

بهبود مقاومت‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز با کاهش بار آنیونی خمیر کاغذ

سید عباس مهدی خواه^۱، شادمان پورموسی^{۲*} و آژنگ تاج دینی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران

پست الکترونیک: Sh.pourmousa@gmail.com

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران

تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۵

چکیده

مقاومت به کشش در برخی از فراورده‌های بهداشتی سلولزی بسیار مهم می‌باشد و هنگامی که این فراورده‌ها با فرایندهای بازیافت تولید می‌شود به علت عدم ثبات برخی از ویژگی‌های سوسپانسیون خمیر کاغذ دستیابی به حدود مطلوب ویژگی‌های کیفی دشوار است. در این تحقیق با استفاده از انواع و مقادیر مختلف پلیمرهای کاتیونی و با روش‌های آزمایشگاهی، ابتدا بار آنیونی سوسپانسیون خمیر کاغذ به تدریج کاهش و بعد با اضافه کردن پلیمر افزایش یافته مقاومت به کشش تر و عامل تثبیت‌کننده آن مقادیر متفاوتی از مقاومت‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز حاصل شد. نوع و مقدار مصرف پلیمرهای کاتیونی تأثیر معنی‌داری بر میزان کاهش بار آنیونی سوسپانسیون خمیر کاغذ و در نتیجه افزایش مقاومت به کشش تر و سایر مقاومت‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز داشت. تأثیر پلیمرها در بهترین شرایط باعث شد بار آنیونی از $237 \mu\text{eq/L}$ در نمونه شاهد به $32 \mu\text{eq/L}$ بهبود یابد. مقاومت به کشش تر از 13N/m به 121N/m ، مقاومت به کشش در حالت خشک از 2730 N/m به 2860 N/m و مقاومت به ترکیبگی از 146 KPa به 160 KPa در تیمار برتر با استفاده از 135 میلی‌گرم بر لیتر پلیمر Gfloc F10 افزایش یافتند. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام ارتباط میزان بار آنیونی خمیر کاغذ با ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز را تأیید کرد؛ بنابراین با استفاده از پلیمرهای کاتیونی مختلف می‌توان میزان بار آنیونی سوسپانسیون خمیر و کاغذ را کاهش داد و به ویژگی‌های بهتر کیفی در محصولات تولیدی دست‌یافت.

واژه‌های کلیدی: بار آنیونی، پلیمرهای کاتیونی، مقاومت به کشش تر، رگرسیون گام‌به‌گام

مقدمه

زهکشی مناسب و غیره ایجاد می‌کند تا از نظر شاخص‌های کیفی محصول نهایی، فاکتورهای اقتصادی و فرایندی مطلوب نباشد. برای رفع این نارسایی کاربرد مواد افزودنی مانند پلیمرها و مواد با بار کاتیونی در پایانه تر کاغذسازی بیش‌ازپیش اهمیت پیدا می‌کنند. کاتیونی کردن سطح الیاف و کاهش بار آنیونی سوسپانسیون

آب سفید در فرایندهای کاغذسازی دارای بار منفی است و وجود گروه‌های کربوکسیل و کربونیل در سطح الیاف تأثیر این ویژگی نامطلوب را بیشتر می‌کند. بار منفی سوسپانسیون خمیر و کاغذ مشکلات زیادی را برای شکل‌گیری مناسب ورقه کاغذ، نگهداری مناسب نرمه‌ها،

کاغذ نتایج نشان داد که افزایش بار سطحی خمیرکاغذ دارای اثرات منفی بر ماندگاری ماده پرکننده، ضریب پراکنش ویژه و تراکم چاپ کاغذ می‌باشد. در این تحقیق پرکننده‌های اکسید تیتانیوم، خاک رس چینی، اکسید تیتانیوم، کربنات کلسیم رسوبی، تالک و باریت‌ها به ترتیب بیشترین بار سطحی را داشتند (Sood et al., 2010). در تحقیقی بر تأثیر مقدار و کاربرد ترکیبی ماندگار کننده و کربوکسی متیل سلولز همراه با پلی آمینو آمید اپی کلروهیدرین^۱ بر نرمی و مقاومت‌های تر و خشک کاغذ نتایج نشان داد که مقاومت به کشش خشک و تر و نرمی کاغذ در اثر افزودن پلیمر پلی آمونبو آمید اپی کلروهیدرین، به همراه ریتنشن اید و کربوکسی متیل سلولز به نسبت مصرف آنها به مقدار قابل توجهی بهبود می‌یابد (Pourmousa et al., 2013). اختلاط الیاف بلند کاتیونی شده با خمیرکاغذ شیمیایی مکانیکی، خواص مقاومتی و ماندگاری نرمه‌ها را افزایش می‌دهد (Rashidi joybari et al., 2015).

در فرایندهایی که از جوهرزدایی کاغذهای باطله برای تولید محصولات بهداشتی سلولزی استفاده می‌شود به علت تنوع کاغذهای باطله سفید، مقاومت به کشش تر نوسان زیادی خواهد داشت، درحالی‌که در فرایندهایی که از الیاف بکر بهره می‌گیرند این‌گونه مشکلات بسیار کمتر است. در کاربردهای صنعتی معمولاً از پلیمر پلی آمونبو آمیدو اپی کلروهیدرین استفاده می‌کنند. میزان ماندگاری و تأثیرگذاری این پلیمر برای فرآورده‌هایی که از فرایندهای بازیافت استفاده می‌کنند بسیار متغیر است و همین امر نگرانی‌های بسیاری را برای تولیدکنندگان این‌گونه محصولات از انواع کاغذهای باطله سفید ایجاد کرده است. بنابراین تحقیقات زیادی برای تثبیت ماده افزاینده مقاومت‌تر بر روی الیاف کاغذ جوهرزدایی شده پایه‌گذاری شده است. طبیعی است که با افزایش مقاومت به کشش تر سایر ویژگی‌های فیزیکی مانند مقاومت به کشش و یا ترکیب هم بهبود می‌یابند. با توجه به شرایط بار آنیونی آب سفید، به نظر می‌رسد با

خمیرکاغذ از جمله دو روش مطرح برای کاهش تأثیر بار منفی سوسپانسیون خمیر و کاغذ می‌باشند.

با استفاده از الیاف کاتیونی در مجاورت آلوم و مواد کمک‌کننده می‌توان به ماندگاری بیشتر الیاف بر روی توری پایانه تر دست‌یافت (Harding et al., 1985). پلیمرهای کاتیونی حاصل از واکنش اسیدسولفوریک و لیگنین را با توجه به قابلیت بالای آنها در ماندگاری مواد افزودنی در خمیرکاغذ، می‌توان به‌عنوان مواد کمک‌کننده به آبیگری در شرایط خنثی استفاده کرد (Matsushita et al., 2004). برای بهبود ویژگی‌های پایانه تر مانند بهبود آبیگری و ماندگاری بهتر پرکننده‌ها از بسپارش پیوند کاتیونی پلی آکریل آمید نیز می‌توان استفاده کرد (Hashimoto et al., 2004). اثرات آهارزنی داخلی کاغذ با پلیمرهایی مانند آلکیل کتین دیمر و آلکیل سوسینیک انیدرید، ترکیبات روزین و برخی ترکیبات شیمیایی دیگر نشان داد که گروه‌های هیدروفوبی موجود در پرکننده‌های پلیمری خواص رطوبت دوستی کاغذ را کاهش داده و با تعدیل بار آنیونی مواد پرکننده بر خصوصیات مقاومتی کاغذ می‌افزاید (Hubbe et al., 2006). تغییرات هدایت الکتریکی در مقادیر بالاتر از 0.1 ms/cm در خمیرکاغذهای مختلف تأثیر معنی‌داری را بر بار الکتریکی نشان نداد (Garcia et al., 2008). البته با آماده‌سازی و استفاده از الیاف خمیرکاغذ کاتیونی به‌عنوان ماده افزودنی پایانه تر می‌توان ماندگاری کربنات کلسیم رسوبی را بهتر کرد (Wei et al., 2008). با استفاده از سیستم نشاسته کاتیونی و نانو سیلیکای آنیونی می‌توان فرایند آبیگری و ماندگاری نرمه‌ها را روی توری پایانه تر بهبود داد (Khosravani et al., 2010). در بررسی تأثیر الیاف خمیرکاغذ کاتیونی به‌عنوان ماده افزودنی پایانه تر کاغذسازی در مقایسه با پلی آکریل آمید، نتایج نشان دادند در تیمارهایی که از جایگزینی الیاف خمیرکاغذ کاتیونی به جای پلی آکریل آمید کاتیونی استفاده شده بود ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز بیشتر بهبود یافتند (Sepidehdam et al., 2014). در بررسی مقایسه بار سطحی مواد مختلف کاغذسازی و اثرات آن بر ویژگی‌های

1 - Poly (amine) amide epichlorohydrin (PAE)

آماده‌سازی مواد شیمیایی (محلول سازی)

در این تحقیق از ۶ پلیمر مختلف با نام‌های تجاری A300.PAE, RTN, Poly2001, Poly2002, Gfloc F10 و به صورت محلول استفاده شد. کلیه محلول‌ها به صورت ۱٪ تهیه و مورد استفاده قرار گرفت.

عوامل ثابت و متغیر

عوامل ثابت:

الف- زمان: ۳۰ دقیقه برای انجام یک آزمایش کامل

ب- درصد خشکی: ۰/۴۵ درصد

ج- نوع خمیر، سوسپانسیون خمیر آماده مصرف

د- دما در کلیه آزمون‌ها در دمای معمولی در شرایط آزمایشگاهی انجام شد.

ه- مقدار پلیمر PAE و A300 به ترتیب به مقدار ۱ و

۰/۰۲ درصد در کلیه آزمون‌ها مبنای تحقیق قرار گرفت.

د- درجه روانی خمیرکاغذ در کلیه آزمون‌ها برابر ۳۵

درجه شوپرریگزر بود.

عوامل متغیر

در این تحقیق دو عامل متغیر وجود دارد که شامل نوع

پلیمرها در چهار سطح "Polymer 2002, Gfloc F10", "RTN.Polymer, 2001" و مقدار پلیمرها در پنج سطح مختلف ۱۱۵،۹۵،۷۵،۵۵ و ۱۳۵ میلی‌گرم بر لیتر و به تبع آن میزان کاتیون خواهی خمیرکاغذ در پنج سطح مختلف می‌باشد (جدول ۱).

روش تحقیق

با نمونه‌گیری از سوسپانسیون خمیرکاغذ و با استفاده از دستگاه آنالیزور توان جریان سیال میزان بار آنیونی سوسپانسیون خمیر و کاغذ اندازه‌گیری شد و برای اندازه‌گیری اسیدیته و هدایت الکتریکی به صورت همزمان از تجهیز PH متر مدل METTLERTOLDO استفاده شد.

برای کاهش بار آنیونی با تزریق پلیمرهای مختلف با نسبت‌های مختلف، ابتدا مقدار کاهش بار آنیونی با دستگاه آنالیزور توان جریان سیال اندازه‌گیری و بعد با اضافه کردن

کاهش آن در سوسپانسیون خمیرکاغذ بتوان مقاومت به کشش تر را با تثبیت بهتر پلیمر پلی آمینو آمید اپی کلروهیدرین بر روی الیاف افزایش داد. بنابراین هدف اصلی این تحقیق کاهش بار آنیونی سوسپانسیون خمیرکاغذ با استفاده از پلیمرهای کاتیونی مختلف و تأثیر کاهش بار آنیونی بر ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد لیگنوسلولزی:

از سوسپانسیون خمیر جوهرزدایی شده آماده مصرف شرکت محصولات بهداشتی و سلولزی لطیف که از جوهرزدایی انواع کاغذهای باطله مخلوط تهیه شده بود، استفاده شد.

مواد شیمیایی

از پلیمر پلی آمینو آمید اپی کلروهیدرین به‌عنوان ماده اصلی برای ایجاد مقاومت تر و از پلیمر آنیونی با علامت تجاری A300 برای تثبیت ماده پلی آمینو آمید اپی کلروهیدرین استفاده شد. برای کاهش بار آنیونی سوسپانسیون خمیرکاغذ از چهار نوع پلیمر کاتیونی با نام‌های تجاری A300, Poly 2001, Poly2002, Gfloc F10 و RTN استفاده شد.

آماده‌سازی شرایط آزمون

آماده‌سازی سوسپانسیون خمیرکاغذ

ابتدا از خمیر خروجی از برج نگهداری خمیر جوهرزدایی شده شرکت محصولات بهداشتی و سلولزی لطیف که قبلاً فرایندهای جوهرزدایی با روش شناورسازی، غربال‌های ریز و درشت و پراکنده‌سازی را سپری کرده بود و آماده تزریق مواد شیمیایی افزاینده مقاومت‌های کشش‌تر با درصد خشکی ۰/۴۵ درصد بود نمونه‌گیری شد و بعد با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی کلیه شاخص‌های مورد نظر آن مانند اسیدیته، هدایت الکتریکی، میزان بار آنیونی یا مقدار کاتیون خواهی خمیر به‌عنوان پارامترهای شاهد ثبت شد.

دستورالعمل شماره ۰۶-T4۱۱om آیین‌نامه TAPPI اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری مقاومت کاغذ در برابر ترکیدن، مقاومت در برابر کشش تر و خشک به ترتیب مطابق آیین‌نامه شماره ۰۲-T4۰۳ om، ۰۶-T4۹۴ om و ۱۰-T4۵۶om آیین‌نامه TAPPI انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز داده‌ها با طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل با نرم‌افزار SAS انجام شد. برای مقایسه سطوح معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. برای درک بهتر رابطه متغیرهای وابسته تحقیق با ویژگی‌های سوسپانسیون خمیر و کاغذ، ارتباط میزان بار آنیونی خمیر و کاغذ با ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز با انجام رگرسیون گام‌به‌گام بررسی شد.

مقدار ثابت ۱٪ پلیمر PAE و ۰/۰۲ درصد پلیمر آنیونی A300 به‌عنوان تثبیت‌کننده ماده PAE، اقدام به ساخت کاغذهای دست‌ساز آزمایشگاهی با سوسپانسیون خمیر گردید و نمونه‌ها پس از خشک شدن برای آزمون‌های مورد نظر آماده شد.

ساخت کاغذهای دست‌ساز

ساخت کاغذهای دست‌ساز مطابق استاندارد TAPPI به شماره ۹۵-OM ۲۰۵ انجام شد، برای ساخت کاغذهای دست‌ساز ۶۰ گرمی برابر ۱/۸۸ گرم، خمیر خشک از سوسپانسیون محاسبه و استفاده شد.

تعیین ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز

وزن پایه کاغذ بر اساس دستورالعمل شماره ۸۸-OM T4۱۰ آیین‌نامه TAPPI و ضخامت کاغذ دست‌ساز طبق

جدول ۱- تیمارهای طراحی شده برای انجام تحقیق

مقادیر استفاده: میلی‌گرم بر لیتر					نوع پلیمر	ردیف
۱۳۵	۱۱۵	۹۵	۷۵	۵۵		
تیمارهای طراحی شده						
۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	Gfloc F10	۱
۲۵	۲۴	۲۳	۲۲	۲۱	پلیمر ۲۰۰۲	۲
۳۵	۳۴	۳۳	۳۲	۳۱	پلیمر ۲۰۰۱	۳
۴۵	۴۴	۴۳	۴۲	۴۱	RTN	۴

نتایج

افزایش می‌یابند. مشکل اصلی این است که در بازیافت کاغذهای باطله مقدار مقاومت تر و به تبع آن سایر مقاومت‌ها با نوسان زیادی همراه هستند و به نظر می‌آید با استفاده از پلیمرهای کاتیونی مختلف بتوان با کاهش بار آنیونی خمیر کاغذ و امکان تثبیت بیشتر پلیمر PAE، ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز را بیشتر ارتقا داد. در جدول ۲، تأثیر پلیمرهای مورد استفاده در مقایسه با شرایط شاهد و استفاده از یک درصد پلیمر PAE در

بدون استفاده از مواد شیمیایی و با بررسی سوسپانسیون خمیر کاغذ و آزمون کاغذهای دست‌ساز 60 gr/m^2 نمونه‌های شاهد و نیز استفاده از ماده PAE به نسبت ۱٪ به‌عنوان شاهد دوم، نتایج نشان داد در مقایسه با نمونه شاهد با تزریق یک درصد PAE در شرایط اسیدیته ثابت، با کاهش هدایت الکتریکی و بار آنیونی، مقاومت به کشش در حالت تر، مقاومت به کشش در حالت خشک و مقاومت به ترکیدگی

با تغییر مقادیر تزریق پلیمر کمترین تغییر در اسیدیتته با مصرف ۵۵ میلی گرم بر لیتر و بیشترین تغییر در اسیدیتته با مصرف ۱۳۵ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. به طور کلی می توان نتیجه گرفت با افزایش مصرف پلیمر، اسیدیتته سوسپانسیون بیشتر کاهش می یابد. البته عملکرد متقابل نوع پلیمر و مقادیر مختلف پلیمرها بر کاهش اسیدیتته به جز پلیمر " Gfloc F10 " در بقیه موارد تغییرات زیادی نشان نداد (جدول ۳ و شکل ۱). در فرایندهای تولیدی بعد از این مرحله اندکی رقیق سازی انجام می شود و در نهایت اسیدیتته کل سوسپانسیون در شرایط خنثی قرار می گیرد.

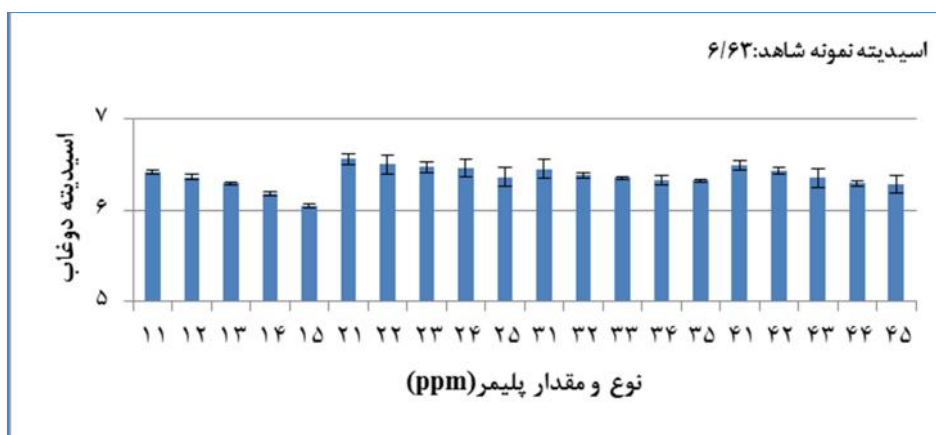
سوسپانسیون خمیر کاغذ، اسیدیتته، کند اکتیویته و بار آنیونی کاهش یافته است و تأثیر گذاری پلیمرها با احتمال ۹۹٪ بر ویژگی های خمیر کاغذ و کاغذهای دست ساز معنی دار است. با استفاده از پلیمر Gfloc F10، اسیدیتته و بار آنیونی سوسپانسیون خمیر و کاغذ در مقایسه با سایر پلیمر بیشتر کاهش می یابد و به همان نسبت هم ویژگی های کاغذهای دست ساز و به ویژه مقاومت به کشش در حالت تر از ۱۳ N/m در نمونه شاهد به ۲۳ N/m با یک درصد مصرف PAE، به ۶۷/۰۷ N/m با استفاده از پلیمر Gfloc F10 ارتقا یافت. پلیمر RTN و سایر پلیمرها در رتبه های بعدی قرار دارد.

جدول ۲- تأثیر نوع پلیمر بر ویژگی های خمیر و کاغذهای دست ساز

نام پلیمر	اسیدیتته	هدایت الکتریکی (ms/cm)	بار آنیونی (μeq/L)	مقاومت به کشش تر (N/m)	مقاومت به کشش خشک (N/m)	مقاومت به ترکیدگی (KPa)
Gfloc F10	۶/۲۵ ^a	۳/۴۹ ^c	۷۱/۵۵ ^a	۶۷/۰۷ ^a	۲۸۲۲/۸۷ ^a	۱۵۴/۴۶ ^a
Polymer2002	۶/۵۶ ^b	۳/۴۰ ^b	۱۰۸/۳۳ ^c	۳۸/۸۰ ^d	۲۷۸۲/۳۳ ^b	۱۴۴/۶۷ ^c
Polymer 2001	۶/۵۷ ^b	۳/۴۷ ^c	۱۰۹/۴۷ ^c	۴۴/۹۳ ^c	۲۸۰۹/۳۳ ^a	۱۴۵/۱۳ ^c
RTN	۶/۶۱ ^c	۳/۳۶ ^a	۹۹/۷۳ ^b	۵۲/۷۳ ^b	۲۸۰۸/۳۳ ^a	۱۴۸/۸۷ ^b
۱٪PAE	۶/۶۳ ^c	۳/۴۷ ^c	۱۹ ^d	۲۳ ^e	/ ^b	۱۴۹ ^b
شاهد	۶/۶۳ ^c	۳/۵۸ ^d	۲۳۷ ^e	۱۳ ^f	۲۷۳۰ ^c	۱۴۶ ^c

جدول ۳- تأثیر نوع پلیمر بر ویژگی های خمیر و کاغذهای دست ساز

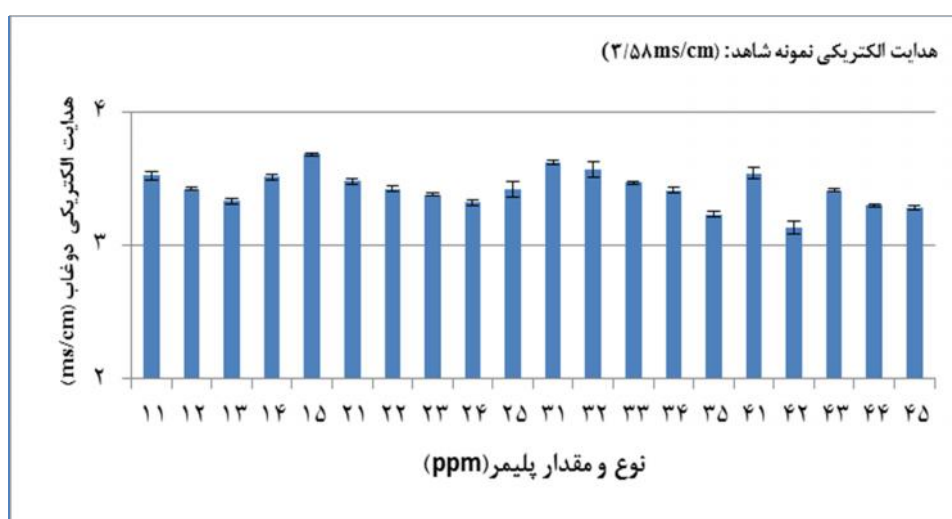
مقدار پلیمر	اسیدیتته	هدایت الکتریکی (ms/cm)	بار آنیونی (μeq/L)	مقاومت به کشش تر (N/m)	مقاومت به کشش خشک (N/m)	مقاومت به ترکیدگی (KPa)
۵۵	۶/۴۷ ^c	۳/۵۴ ^c	۱۵۰/۲۳ ^e	۳۲/۹۲ ^e	۲۷۴۵/۸۳ ^c	۱۴۳/۰۸ ^b
۷۵	۶/۴۱ ^b	۳/۳۸ ^a	۱۲۳/۲۴ ^d	۳۷/۳۳ ^d	۲۷۷۷/۴۲ ^b	۱۴۵/۵۸ ^b
۹۵	۶/۳۶ ^b	۳/۳۹ ^a	۹۴/۸۵ ^c	۴۷/۸۳ ^c	۲۸۰۹/۰۸ ^a	۱۴۹/۸۳ ^a
۱۱۵	۶/۳۱ ^a	۳/۳۸ ^a	۶۷/۵۷ ^b	۵۹/۱۷ ^b	۲۸۳۰/۰۰ ^a	۱۵۱/۸۳ ^a
۱۳۵	۶/۲۵ ^a	۳/۴۰ ^a	۵۰/۴۶ ^a	۷۷/۱۷ ^a	۲۸۲۸/۷۵ ^a	۱۵۱/۰۸ ^a
۱٪PAE	۶/۶۳ ^d	۳/۴۷ ^b	۱۹ ^f	۲۳ ^f	۲۷۸۸/۳۳ ^b	۱۴۹ ^a
شاهد	۶/۶۳ ^d	۳/۵۸ ^c	۲۳۷ ^g	۱۳ ^g	۲۷۳۰ ^c	۱۴۶ ^b



شکل ۱- تأثیر متقابل نوع پلیمر و مقادیر مختلف پلیمر بر اسیدیته سوسپانسیون خمیر کاغذ

F10 به دست آمد. در مقادیر بالاتر پلیمر اختلاف معنی داری از نظر کاهش هدایت الکتریکی سوسپانسیون خمیر و کاغذ مشاهده نشد (شکل ۲).

با تزریق پلیمرهای مختلف هدایت الکتریکی سوسپانسیون کاهش می‌یابد و بیشترین کاهش را با استفاده از پلیمر RTN و کمترین با بهره‌گیری از پلیمر Gfloc



شکل ۲- تأثیر متقابل نوع پلیمر و مقادیر مختلف پلیمر بر هدایت الکتریکی سوسپانسیون خمیر کاغذ

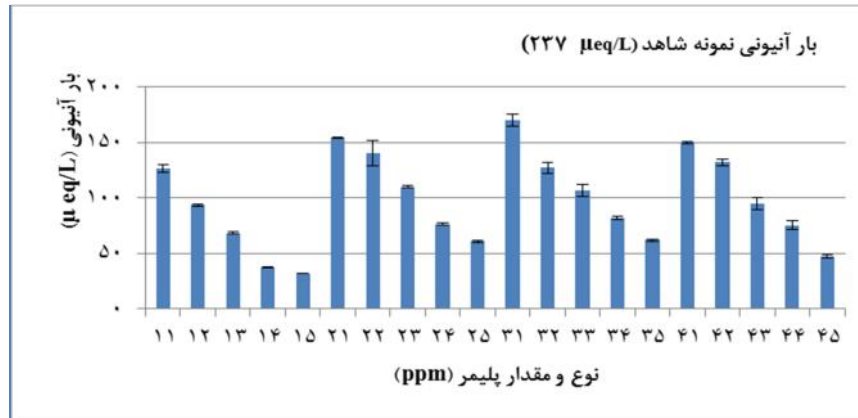
با افزایش مقدار مصرف پلیمر مقاومت به کشش در حالت تر بیشتر افزایش می‌یابد ولی بیشترین افزایش در مقاومت به کشش در حالت تر با استفاده از پلیمر Gfloc F10 و مقادیر ۱۱۵-۱۳۵ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد (شکل ۴).

با اینکه اختلاف معنی داری در تأثیر متقابل نوع و مقادیر مختلف پلیمر بر مقاومت به کشش و ترکیب

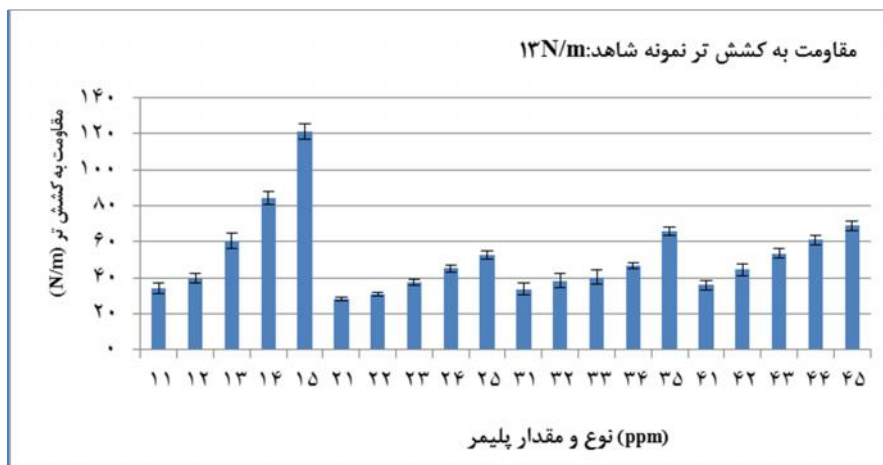
تأثیر متقابل نوع و مقادیر مختلف استفاده از پلیمرها نشان داد که بیشترین کاهش در مقدار بار آنیونی سوسپانسیون خمیر کاغذ با مقادیر مصرف بیشتر پلیمر به دست آمد، به طوری که با افزایش مقدار مصرف پلیمرها، بار آنیونی بیشتر کاهش یافت ولی با تزریق ۱۳۵ میلی‌گرم بر لیتر پلیمر F10 Gfloc بیشترین کاهش را در بار آنیونی سوسپانسیون خمیر کاغذ شاهد بودیم (شکل ۳).

وجود ندارد ولی از نظر مقداری بیشترین مقاومت به پلیمر به دست آمد (شکل ۵ و ۶).

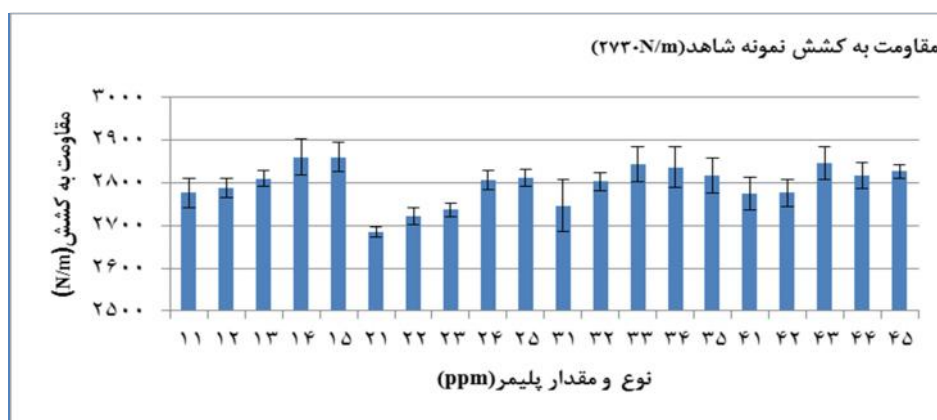
ترکیب در پلیمر Gfloc F10 و با مقادیر بیشتر مصرف



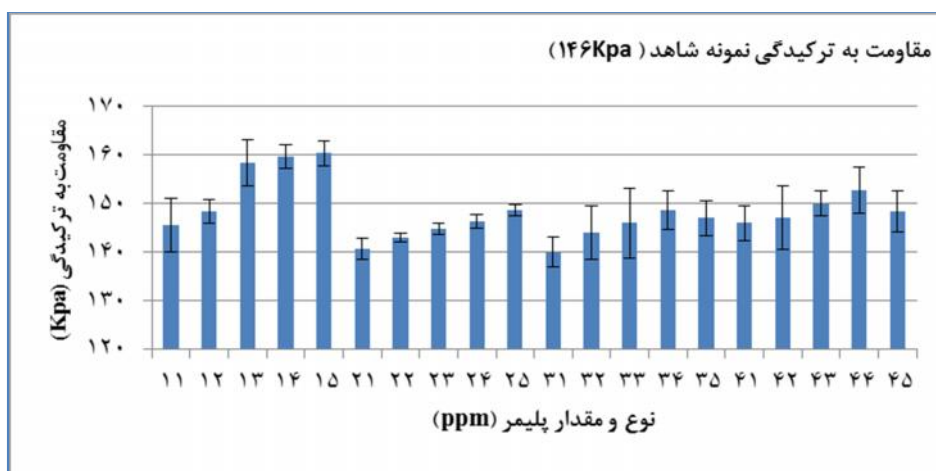
شکل ۳- تأثیر متقابل نوع پلیمر و مقادیر مختلف پلیمر بر بار آنیونی سوسپانسیون خمیر کاغذ



شکل ۴- تأثیر متقابل نوع پلیمر و مقادیر مختلف پلیمر بر مقاومت به کشش در حالت تر کاغذهای دست ساز



شکل ۵- تأثیر متقابل نوع پلیمر و سطوح مختلف پلیمر بر مقاومت به کشش کاغذهای دست ساز



شکل ۶- تأثیر متقابل نوع پلیمر و سطوح مختلف پلیمر بر مقاومت به ترکیدگی کاغذهای دست‌ساز

با ضریب همبستگی ۰/۶۳ می‌توان گفت که تغییرات بار آنیونی سوسپانسیون خمیر و کاغذ و مقاومت به کشش تر باعث تغییر مقاومت به ترکیدگی می‌شوند.

بحث

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بار آنیونی سوسپانسیون خمیر و کاغذ مهمتر از اسیدیته و هدایت الکتریکی سوسپانسیون خمیر و کاغذ برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز می‌باشد، البته بار آنیونی خمیر کاغذ از نظر ماهیت منفی است و گویای میزان کاتیون‌خواهی سوسپانسیون خمیر کاغذ است، بنابراین هرچه مقدار آن کمتر باشد بهتر است.

سطح الیاف به دلیل حضور گروه‌های کربوکسیل و کربونیل ناشی از فرایندهای خمیر کاغذسازی و رنگ‌بری به‌طور معمول دارای بار منفی است که اثرات نامطلوبی را در زمان فرایند کاغذسازی (شکل‌گیری بد ورق، دفع نرمة‌های حاصل از پالایش، مواد آهارزنی، پرکننده، افزایش بار آب سفید و افزایش بار آلودگی در پساب) سبب می‌گردد (Harding et al., 1985). بنابراین نیاز به افزودن بار کاتیونی به سیستم کاغذسازی بوده تا بدین طریق در اثر برهم‌کنش بین اجزاء آنیونی با کاتیونی امکان ماندگاری بیشتر نرمة‌ها و ذرات ریز و ساختار

با انجام رگرسیون گام‌به‌گام مقاومت‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز برای تمام سطوح پلیمر معادلات به شرح زیر به دست آمد.

(۱)

$$\text{مقاومت به کشش تر} = (-۳۶/۱۲) + (\text{بار آنیونی}) \times ۰/۴۲$$

(هدایت الکتریکی) $۳۷/۱۰$

با ضریب همبستگی ۰/۹۴ می‌توان گفت که تغییرات بار آنیونی سوسپانسیون خمیر و کاغذ باعث تغییر مقاومت به کشش در حالت تر می‌شوند.

(۲)

$$\text{مقاومت به کشش} = ۲۸۸۶/۷۹ + (\text{بار آنیونی}) \times ۰/۹۱$$

با ضریب همبستگی ۰/۷۷ می‌توان گفت که تغییرات بار آنیونی سوسپانسیون خمیر و کاغذ باعث تغییر مقاومت به کشش در حالت خشک می‌شوند.

(۳)

$$\text{مقاومت به ترکیدگی} = ۱۴۷/۱۶ + (\text{بار آنیونی}) \times ۰/۰۶$$

(مقاومت به کشش تر) $۰/۱۳$

حاصل شد که به نظر می‌رسد بیشترین تأثیر را در کاهش بار سطحی الیاف سلولزی داشته است.

تأثیر پلیمرها در بهترین شرایط باعث شد در شرایط یکسان اسیدیته، بار آنیونی از $237 \mu\text{eq/L}$ در نمونه شاهد به $32 \mu\text{eq/L}$ در بهترین شرایط بهبود یابد که باعث حذف بسیاری از عوامل مزاحم شد. هدایت الکتریکی سوسپانسیون در چنین شرایطی از $3/58 \text{ ms/cm}$ به $4/41 \text{ ms/cm}$ افزایش نشان داد.

پس از انجام تیمارهای شیمیایی با پلیمرهای مختلف در مقادیر متفاوت، عمدتاً ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز بهبود یافت. مثلاً مقاومت به کشش تر از 13 (N/m) به 121 (N/m) مقاومت به کشش در حالت خشک از 2730 (N/m) به 2860 (N/m) و مقاومت به ترکیدگی از 146 (KPa) به 160 (KPa) در تیمار برتر با استفاده از 135 میلی‌گرم بر لیتر پلیمر Gfloc F10 بهبود یافتند.

با انجام رگرسیون گام‌به‌گام برای درک بهتر رابطه متغیرهای وابسته تحقیق با ویژگی‌های سوسپانسیون خمیر و کاغذ در تمام موارد ارتباط میزان بار آنیونی خمیر و کاغذ با ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز تأیید شد؛ بنابراین اینکه با استفاده از الیاف کاتیونی و یا انواع مواد شیمیایی پلیمرهای مختلف می‌توان میزان بار آنیونی سوسپانسیون خمیر و کاغذ را کاهش داد و به نتایج مشابهی رسید.

منابع مورد استفاده

- Garcia, J., Cadena, E.M, Vidal, T.,and Torres, A.L.(2008). Determination of zeta potential and cationic demand of bleached pulps, V CONGRESO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACION EN CELULOSA Y PAPEL, 13 Page.
- Harding, R.C.G, and Gess, J.M., 1985. Method for preparation of cationic cellulose, Patent 4505775, 14 page.
- Hashimoto, K., Suzuki, K., and Kamaya, Y. (2004). Wet-end properties of cationic graft

شکل‌گیری بهبود یابد. در اثر این فرایند مقدار بار آنیونی سوسپانسیون خمیر و کاغذ کاهش می‌یابد. استفاده از پلیمرهای کاتیونی، بر روی الیاف سبب می‌گردد که موقعیت‌های کاتیونی در اثر پیوندهای استری و اتری با مولکول سلولز موجود در سطح الیاف به وجود آید (Nazari et al., 2009). از طرفی میزان آلودگی آب در زمان فرایند کاغذسازی هنگامی که سیستم گردش آب سفید بسته‌تر می‌گردد، افزایش می‌یابد. آلودگی‌های آنیونی سبب کاهش اثر مواد افزودنی کاتیونی به دلیل کاستن بار کاتیونی از یکسو و از سوی دیگر آلوده کردن سطح الیاف، سبب کاهش جذب ماده کاتیونی می‌گردد.

با افزایش مقدار مصرف ماده کاتیونی در این تحقیق، به علت افزایش میزان جذب ماده شیمیایی بر روی الیاف باعث بهتر شدن مقاومت‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز می‌گردد که با مطالعات Wei و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. هرچند Sepidehdam و Sotodeh (۲۰۱۴)، معتقدند که می‌توان با استفاده از خمیر الیاف کاتیونی و با مصرف کمتر پلیمرهای مختلف به نتایج مشابهی دست‌یافت و افزایش دما در سطوح بالاتر از ۶۰ درجه به علت جذب ماده کاتیونی باعث بهبود مقاومت‌های فیزیکی می‌گردد ولی به نظر می‌رسد در فرایندهای تولید کاغذ این امکان برای مدت طولانی به‌سختی امکان‌پذیر می‌باشد.

پلیمرهای مختلف به دلیل اینکه توانایی کاهش بار آنیونی را در محدوده‌های مشخصی دارند، بنابراین باعث بهبود ویژگی‌های خمیر و کاغذ در حدود مشخصی می‌شوند. در این تحقیق با استفاده از چهار نوع پلیمر بهترین نتیجه با پلیمر Gfloc F10 به دست آمد؛ که طی آن بهبود ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز مشهودتر بود. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که در تمام پلیمرها با افزایش مقدار مصرف بهبود ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز با شتاب بیشتری همراه خواهد بود و بهترین نتیجه با مصرف 135 میلی‌گرم پلیمر Gfloc F10

- paper production using deinked pulp, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 28(3):489-497.
- Sepidehdam, S.J., and Sotodeh, A.(2014).The performance of cationized pulp fiber as paper making Wet-end additive, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research,29(3):354-367.
- Sood,Y.V.,Tyagi, R., Tyagi, S.,Pande, P.C., and Tondo, R.(2010).Surface charge of different papermaking raw material and its influence on paper properties, Journal of Scientific and Industrial Research,69(4),300-304.
- Rashidi joybari, I., Azad fallah, M., Resalati, H., and Hamzeh.Y. (2015).Effect of softwood fibers cationization with EPTMAC and mixing with CMP, Journal of Forest and Wood, 68(2):235-245
- Wei, X., Feng, Hai-Li., and Qian,Xue-ren.(2008).Preparation and application of cationized pulp fiber as a papermaking wet end additive, Journal of Forestry Research,19(3):235-238.
- depolymerized polyacrylamides, Journal of Wood Science, 50 (3):271-274.
- Hubbe, M.A, 2006.Paper resistance to wetting, a view of internal sizing chemicals and their effects, Bioresources: 2(1), 106-145.
- Khosravani, A., Jahan Latibari, A., Mirshokraei, S.A., Rahmaninia, M., and Nazhad, M.M. (2010). Studying the effect of cationic Starch-Anionic nanosilica system on retention and drainage, Bioresources, 5(2), 939-950.
- Matsushita, Y., Iwatsuki, A., and Yasuda,S., 2004. Application of cationic polymer prepared from sulfuric acid lignin as a retention aid for usual rosin sizes to neutral papermaking, Journal of Wood Science, 50(6):540-544.
- Nazari, A., Montazeri, M.,and Rahimi, M.K.(2009). Completing both antimicrobial and bleach white cotton clothes and cationic nanoparticles of titanium dioxide using butane tetra carboxylic acid, Journal of Polymer Science and Technology, 12(1):41-51
- Pourmousa, Sh., and Yadollahi.R. (2013). Optimization of the performance of PAE resin combined with retention aid and CMC in tissue

Physical strengths improvement of recycled pulp handsheets using anionic charge reduction

S.A. Mehdikhah¹, Sh. Pourmoussa^{2*} and A. Tajdini³

1-M.Sc., graduated of Wood and Paper Science and Technology Depts., Agricultural and Natural Resources Faculty, Karaj Branch Islamic Azad University, Karaj, Iran

2*-Corresponding author, Associate Professor of Wood and Paper Science and Technology Depts., Agricultural and Natural Resources Faculty, Karaj Branch Islamic Azad University, Karaj, Iran, Email:Sh.Pourmoussa@gmail.com

3- Associate Professor of Wood and Paper Science and Technology Depts., Agricultural and Natural Resources Faculty, Karaj Branch Islamic Azad University, Karaj, Iran

Received: Oct., 2016

Accepted: Dec., 2016

Abstract

Wet tensile strength is very important in some cellulosic hygienic products. In the production process of these products using recycling process some characteristics of pulp suspension due to lack of stability of desirable quality properties is difficult to achieve. In this study, a variety of different doses of cationic polymers were used at laboratory scale. First the anionic charge of the pulp suspension was gradually reduced. Then the Poly (amine) amide epichlorohydrin and its stabilizer injected to the suspension. The pulp suspension and physical properties of handsheets were evaluated. The type and amount of cationic polymers showed a significant effect on the reduction of anionic charge of pulp suspension and the resulting increase in wet tensile strength and other physical properties of handsheets. The addition of polymers resulted that anionic charge of suspension improved from 237 $\mu\text{eq/L}$ in control samples to 32 $\mu\text{eq/L}$ in the best conditions. Physical properties of handsheets improved after chemical treatments with different amounts of polymers. Wet tensile strength increased from 13 N/m to 121 N/m, dry tensile strength improved 2730 N/m to 2860 N/m the burst strength increased from 146 KPa to 160 KPa best treatment using 135 mg/L of Gfloc F10. Stepwise regression analysis showed the significant relationship of the anionic charge in the pulp suspension and the physical properties of handsheets. So using different cationic polymers can reduced the anionic charge of the pulp suspension and improves the properties of paper products.

Keywords: Anionic charge, cationic polymers, wet tensile strength, stepwise regression.