Archive of SID

بررسی عملکرد سیستم نشاسته کاتیونی ـ نانو سیلیکا بر ماندگاری و آبگیری از خمیرکاغذ شسته شده OCC

مهدی رحمانی‌نیا[*1]، سیداحمد میرشکرایی[2]، قنبر ابراهیمی[3] و موسی محمدنژاد[4]

[1] دانش‌آموخته دکتری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

[2] استاد دانشگاه پیام نور واحد تهران، ایران

[3] استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

[4] دانشیار موسسه تکنولوژی آسیا (AIT)، تایلند

(تاریخ دریافت: ۸۷/۳/۲۶، تاریخ تصویب: ۸۷/۱۱/۸)

چکیده

امروزه استفاده از فناوری‌های جدید در صنایع مختلف اهمیت بسیاری یافته است. در این راستا پیشرفت‌های صورت گرفته در فناوری نانو، افق‌های جدیدی پیش روی ما گشوده‌اند. در این مطالعه از ذرات نانوسیلیکای آنیونی همراه با نشاسته کاتیونی به عنوان یک سیستم دوتایی، در بازیافت خمیرکاغذ حاصل از کارتن باطله کنگره‌ای (OCC) استفاده گردید. با وجودی که سیستم نشاسته کاتیونی ـ نانوسیلیکا به عنوان سیستمی جدید تا حدود زیادی جایگاه خوبی در مبحث استفاده از الیاف بکر پیدا کرده، تاکنون در بازیافت مورد توجه نبوده است. در این تحقیق تلاش شد تا اثر این سیستم بر فاکتورهای مهمی نظیر آبگیری و ماندگاری نرمه در خمیرکاغذ شسته شده OCC، جهت ساخت تست لاینر بررسی شود. نتایج نشان داد که استفاده از این سیستم به میزان قابل توجهی سبب بهبود آبگیری از خمیرکاغذ شسته شده OCC می‌گردد، به طوری‌که آبگیری از ۳۴۲ میلی لیتر (در خمیرکاغذ پایه) بر اساس استاندارد درجه روانی کانادا (CSF) به حدود ۵۵۰ میلی لیتر، در تیمار ۱/۵ درصد نشاسته کاتیونی و ۰/۹ درصد نانوسیلیکا رسید. همچنین ماندگاری نرمه که در خمیرکاغذهای بازیافتی درصد بالایی از کل خمیرکاغذ را تشکیل می‌دهد نیز افزایش یافت. در این مطالعه، پتانسیل زتا نیز به عنوان یک شاخص در شیمی پایانه تر مورد ارزیابی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: فناوری نانو- نانوسیلیکا- نشاسته کاتیونی- آبگیری- ماندگاری نرمه- پتانسیل زتا- پایانه تر

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۵-۳۰۱۰۲۱۹ فاکس: ۰۱۲۴-۵۳۵۵۰۰۳ E-mail: mrahmaninia@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

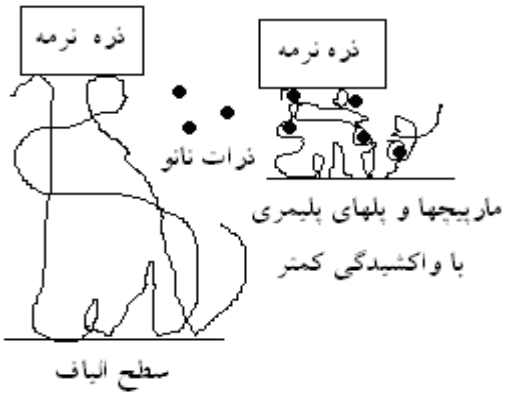
استفاده از الیاف بازیافتی از یک طرف یکی از گزینه‌های مناسب جهت تامین ماده خام مورد نیاز صنایع کاغذسازی است و از طرف دیگر به کاهش نگرانی‌های محیط زیستی کمک می‌کند. در میان کاغذهای بازیافتی، کاغذ OCC یکی از مهم‌ترین انواع درجه‌های کاغذ باطله می‌باشد (Gottsching ,1999, Putz, 1999).

در این میان صنایع مختلف همیشه به‌دنبال کاهش مشکلات خود، افزایش تولید، افزایش کیفیت محصولات، کاهش هزینه‌ها و در نهایت افزایش سودآوری می‌باشند. یکی از فناوری‌های نوظهور که توانسته است جایگاه خوبی در صنایع خمیر و کاغذ پیدا کند، فناوری نانو می‌باشد. امروزه، هرچند استفاده از ذرات نانو در صنایع خمیر و کاغذسازی به‌ویژه در مبحث تولید کاغذهای چاپ و تحریر در حال توسعه است، هنوز نکات مبهم زیادی به‌ویژه در ارتباط با اثرات پایانه تر بر روی عملکرد این ذرات وجود دارند. به همین دلیل، استفاده از این فناوری در صنایعی از کاغذسازی که از الیاف بازیافتی استفاده می‌کنند و از پایانه تر پیچیده‌تری برخوردارند، کمتر مورد توجه بوده است.

تاکنون تعدادی از محققین، استفاده از ذرات نانو در پایانه تر صنعت خمیروکاغذ را مطالعه نموده‌اند (Weise et al. , 2000, Carr, 2004, Hubbe, 2006, Lowry, 2006,). Carr (2004) گزارش داد که استفاده از نانوسیلیکا همراه با نشاسته کاتیونی و پلی‌اکریلامید کاتیونی بر ویژگی‌های کاغذ اثر مثبت دارد.

آبگیری از خمیرکاغذ و ماندگاری نرمه، به‌خصوص در خمیرکاغذهایی همچون خمیرکاغذهای بازیافتی که دارای درصد نرمه بالایی هستند، ویژگی‌های مهمی می‌باشد. آبگیری از خمیرکاغذ در ماشین کاغذ، مساله مهمی است. قابلیت بالای آبگیری خمیر، باعث افزایش سرعت ماشین، افزایش تولید، کاهش مصرف انرژی در پرس‌ها و خشک‌کن‌ها و در نهایت کاهش هزینه‌های تولید و افزایش سودآوری می‌شود.

Hubbe (2006) پیشنهاد می‌کند که استفاده از ذرات نانو در پایانه تر می‌تواند باعث بهبود ماندگاری و آبگیری در خمیرکاغذ شود. این محقق دو مکانیسم را در مورد عملکرد ذرات نانو پیشنهاد می‌کند که عبارت از "پل‌های نیمه برگشت‌پذیر[۱]" و "انقباض- همکشیدگی[۲]" می‌باشند (شکل ۱ و ۲).



شکل ۱- پدیده انقباض- همکشیدگی (۴)

شکل ۲- پدیده ایجاد پل‌های نیمه برگشت‌پذیر (۴)

مواد و روش‌ها

کاغذ OCC مورد استفاده در این تحقیق، از کارخانه "کاغذسازی کاوه" به صورت تصادفی انتخاب گردید. کاغذها در آزمایشگاه به قطعات کوچک‌تر تبدیل شد و به

۱- Contraction-deswelling

۲- Semi-reversible bridging

www.SID.ir

Archive of SID

مدت ۲۴ ساعت در آب شیر[۱] خیسانده شد. خمیرسازی به کمک خمیرساز BALDOR AC INVENTOR ، در درصد خشکی ۴٪، به مدت ۳۰ دقیقه و با سرعت چرخش پروانه ۲۰۰ rpm انجام شد. سپس توسط دستگاه VALLEY Beater و بر اساس استاندارد SCAN-C 25:76 ، پراکنده‌سازی و پالایش تا درجه روانی ۳۰۰ میلی‌لیتر (بر اساس استاندارد کانادا) صورت گرفت. در ادامه، یک مرحله شستشوی خمیرکاغذ با آب شیر بر روی غربالی با اندازه سوراخ ۱۵۰ مش، جهت کاهش هر چه بیشتر آشغالهای آنیونی[۲] در خمیرکاغذ انجام پذیرفت. نرمه‌ها به کمک یک ستون شیشه‌ای از آب زیر صافی جدا و به خمیرکاغذ برگردانده شد. خمیرکاغذ پس از این مرحله به سردخانه (دمای حدود ۳ درجه سانتیگراد) منتقل شد تا در طول آزمایش‌ها از آسیب‌های مختلف در امان باشد. آبگیری خمیرکاغذ بر اساس استاندارد TAPPI T227 om-99 و به کمک دستگاه L&W CSF Tester اندازه‌گیری شد[۳] . درصد ماندگاری نرمه بر اساس استاندارد TAPPI T261 cm-00 و توسط Dynamic Drainage Jar (DDJ) انجام گردید. اختلاط مواد شیمیایی نیز در DDJ و در درصد خشکی ۰/۵۴ درصد صورت گرفت. بدین منظور ابتدا ماده پلی آلومینیوم کلراید (PAC) با سرعت چرخش ۱۰۰۰ rpm وبه مدت ۳۰ ثانیه، سپس نشاسته کاتیونی در ۱۰۰۰ rpm و به مدت ۴۵ ثانیه و در انتها نانو سیلیکا در ۸۰۰ rpm و به مدت ۱۵ ثانیه به خمیرکاغذ افزوده شدند. پتانسیل زتای خمیر کاغذ نیز به کمک دستگاه MUTEK SZP 06 اندازه گیری گردید. نشاسته کاتیونی در دو سطح ۱ و ۱/۵٪ و نانو سیلیکا در ۴ سطح صفر، ۰/۳، ۰/۶ و۰/۹ درصد به خمیرکاغذ اضافه شدند. ماده PAC، به عنوان حذف کننده آشغالهای آنیونی باقیمانده در خمیرکاغذ، در سطح ۰/۲ درصد افزوده شد. این مقدار PAC به صورت ثابت به تمامی تیمارها افزوده شد. میزانpH خمیرکاغذ، قبل از افزودن مواد شیمیایی به کمک اسید کلریدریک (HCl) رقیق، در حدود ۶ تنظیم گردید. در این متن هر جا از لفظ " خمیر پایه" استفاده شده است، منظور خمیرکاغذی است که فقط حاوی PAC می‌باشد. طرح آماری مورد استفاده طرح کاملا تصادفی است و گروه بندی دانکن در بین تیمارها به کمک نرم افزار آماریSAS انجام گرفته است.

نتایج

بررسی اثر سیستم نشاسته کاتیونی- نانو سیلیکا بر پتانسیل زتا

در شیمی پایانه تر، پتانسیل زتا نقش بسیار مهمی در اثرات متقابل ذرات موجود در سوسپانسیون خمیرکاغذ دارد. مقدار پتانسیل زتا در خمیرکاغذ شسته شده OCC ، برابر ۲۰/۷- میلی ولت بود که با افزودن ۱ و ۱/۵ درصد نشاسته کاتیونی به سوسپانسیون خمیرکاغذ، به ترتیب به ۹/۲۷- و ۴/۲۰- رسید. این تغییرات هرچند اثر طبیعی افزوده شدن یک پلی الکترولیت به خمیرکاغذ است اما افزایش قابل توجهی می باشند. نانوسیلیکا با داشتن خاصیت آنیونی، پس از افزوده شدن به خمیرکاغذی که حاوی نشاسته کاتیونی است، مقدار پتانسیل زتا را کاهش می‌دهد.

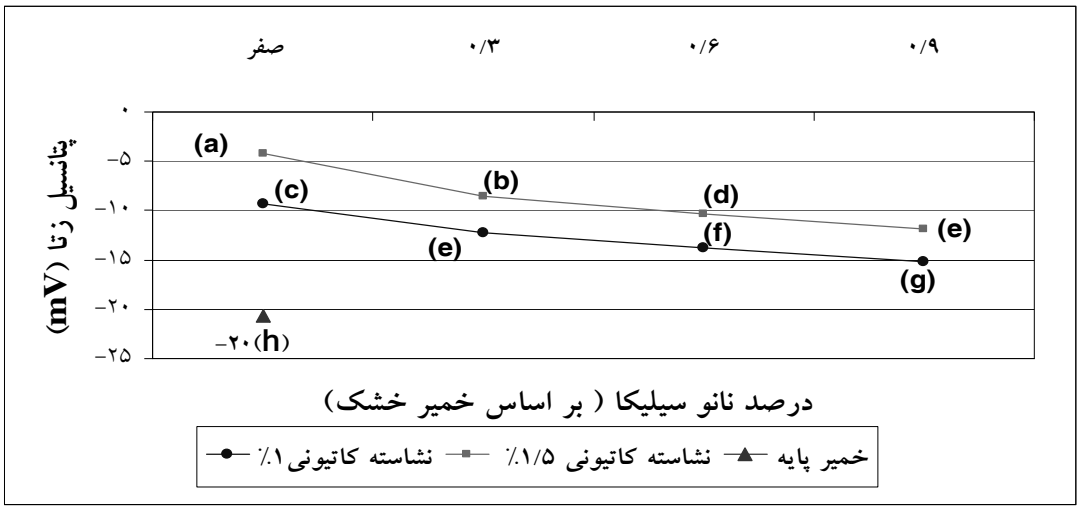
۱- Tap Water

۲- Anionic Trash

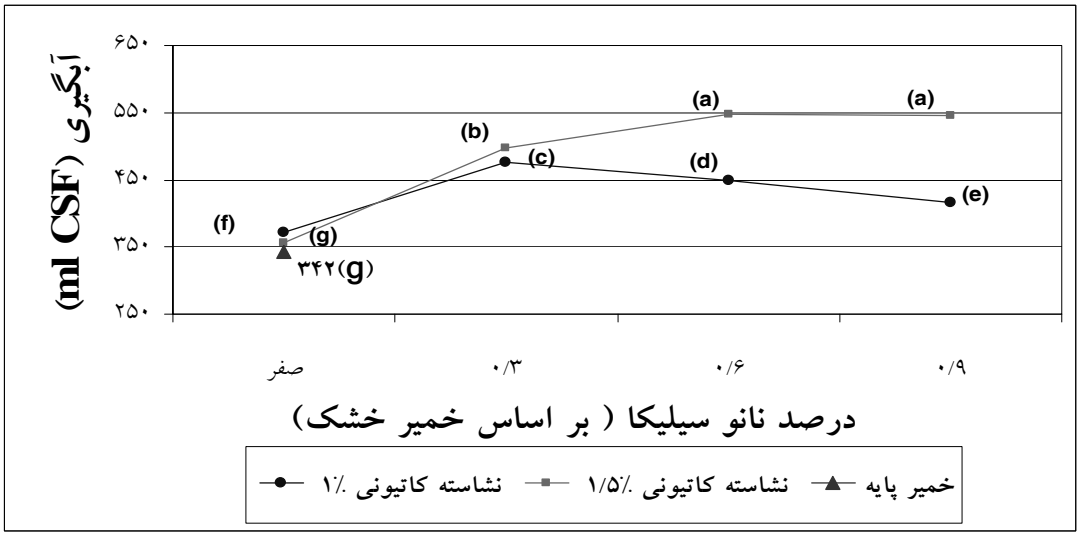
۳- با توجه به همبستگی خوبی که بین درجه روانی (Freeness) و قابلیت آبگیری (Drainage) وجود دارد، در این تحقیق اندازه‌گیری درجه روانی به عنوان معیاری از قابلیت آبگیری به‌کار گرفته شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- اثر سیستم نشاسته کاتیونی- نانو سیلیکا بر پتانسیل زتا



شکل۴- اثر سیستم نشاسته کاتیونی- نانو سیلیکا بر آبگیری

میزان کاهش به درصد نانوسیلیکای افزوده شده و همچنین مقدار نشاسته کاتیونی موجود در خمیرکاغذ وابسته است. به‌طوری‌که حداکثر کاهش با افزودن ٪ ۰/۹ نانوسیلیکا به خمیرکاغذ حاوی ۱درصد نشاسته کاتیونی حاصل می‌شود و مقدار زتا به حدود ۱۵- می رسد (شکل ۳).

بررسی اثر سیستم نشاسته کاتیونی- نانوسیلیکا بر آبگیری از خمیرکاغذ OCC

در کاغذهای با وزن پایه بالا (مانند کاغذ لاینر)، قابلیت آبگیری از خمیرکاغذ یکی از ویژگی‌های تعیین‌کننده می‌باشد. توانایی در افزایش آبگیری از خمیرکاغذ، مزایای بسیاری برای صنعت کاغذسازی دارد. افزایش سرعت ماشین، افزایش تولید، کاهش مصرف انرژی در پرس‌ها و خشک‌کن‌ها و به طورکلی کاهش هزینه‌های تولید و افزایش سودآوری از جمله این مزایای ارزشمند می‌باشند. افزایش ۱و ۱/۵ درصد نشاسته کاتیونی، به ترتیب باعث افزایش آبگیری از خمیرکاغذ پایه تا حدود ۳۷۲ و ۳۵۵ میلی لیتر CSF می شود (شکل ۴).

افزودن ۰/۳ درصد نانو سیلیکا به خمیرکاغذ حاوی ۱ درصد نشاسته کاتیونی، باعث افزایش آبگیری تا حد ۴۷۰ میلی لیتر CSF گردید که افزایش بسیار چشمگیری

www.SID.ir

Archive of SID

است. این نتایج با یافته‌های Carr (2004) و Hubbe (2006) مطابقت می‌کند و تاثیر مثبت سیستم جدید را در خمیرکاغذ بازیافتی نشان می‌دهد. این وضعیت در مورد افزودن نانوسیلیکا در سطوح ۰/۳، ۰/۶و ۰/۹ درصد به خمیرکاغذ حاوی ۱/۵ درصد نشاسته کاتیونی نیز صدق می‌کند. ولی افزایش مصرف نانوسیلیکا بیش از ۰/۳ درصد در سوسپانسیون حاوی ۱ درصد نشاسته کاتیونی از روند فوق تبعیت نمی‌کند. این بخش از نتایج نشان می‌دهد که افزایش بیش از حد نانو سیلیکا، بدون توجه به نسبت آن با نشاسته کاتیونی، می‌تواند با اختلال در عملکرد سیستم در تشکیل فلاک، بر آبگیری اثر مخرب داشته باشد. این در حالی است که در سوسپانسیون حاوی ٪ ۱/۵ نشاسته کاتیونی ـ که میزان بیشتری از این ماده در خمیرکاغذ وجود دارد ـ افزایش نانوسیلیکا آبگیری را افزایش می‌دهد.

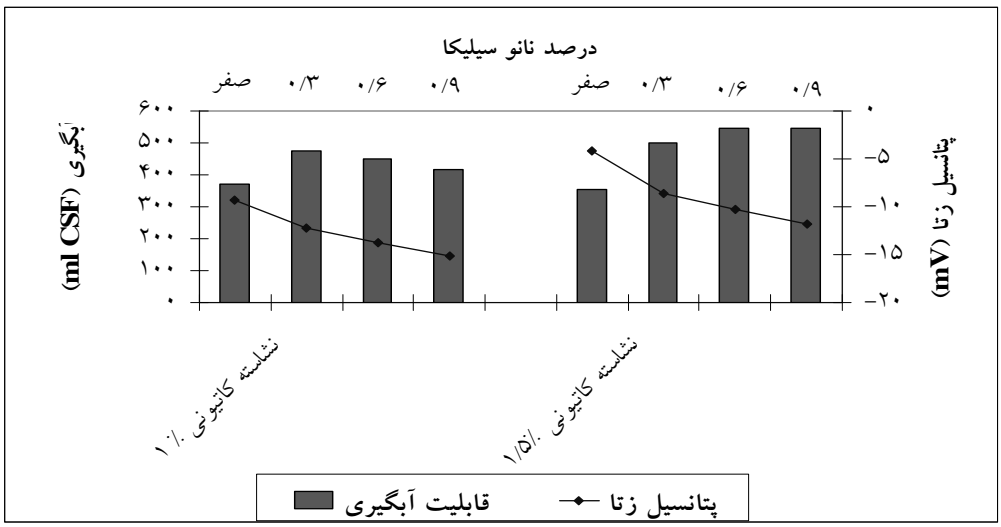
در شکل ۵، دو عامل آبگیری و پتانسیل زتا با هم نشان داده شده است. اگر بررسی عملکرد سیستم را بر پتانسیل زتا قبل از افزودن نانوسیلیکا (به بیان دیگر پتانسیل بعد از افزودن نشاسته کاتیونی) قرار دهیم، در مقایسه بین مصرف ۱ و ۱/۵ درصد نشاسته کاتیونی، نتایج تایید کننده نظر عده‌ای از محققین (Bhardwaj et al., 2005, Rodriguez, 2005) در مورد اثر مثبت نزدیک شدن به زتای صفر می‌باشد. این در حالی است که اگر به پتانسیل زتا بعد از افزودن نانوسیلیکا توجه شود روند پتانسیل زتا کاهشی است، اما آبگیری بهبود یافته است. این برخلاف نظر محققین فوق است که نزدیک شدن به پتانسیل زتای صفر را عامل مهمی در عملکرد بهتر مواد شیمیایی می‌دانند. علت این مسئله ذات متفاوت سیستم نشاسته کاتیونی ـ نانوسیلیکا در مقایسه با سایر افزودنی‌ها می‌باشد. لذا این امر نشان‌دهنده آن است که پتانسیل زتا بعد از افزودن نانوسیلیکا به تنهایی نمی‌تواند شاخص خوبی برای بررسی پایانه تر باشد و باید تمام جوانب مورد توجه قرار گیرند. همچنین در مورد استفاده از پتانسیل زتا بعد از افزودن نشاسته کاتیونی، می‌توان از آن برای مقایسه دو نمونه دارای نشاسته کاتیونی مختلف (در سطح ثابتی از نانوسیلیکا) بهره برد. اما به هنگام تفکیک سطوح مختلف نانوسیلیکا این نسبت نشاسته به نانوسیلیکا است که تعیین‌کننده می‌باشد.

بررسی اثر سیستم نشاسته کاتیونی- نانو سیلیکا بر ماندگاری نرمه درخمیرکاغذ OCC

فرایند بازیافت کاغذ و همچنین پالایش خمیرکاغذهای بازیافتی، باعث ایجاد هر چه بیشتر نرمه در خمیرکاغذ می‌شود. لذا نرمه‌ها بخش مهمی از الیاف بازیافتی را تشکیل می‌دهند. همانطور که می‌دانیم نرمه‌ها نسبت به الیاف، به علت دارا بودن سطح ویژه بالاتر، قابلیت تشکیل پیوندهای بیشتر و در نتیجه افزایش مقاومت‌ها را دارند (Carr, 2004, Hubbe, 2006). با توجه به شکل ۶ دیده می‌شود که با افزودن ۱ و ۱/۵ درصد نشاسته کاتیونی (بدون نانوسیلیکا) به خمیرکاغذ پایه، ماندگاری نرمه از میزان ۵۴/۶۸ درصد در خمیر پایه، به ترتیب به ۵۸/۰۸ و ۵۹/۲۲ درصد می‌رسد که هرچند افزایشی است ولی این افزایش چندان قابل توجه نیست و تیمارها از نظر گروه-بندی دانکن در یک گروه واقع می‌شوند. اما با افزودن نانو سیلیکا به سطح ۱/۵ درصد نشاسته کاتیونی، ماندگاری نرمه به طرز چشمگیری افزایش می‌یابد. این روند با روند آبگیری تطابق دارد که نشان دهنده اثر مثبت تشکیل فلاک (به مانند آبگیری) در ماندگاری نرمه است. افزودن نانو سیلیکا به خمیرکاغذ حاوی ٪۱ نشاسته کاتیونی، فقط در سطح ۰/۳ درصد نانوسیلیکا، افزایش معنی داری (نسبت به تیمار بدون نانو و حاوی ٪۱ نشاسته کاتیونی) ایجاد می‌کند و افزایش نانوسیلیکا در سطوح ۰/۶ و ۰/۹ درصد، تفاوت معنی‌داری نسبت به سطح ۰/۳ درصد ایجاد نمی‌کند. این روند با روند آبگیری تطابق دارد و بیانگر اثر کاهش دهندگی بر تشکیل فلاک می‌باشد. البته شدت این تاثیر بر ماندگاری نرمه کمتر از آبگیری است. حداکثر افزایش در تیمار حاوی ٪۱/۵ نشاسته کاتیونی و ٪ ۰/۹ نانو سیلیکا مشاهده می‌شود.

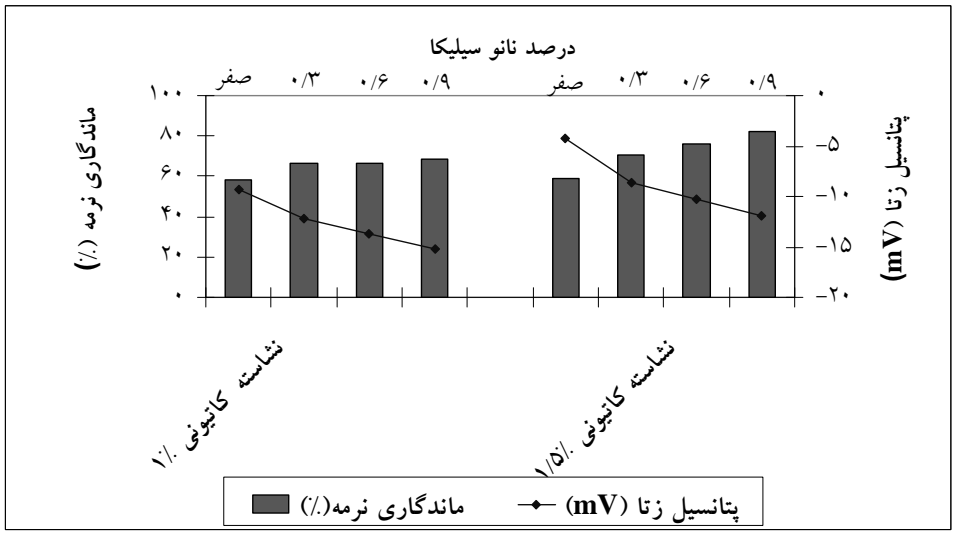
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- مقایسه تغییرات پتانسیل زتا و آبگیری

شکل ۶- اثر نشاسته کاتیونی- نانوسیلیکا بر ماندگاری نرمه



شکل۷- مقایسه تغییرات پتانسیل زتا و ماندگاری نرمه

www.SID.ir

Archive of SID

در شکل ۷ ، دو عامل ماندگاری نرمه و پتانسیل زتا با هم نشان داده شده اند. در اینجا نیز وضعیت شبیه آبگیری است. اگر بررسی عملکرد سیستم را بر پتانسیل زتا قبل از افزودن نانوسیلیکا (به بیان دیگر پتانسیل بعد از افزودن نشاسته کاتیونی) قرار دهیم، در مقایسه بین مصرف ۱ و ۱/۵ درصد نشاسته کاتیونی، نتایج تایید کننده نظر عده ای از محققین (Bhardwaj et al., 2005, Rodriguez, 2005) در مورد اثر مثبت نزدیک شدن به زتای صفر می‌باشد. اما اگر به پتانسیل زتا بعد از افزودن نانوسیلیکا توجه شود، روند پتانسیل زتا کاهشی است اما ماندگاری نرمه بهبود یافته است. این مشاهده برخلاف نظر محققین فوق (Bhardwaj et al., 2005, Rodriguez, 2005) است که نزدیک شدن به پتانسیل زتای صفر را عامل مهمی در عملکرد بهتر مواد شیمیایی می‌دانند. این نتایج به سیستم متفاوت افزودنی‌های حاوی یک پلیمر کاتیونی به همراه نانوسیلیکا برمی‌گردد. لذا این امر نشان دهنده آن است که پتانسیل زتا بعد از افزودن نانوسیلیکا به تنهایی نمی‌تواند شاخصه خوبی برای بررسی پایانه تر باشد و باید کلیه موارد مورد توجه قرار گیرند. در مورد استفاده از پتانسیل زتا بعد از افزودن نشاسته کاتیونی نیز، می‌توان از این شاخص جهت مقایسه دو تیمار دارای نشاسته کاتیونی مختلف (در سطح ثابتی از نانوسیلیکا) بهره برد اما به هنگام تفکیک سطوح مختلف نانو سیلیکا (در سطوح ثابت نشاسته کاتیونی) این نسبت نشاسته به نانو سیلیکا است که تعیین‌کننده می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که سیستم جدید نشاسته کاتیونی- نانو سیلیکا، بر ویژگی‌های آبگیری و ماندگاری نرمه خمیر شسته شده OCC، اثر بسیار چشمگیر و مثبتی دارد. افزایش آبگیری از حدود ۳۵۰ میلی لیتر CSF در خمیرکاغذ پایه، تا حدود ۵۵۰ و همزمان با آن افزایش ماندگاری نرمه از حدود ٪۵۴ در خمیرکاغذ پایه، تا میزان ۸۰ درصد موید این مطلب است. ویژگی‌های نامبرده جزو مهمترین ویژگی‌هایی هستند که بهبود آنها به طور مستقیم بر مواردی همچون افزایش سرعت ماشین، افزایش تولید، افزایش کیفیت محصول تولیدی، کاهش هزینه‌ها و در نتیجه افزایش سودآوری تاثیر دارند. این مطالعه نشان داد که پتانسیل زتا به تنهایی نمی‌تواند شاخص خوبی برای نتیجه‌گیری در مورد پایانه تر باشد به طوری‌که در سیستم نشاسته کاتیونی- نانوسیلیکا نسبت نشاسته کاتیونی به نانوسیلیکا نیز عامل تعیین‌کننده می‌باشد. دستاوردهای این تحقیق می‌تواند دریچه ای جدید جهت رواج سیستم نشاسته کاتیونی - نانوسیلیکا در پایانه تر سیستم‌های بازیافتی باشد.

References

- Bhardwaj, N., K., Kumar, S., Sajpai, P., K. 2005. Effect of Zeta potential on Retention and Drainage of Secondary Fibers, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, 260, 245-250.
- Carr, D., S. 2004. Interaction of Nanoparticles Chemistry, Starch Yields Better Groundwood Grade Runnability, Journal of Pulp and Paper, Feb., 34-37.
- Gottsching, L., 1999. Papermaking Science and Technology, Book 7, Recycled Fiber and Deinking, Chapter 1, General Aspects and Basic Statistics, Finland, Fapet Oy.
- Hubbe, M., E. 2006. Nanotechnology in Wet End Chemistry. http://pira.atalink.co.uk/articles/pulp/168
- Lowry, R. 2006. Nanomaterials and Paper, http://www.profitthroughinnovation.com/content/view/108/
- Putz, H., J., 1999. Papermaking Science and Technology, Book 7, Recycled Fiber and Deinking, Chapter 4, Recovered Paper Grades, Quality Control and Recyclability, Finland, Fapet Oy.
- Rodriguez, J., M., Ed., 2005. Micro and Nanoparticles in Papermaking, Chapter 1, TAPPI Press.
- Weise, U., Terho, J., and Paulapuro, H., 2000. Papermaking Science and Technology, Book 8, Papermaking Part 1: Stock Preparation And Wet End, Chapter 5, Stock and Water Systems of Paper Machine, Finland, Fapet Oy.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Cationic Starch-Nanosilica System on Retention and Drainage of Washed OCC Pulp

M. Rahmaninia*[1], S. A. Mirshokraei [2], Gh. Ebrahimi[3] and M. Mohammad Nazhad[4]
[1]Ph.D, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[2]Professor, Payam Nour University, Tehran, I.R. Iran
[3]Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[4]Associate Professor, Asian Institute of Technology, Thailand
(Received: 15 June 2008, Accepted: 27 January 2009)

Abstract

Benefitting from emerging technologies in industry is of great importance. New developments in nanotechnology have opened new horizons in pulp processing and development of new products. Cationic Starch-Nanosilica is a new system which has found its way in virgin pulps to some extent, but no attempt has been made on its utilization in recycled pulp systems. In this study, application of Cationic Starch-Nanosilica for improving drainage and retention of Old Corrugated Container (OCC) pulp in making test-liner was investigated. Results indicated that this system increased drainage of OCC pulp. The maximum increase was observed for treatment with 1.5% cationic starch and 0.9% Nanosilica. In this treatment, the drainage was increased from 342 ml CSF (control pulp) to about 550 ml CSF. Fines retention was also increased using the Cationic Starch-Nanosilica system. The role of Zeta Potential as an indicator of system interactions was also monitored.

Keywords: Nanotechnology, Nanosilica, Cationic Starch, Drainage, Fine Retention, Zeta Potential, Wet End

*Corresponding author: Tel: +98 915 3010219 , Fax: +98 124 5355003 , E-mail: mrahmaninia@yahoo.com

www.SID.ir