Archive of SID

اثر ویژگیهای ساختاری آب فرآیندی بر خواص کاغذ تهیه شده از الیاف بازیافتی

مهدی سمیعی کوتنایی[۱]
حسین رسالتی[۲]
اسماعیل رسولی گرمارودی[۳*]
حمید رضا رودی[٤]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی پالایش زیستی، دانشکده مهندسی فناوری های نوین، دانشگاه شهید بهشتی

[۲] استاد گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

[۳] استادیار گروه مهندسی پالایش زیستی، دانشکده مهندسی فناوری های نوین، دانشگاه شهید بهشتی

[۴] استادیار گروه مهندسی پالایش زیستی، دانشکده مهندسی فناوری های نوین، دانشگاه شهید بهشتی

مسئول مکاتبات:
e_rasooly@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۵

چکیده

در این تحقیق، تأثیر استفاده از آب فرآیندی بر ویژگی‌های کاغذ تهیه شده از الیاف کاغذ بازیافتی بررسی شد. خمیرکاغذ بازیافتی مورد نیاز از کارخانه بازیافتی افرنگ نور و از قسمت لبه بری ماشین کاغذ تهیه گردید. آب مورد نیاز نیز به دو صورت آب تازه از آب لوله کشی در کارخانه با ضریب رسانایی الکتریکی ۲۱۳/۴ µS/cm و آب فرآیندی که از زیر توری ماشین کاغذ سازی با ضریب رسانایی الکتریکی ۴۵۲۴ µS/cm، جمع‌آوری شد. خمیرکاغذ پس از باز شدن توسط پالایشگر آزمایشگاهی بر روی مش ۴۰۰ آبگیری شده و سپس با استفاده از دو نوع آب تازه و فرآیندی برای تهیه کاغذهای دست ساز استاندارد با گراماژ ۵±۱۳۰ گرم بر متر مربع مورد استفاده قرار گرفت. برای آب مورد استفاده آزمون‌های کدورت، TSS، MLVSS، TDS، میزان رنگ و COD و نیز ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی، مقاومتی و نوری بر اساس استانداردهای آیین نامه TAPPI صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که با انجام ته نشینی به مدت ۲۴ ساعت تغییرات معنی‌داری در بهبود ویژگی‌های آب فرآیندی ایجاد شده است؛ بطوری‌که در نمونه ته نشین شده میزان TSS بیش از ۸۰ درصد، TDS بیش از ۱۵ درصد، کدورت بیش از ۵۳ درصد، رنگ بیش از ۸ درصد و COD بیش از ۱۵ درصد نسبت به نمونه اولیه کاهش پیدا کرده‌اند. همچنین، استفاده از آب فرآیندی برای تولید کاغذ باعث افت ویژگی‌های مقاومت به ترکیدن بیش از ۳۰ درصد، کششی بیش از ۵۰ درصد، پارگی بیش از ۱۳ درصد و سفتی خمشی ۱۲ درصد شده است. به علاوه، استفاده از آب فرآیندی باعث افت روشنی کاغذهای حاصله به میزان ۱۷ درصد شده است. لذا، تیمار آب فرآیندی قبل از ساخت کاغذ به عنوان یک مرحله ضروری پیشنهاد می شود.

واژگان کلیدی: آب فرآیندی، کاغذ بازیافتی، ویژگی‌های مقاومتی، COD، TSS.

مقدمه

برای تولید کاغذ از سه عنصر اصلی ماده اولیه لیگنوسلولزی، مواد شیمیایی (متناسب با نوع فرآیند)، و آب استفاده می شود. آب مورد نیاز این صنعت از طریق آب رودخانه‌ها و یا آب‌های زیر زمینی تأمین می‌گردد. به همین جهت کارخانجات خمیر و کاغذ در دنیا در مجاورت رودخانه‌ها جایابی می‌شوند، که علاوه بر مزایای مختلف می‌تواند به سهولت دسترسی به آب کمک نماید، و یا حلقه‌های چاه آب در محل کارخانه تعبیه می‌شوند. در هر صورت آب تازه مورد نیاز خط تولید بایستی مورد فراوری-های اولیه‌ای قرار گیرد تا برای تولید کاغذ به ویژگی‌های قابل قبولی دست یابد [۱].

www.SID.ir

Archive of SID

آب تازه، از بخش خمیرسازی تا شکل‌گیری، عموماً برای پراکنده سازی و انتقال محلول‌های الیافی و مواد افزودنی در طی مراحل مختلف فرآیند تولید استفاده می‌شود. همچنین، به عنوان مایع انتقال دهنده، آب‌بندی سیستم‌های خلا، برای تولید بخار و نیز روان کننده استفاده می‌شود [۲].

ویژگی‌های آب تازه با عبور از مراحل فوق الذکر افت می‌نماید و از آن پس به آن آب فرآیندی اطلاق می‌شود. اکثر آب مورد استفاده در کارخانه کاغذ، آب فرآیندی است. در حقیقت، آب فرآیندی آبی است که درحلقه‌های مختلف آب در سیستم چرخه آب بازیافت می‌شود. قبل از اینکه تخلیه و به سیستم تصفیه پساب ارسال گردد. به عبارت دیگر، آب فرآیندی در مراحل آبگیری و تغلیظ سازی در فرایند ساخت کاغذ حاصل می‌شود. از آنجایی که این آب در چرخه کاغذ سازی وجود دارد دارای مقداری مواد اولیه نظیر فیبرها، لیگنین، مواد شیمیایی، املاح و مواد دیگر مورد استفاده برای شکل‌گیری و قابلیت‌های دیگر کاغذ می‌باشد [۳]. مطالعات دیگر نشان می‌دهد که مواد آلی حل شده در آب فرآیندی شامل کربوهیدرات‌ها، مواد استخراجی چربی دوست و سایر مواد آلی هستند به سبب دارا بودن مواد فوق الذکر، استفاده مجدد از این آب در تولید مستلزم فراوری‌های اضافی است [۴ و ۵].

در ابتدای دهه ۱۹۰۰ میلادی میزان مصرف آب در سیستم ماشین کاغذ بصورت متداول بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر مکعب به ازای هر تن کاغذ بوده است بطوری‌که آب اضافی آن مستقیماً به رودخانه‌ها سرریز می‌شد که مشکلات زیست محیطی زیادی را به همراه داشت. لذا بر اساس مشکلات فوق الذکر کاهش مصرف آب تازه به یکی از مهمترین دغدغه‌های عملیات کاغذسازی تبدیل گردیده است [۳]. در ۲۰ سال گذشته، مصرف آب به ازای تولید هر تن کاغذ در صنایع خمیر و کاغذ به یک سوم و در ۱۰ سال گذشته به حدود۹۰ درصد کاهش یافته است. مصرف آب به عوامل زیادی نظیرنوع ماده اولیه مورد استفاده، کیفیت محصول و فناوری به کار گرفته شده در فرآیند تولید بستگی دارد. در این راستا، کارخانجات کاغذسازی به‌دنبال راهکارهایی جهت کاهش مصرف آب تازه بودند که در این خصوص تکنولوژی‌هایی نیز توسعه یافت که برخی از آنها عبارتند از:

توسعهٔ الیاف‌گیرها (save-all) به‌منظور حداقل سازی افت نرمه‌ها از سیستم ماشین کاغذ

توسعه سیستم‌های کمک نگهدارنده با کارائی زیاد

توسعه سیستم‌های تصفیه پساب در صنایع خمیر و کاغذ [۶].

به سبب دارا بودن مواد جامد معلق و مواد محلول وکلوئیدی، کیفیت آب فرآیندی کمتر از آب تازه است که در صورت استفاده مجدد از آن به‌منظور تولید کاغذ بایستی برای بهبود کیفیت آن تدابیری اندیشیده شود. در این خصوص، استفاده از فرآیندهای دلمه‌شدگی- لخته-سازی که در حذف ذرات جامد و کلوئیدی موثر است رو به افزایش است. در چنین فرایندهایی، پتانسیل زتا اطلاعات مهمی در مورد کارایی واکنش دهنده‌های مورد استفاده فراهم می‌کند [۷]. همچنین، بر اساس نظر Hubbe (۲۰۰۷) ، اقدامات لازم برای پاکسازی آب فرآیندی می‌تواند به روش‌های فیلتراسیون غشایی[۱][۸]، دلمه‌سازی شیمیایی[۲][۹] ، تیمار بیولوژیکی [۱۰]، تیمار آنزیمی [۱۱]، تیمار اکسیداسیونی [۱۲] و تبخیر [۱۳] صورت پذیرد.

Zhang و همکاران (۲۰۰۰) ترکیب اجزای محلول و کلوئیدی یک مدل آب سفید آماده شده از خمیر ترمو مکانیکی حاصل از صنوبر، کاج، فر / هملاک تعیین نموده و اثر این ذرات بر روی خواص کاغذ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد لیگنین‌ها، رزین و اسیدهای چرب و استرهای استخراجی مانند استرول استری و تری گلیسریدها اجزای اصلی ذرات کلوئیدی بوده و این درحالی است که لیگنان‌ها و پلی ساکاریدهای خنثی عمدتاً در آب سفید حل می‌شوند. افت مقاومتی کاغذ اساساً ناشی از مواد محلول می‌باشد، در حالی‌که مواد کلوئیدی در درجه اول مسئول کم شدن تخلخل و خواص نوری کاغذ می‌باشد [۱۴].

Chen و همکاران (۲۰۱۱) بر روی حذف مواد حل شده و کلوئیدی (DCS)[۳]از آب‌فرآیندی کاغذ بازیافتی با

[1] membrane filtration
[2] chemical coagulation
[3] dissolved colloidal suspended

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از دی اکسید تیتانیوم مطالعه نمودند. نتایج نشان داد که کارائی خروج مواد فوق با توجه به ساختار ملکولی آنها به ترتیب از بزرگ به کوچک عبارتند از: اسیدهای رزینی و استرول‌ها، مشتقات بنزنی نظیر کربوکسیل، اسیدهای چرب و استرهای فتالیک اسید. همچنین، بررسی مکانیسم حذف کلوخه‌های DCS نشان داد که با پیوند هیدروژنی بین هیدروکسیل سطحی و گروه‌های عاملی حاوی اکسیژن، ذرات با اندازه نانویی TiO_2 می‌توانند مواد حل‌شده را احاطه کرده و با پل‌زنی بین مواد کلوئیدی و کمپلکس ها عمل کلوخه‌سازی را تشدید نمایند. کارائی حذف کلوخه‌ها توسط گروه‌های عاملی و آلکیل‌های DCS تحت تأثیر قرار می‌گیرند بطوری‌که زنجیره های آلکیل بلند گروه‌های عاملی را پوشش داده و از تشکیل پیوندهای هیدروژنی جلوگیری نموده واین امر باعث کاهش کارائی حذف می‌شود [۱۵].

در هر صورت استفاده مجدد از آب فرآیندی در نقاط مختلف تولید باعث تجمع مواد مزاحم در سیستم می‌شود که می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی گردد و بصورت ته نشینی و رسوب در پایانه‌تر، خوردگی در نقاط مختلف ماشین کاغذ، کاهش کارایی مواد شیمیایی کاغذسازی، تشکیل کف، کاهش قابلیت گذر و بهره‌وری ماشین کاغذ و افت ویژگی‌های مقاومتی و نوری کاغذ بروز نمایند [۱۶]. این مشکلات به‌ویژه در کارخانجاتی که از الیاف بازیافتی استفاده می‌نمایند بیشتر نمود داشته بطوریکه آگاهی از این اثرات می‌تواند به تصمیم‌گیری در خصوص بهینه سازی خطوط تولید کاغذ کمک کند. لذا تحقیق حاضر در پی آن است تا با مقایسه ویژگی‌های کاغذ ساخته شده از آب تازه و فرآیندی یک کارخانه بازیافتی، به ارزیابی اثر ویژگی‌های آب بر کیفیت کاغذ بپردازد که نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند در تصمیم‌گیری برای بهینه سازی وضعیت موجود خط تولید و یا حرکت به سمت بسته شدن سیستم آب فرآیند تولید کاغذ دراین کارخانه و کارخانجات مشابه کمک نماید. این موضوع با توجه به وجود بیش از ۳۰۰ کارخانه کاغذ بازیافتی در کشور می‌تواند اهمیت این مطالعه را بیشتر نمایان نموده و جذابیت‌های اقتصادی و زیست محیطی لازم را برای این طیف از کارخانجات فراهم نماید.

مواد و روش‌ها

آب مورد نیاز به دو صورت آب تازه (آب لوله کشی در کارخانه) با ضریب رسانایی الکتریکی ۲۱۳/۴ µS/cm آب فرآیندی (آب گرفته شده از زیر توری ماشین کاغذ) با ضریب رسانایی الکتریکی ۴۵۲۴ µS/cm و ۶/۸ =pH می‌باشد. و خمیرکاغذ بازیافت[1]OCC (از قسمت لبه بری ماشین کاغذ) با درجه روانی ۲۷۰± ۲۰ ml.CSF از کارخانه بازیافتی افرنگ نور بصورت تصادفی در یک شیفت کاری تهیه و برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه منتقل شد.

برای آب تازه و فرآیندی آزمون‌های کدورت[2] با دستگاه کدورت سنج مدل LAMOTT 2020WE، ساخت شرکت LAMOTT آمریکا، میزان کل مواد معلق جامد(TSS)[3]، میزان مواد فرار آلی موجود در جامدات معلق (MLVSS)[4]و میزان جامدات حل شده (TDS)[5]بر اساس استاندارد CPPA, STANDARD H.1، میزان رنگ بر اساس استاندارد (DIN EN STANDARD SAC436 ((2011)3-ISO 7887 توسط دستگاه اسپکتروفتومتر Jenway 6300 ساخت شرکت Jenway انگلستان و COD[6] (اکسیژن خواهی شیمیایی) بر اساس استانداردEPA410.4 و توسط دستگاه دستگاه ترمو راکتور مدل CR 2200 ساخت شرکت WTW آلمان صورت پذیرفت.

جهت باز کردن الیاف، خمیر با حجم مشخصی از آب فرآیندی مخلوط شده سپس سوسپانسیون رقیق شده با دستگاه پالایشگر (valley beater)، ساخت شرکت L&W، به مدت ۳۰ دقیقه باز شد. پس از جداسازی، الیاف را توسط مش ۴۰۰ آبگیری کرده و سپس الیاف در هوای آزاد خشک گردیده و برای کارهای آتی بسته‌بندی و داخل یخچال نگهداری شد. برای ساخت کاغذهای دست ساز، ابتدا خمیرهای فوق الذکر در آب فرآیندی با میانگین ضریب هدایت الکتریکی ۴۵۲۴ µS/cm، خیسانده شد.

[1] old corrugated container
[2] turbidity
[3] total suspended solids
[4] mixed liquor volatile suspended solids
[5] total dissolved solids
[6] chemical oxygen demand

www.SID.ir

Archive of SID

سپس با دستگاه جداساز الیاف ساخت شرکت برنا پارس مهر با دور ۱۵۰۰۰ دور کاملاً از همدیگر باز شده و سپس با استفاده از دستگاه کاغذساز از آنها کاغذهای دست ساز با گراماژ ۱۳۰ گرم بر متر مربع تهیه گردید. گفتنی است ساخت کاغذ دست‌ساز و ارزیابی ویژگی‌های خمیرکاغذ بر اساس استاندارد TAPPI و آئین نامه های مربوطه به شرح زیر انجام گرفت: تهیه کاغذ دست‌ساز (T 205 SP-02)، ضخامت (T411 om-05)، شاخص کششی(T494 om-88)، شاخص پارگی(T414 om-88)، روشنی(T452 om-98)، ماتی(T425 om-96)، شاخص ترکیدن(T403 om-91)، سفتی خمشی(T489 om-04) دانسیته ظااهری کاغذ نیز با تقسیم گراماژ به ضخامت محاسبه شد. نکته قابل ذکرآنکه زمانی‌که برای ساخت کاغذ از آب فرآیندی استحصالی از کارخانه استفاده شد آب از شبکه تر الیاف تشکیل شده در دستگاه کاغذساز خارج نمی شد (عدم آبگیری بدلیل وجود مواد معلق فراوان موجود در آب). لذا، آب فرایندی فوق الذکر به مدت ۲۴ ساعت در آزمایشگاه درون ظرف نگهداری شده تا رسوب نماید و سپس رسوبات آب (۸/۸۲ گرم بر لیتر) خارج و از آب باقیمانده تحت عنوان آب فرایندی ته نشین شده برای ساخت کاغذ استفاده گردید.

همچنین طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق از نوع کاملا تصادفی بوده و برای تحلیل نتایج و ترسیم نمودارها به ترتیب از نرم افزارهای SPSS و Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

بررسی ویژگی‌های آب

جدول ۱ نتایج آزمون‌های انجام شده بر روی آب تازه و فرآیندی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در جدول مذکور مشاهده می‌شود با انجام ته‌نشینی به مدت ۲۴ ساعت تغییرات قابل ملاحظه‌ای در ویژگی‌های آب فرآیندی ایجاد شده است بطوریکه در نمونه ته‌نشین‌شده میزان TSS بیش از ۸۰درصد، TDS بیش از ۱۵ درصد ،کدورت بیش از ۵۳ درصد، رنگ بیش از ۸ درصد و COD بیش از ۱۵ درصد نسبت به نمونه اولیه کاهش پیدا کرده‌اند. دلیل این کاهش به میزان مواد با وزن ملکولی زیاد (۸/۸۲ گرم بر لیتر) بر می‌گردد که بصورت معلق در آب فرآیندی قرار دارند که پس از ۲۴ ساعت در اثر وزنشان رسوب نموده و از سیستم خارج می‌شوند.

جدول ۱- نتایج آزمون‌های انجام شده بر روی آب تازه و فرآیندی

نوع آب	TSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)	TDS (mg/l)	کدورت (NTU)	Color (EXT/M)	COD (mg/l)
آب تازه	۱۰	۰/۰۰	۰/۰۰۰۱×۱۰^{۶}	۱/۲	۱۷/۵	بسیار ناچیز
آب‌ته‌نشین‌نشده	۱۰۸۸۰	۱۱۰	۰/۱۲۸×۱۰^{۶}	۶۹۰۰	۱۰۴۲	۲۴۸۰
آب‌ته‌نشین‌شده	۲۶۰۰	۱۱۰	۰/۱۰۸×۱۰^{۶}	۳۲۲۵	۹۵۲	۲۱۰۰

بر اساس نظر Zhang و همکاران (۲۰۰۰) آب فرآیندی در روش خمیرسازی ترمومکانیکی حاوی دو دسته مواد کلوئیدی و محلول می‌باشد که لیگنین‌ها، رزین و اسید-های چرب و استرهای استخراجی مانند استرول استری و تری گلیسریدها اجزای اصلی ذرات کلوئیدی بوده و این درحالی است که لیگنان‌ها و پلی ساکاریدهای خنثی عمدتاً در آب سفید حل می‌شوند. افت‌های مقاومتی کاغذ نهائی اساساً ناشی از مواد محلول می‌باشد، در حالی‌که مواد کلوئیدی در درجه اول مسئول کم شدن تخلخل و خواص نوری کاغذ می‌باشد [۱۴].

شایان ذکر است که MLVSS، که بیانگر میزان مواد آلی محلول در آب فرآیندی است. لذا در اثر رسوب‌دهی خارج نشده و مقدار آن در هر دو نمونه ته‌نشین‌شده و نشده یکسان می‌باشد. مقایسه نمونه آب تازه و فرآیندی نشان می‌دهد که در اثر عبور آب از مراحل مختلف فراوری فرآیند تولید کاغذ، موادی به آن اضافه می‌شوند که یا بصورت کلوئیدی و یا صورت محلول در می‌آیند. به نظر می‌رسد چنانچه اگر از آب فرآیندی مجدداً استفاده شود افت ویژگی‌های مقاومتی و نوری کاغذ اجتناب ناپذیر باشد.

www.SID.ir

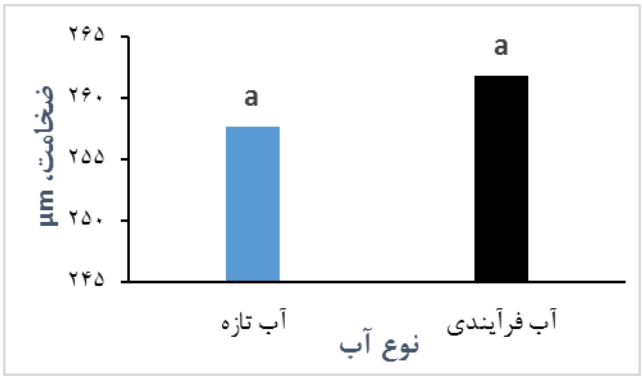
Archive of SID

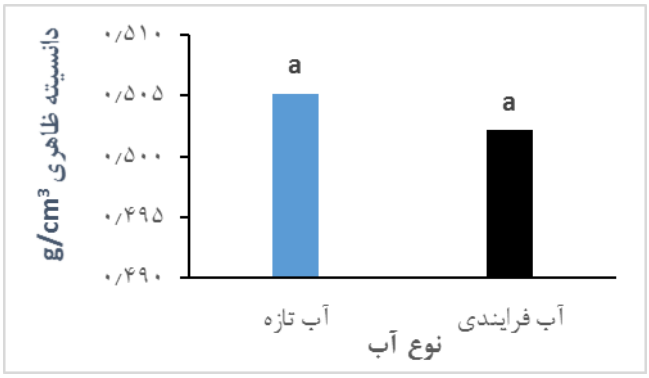
بررسی ویژگی‌های کاغذ

ویژگی‌های فیزیکی

شکل ۱ نتایج ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای ساخته شده از دو آب تازه و فرآیندی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود ضخامت کاغذهای ساخته شده از آب فرآیندی در مقایسه با آب تازه بیش از ۱/۵ درصد افزایش نشان می‌دهد ولی به لحاظ آماری اختلاف معنی داری بین آنها وجود ندارد. همچنین، شکل مذکور نشان می‌دهد که دانسیته ظاهری کاغذهای حاصله از آب فرآیندی نیز با کاهش مواجه شده است هرچند با کاغذهای حاصل از آب تازه به لحاظ آماری اختلاف معنی دار نشان نمی‌دهد. بعبارت دیگر، استفاده از آب فرآیندی در ساخت کاغذ باعث افزایش حجیمی و یا تخلخل کاغذ حاصله گردیده است. این موضوع باعث افت پیوندهای بین الیاف و متعاقب آن تخلخل بیشتر گردیده که انتظار می‌رود کاغذهای بدست آمده دارای مقاومت مکانیکی کمتری نیز باشند. در طرف مقابل، افزایش ضخامت و حجیمی کاغذ به طور مستقیم بر برخی از ویژگی‌های مهم کاغذ از جمله چقرمگی و شقی آن که به ویژه در کاربردهای بسته‌بندی مهم هستند، تأثیر مثبت دارد این ویژگی از ویژگی‌های ساختاری کاغذ است که تحت تأثیر کیفیت شکل‌گیری کاغذ، چگونگی توزیع الیاف، نرمه‌ها و پرکننده‌ها می‌باشد [۵ و ۱۷].

بر اساس نتایج ارائه‌شده در جدول ۱ و نیز گزارشات Zhang و همکاران (۲۰۰۰) افزایش مواد کلوئیدی موجود در آب فرایندی باعث افزایش تخلخل می شود که با نتایج بدست آمده دراین تحقیق نیز همخوانی دارد[۱۴].





شکل ۱- اثر نوع آب بر ویژگی‌های فیزیکی کاغذ بازیافتی

ویژگی‌های مکانیکی کاغذ

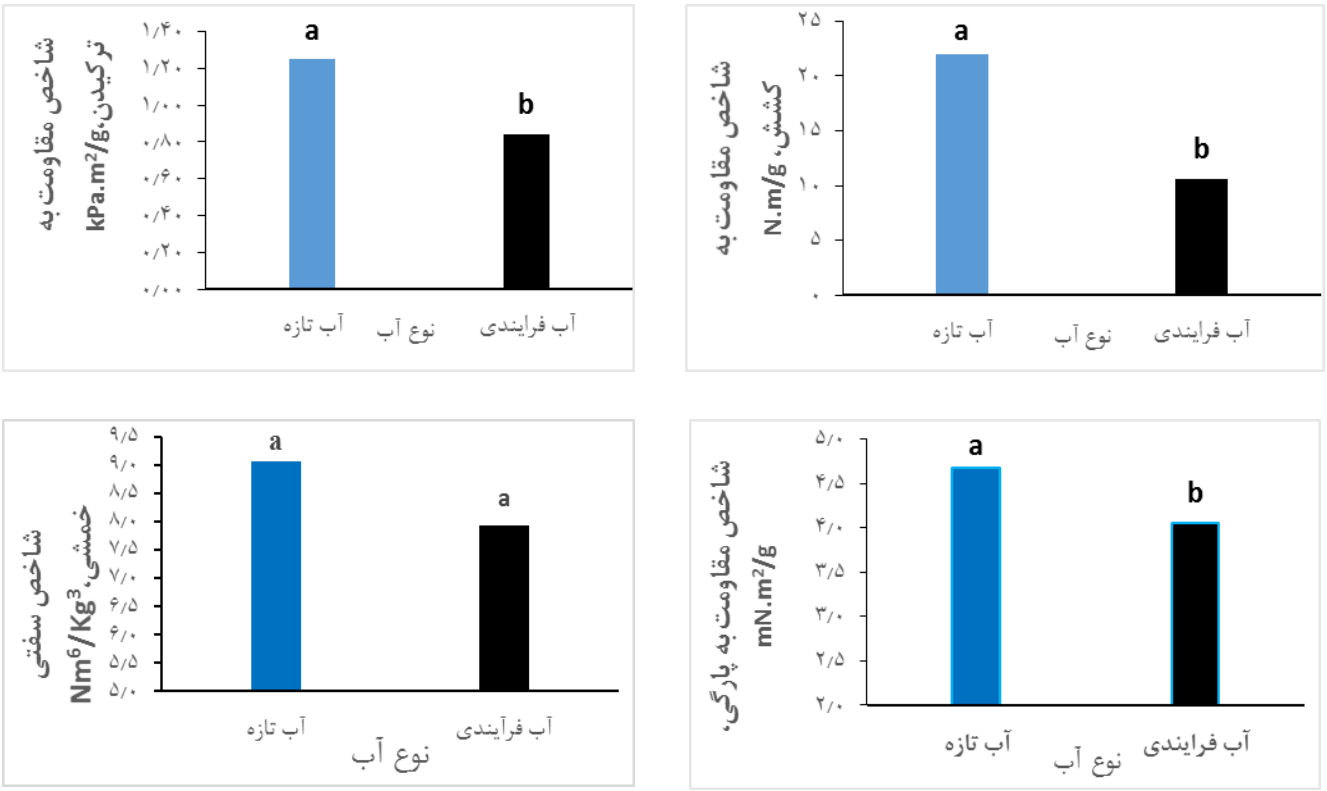
شکل ۲ اثر نوع آب بر روی ویژگی‌های مقاومتی کاغذ را نشان می‌دهد که بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار آماری بین کاغذهای تهیه شده از آب تازه و آب فرآیندی در کلیه ویژگی‌های مورد بررسی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از آب فرآیندی برای تولید کاغذ باعث افت ویژگی‌های مقاومت به ترکیدن بیش از ۳۰درصد، کششی بیش از ۵۰درصد، پارگی بیش از ۱۳ درصد و سفتی خمشی ۱۲ درصد شده است. شایان ذکر است که بین نمونه‌های کاغذ از نظر ویژگی شاخص مقاومت خمشی اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

عموماً افزایش طول الیاف، افزایش پالایش و فشار پرس، که باعث بهبود اتصال بین الیاف می‌شوند، سبب افزایش مقاومت‌های کششی و ترکیدگی و افزایش مصرف مقدار مواد پرکننده و نیز شاخص شکل‌گیری بد(شکل‌گیری نامطلوب) باعث کاهش آنها خواهد شد [۱۸]. مسلماً علت این امر ناشی از کاهش سطح پیوند بین الیاف (RBA) بوده که منجر به کاهش پیوندهای بین لیفی و کاهش مقاومت فوق الذکر می‌گردد. افت مقاومت‌های کششی و ترکیدن در کاغذهای حاصل از آب فرایندی نیز ناشی از وجود مواد محلول و کلوئیدی فراوانی است که در آن وجود دارد و با قرار گرفتن بین الیاف باعث افت

www.SID.ir

Archive of SID

میـزان پیونـدهای بـین الیـاف گردیـده اسـت از طـرف دیگـر بـا توجـه بـه اینکـه خمیرکاغـذ مـورد اسـتفاده از نوع بازیـافتی و حـاوی الیـاف کوتـاه اسـت بـه نظـر مـی-رسد بیشتر افـت سـطح پیونـد بـین الیـاف باعـث نقصـان در ویژگـی‌هـای مـذکور گردیـده اسـت [۱۹ و۲۰]. بـر اسـاس نظـر Zhang و همکـاران (۲۰۰۰) نیـز عمومـا مـواد محلـول در آب فراینـدی باعـث افـت ویژگیهـای مقاومتی می شوند [۱۴].



شکل ۲- اثر نوع آب بر ویژگی‌های مکانیکی کاغذ بازیافتی

همچنین، با توجه به اینکه مقاومت به‌پارگی بـه فاکتورهـایی ماننـد طـول الیاف، استحکام تک تک الیاف، میزان اتصالات داخلـی الیـاف و مقاومـت اتصـالات وابسـته اسـت [۲۱]، و نیز با عنایت به اینکه الیاف بازیافتی دارای متوسط طول و مقاومت ذاتی کمتری است، در اینجا نیز به نظر می رسد اثر پیوند بین الیاف مهمتر بوده و لذا با توجه به اثر منفی مواد کلوئیدی و محلول موجود در آب فرایندی، مقاومت به پارگی کاغذهای حاصله نیز دچار افت گردیده است Ordonez و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر کیفیت آب بر روی نگهداری مواد کمک نگهدارنده در کاغذ، با استفاده از آب تازه، آب فیلتر شده با بیوراکتور غشایی و آب فیلتر شده به روش اولترافیلتراسیون در آماده سازی C-PAM نتیجه گرفتند که استفاده از آب فیلتر شده با بیوراکتور غشایی بدلیل ایجاد شاخص شکل گیری بهتر می تواند به مقاومت کششی و افزایش طول(elongation) بیشتر کاغذ ختم شود [2].

به علاوه، در اکثر کاربردهای بسته‌بندی، ویژگی مقاومت خمشی کاغذ به‌عنوان مهم‌ترین مقاومت مکانیکی باید از مقادیر زیادی برخوردار باشد این ویژگی به خصوص در تبدیل کارتن، محافظت از محتوای بسته‌بندی شده و مقاومت به هنگام روی هم چیده‌شدن بسیار مهم است[۲۲]. بر اساس نظر Navaee-Ardeh (۲۰۰۷) و رودی و همکاران (۲۰۱۶)، اصولاً، از آنجائیکه رفتار خمشی کاغذ از جمله مقاومت خمشی[1] و سفتی خمشی[1] به

[1] bending resistance

www.SID.ir

Archive of SID

ضخامت و مدول الاستیسیته کاغذ بسیار وابسته است، لذا با توجه به افزایش ضخامت در کاغذهای حاصل از آب فرایندی، انتظار می‌رود مقاومت خمشی آن بهبود یابد، ولی بدلیل مواد کلوئیدی و محلول موجود در آن از میزان نقاط پیوندی بین الیاف کاسته شده که این امر باعث کاهش دانسیته و لذا متعاقب آن کاهش مدول الاستیسیته گردیده که باعث افت مقاومت خمشی آن شده است. شایان ذکر آنکه، بر اساس نمودار شکل ۲، افت مقاومت خمشی حاصله به لحاظ آماری معنی دار نمی باشد. شایان ذکر است که پژوهشگران فوق با کنترل وزن پایه لایه میانی در تکنیک لایه به لایه باعث بهبود مقاومت خمشی کاغذ شده اند [۵ و ۱۷].

ویژگی‌های نوری کاغذ

شکل ۳ اثر نوع آب بر ویژگی‌های نوری کاغذها را نشان می دهد. همان‌گونه که مشاهده می شود استفاده از آب فرایندی باعث افت روشنی و ماتی کاغذ های حاصله به ترتیب به میزان بیش از ۱۷درصد و کمتر از ۰/۵ درصد گردیده است بطوریکه این اختلاف از نظر آماری در روشنی کاغذها معنی‌دار بوده و در ماتی کاغذها معنی‌دار نبوده است. عموماً وجود مواد کلوئیدی موجود در آب فرایندی باعث ایجاد تخلخل بیشتر گردیده و منجر به افت ویژگیهای نوری می گردد [۱۴]. Mirshokraei و Abdulkhani(۲۰۰۴) در بررسی اثر کیفیت آب بر روی ویژگیهای نوری کاغذ حاصل از خمیرکاغذ CMP مخلوط پهن برگان گزارش کرده اند که حضور یونهای فلزی موجود در آب می تواند باعث افت درجه روشنی ۵-۴ درصدی شود که دلیل آنرا ترکیب یونهای فلزی با ساختارهای شبه لیگنینی می دانند که باعث افزایش جذب نور می شود [۲۳]. همچنین، Zhang و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کرده اند که مواد کلوئیدی موجود در آب فرایندی باعث افت ویژگیهای نوری کاغذ می شود [۱۴].

شکل ۳- تأثیر نوع آب بر ویژگی‌های نوری کاغذ

[1] bending stiffness

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر ویژگی‌های آب فرآیندی بر خواص کاغذ تهیه شده از الیاف بازیافتی انجام شد. نتایج کلی حاصل از آن عبارتند از:

با انجام ته‌نشینی به مدت ۲۴ ساعت تغییرات قابل ملاحظه‌ای در ویژگی‌های آب فرآیندی ایجاد شده است بطوریکه در نمونه ته نشین شده میزان TSS بیش از ۸۰درصد، TDS بیش از ۱۵ درصد ،کدورت بیش از ۵۳ درصد، رنگ بیش از ۸ درصد و COD بیش از ۱۵ درصد نسبت به نمونه اولیه کاهش پیدا کرده‌اند. استفاده از آب فرآیندی برای تولید کاغذ باعث افت ویژگی‌های مقاومت به ترکیدن حدود ۳۰ درصد، کششی بیش از ۵۰ درصد پارگی بیش از ۱۳ درصد و سفتی خمشی ۱۲ درصد شده است. استفاده از آب فرایندی باعث افت روشنی کاغذهای حاصله به میزان بیش از ۱۷ درصد گردیده است. البته قابل ذکر است که این مقاومت‌ها در اولویت کاغذهای بسته بندی نیستند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که چنانچه اگر کارخانه مورد نظر با چنین آبی اقدام به تولید نماید بدیهی است که ویژگی‌های کاغذ با افت قابل توجه مواجه شود. می‌توان با افزودنی مقاومت‌دهنده همچون نشاسته کاتیونی در پایانه‌تر بر این افت مقاومت‌ها فائق آمد. لذا، انجام تیمارهای مختلف آب فرآیندی به منظور بهینه سازی میزان ترکیبات موجود در آن ضروری بنظر می‌رسد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از همکاری‌های صمیمانه دکتر علی پرتوی نیا عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی بخاطر همراهیهایشان در انجام برخی از آنالیزهای آزمایشگاهی نهایت سپاسگزاری را داشته باشند.

منابع

[1] CCREM (2008). Canadian Water Quality Guidelines, Canadian Council of Ministers of the Environment, 1484p.

[2] Ordóñez, R., Hermosilla, D., de la Fuente, E. and Blanco, Á., 2009. Influence of water quality on the efficiency of retention aids systems for the paper industry. Industrial & Engineering Chemistry Research, 48(23): 10247-10252.

[3] Hubbe, M. A., 2007. Water and Papermaking 2. White Water Components. Paper Technology, 48(2): 31-40.

[4] Su, W., Chen, C., Xu, H., Yang, W. and Dai, H., 2015. Filtering Whitewater with an Ultrafiltration Membrane: Effects of the Interaction between Dissolved Organics and Metal Ions on Membrane Fouling. BioResources, 11(1): 1108-1124.

[5] Rudi, H., Hamzeh, Y. and Borhani, A., 2016. Comparison of effect of LbL Nanotechnology and Refining on Pulp and Paper Properties from made from Recycled Fiber. Iranian Journal of Natural Resources, 69(1): 111-119.

[6] Hubbe, M. A., 2007. Water and papermaking. 3. Measures to clean up process water. Paper Technology, 48(3): 23-30.

[7] Ordaz-Díaz, L. A., Valle-Cervantes, S., Rodríguez-Rosales, J., Bailón-Salas, A. M., Madrid-Del Palacio, M., Torres-Fraga, K. and Luis, A., 2017. Zeta Potential as a Tool to Evaluate the Optimum Performance of a Coagulation-flocculation Process for Wastewater Internal Treatment for Recirculation in the Pulp and Paper Process. BioResources, 12(3): 5953-5969.

[8] Nuortila-Jokinen, J., Manttari, M., Huuhilo, T., Kallioinen, M. and Nystrom, M., 2004. Water circuit closure with membrane technology in the pulp and paper industry. Water Science and Technology, 50 (3): 217-227.

www.SID.ir

Archive of SID

[9] Kokko, S., Niinimäki, J., Zabibian, M. and Sundberg, A., 2004. Effects of white water treatment on the paper properties of mechanical pulp - A laboratory study. Nordic Pulp and Paper Research Journal, 19 (3): 386-391.

[10] Habets, L. H. A., Knelissen, H. J. and Hooimeijer, A. 1998. Improved paper quality and runnability by biological process water recovery in closed water circuits of recycle mills. Kami Pa Gikyoshi (Japan Tappi Journal), 52 (10): 1373-1380.

[11] Widsten, P., Nuyen, T., Lain, J. E., Malmqvist, A. and Welander, T., 2004. In-mill removal of TMP whitewater contaminants by biological treatment in an aerobic bio-kidney used in conjunction with microfiltration and laccase treatment. Nordic Pulp and Paper Research Journal, 19 (3): 379-383.

[12] Augustina, T. E., Ang, H. M. and Vareek, V. K., 2005. A review of synergistic effect of photo-catalysis and Ozonation on wastewater treatment. Journal of Photochemistry and Photobiology, C: Photochemistry Reviews, 6 (4): 264-273.

[13] Dahlskog, K., Soderman, J. and Eklund, D., 1996. Evaporation for internal treatment of process waters in a paper mill, Wochenblatt fuer Papierfabrikation, 124 (10): 464-471.

[14] Zhang, X., Stebbing, D. W., Saddler, J. N., Beatson, R. P. and Kruus, K., 2000. Enzyme treatments of the dissolved and colloidal substances present in mill white water and the effects on the resulting paper properties. Journal of Wood Chemistry and Technology, 20(3): 321-335.

[15] Chen, X., Shen W., Kou Sh. and Liu, H., 2011. GC-MS study of the removal of dissolved and colloidal substances in recycled papermaking by flocculation with nano-size TiO2 colloids. BioResources 6(3): 3300-3312.

[16] Allender, B., Covey, G. and Shore, D., 2010. Low-effluent recycled paper mills. In 64th Appita Annual Conference and Exhibition, Melbourne 18-21 April: Conference Technical Papers, p. 137.

[17] Navaee-Ardeh, S., 2007. A new model for maximizing the bending stiffness of a symmetric three-ply paper or board. Pulp and Paper Canada, 108(4): 45-47.

[18] Rudi, H., Jalal Torshizi, H., Rasooly Garmaroudy, E. and Azad Sarvestani, M., 2016. Effect of sizing agent type and amount on the properties of paper containing GCC filler, Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, 35(2): 131-138. (In Persian).

[19] Cao, S., Song, D., Deng, Y. and Ragauskas, A., 2011. Preparation of Starch− Fatty Acid Modified Clay and Its Application in Packaging Papers. Industrial & Engineering Chemistry Research, 50(9): 5628-5633.

[20] Bown, R. 1996. Physical and chemical aspects of the use of fillers in paper. In Paper Chemistry (pp. 194-230). Springer, Dordrecht.

[21] Velho, J. L., 2002. How mineral fillers influence paper properties: some guidelines. In: Congreso Iberoamericano De Investigacion en Celulosa Y Papel (CIADICYP) (Iberoamerican Congress on Pulp and Paper Research), Campinas, Brazil. [22] Bachman, J. S. 1968. Stiffness: its importance and its attainment. In: 12th Eucepa conference: multiply board. Berlin, Germany, p 8-16.

[23] Mirshokraei S. A. and Abdulkhani, A., 2004. The effect of water quality on the optical properties of chemimechanical pulp of Northern Iranian hardwoods. Cellulose Chemistry and Technology, 40(6): 155-161.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of structural characteristics of process water on paper properties made from recycled fiber

Abstract

In this study, effect of processed water was investigated on paper properties made from recycled fiber. Recycled pulp was supplied from Afrang Noor recycled paper factory and it was prepared from edge-cutted sheets of paper machine. Water also collected as two type of fresh water from plant tap water with conductivity of 213.4 µS/cm and process water from under the wire pit with conductivity of 4524 µS/cm. Pulp after disintegrating by laboratory Valley beater drained on screen with 400 mesh and then used for making standard handsheet with 130±5 g/m^2 by two type of fresh water and process water. Water characterized with tests of Turbidity, TSS, MLVSS, TDS, Color and COD and the physical, mechanical and optical properties of papers were also carried out according to TAPPI standard. Results showed that by sedimentation for 24 h, significant changes was led in process water properties in which in sediment water TSS 80%, TDS 15%, Turbidity 53%, Color 8% and COD 15% decreased in comparison to initial sample. Also, using of process water for papermaking was led to loss of burst 30%, tensile 50%, tear 13% and bending stiffness 12% as well as loss in brightness to 17%. Hence, treatment of process water before papermaking is suggested as an essential step.

Keywords: process water, strength properties, COD, TSS.

M.Samiee Kootenaee[1]
H. Resalati[2]
E. Rasooly Garmaroody[3*]
H.R. Rudi[4]

[1] M.Sc. Student, Bio-refinery department, New technologies engineering faculty, Shahid Beheshti university, Zirab campus, Savadkooh, Iran

[2] Professor, Department of wood and paper engineering, faculty of natural resources, Sari university of agricultural science and natural resources, Sari, Iran

[3] Assistant Prof., Department of bio-refinery engineering, New technologies engineering faculty, Shahid Beheshti university, Zirab campus, Savadkooh, Iran

[4] Assistant Prof., Department of bio-refinery engineering, New technologies engineering faculty, Shahid Beheshti university, Zirab campus, Savadkooh, Iran

Corresponding author:
e_rasooly@sbu.ac.ir

Received: 2018/06/17
Accepted: 2019/04/14

www.SID.ir