

تأثیر سامانه پلی آکریلامید کاتیونی - نانوبتونیت بر ماندگاری، آبگیری و ویژگی های کاغذ بازیافتی از OCC

حسین جلالی ترشیزی^{۱*}، سعیده زارع بیدکی^۲، امید رمضانی^۳ و حمیدرضا رودی^۳

*۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه فناوری سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی فناوری های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

پست الکترونیک: H_Jalali@sbu.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فناوری سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی فناوری های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۳- استادیار، گروه فناوری سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی فناوری های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۲

چکیده

بهره گیری از پلیمرهای طبیعی و مصنوعی، میکروذرات و اخیراً نانو ذرات در شیمی پایانه تر کاغذسازی توسعه فراوانی یافته که بهره برداری از مزایای آنها در راستای بهبود کیفیت کاغذهای بازیافتی و ویژگی های فرایندی آن، مورد توجه ویژه ایست. در حضور پلیمر نشاسته کاتیونی به عنوان عامل کاهنده بار آنیونی اجزای سوسپانسیون کاغذسازی، تأثیر ترکیب پلیمر پلی آکریلامید کاتیونی با نانوبتونیت بر ویژگی های کاغذ تولیدی از بازیافت کارتن های کنگره ای کهنه (OCC) و ماندگاری و آبگیری آن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد پلی آکریلامید کاتیونی به تنهایی موجب افزایش شاخص های مقاومتی ترکیدن، کشش و پارگی کاغذ شده و حضور نانوذره نیز به طور معنی داری همگی مقاومت های مورد پژوهش را ارتقا بخشیده است. نتایج میزان آبگیری سامانه مورد بررسی با دستگاه آبگیرنده دینامیکی و ماشین کاغذسازی آزمایشگاهی، کاهش زمان مورد نیاز را برای تشکیل کاغذ نشان داد. همچنین، درصد تبدیل مواد اولیه به فراورده نهایی (ماندگاری اجزاء) نیز از ۹۶/۷٪ به ۹۸/۷٪ افزایش یافت. این نتایج از این نظر جالب توجه می باشد که پلی آکریلامید کاتیونی به عنوان پلیمری با زنجیره بلند به تنهایی و به ویژه توأم با نانوذره آنیونی بنتونیت، توانایی بالایی را در دلمه سازی اجزای سوسپانسیون کاغذسازی، به ویژه ریزه الیاف ها که در خمیر کاغذهای بازیافتی سهم بالایی را دارند، از خود نشان داد؛ بنابراین مشکلات ناشی از عدم نگهداشت آنها و ورود به چرخه آب های فرایندی و نهایتاً پساب کارخانه کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: CPAM، نانوبتونیت، ویژگی های کاغذ بازیافتی، ماندگاری، آبگیری.

مقدمه

کهنه (OCC)^۱ بوده و در کشورهایی نظیر ایران که به دلیل کمبود ماده اولیه لیفی، تأمین منابع بومی از اولویت های بالای این صنعت محسوب می گردد؛ بنابراین در صورتی که بتوان کیفیت محصول تولیدی را به میزان قابل قبولی رساند، تقاضای روزافزون یکی از مهمترین کالاهای راهبردی صنعتی پاسخ داده خواهد شد. از مهمترین راهکارهای پیشنهادی برای این منظور، استفاده از افزودنی های شیمیایی

کاربرد انواع پلیمرهای طبیعی و سنتزی در صنایع تولید کاغذ و مقوا سابقه ای طولانی داشته و پژوهش های گسترده و دنباله داری برای بهبود کیفیت فراورده و همچنین فرایند تولید انجام شده است (Jalali Torshizi, et al., 2009, Rudi et al., 2012) (Khorasani et al., 2013). از آنجایی که درصد قابل توجهی از مواد اولیه کارخانه های سازنده کاغذهای بسته بندی در دنیا، کارتن های کنگره ای

1- Old Corrugated Container

بین سیستم پلی آکریلامید ساده و سیستم مرکب پلی آکریلامید/بتونیت در خمیرکاغذ بکر نشان داد که مقدار پلیمر مورد نیاز برای رسیدن به میزان آبگیری مشخص، در حالت مرکب تقریباً نصف است (Wagberg, et al., 1990). به منظور کاهش هدر رفت مواد اولیه فیبری (به صورت ریزه الیاف خردشده) و نیز افزودنی‌های غیر فیبری افزوده شده به سوسپانسیون کاغذسازی که نهایتاً منجر به کاهش ورود این مواد آلی به آب‌های فرایندی، کاهش هزینه مواد اولیه فیبری و غیر فیبری، کاهش مشکلات آلاینده‌ی پساب و نیز با هدف کمک به آبگیری بیشتر و سریع‌تر از نمک کاغذ در حال شکل‌گیری و در نتیجه افزایش سرعت تولید می‌شود، کاربرد سیستم‌های پلیمری (یگانه و دوگانه) و نیز میکرو یا نانو ذرات برای نگهداری اجزای سوسپانسیون کاغذسازی متداول شده است؛ بنابراین با پژوهش پیرامون تأثیر ذرات نانو به همراه سایر پلیمرهایی نظیر نشاسته کاتیونی یا پلی‌آکریلامید کاتیونی (CPAM^۲) در سامانه‌های خمیرکاغذی مختلف و رصد عملکرد و بهینه‌سازی کاربرد این مواد، می‌توان راهکارهای مناسبی در جهت افزایش مقدار تولید، بهبود کیفیت فرآورده و کاهش مشکلات زیست‌محیطی ناشی از پساب‌های واجد آلاینده‌ی زیاد را ارائه نمود.

فراوانی، طبیعت تجدیدپذیری و دوستدار محیط‌زیست بودن و ویژگی‌های متمایز مکانیکی فرآورده‌های سلولزی بر پایه نانو، توجه زیادی را به استفاده از نانو مواد در خمیرکاغذ و کاغذسازی و دیگر صنایع مرتبط معطوف داشته است. البته، در رابطه با استفاده از مواد و ذرات نانو در مقیاس تجاری، چالش‌هایی همانند هزینه زیاد، نبود سازگاری بین مواد، قابلیت پراکنده‌گی و ماندگاری پایین، تأثیرات منفی احتمالی بر ویژگی‌ها، برهم‌کنش‌های مضر احتمالی بین نانو مواد با سایر افزودنی‌ها و محدودیت‌های صنعتی و نیز دانش ناکافی در رابطه با استفاده مؤثر از آنها وجود دارد. با وجود این، در طولانی مدت قطعاً تحقیق و توسعه در حوزه‌ی نانو مواد نتایج مفیدی را به دنبال خواهد داشت (Shen et al., 2010, Vipul and Chakrabarti, 2011). امروزه استفاده از ذرات نانو در پایانه تر کاغذسازی گسترش بسیاری یافته و بیشترین استفاده مربوط به بهره-

در پایانه تر کاغذسازی است (Jalali Torshizi, et al., 2010, 2009), به طوری که کاربرد پلیمرهای طبیعی از جنبه‌های گوناگون، با گرایش روزافزونی روبروست. افزودن نشاسته کاتیونی به خمیرکاغذ بازیافتی و بررسی اتصال بین لیفی مشخص نمود که متصل شدن نشاسته به الیاف بازیافتی به احیای نقاط اتصال از دست رفته سطح الیاف انجامیده، بنابراین قدرت اتصال بین لیفی را افزایش و در نتیجه خواص مقاومتی کاغذها را تا حد خمیرکاغذ بکر ارتقاء داده است (Howard and Jowsay, 1998). همچنین مشاهده شده که نشاسته کاتیونی به دلیل دارا بودن گروه‌های عاملی کاتیونی، مؤثرتر و قویتر از سایر افزودنی‌ها عمل کرده و علاوه بر نقش تکمیلی در نگهداری مواد دوغاب، آبگیری را نیز بهبود می‌بخشد (Web, 1998). نتایج حاصل از کاربرد پلی- ساکاریدهای بومی ایران (حاصل از گیاه باریجه) به عنوان پلیمر افزاینده مقاومت‌های کاغذ بازیافتی از OCC نیز نشان داد که اثر کاربرد این بیوپلیمر در بهبود تمام ویژگی‌های مقاومتی معنی‌دار بوده است (Jalali Torshizi, et al., 2010). همچنین با کاربرد روش لایه‌گذاری، اثر درجه استخلاف در تشکیل چند لایه‌های پلیمری نشاسته کاتیونی و آنیونی بر پیوندپذیری الیاف بازیافتی OCC بررسی و نتایج نشان داد که خواص پیوندپذیری بین الیاف از جمله استحکام کششی و شاخص مقاومت پیوند داخلی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است (Rudi et al., 2012). نتایج بررسی مقادیر مختلف بیوپلیمرهای نشاسته کاتیونی و کیتوسان به عنوان پلیمرهای مقاومت دهنده نیز نشان داد که با استفاده از ۱/۵ درصد نشاسته کاتیونی و ۱ درصد کیتوسان، کاهش مقاومت‌های کاغذ بر اثر پیش استخراج بخشی از پلیمرهای همی سلولزی اولیه الیاف قابل جبران است (Khorasani et al., 2013). به‌طور کلی امروزه استفاده از سامانه منفرد پلیمری نشاسته در شیمی پایانه تر، به آرامی جای خود را به سیستم‌های ترکیبی افزودنی‌ها می‌دهد (Web, 1998, Marton, 1996).

از طرفی پلیمر پلی آکریلامید کاربرد وسیعی در صنعت کاغذسازی به عنوان ماده کمک آگیرنده^۱ دارد. به عنوان سیستم پلیمری منفرد، نقش سنتی آن بهبود آبگیری با استفاده از سازوکار پل‌زنی است (Juntai, 1995). مقایسه

2- Cationic Polyacrylamide

1 - Drainage aids

آب است؛ بنابراین به منظور آماده سازی آن، محلول ۱ درصد آن را بر روی اجاق الکتریکی به مدت ۳۰ دقیقه به آرامی حرارت داده تا به دمای ۹۰ درجه سانتی گراد برسد. سپس در این دما به مدت ۳۰ دقیقه حرارت داده و در نهایت پس از خنک شدن تا دمای محیط در همان روز مورد استفاده قرار می گرفت. لازم به ذکر است، به منظور اجتناب از تخریب ساختار پلیمری نشاسته پخته شده با گذشت زمان^۵، تهیه محلول مزبور به صورت روزانه انجام شد (Jalali Torshizi, et al., 2009, 2010) (Rudi et al., 2012).

پلی اکریلامید کاتیونی^۱

پلی اکریلامید کاتیونی به صورت محلول در آب با میزان مواد جامد ۲۵ درصد از موجودی شرکت چوب و کاغذ مازندران تهیه و در دو سطح کاربرد صفر و ۰/۲ درصد وزن خشک خمیر کاغذ مورد بررسی قرار گرفت.

نانو بنتونیت

نانو بنتونیت به صورت پودری شکل بوده و با ابعاد ذرات عبوری از مش ۱۵۰۰ از شرکت فرزانه پودر تهیه شد. با توجه به اینکه ذرات بنتونیت خاصیت جذب آب بالایی داشته و همچنین به منظور دلامینه شدن ساختار و عملکرد بهتر آن و براساس گزارش منابع (Mokhtari Gorji, 2012)، سوسپانسیون ۱۰ گرم بر لیتر آن به مدت ۲۴ ساعت به شدت هم زده شد. سپس افزودن بنتونیت از سوسپانسیون آماده شده و در حال تلاطم انجام شد.

نحوه و ترتیب اختلاط مواد شیمیایی

براساس نوع تیمار و مواد افزودنی مورد مصرف برای هر تیمار، ابتدا نشاسته کاتیونی اضافه شد. در گام بعدی پلی آکریلامید کاتیونی و در نهایت نانو ذره بنتونیت به سوسپانسیون الیاف افزوده شد. اختلاط نشاسته کاتیونی و پلی اکریل آمید در شرایط تلاطم سوسپانسیون الیاف توسط همزن دیجیتال و با شدت دور ۱۰۰۰ rpm و با فاصله زمانی یک دقیقه انجام گردید. در آخرین مرحله، با کاهش سرعت همزن به ۸۰۰ rpm، نانو ذره بنتونیت را به مقدار مورد نظر

گیری از ذرات نانو سیلیکا و مونت موریلونیت^۱ (بنتونیت^۲) در پایانه تر کاغذسازی گزارش می گردد (Hubbe, 2005). در این میان، سامانه ترکیبی نشاسته کاتیونی - سیلیکا رواج گسترده ای در صنعت کاغذسازی دارد (Rahmaninia, 2011). کاربرد میکرو بنتونیت به همراه پلی اکریلامید در کاغذسازی از الیاف بکر نیز نشان داد که علاوه بر بهبود ماندگاری و آبگیری، کیفیت شکل گیری ورقه کاغذ نیز حفظ شده است (Au et al., 1999, Norel et al., 2000, Scott, 1996). با عنایت به گستره بالای دسترسی به منابع ذرات معدنی بومی و لزوم توجه و پژوهش در زمینه کاربرد فناوری های نوین در راستای پاسخگویی به نیازهای صنعت، مطالعه نحوه عملکرد نانو ذرات بنتونیت در ترکیب با پلیمرها بر بازیافت کاغذهای بسته بندی قهوه ای، هدف این بررسی می باشد.

مواد و روش ها

خمیر کاغذ

از خمیر کاغذ تهیه شده از کاغذهای بازیافتی OCC کارخانه مهر در استان یزد، به عنوان منبع لیفی استفاده و پس از اندازه گیری درجه روانی کانادایی (CSF^۳) براساس استاندارد T۲۲۷ om۹۴ آیین نامه TAPPI (~۳۲۰) و همچنین pH (~۷)، برای ساخت کاغذ دست ساز برابر با استاندارد TAPPI T۲۰۵ sp-۹۵ مورد استفاده قرار گرفت.

نشاسته کاتیونی

نشاسته کاتیونی مورد استفاده در این تحقیق با منبع گیاهی گندم از شرکت بویاخ ساز و با درجه استخلاف (D.S^۴) ۰/۰۳، رطوبت ۷/۸ درصد، دمای ژلاتینی شدن ۸۵-۹۰ °C و pH=۶/۵، ۳/۳۲۵ درصد خاکستر ۳/۳۲۵ درصد بوده است. در این پژوهش، نشاسته کاتیونی به عنوان ماده تنظیم کننده اولیه بار یونی سیستم و به عبارتی به حداقل رسانیدن بار آنیونی اجزای دوغاب، در مقدار ثابت ۱ درصد براساس وزن خشک خمیر کاغذ استفاده شد. براساس دستورالعمل شرکت عرضه کننده محلول نشاسته پس از پخت محلول در

- 1 - Montmorillonite
- 2 - Bentonite
- 3 - Canadian Standard Freeness
- 4 - Degree of substitution

5 - Retrogradation

نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های فرآورده تولیدی و ویژگی‌های مهم فرایندی مورد مطالعه در شکل‌های ۱ تا ۶ آمده است.

شاخص مقاومت به کشش کاغذهای آزمایشگاهی شاخص کششی کاغذهای تولیدشده از بازیافت کاغذهای کنگره‌ای کهنه، با کاربرد نانوبنتونیت - نشاسته کاتیونی روند افزایشی ملایمی را تجربه نموده؛ به طوری که فقط بین عدم کاربرد و کاربرد ۰/۳٪ نانوذره، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۱). اما حضور پلیمر CPAM به‌طور بارزی و در تمامی سطوح کاربرد نانوبنتونیت موجب افزایش مقاومت در برابر کشش کاغذ تولیدی گردیده، به طوری که با توجه به نمودار ۱ تا بیش از ۳۰٪ موجب افزایش میزان شاخص مقاومت به کشش شده است.

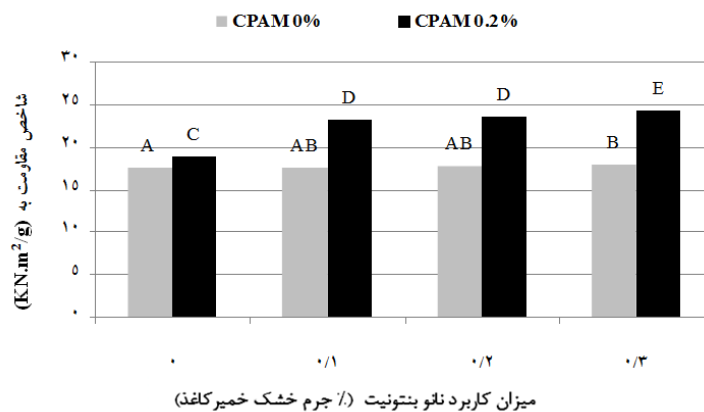
افزوده و پس از گذشت ۳۰ ثانیه کاغذهای دست‌ساز حداقل در ۱۰ تکرار ساخته شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌ها
اندازه‌گیری ویژگی‌های کاغذ، طبق استانداردهای آیین-
نامه TAPPI^۱ انجام شده است:

گرماژ کاغذ: T410 om- 98 شاخص پارگی: T414 om- 98
شاخص کشش: T494 om- 01 شاخص ترکیدن: T403 om- 97

اندازه‌گیری ویژگی‌های فرایند تولید نیز برابر روش‌های زیر انجام شد:
زمان آبیگری: T221 cm- 99
حجم آبیگری با دستگاه DDJ براساس دستورالعمل دستگاه

$$\text{ماندگاری کل} = \frac{\text{وزن شیت نهائی با لحاظ کردن رطوبت}}{\text{وزن کل مواد اولیه}} \times 100\%$$



شکل ۱- تأثیر سامانه نانوبنتونیت/نشاسته کاتیونی/CPAM بر شاخص کشش کاغذ

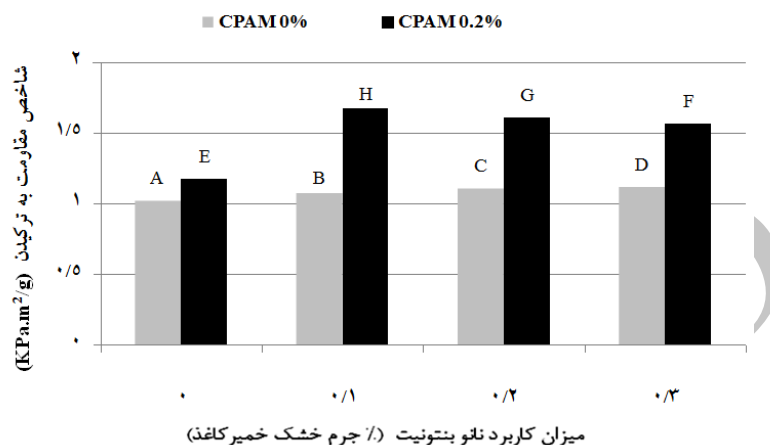
1 - Technical Association of Pulp and Paper Industry

نمایش گذاشته است (شکل ۲). اما کاربرد CPAM در

شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای آزمایشگاهی شاخص ترکیدن کاغذهای بازیافتی که به‌عنوان مثال در کاغذهای کیسه سیمان بسیار حائز اهمیت است، به‌طور معنی‌داری متأثر از سامانه نشاسته کاتیونی/CPAM واقع شده و افزایش تحمل نیروی وارده، پیش از ترکیدن را به

زنجیر CPAM، به جای ایفای هر دو نقش توسط نشاسته کاتیونی، به طور قابل توجهی موجب بهبود شاخص ترکیدن شده است.

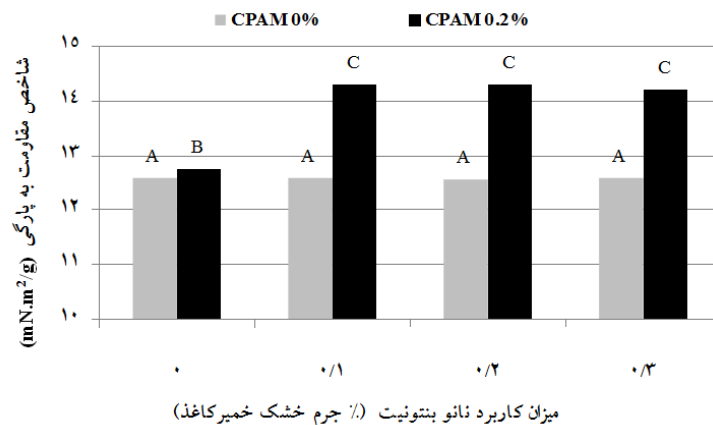
تمامی سطوح کاربرد نانوبنتونیت جهش چشمگیری در مقاومت کاغذ به وجود آورده است؛ بنابراین فراهم سازی نقش خنثی سازی بارهای آنیونی برای پلیمر کوتاه زنجیر نشاسته و وانهادن وظیفه دلمه سازی بر عهده پلیمر بلند



شکل ۲- تأثیر سامانه نانوبنتونیت/نشاسته کاتیونی/CPAM بر شاخص ترکیدن کاغذ

می شود، به طور ملموس و معنی داری (تا حدود ۱۲٪) شاخص پارگی را ارتقا بخشیده است؛ بنابراین و با وجود اینکه معمولاً کمتر انتظار می رود که شیمی پایانه تر کاغذسازی بر این ویژگی مقاومتی، به سبب تبعیت عمده از خصوصیات ذاتی الیاف، تأثیر خاصی داشته باشد، بهبود دلمه سازی خمیر کاغذ؛ به ویژه خمیر کاغذهای بازیافتی که سرشار از ریزه الیاف هایی با قابلیت پیوندیابی ضعیف هستند؛ توانسته بر مقاومت به پارگی اثرگذار باشد. البته موفق تر بودن سامانه های دلمه سازی مبتنی بر میکرو ذرات در مقایسه با سامانه های منفرد پلیمرهای رایج در پژوهش های دیگر نیز تأیید شده است.

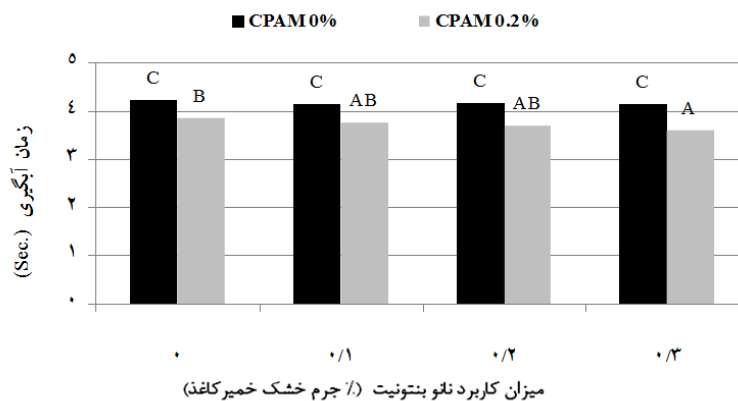
شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای آزمایشگاهی شاخص پارگی که معرف چگرمگی و سفتی کاغذهای بسته بندی و با اهمیت از منظر توانایی جذب تکانش ها و ضربات وارده در هنگام حمل و نقل کارتن است و علاوه بر کیفیت و کمیت پیوندیابی بین الیاف تا حد زیادی تابع ویژگی های ذاتی الیاف نیز است، تغییر محسوسی را در عدم حضور CPAM بروز نداده؛ اما حضور منفرد CPAM توانسته افزایش معنی داری را در این شاخص مقاومتی پدید آورد. بهبود سازوکار دلمه سازی با حضور نانو بنتونیت که منجر به توزیع و میرا نمودن تنش برشی وارده در درون فلاک های متراکم و محکم تشکیل شده



شکل ۳- تأثیر سامانه نانوبنتونیت/نشاسته کاتیونی و CPAM بر شاخص پارگی کاغذ

و سطوح مختلف مصرف نانوبنتونیت نیز روند کاهشی زمان را تشدید نموده است تا جائیکه در زمان آبیگری بیش از ۱۴ درصد کاهش رخ داده است (شکل ۴). اثر این سامانه در بهبود آبیگری می تواند حاصل اجتماع نرمه ها و ییاف، کاهش سطوح جانبی آب دوست اجزا، فشرده شدن دلمه های تشکیل شده و کاهش قابلیت نگهداری آب آنها باشد.

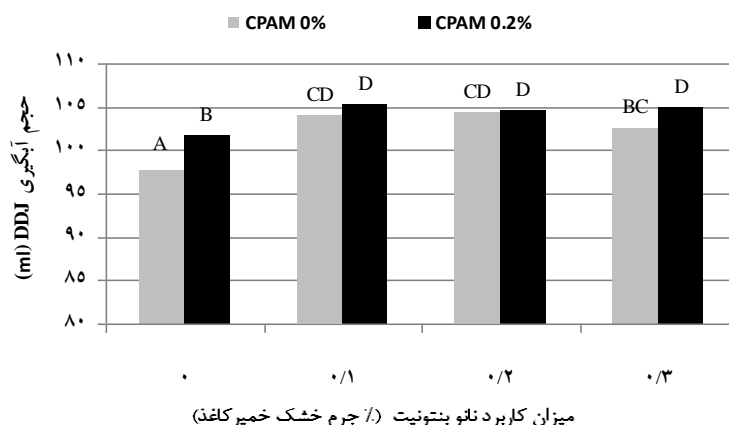
زمان آبیگری در ماشین کاغذسازی آزمایشگاهی در هنگام ساخت نمونه های کاغذی، مدت زمان لازم آبیگری از خمیر کاغذ نشان می دهد که سامانه نشاسته کاتیونی / نانوبنتونیت هیچ گونه تأثیر معنی داری بر زمان آبیگری نداشته، اما کاربرد CPAM به تنهایی به طور معنی داری و در حدود ۹ درصد زمان مذکور را کاهش داده



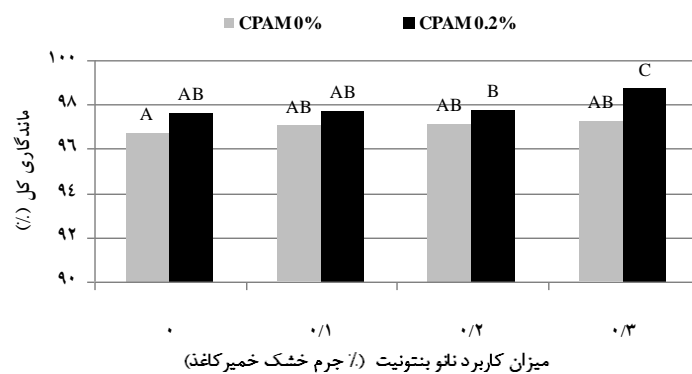
شکل ۴- تأثیر سامانه نانوبنتونیت/نشاسته کاتیونی و CPAM بر زمان آبیگری از خمیر کاغذ

بحث برجای نگذاشته است. لازم به ذکر است که در تیمارهای فاقد CPAM نیز ارتقای سطح کاربرد نانوذره مزبور تأثیر محسوسی بر ویژگی مورد بحث نداشته است (شکل ۵). البته استدلال های ارائه شده در ویژگی زمان آبیگری در این مورد نیز قابل طرح است.

حجم آبیگری در دستگاه آبیگری دینامیکی (DDJ) مقایسه حجم آبیگری شده با دستگاه DDJ در تیمارهای مختلف نیز نشان می دهد، افزودن پلیمر CPAM به تنهایی حجم آبیگری را به طور بارزی افزایش داده و اضافه نمودن نانو بنتونیت نیز این افزایش را تشدید نموده؛ اما ارتقای سطح کاربرد نانوذره مزبور تأثیر محسوسی بر ویژگی مورد



شکل ۵- تأثیر سامانه نانوبنتونیت/نشاسته کاتیونی و CPAM بر حجم آبگیری از خمیر کاغذ



شکل ۶- تأثیر سامانه نانوبنتونیت/نشاسته کاتیونی و CPAM بر ماندگاری کل خمیر کاغذ

می‌گردد و به دام افتادن اجزای ریز سوسپانسیون نظیر ریزه الیاف که در خمیر کاغذهای بازیافتی به فراوانی یافت شده و به راحتی از منافذ توری ماشین کاغذ عبور کرده و مشکلات متعددی را پدید می‌آورند؛ نرخ تبدیل مواد اولیه به فرآورده نهایی کاغذی بالاتر می‌رود.

بحث

با عنایت به نیاز کشور به انواع درجات کاغذ و همچنین کمبود منابع لیفی، تلاش در راستای کاربرد و مدیریت بهینه منابع موجود با روش‌های مختلف نظیر بهبود کیفیت فرآورده تولیدی و بهسازی فرایند در راستای ارتقای بهره‌وری تولید، باید هدف پژوهش‌های تقاضامحور قرار گیرد؛ بنابراین نتیجه‌گیری این پژوهش که در این راستا طراحی گردیده، به-

درصد ماندگاری اجزای سوسپانسیون مطابق شکل (۶)، کاربرد سامانه نشاسته کاتیونی/ نانوبنتونیت افزایش در میزان ماندگاری کل سیستم را به همراه داشته که حضور CPAM میزان افزایش را شدت بخشیده، به طوری که در بالاترین سطح کاربرد نانوذره، تفاوت آماری معنی‌داری را در میزان ماندگاری پدید آورده؛ تا جائیکه حدود ۲ درصد بر میزان ماندگاری کل و به عبارتی کاهش اتلاف مواد افزوده است. افزایش اندک ماندگاری در فقدان حضور CPAM، مرهون اثر فلاک‌کنندگی نانوذره آنیونی بنتونیت و فرارگیری آن به‌عنوان ذره حد واسط و مجتمع سازنده دلمه‌های ریزتر تشکیل شده به کمک نشاسته کاتیونی از اجزای با بار آنیونی سوسپانسیون کاغذسازی است؛ بنابراین با تشکیل فلاک‌های درشت‌تر که با حضور CPAM تشدید

صورت زیر ارائه می‌گردد.

درصد تبدیل ماده اولیه ورودی به فراورده کاغذی خروجی از فرایند، مهمترین فاکتورهای تعیین‌کننده میزان اقتصادی بودن واحد تولیدی به‌شمار می‌آیند، که در سیستم‌های مبتنی بر کاربرد زیست‌توده و همچنین مواد شیمیایی، مسائل زیست‌محیطی نیز حائز اهمیت هستند. سامانه نانوبنتونیت-نشاسته کاتیونی در همگی سطوح مورد مطالعه تأثیری بر مدت زمان لازم برای آگیری از سوسپانسیون خمیرکاغذ در شرایط آزمایشگاهی نداشته، اما حضور CPAM حداقل ۹٪ زمان آگیری را کاهش و با افزایش سطح کاربرد نانوبنتونیت، به‌طور پیوسته زمان آگیری کاهش می‌یابد. رصد حجم آگیری به‌وسیله دستگاه آگیری دینامیکی نیز مؤید سرعت بالاتر خروج آب با کاربرد سامانه پیشنهادی است که مزیت برجسته‌ای در قابلیت افزایش سرعت تولید ماشین کاغذ است. افزایش (حدود ۵٪) در سرعت آگیری از خمیرکاغذهای الیاف کاه گندم با استفاده از سامانه سیلیکا/CPAM و میکروبننتونیت/CPAM نیز مشاهده شده که در مقایسه با خمیرکاغذهای الیاف چوبی کمتر گزارش گردیده است (Vishtal et al., 2011).

با افزایش میزان آگیری، ثابت ماندن سطح ماندگاری اجزای ورودی به ماشین در کیک کاغذ نهایی و حتی ارتقای آن، بسیار ارزشمند است که نتایج پژوهش حاضر افزایش ماندگاری و در نتیجه خروج کمتر مواد اولیه آلی و آلودگی پائین تر پساب و محیط‌زیست را نیز دربر دارد (Li-zheng, and Hui-feng, 2010). افزایش در ماندگاری کل و ماندگاری پرکننده‌ها در حضور CPAM در کاغذهای چاپ و تحریر نیز گزارش گردیده است (Vishtal et al., 2011). به‌طوری‌که تشکیل فلاک‌های بیشتر و متراکم‌تر، علاوه بر فراهم‌سازی فضای بازتر برای خروج آب و همچنین کمتر شدن سطح ویژه تماس (Jin et al., 2003) اجزا با آب به‌واسطه متراکم‌شدن ذرات با یکدیگر، انسداد کمتر منافذ توری‌های ماشین را نیز در پی داشته، در نتیجه علاوه بر سهولت و سرعت بالاتر آگیری، نیاز کمتر به تمیزسازی و تعمیر و نگهداری توری‌ها را نیز نوید می‌دهد.

منابع مورد استفاده

-Au, C. O., Johansson, K., Thorn, I., 1999. Applications of Wet End Paper Chemistry, Chapter 2, The Use of

الف) تأثیر سامانه پلیمری بر ویژگی‌های کاغذ بازیافتی مقاومت‌های کاغذ مهمترین شاخص ارزیابی در کاغذهای بسته‌بندی محسوب می‌گردد. در حالت کاربرد نانوذره با نشاسته کاتیونی و بدون حضور پلی‌اکریلامید کاتیونی، شاخص‌های مقاومتی کشش و ترکیدن کاغذ که کاملاً تابع نحوه شکل‌گیری و پیوندیابی شبکه الیاف است؛ به‌طور بارز و معنی‌داری افزایش می‌یابد؛ بنابراین و با توجه به گستره کاربرد پلیمر طبیعی نشاسته کاتیونی در صنایع کاغذسازی، به‌ویژه بازیافت کاغذ به‌عنوان پلیمر مقاومت خشک کاغذ از طرفی و بومی، ارزان و در دسترس بودن ماده معدنی بنتونیت از طرفی دیگر، می‌تواند به‌عنوان سامانه‌ای مناسب برای ارتقای ویژگی‌های کاغذهای بسته‌بندی تولید داخل مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، حضور همزمان کوپلیمر بلند زنجیره اکریلامید کاتیونی با سامانه نانوبنتونیت-نشاسته کاتیونی، ارتقای معنی‌دار و چشمگیری را در تمامی سطوح کاربرد نانوذره به وجود می‌آورد. به‌حداقل رسانیدن بار منفی موجود بر سطوح اجزای سوسپانسیون کاغذسازی، مورد تأیید و تأکید پژوهش‌های بسیاری بوده که از این رهگذر و به‌واسطه فراهم‌سازی شرایط عمل، کارایی پلیمرهای افزوده‌شده پی‌آیند را به‌طور بارزی ارتقا می‌بخشند. بدین‌صورت که CPAM افزوده‌شده بجای خنثی‌سازی بارهای آنیونی که بیشتر توسط پلیمر شاخه‌دار نشاسته کاتیونی انجام شده است؛ صرف دلمه‌سازی و پل‌زنی بین الیاف، نرمه‌ها و دیگر مواد کلئیدی معلق (به‌ویژه در سیستم‌های کاغذسازی واجد سطوح بالای نرمه نظیر بازیافت OCC) در سوسپانسیون شده و شکل‌گیری مناسب و پیوندیابی بهتر الیاف را موجب می‌شوند. سپس نانوبنتونیت پی‌آیند موجب نزدیکی و تراکم فلاک‌های تشکیل و تقویت‌شده با پلیمر بلند زنجیره CPAM شده و افزایش چشمگیر بروز یافته در مقاومت‌ها را سبب می‌گردد. کاربرد سامانه میکروبننتونیت/CPAM در خمیرکاغذ رنگبری‌شده کاه گندم، بهبود ویژگی‌های مقاومتی توأم با آگیری و ماندگاری بهتر را نشان داده است (Jin et al., 2003).

ب) تأثیر سامانه پلیمری بر ویژگی‌های فرایند تولید بهره‌وری تولید تابع سرعت و میزان تولید است که در ماشین کاغذ، میزان آگیری از سوسپانسیون خمیرکاغذ و

- Mokhtari Gorji, M., 2012. The effects of Bentonite Nanoparticle on CMP pulp properties, M.Sc. Thesis, Shahid Beheshti University.
- Norell, M., Johansson, K., Persson, M., 2000. Papermaking Science and Technology, Book 4, Papermaking Chemistry, Chapter 3, Retention and Drainage, Finland, Fapet Oy.
- Rahmaninia, M., Mirshokraei, S. A., Ebrahimi, Gh. and Mohammad Nazhad, M., 2011. Effect of Cationic Starch-Nanosilica System on Retention and Drainage of Washed OCC Pulp. Journal of Forest and Wood Products (JFWP), Iranian Journal of Natural Resources, Vol. 64, No. 1, pp.15-22.
- Rudi, H.R., Ebrahimi, G., Hamzeh, Y., Behrooz, R., and Mohamad nazhad, M., 2012. The Effect of Degree of Substitution of Cationic Starch on Multi-layer Formation of Ionic Starches in Recycled Fibers. J. Polym. Sci. Technol, Vol. 25, No. 1, 11-18.
- Scott, W., E., 1996. Principles of Wet End Chemistry, Chapter 15, Colloidal Aspects of Retention and Drainage, Tappi Press, 111-134.
- Shen, J., Song, Zh., Qian, X., Yang, F., and Kong, F., 2010. Nano fillers for Papermaking Wet End Applications, BioResources 5(3), 1328-1331.
- Vipul, S. C., and Chakrabarti, S. K., 2011. Use of Nanotechnology for High Performance Cellulosic and Papermaking Products, Cellulose Chemistry and Technology Journal.
- Vishtal, A., Rousu, P., Hultholm, T., Turku, K., Paananen, P., and Käyhkö, J., 2011. Drainage and retention enhancement of a wheat straw-containing pulp furnish using microparticle retention aids. BioResources 6(1), 791-806.
- Wagberg, L., Zhao, X., Fineman, I., 1990. "Effects of retention aids on retention and dewatering of wheat-straw pulp" TAPPI Journal 73(4), 177-182.
- Web J. L., 1998. Comparison of dry strength additives on paper parameters. TAPPI Journal, Vol. 84(10). Retention and Drainage Aids in Wet End, Blackie Academic & Professional.
- Howard, R. C., and Jowsay, C. J., 1989. Effect of cationic starch on the tensile strength of paper, J. Pulp & Paper Science 15 (6): J225.
- Hubbe, M. A., 2005. Emerging technologies in wet-End Chemistry, Chapter 2: Nanotechnology in the Wet End, Pira International Ltd, 91 pp.
- Jalali Torshizi, H., Jahan- Latibari, A., Mirshokraei, S.A., Faezipour, M.M., 2009. Investigation on the performance of cationic starch and CMC addition on strength properties of fluting paper produced from OCC, Pajouhesh & Sazandegi No 81 pp: 69-76.
- Jalali Torshizi, H., Mirshokraie, S.A., Faezipour, M., Hamzeh, Y., Resalati, H., 2010. Application of Galbanum Gum Polysaccharide as a Natural Polymer to Improve Dry Strength Properties of Recycled Papers Obtained from Old Corrugated Cartons. J. Polym. Sci. Technol. Vol. 23, No. 4, 345-353.
- Jin, W., Kefu, C., Chuanshan, Z., Fushan, C., 2003. The Performance of Cationic Polyacrylamide/ Bentonite Microparticle System as Drainage and Retention Aids. Paper Science & Technology Journal, (6).
- Juntai, L. 1995. Cationic polyacrylamide as a drainage aid in mechanical pulp, Tappi J. 78(4): 149-154.
- Khorasani, Z., Hamzeh, Y., Ashori, A., and Azadfallah, M., 2013. Effect of Cationic Starch and Chitosan on Dry Strength of Bleached Pulps Made of Pre-Extracted and Non-Extracted Bagasse. J. Polym. Sci. Technol. Vol. 25, No. 5, 383-392.
- Li-zheng, S., Hui-feng, Z., 2010. Study of CPAM/Bentonite microparticle retention system on reducing pollution load of papermaking white water. 2nd conference on environmental science and information application technology, Hangzhou, China.
- Morton, J., 1996. Dry strength additives in paper chemistry (J.C. Roberts, Ed.) 2nd edn., Chapman & Hall, London, p. 83.

Effect of cationic poly acrylamide - nano bentonite system on retention, drainage and properties of recycled paper from OCC

H. Jalali Torshizi^{1*}, S. Zare Bidoki², O. Ramezani³ and H. Rudi³

1*- Corresponding author, Assistant Professor, Department of Cellulose and Paper, Faculty of New Technologies Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, Email: H_Jalali@sbu.ac.ir

2-M.Sc., Student, Department of Cellulose and Paper, Faculty of New Technologies Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Department of Cellulose and Paper, Faculty of New Technologies Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: Feb., 2013

Accepted: June, 2014

Abstract

Bio and synthetic polymers; micro and recently nano particles have been applied in wet end section of papermaking industry. Very special attention is focused toward their advantages for controlling the process variables and improving the product quality made from recycled papers. In the presence of cationic starch polymer as an anionic trash reducer in the pulp slurry, the effects of cationic polyacrylamide (CPAM)-bentonite nanoparticle complex on retention, drainage and paper properties made from old corrugated container (OCC) was evaluated. The results showed that addition of CPAM polymer individually enhanced burst, tensile and tear strength indices. The application of nano bentonite following CPAM has significantly increased all of mentioned pulp and paper properties. Dewatering rate analysis by Dynamic Drainage Jar and laboratory handsheet maker revealed that the time for the paper manufacturing can be reduced. Moreover, raw material to final product ratio (total retention) increased from 96.7% up to 98.7%. Long chain cationic polyacrylamide shows high capability as the flocculation of papermaking ingredients, individually and particularly in combination with nano bentonite, especially for fines which is a high portion in the recycled pulps. Thus the problem resulting from not retaining sufficient ingredients and the pollution load of the paper mill effluent will be reduced.

Key words: CPAM, nano-bentonite, recycled paper properties, retention, drainage.