌دهد. افزایش درجه فیبریلایسیون خارجی، ضریب پخش نور را کاهش می‌دهد. نتایج مشابه نیز توسط Retulainen (۱۹۹۷) نشان داده شده است



شکل ۲- تأثیر فیبریلایسیون خارجی بر الیاف خمیر کاغذ کرافت سوزنی‌برگ رنگبری شده یکبار خشک شده بر ضریب پخش نور، بخش R₁₀₀

a و b تفاوت معنی‌داری بین رشته‌های خارجی و m عدم تفاوت معنی‌داری بین فاصله صفحات



شکل ۳- تأثیر فیبریلایسیون خارجی بر ضریب پخش نور - دانسیته بخش R₁₀₀ خمیر کاغذ کرافت سوزنی‌برگ رنگبری شده یکبار خشک شده

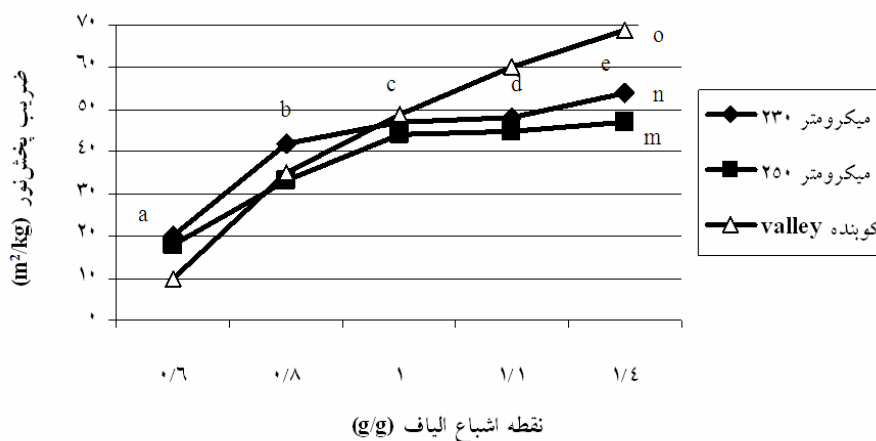
a, b, c تفاوت معنی‌داری بین رشته‌های خارجی و m و n عدم تفاوت معنی‌داری بین فاصله صفحات و کوبنده Valley

رابطه ضریب پخش نور و دانسیته کاغذ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین عوامل متغیر (دانسیته کاغذ و فاصله بین صفحات) اختلاف معنی‌دار وجود دارد. اثر متقابل فیبریلایسیون خارجی و فاصله بین صفحات معنی‌دار نمی‌باشد. به طوری که با افزایش دانسیته، ضریب پخش نور کاهش می‌یابد. یک رابطه تقریباً خطی بین ضریب پخش نور و دانسیته برای هر دو خمیرکاغذ کوبیده شده با کوبنده Valley و آسیاب فوق‌ریز در شکل ۳ نشان داده شده است. هنگامی که دانسیته افزایش می‌یابد تفاوت ضریب پخش نور بین خمیرکاغذ کوبیده شده با کوبنده Valley و آسیاب فوق‌ریز بیشتر می‌شود، در دانسیته بالاتر، ضریب پخش نور خمیرکاغذ تیمار شده در آسیاب فوق‌ریز از کوبنده Valley بیشتر است. البته ممکن است رشته‌های خارجی متصل به الیاف یک ساختار باز را برای پخش نور فراهم نمایند. این یکی از نقش‌های بالقوه فیبریلایسیون خارجی در بهبود ضریب پخش نور بالاتر در یک دانسیته معین می‌باشد.

شاخص مقاومت به کشش

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین عوامل متغیر (نقطه اشباع الیاف و فاصله بین صفحات) و همچنین اثر متقابل نقطه اشباع الیاف و فاصله بین صفحات اختلاف معنی‌دار وجود دارد. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، درجه فیبریلایسیون خارجی شاخص مقاومت به کشش را به شدت بهبود می‌بخشد. اگرچه مقاومت خمیرکاغذ تیمار شده در هر دو فاصله ۲۳۰ و ۲۵۰ میکرومتری در آسیاب فوق‌ریز، بیشتر از طریق بهبود فیبریلایسیون خارجی، افزایش یافته است، به عنوان مثال شاخص کشش، افزایشی در حدود ۲۰٪ پیدا کرده است (شکل ۴). این نتیجه با نتایج مطالعات Hartman (۱۹۸۴) تطابق ندارد، بر این اساس فیبریلایسیون خارجی، شاخص مقاومت به کشش را افزایش نمی‌دهد ولی از طرفی سبب افزایش دانسیته ورقه کاغذ می‌شود. Hartman با اضافه نمودن الیافی که تحت فیبریلایسیون خارجی قرار گرفته بود به الیاف پالایش نشده، ورقه کاغذی تهیه کرد، اما به این نکته که چه مقدار الیاف فیبریله شده خارجی را اضافه نموده، اشاره نکرده است.



شکل ۴- تأثیر فیبریلایسیون خارجی بر مقاومت به کشش بخش الیاف بلند

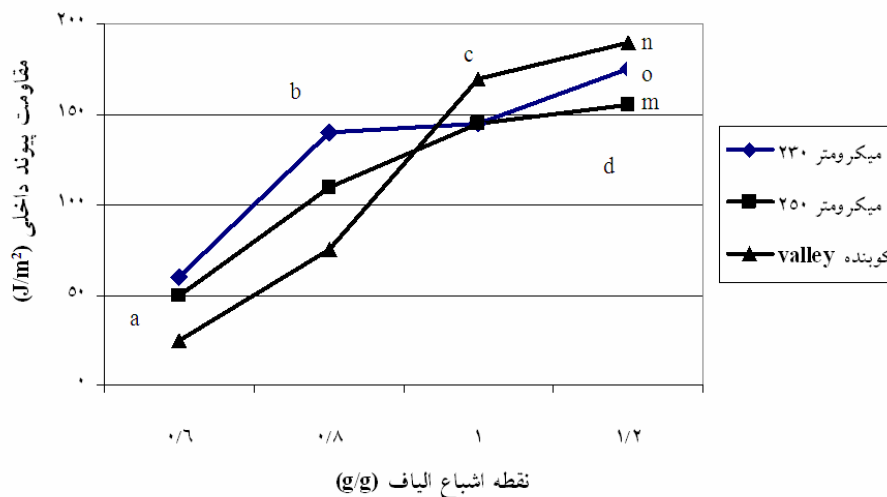
خمیر کاغذ (R_{۱۰۰}) در کوبنده Valley و آسیاب فوق ریز اصطکاکی تهیه شده

a, b, c و e تفاوت معنی‌داری بین نقطه اشباع و m, n و o عدم تفاوت معنی‌دار بین فاصله صفحات و کوبنده Valley

مقاومت پیوند داخلی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین عوامل متغیر نقطه اشباع الیاف و فاصله بین صفحات و همچنین اثر متقابل نقطه اشباع الیاف و فاصله بین صفحات اختلاف معنی دار وجود دارد. به طوری که با افزایش نقطه اشباع الیاف مقاومت پیوند داخلی افزایش می یابد. شکل ۵ ارتباط بین فیبریلایسیون خارجی الیاف و مقاومت پیوند داخلی یک ورقه کاغذ را نشان می دهد. مقاومت پیوند داخلی برای خمیرکاغذهای تیمار شده در فواصل ۲۳۰ و ۲۵۰ میکرومتر با بهبود فیبریلایسیون خارجی، به ترتیب ۳۳٪ و ۴۶٪ افزایش یافته بود.

افزایش مقاومت پیوند داخلی که به وسیله فیبریلایسیون خارجی ایجاد شده، نسبت به افزایش مقاومت کششی بیشتر مشخص می باشد. بنابراین بدیهی است که رشته های خارجی الیاف تیمار شده بیشتر در مقاومت پیوند داخلی شرکت داشته باشند تا در مقاومت به کشش. در یک درجه معین از فیبریلایسیون داخلی، الیاف تیمار شده در آسیاب فوق ریز، مقاومت پیوند داخلی بالاتری نسبت به کوبنده Valley از خود نشان دادند. شاید یکی از دلایل، کیفیت رشته های خارجی متصل به الیاف و تفاوت تیمار آنها در آسیاب فوق ریز و کوبنده Valley باشد.



شکل ۵- تأثیر فیبریلایسیون خارجی بر مقاومت پیوند داخلی بخش الیاف بلند (R_{100}) کوبیده شده در کوبنده Valley و آسیاب فوق ریز اصطکاکی

a, b, c, d تفاوت معنی داری بین نقطه اشباع و m, n, o عدم تفاوت معنی دار بین فاصله صفحات و کوبنده Valley

افزودن ۳٪ نرمه معادل افزایش ۳٪ تا ۷٪ فیبریلایسیون خارجی باشد. همچنین افزودن نرمه ها، نقش فیبریلایسیون خارجی را برای افزایش مقاومت های کاغذ جبران می کند، ولی افزایش مقدار نرمه، موجب برخی محدودیت ها در ماندگاری و توزیع آنها در شبکه الیاف می شود.

افزایش حدود ۳٪ تا ۷٪ درصد فیبریلایسیون خارجی، حدود ۲۰٪ مقاومت کششی و حدود ۴۶٪ مقاومت پیوند داخلی را افزایش می دهد. Retulainen (۱۹۹۷) نشان داد که افزودن ۳٪ نرمه خمیرکاغذ کرافت به بخش الیاف بلند کرافت، مقاومت کششی را تا ۱۸٪ و مقاومت پیوند داخلی را تا ۴۵٪ افزایش می دهد، بنابراین به نظر می رسد تأثیر

جدول ۱- ویژگی‌های ورقه کاغذ تهیه شده از بخش P₁₄/R₅₀ از خمیر کاغذ CMP، خمیر کاغذ

با غلظت ۵٪ و در سرعت ۱۵۰۰۰ rpm در آسیاب تیمار شده

فاصله صفحات (μm)	درجه روانی (ml CSF)	عبور خمیر کاغذ	دانسیته (kg/m^3)	شاخص کشش (Nm/g)	پیوند Scott (J/m^2)
	۵۴۰	۰	۲۲۰	۱۰/۹	۳۹/۸
	۴۶۰	۱	۲۰۹	۹/۲	۴۱/۹
۲۳۰	۲۲۰	۶	۲۵۲	۱۲/۴	۴۸/۱
	۱۱۰	۱۰	۲۶۲	۱۶	۴۸/۲
	۸۱	۱۵	۲۸۹	۱۸/۹	۴۹/۹
	۴۹۵	۱	۲۱۱	۹	۴۰/۱
	۲۶۰	۶	۲۲۸	۱۱/۶	۴۳/۱
۲۵۰	۱۵۲	۱۰	۲۴۲	۱۲/۸	۴۴/۱
	۷۵	۱۵	۲۷۲	۱۴/۸	۴۸/۸

داشتن سایر ویژگی‌ها به منظور ارزیابی نقش فیبریلایسیون خارجی بر ویژگی‌های خمیر و کاغذ، استفاده شد. پس از ۶ مرتبه عبور خمیر کاغذ از آسیاب فوق ریز و با در نظر گرفتن فواصل ۲۵۰-۲۳۰ میکرومتر، هر چند ویژگی‌هایی نظیر فیبریلایسیون داخلی و پیچیدگی الیاف ثابت در نظر گرفته شد، ولی درجه فیبریلایسیون خارجی افزایش یافت.

در خمیر کاغذ مکانیکی، نیروهای برشی در آسیاب در فاصله ۲۵۰-۲۳۰ میکرومتری ایجاد شده و باعث تشکیل الیاف رشته‌ای شده خارجی، در زمان عبور خمیر کاغذ شده است.

اگرچه فیبریلایسیون داخلی ثابت نگه داشته شد، ولی افزایش فیبریلایسیون خارجی الیاف خمیر کاغذ شیمیایی (بخش R_{۱۰۰}) سبب افزایش ۲۰٪ مقاومت کششی و ۴۶٪ مقاومت پیوند داخلی گردید، در حالی که پخش نور کمی کاهش پیدا کرد.

افزایش فیبریلایسیون خارجی اساساً توسط نیروهای برشی ایجاد می‌شوند، که علاوه بر افزایش دانسیته ورقه کاغذ سبب بهبود مقاومت کششی و پیوند داخلی نیز می‌شود. بنابراین فیبریلایسیون خارجی خمیر کاغذ مکانیکی، در کنترل کیفیت الیاف خمیر کاغذ مکانیکی فاکتور مهمی به شمار می‌رود.

بحث

هدف این تحقیق، ارزیابی نقش فیبریلایسیون خارجی در ویژگی‌های کاغذ بود. برای دستیابی به این هدف از قابلیت پالایشگرهای معمولی مانند کوبنده Valley استفاده گردید، از آنجایی که وقوع برخی تغییرات به طور همزمان در ویژگی‌های مختلف الیاف در این نوع کوبنده ایجاد می‌شود و یا بدلیل اینکه تغییرات فیبریلایسیون خارجی در این نوع کوبنده محدود بود، بنابراین از یک آسیاب فوق ریز اصطکاکی به منظور ارتقای فیبریلایسیون خارجی و ثابت نگه

- for the refining of chemical pulps. International Symposium of Fundamental Concepts of Refining. Institute of Paper Chemistry, Appleton, USA, p. 1-36.
- Forgacs, O.L., 1963. The characterization of mechanical pulps. *Pulp Pap. Mag. Can.* 64: 89-118.
- Giertz, H.W., 1980. The influence of beating on individual fibers and the causal effects on paper properties. International Symposium on Fundamental Concepts of Refining. Institute of Paper Chemistry, Appleton, USA, p. 87-92.
- Giertz, H.w., 1981. Understanding the role of fines. Proceedings of International Symposium on Fundamental Concepts of Refining. Institute of Paper Chemistry, Appleton, USA, p. 324-330.
- Hartman, R.R., 1984. Mechanical treatment of pulps for property development. Doctoral Thesis, Institute of Paper Chemistry, Appleton, USA, p. 127.
- Karnis, A., 1994. The mechanism of fibre development in mechanical pulping. *Pulp and Paper Science Journal* 20(10): 280 - 288.
- Nanko, H., 2003. Mechanisms of fibre bond formation. Fundamentals of Papermaking, Transactions of the 9th Fundamental Research Symposium, Cambridge, U.K., p. 783-830.
- Page, D.H., 1989. The beating of chemical pulps - the action and the effects. Papermaking Raw Materials, Transactions of the 9th Fundamental Research Symposiums, Cambridge, U.K., p 1-37.
- Retulainen, E., 1997. The role of fibre bonding in paper properties. Doctoral Thesis. Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, p. 312.
- Sundstr, m.L., Brolin, A. and Hartler, N., 1970. Fibrillation and its importance for the properties of mechanical pulp fiber sheets. *Nord. Pulp Pap. Res. Journal.* 8(4): 379-383.
- Waterhouse, J.F., 1970. Beating by shear. *Tappi Journal.* 53(19): 1890-1894.
- Wang, X. and Paulapuro, H., 2005. Effects of various refining on dry sheet properties of commercial never-dried and dried kraft softwood pulps. Proceedings of 91th PAPTAC Annual Meeting, Montreal, Canada, p. 13-21.

افزایش در هر دو ویژگی مقاومتی کاغذ در یک FSP معین، شاید به آگیری بهتر و مقاومت کاغذ بالاتر اشاره دارد. زیرا ضریب پخش نور خمیرکاغذ تیمار شده در آسیاب نسبت به خمیرکاغذ کوبیده شده در کوبنده Valley در یک دانسیته معین، بیشتر بود. البته نقش فیبریلایسیون خارجی الیاف خمیرکاغذ مکانیکی، با فیبریلایسیون الیاف خمیرکاغذ شیمیایی برای بهبود مقاومت کاغذ مشابه بود.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح پژوهشی "اهمیت فیبریلایسیون خارجی بر ویژگی های خمیر و کاغذ" استخراج شده است. بدین وسیله از حمایت های مالی مسئولان معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه در انجام تحقیقات مربوطه تشکر و قدردانی می شود.

منابع مورد استفاده

- Casey, J.P., 1960. Pulp and Paper - Chemistry and Chemical Technology: 687 - 689. In: Interscience Publishers, Inc., New York, USA, p.687-689 (1960).
- Clark, J.D., 1969. Fibrillation, free water, and fiber bonding. *Tappi Journal*, 52(2): 335-340.
- Cohen, W.E., 1948. The performance and use of the Lampen mill in Australia. Proceedings of 2th APPITA Annual Conference, Carlton, Australia, p.84-117.
- Corson, S.R., 1989. Aspects of mechanical pulp fibre separation and development in a disc refiner. *Pap. Puu.* 71(7): 801-814.
- Ebeling, K., 1980. A critical review of current theories

The effect of fiber external fibrillation on paper properties

Kasmani, J.E.^{1*}, Nazeri, A.M.² and Samariha, A.³

1*-Corresponding Author, Assistant Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran. E- mail: jafar_kasmani@yahoo.com

2-M.Sc., Wood and Paper Science and Technology, Quality Control Manager of Towhid Carton Packaging Ind. Co., Tehran, Iran

3-Ph.D., student, Wood and Paper Science and Technology, Young Researchers Club, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: Jan., 2011

Accepted: Sep., 2012

Abstract

Fiber external fibrillation is one of the refining effects in conventional refining which is accompanied with a variety with other effects such as internal fibrillation. The objective of the present study was to investigate the effect of fiber external fibrillation on paper properties. Softwood kraft pulp and poplar wood CMP pulp produced at Mazandaran Wood and Paper Industries was used. An ultra-fine friction grinder was used to generate the external fibrillation. The results showed that, increasing the fiber external fibrillation increased the density of paper sheets and lower refiner gaps decreased the light scattering coefficient. Increased fiber external fibrillation improved the tensile strength of the paper sheets by about 20% and internal bonding was increased from 33% to 46% compared with unrefined fibers.

Key words: External fibrillation, ultra-fine friction grinder, refining, light scattering coefficient, internal bonding.