Archive of SID

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۲، شماره ۲، صفحه ۲۳۷-۲۲۷، (۱۳۹۶)
شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/IJWPR.2017.109583

=

مقایسه اثر نانو ذرات سیلیکاسل و بنتونیت بر عملکرد نشاسته‌کاتیونی به لحاظ قابلیت آبگیری، ماندگاری و ویژگی‌های مقاومتی کاغذ بازیافتی

سبحان جهانشاهلو[۱]، امیر خسروانی[۲*] و مهدی رحمانی‌نیا[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران

پست الکترونیک: khosravani@modares.ac.ir

۳- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۶

=

چکیده

تولید انواع تست لاینر و فلوتینگ از کارتن‌های کنگره‌ای کهنه، یکی از رایج‌ترین فرایندهای بازیافت کاغذ در ایران می‌باشد. این نوع کاغذ، دارای وزن پایه زیاد و حاوی مقادیر قابل توجهی قطعات ریز لیفی و غیرلیفی است، به‌طوری‌که معمولاً آبگیری از این نوع مقوا و نیز ماندگاری ذرات ریز، از معضلات این‌گونه کارخانه‌ها به‌حساب می‌آید. ازاین‌رو در چنین مواردی استفاده از مواد کمک آبگیری/ماندگاری، مانند سیستم‌های بر پایه نانو ذرات می‌تواند راهگشا باشد. در همین ارتباط از رایج‌ترین و پرمصرف‌ترین انواع نانو ذرات مورد استفاده در صنعت کاغذ، دو نوع نانوذره سیلیکای کلوییدی و بنتونیت هستند که به‌همراه پلی الکترولیت‌های کاتیونی در پایانه تر کاغذسازی قابل‌استفاده می‌باشند؛ بنابراین در این مطالعه، اثر نانو ذرات بنتونیت و سیلیکاسل، به‌طور مقایسه‌ای، بر عملکرد نشاسته کاتیونی به لحاظ قابلیت آبگیری، ماندگاری و ویژگی‌های مقاومتی حاصل از بازیافت کارتن‌های کنگره‌ای کهنه مورد بررسی قرارگرفت. نتایج بررسی ابعاد این دو نوع نانوذره نشان داد، هرچند میانگین ضخامت ورقه‌های بنتونیت (حداکثر ۲۲ نانومتر) از میانگین ابعاد نانوذره کروی سیلیکای کلوییدی (کمتر از ۵۰ نانومتر) کوچک‌تر بوده است اما به لحاظ شاخص ماندگاری، برخلاف نانوسیلیکا، اثر نانوبنتونیت- نشاسته کاتیونی معنی‌دار نبود. در مورد قابلیت آبگیری، با افزودن هر دو نوع نانوذره نانوسیلیکا و نانوبنتونیت، این ویژگی بهبود قابل ملاحظه‌ای (حتی تا مقدار ۱۸۶٪ در موردنانوسیلیکا) داشته است. از سوی دیگر، استفاده از نشاسته کاتیونی در کاغذ دست‌ساز، سبب بهبود شاخص‌های مقاومت به کشش و پاره‌شدن گردید، درحالی‌که این ویژگی‌ها با افزودن نانو ذرات کاهش یافت. همچنین مقاومت پیوند درونی کاغذ، با افزودن نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا افزایش فوق‌العاده‌ای (تا ۳۵۴٪) نشان داد. درنهایت به‌طورکلی، در خمیرکاغذ OCC، سیستم نشاسته کاتیونی- نانوسیلیکا به لحاظ قابلیت آبگیری، ماندگاری ذرات ریز و همچنین ویژگی‌های مقاومتی، عملکرد بهتری نسبت به سیستم نشاسته کاتیونی- نانوبنتونیت داشته است.

واژه‌های کلیدی: نانوسیلیکا، نانوبنتونیت، نشاسته کاتیونی، کارتن کنگره‌ای کهنه، قابلیت آبگیری.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در کشورهای درحال‌توسعه، با توجه به کاهش روزافزون منابع طبیعی، استفاده از منابع بازیافتی و غیرچوبی به‌طورجدی موردتوجه قرار گرفته است. یکی از منابع مورد استفاده در صنعت بازیافت، کارتن‌های کنگره‌ای کهنه (OCC) می‌باشد. این نوع از مقوا به لحاظ مصرف زیاد، یکی از مهمترین منابع لیفی در صنعت بازیافت به‌شمار می‌رود (Putz,2003) که به‌ویژه در ایران، به‌تنهایی یا به همراه درصدی از خمیر بکر برای بازتولید انواع مقوای کنگره‌ای و تست لاینر به‌کار برده می‌شود؛ اما با توجه به وزن پایه بالای این نوع مقواها، یکی از معضلات در تولید آنها مشکل آبگیری است. همچنین در بیشتر فراورده‌های کاغذی از افزودنی‌های غیر لیفی استفاده می‌شود که توانایی نگهداری یا جذب انواع گوناگون این مواد در کاغذ عامل مهمی به‌شمار می‌رود. در این زمینه، سیستم‌های مواد افزودنی مختلفی برای بهبود آبگیری و ماندگاری مورد استفاده می‌باشد. گروهی از متداول‌ترین این مواد، سیستم‌های مبتنی بر نانو ذرات می‌باشند که به‌عنوان دو نوع از پرکاربردترین نانو ذرات آنها می‌توان نانوسیلیکا و نانوبنتونیت را نام برد. این نانو ذرات معمولاً به همراه یک پلی‌الکترولیت مانند نشاسته کاتیونی در کاغذسازی استفاده می‌شوند (lima *et al*., 2003). سازوکار عمل این مواد ایجاد دلمه بین الیاف، نرمه‌ها و پرکننده‌ها می‌باشد که باعث افزایش ماندگاری و تسریع در خروج آب از ورقه در حال شکل‌گیری می‌شوند.

در یک جمع‌بندی، Hubbe (۲۰۰۵) بیان کرد که در تحقیقات گوناگون برای استفاده از سیستم نانو ذرات، نتایج متعددی ازجمله افزایش آبگیری، افزایش ماندگاری، بهبود شکل‌گیری، بهبود مقاومت خشک، بهبود قابلیت عبور کاغذ، افزایش سرعت ماشین، کاهش انرژی مصرفی در خشک‌کن‌ها، کاهش آلودگی و BOD[1] پساب کارخانه گزارش شده است. در همین ارتباط، Khosravani و همکاران (۲۰۱۰)، در زمینه تعیین مقدار کاربرد مناسب نشاسته کاتیونی و تحلیل نتایج آن بر قابلیت آبگیری و ماندگاری نرمه‌ها و پرکننده‌ها، گزارش کردند که می‌توان از پتانسیل زتا به‌عنوان یک ابزار تشخیص میزان پلیمر کاتیونی مورد نظر استفاده کرد. همچنین در بررسی اثر سیستم نشاسته کاتیونی ـ نانوسیلیکا بر ماندگاری و آبگیری از خمیرکاغذ شسته شده OCC، Rahmaninia و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که افزایش استفاده از این سیستم به میزان قابل توجهی سبب بهبود آبگیری از خمیرکاغذ گردید. Rahmaninia و Khosravani (۲۰۱۵) بیان کردند که افزودن نانو ذرات به همراه نشاسته کاتیونی در خمیر کارتن‌های کنگره‌ای کهنه، می‌تواند تا ۴۲٪ سبب افزایش آبگیری و ۳۹٪ در ماندگاری ذرات ریز و نرمه‌ها شود. البته ماندگاری نرمه که در خمیرکاغذهای بازیافتی درصد بالایی از کل خمیرکاغذ را نشان می‌دهد نیز افزایش یافت. نتایج تحقیق Jalali Torshizi و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که در اثر کاربرد سیستم پلی اکریل‌آمید کاتیونی – نانوبنتونیت، علاوه بر کاهش زمان آبگیری برای تشکیل کاغذ، ماندگاری اجزا نیز از ۹۶/۷٪ به ۹۸/۷٪ افزایش یافت؛ اما در بررسی تأثیر افزودن همزمان نشاسته کاتیونی و بنتونیت بر برخی از خواص کاغذ چاپ و تحریر، Darvishzadeh و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که افزودن همزمان این دو ماده، بااینکه بر ویژگی‌های کاغذ اثرگذار بوده ولی تأثیر معنی‌داری بر ماندگاری نرمه‌ها و آبگیری نداشته است. همان‌طور که بیان شد، در مطالعات گوناگون تعامل نانوسیلیکا و بنتونیت به همراه نشاسته کاتیونی و پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج این مطالعات حکایت از اثر فوق‌العاده نانوذره بر قابلیت آبگیری و ماندگاری در خمیرکاغذ داشته است. درحالی‌که کاربرد بنتونیت به‌عنوان یک نانوذره معدنی فراوان در طبیعت و متداول در صنایع مختلف، چندان به همراه نشاسته کاتیونی متداول نیست. بر همین اساس این پژوهش با اهداف، بررسی تعامل بنتونیت با نشاسته کاتیونی در خمیرکاغذ OCC و مقایسه اثر بنتونیت – نشاسته کاتیونی با نانوسیلیکا –نشاسته کاتیونی در

1-Biological oxygen demand

www.SID.ir

Archive of SID

خمیرکاغذ OCC به لحاظ آبگیری، ماندگاری و ویژگی‌های مقاومتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده‌سازی مواد

نانوسیلیکای آنیونی مورد استفاده، با کد تجاری NP320 از شرکت EKA Paper Chemicals، به‌صورت کلوییدبی‌رنگ با محتوای مواد جامد ۸/۵ درصد بوده است. نانوبنتونیت مورد استفاده، از نوع سدیم مونت موریلونیت و با ابعاد ذرات عبوری از مش ۱۵۰۰ از شرکت شیمی سبز شرق در استان خراسان رضوی تهیه گردید. با توجه به خاصیت جذب آب زیاد ذرات بنتونیت و همچنین به‌منظور ورقه ورقه شدن ساختار و عملکرد بهتر آن، سوسپانسیون ۱۰ گرم بر لیتر بنتونیت به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق توسط همزن پراکنده شد. سپس بنتونیت کلوئیدی، به سوسپانسیون آماده شده خمیرکاغذ در حال تلاطم اضافه گردید. نشاسته مورد استفاده، نشاسته کاتیونی حاوی گروه کاتیونی آمین نوع چهارم با درجه جایگزینی ۰/۰۱۸ (mol/mol) درصد بود که از شرکت Siam modified starch تایلند تهیه شد. به‌منظور آماده‌سازی نشاسته کاتیونی، محلول ۰/۵ درصد آن را به مدت ۳۰ دقیقه بر روی اجاق الکتریکی به آرامی حرارت داده تا به دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد برسد. سپس در این دما به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شده و پس از خنک شدن تا دمای محیط، محلول نشاسته آماده‌شده در همان روز مورد استفاده قرارگرفت (Hedborg *et al.*,1993؛ Roberts *et al.*, 1986؛ Yoshizawa *et al.*, 1998). به‌عنوان خمیرکاغذ مورد نیاز در این تحقیق از کارتن‌های کنگرهای کهنه استفاده گردید.

اندازه‌گیری آبگیری خمیرکاغذ و ماندگاری ذرات ریز و نرمه‌ها

کارتن‌ها به اندازه‌های کوچک تبدیل شده و به‌مدت ۲۴ ساعت درون آب شهری خیس شدند. سپس توسط دستگاهValley Beater تا رسیدن به درجه روانی ۳۰۰ میلی‌لیتر پالایش گردیدند. نحوه اختلاط مواد شیمیایی نیز بدین صورت بوده که ابتدا نشاسته کاتیونی در دور همزن ۱۰۰۰ rpm اضافه و بعد از گذشت یک دقیقه نانوذره‌ی مورد نظر در دور همزن ۸۰۰ rpm اضافه شد. همچنین برای انجام آزمایش‌ها در این تحقیق، اندازه‌گیری درجه روانی خمیرکاغذ بر اساس درجه روانی استاندارد کانادایی (CSF) طبق دستورالعمل TAPPI T227 om-99 و به‌وسیله تجهیزات ساخت شرکت L&W و اندازه‌گیری ماندگاری ذرات ریز و نرمه‌ها توسط دستگاه DDJ ساخت شرکت آمریکایی Paper Chemistry Laboratory INC انجام شد.

تهیه کاغذ دست‌ساز و اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی

طبق دستورالعمل TAPPI T261 cm-00، برای ساخت کاغذهای دست‌ساز ۱۳۰ گرمی، از استاندارد TAPPI T205 sp-02 استفاده شد. سپس مقاومت به کشش کاغذهای دست‌ساز بر اساس استاندارد TAPPI T494 om-01، اندازه‌گیری مقاومت به پاره شدن بر اساس استاندارد TAPPI T414 om-98 و مقاومت درونی (نوع اسکات)، بر اساس استاندارد TAPPI T 569 اندازه‌گیری گردید.

بررسی ابعاد و ویژگی‌های نانو ذرات

همچنین در این پژوهش برای بررسی اندازه نانوذره و توزیع اندازه نانوذره از دستگاه تصویر نیروی اتمی (AFM) مدل Easyscan2 Flex ساخت کشور سوئیس، به‌منظور تهیه تصویر و بررسی شکل و پراکندگی ذرات نانوسیلیکا از میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی (Field Emission SEM) مدل Mira3 -XMU ساخت کشور جمهوری چک استفاده شد.

تحلیل آماری

در این تحقیق از طرح آماری کاملاً تصادفی متعادل استفاده شد و پس از معنی‌دار بودن اختلاف‌ها در آنالیز واریانس، به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده گردید.

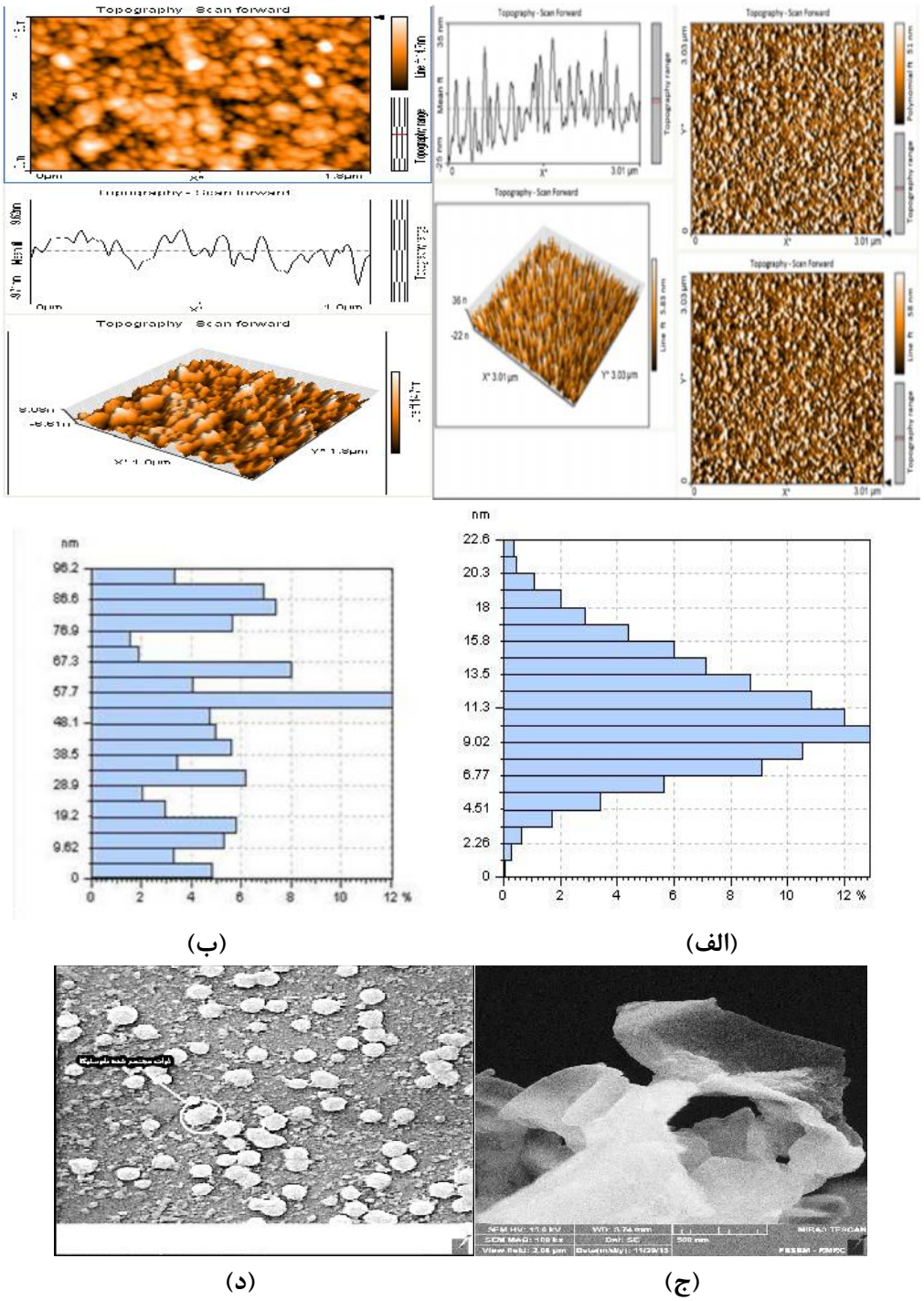
www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

بررسی ویژگی‌های نانو ذرات مورد استفاده

شکل ۱ تصاویر مربوط به آنالیز ابعاد و شکل نـانو ذرات مورد استفاده را نشان می‌دهد. در بخش الف، نتایج تصـویر AFM تهیه شده از نانو ذرات بنتونیت و پـراکنش ابعـاد آن نشان داده شده است (شکل ۱-الف).



شکل ۱- تصویر **AFM** از نانو ذرات (الف) بنتونیت، (ب) سیلیکا و تصویر **FESEM**، (ج) بنتونیت و (د) سیلیکا

www.SID.ir

Archive of SID

در تصویر AFM، نانو ذرات بنتونیت به‌صورت صفحات نسبتاً بزرگی مشاهده می‌شوند، درحالی‌که بیشترین فراوانی ضخامت این ذرات، کمتر از ۲۲ نانومتر و به‌طور عمده در حدود ۱۰ نانومتر بوده است. همچنین نتایج بررسی تصویر AFM از نانوسیلیکای مورد استفاده نشان می‌دهد که پراکنش ابعاد نانوسیلیکا نسبتاً زیاد و در محدوده کمتر از ۱۰۰ نانومتر قرار داشته است. هرچند بیشترین مقدار فراوانی اندازه ذرات در محدوده ۵۰ نانومتر بوده است (شکل ۱- ب).

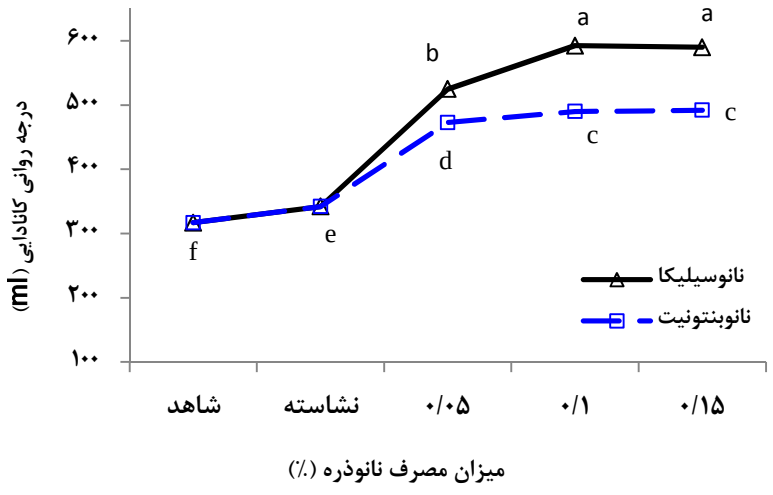
به‌منظور بررسی دقیق‌تر ساختار سه‌بعدی و اندازه نانو ذرات از تصاویر میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی (FE-SEM) استفاده شد و ساختار صفحه‌ای نانوذره بنتونیت که پیش‌تر به آن اشاره شده بود به‌وضوح قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۱- ج). همچنین نانو ذرات کروی شکل و مجزا از هم در ابعاد نانومتری در شکل ۱- د، تأییدکننده ساختار سیلیکاسل بوده است.

نتایج آنالیز واریانس حاصل از بررسی ویژگی‌های خمیرکاغذ نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹٪ بین تیمارهای مختلف بوده‌است (جدول ۱). از این‌رو، بر همین اساس گروه‌بندی دانکن انجام گردید و نتایج گروه‌بندی‌ها در نمودار مربوط به هر ویژگی نمایش داده شده‌است.

جدول ۱- خلاصه نتایج آنالیز واریانس در ویژگی‌های مورد بررسی خمیرکاغذ

ویژگی	درجه آزادی تیمار	میانگین مربعات تیمار	F	معنی‌داری**
قابلیت آبگیری	۷	۳۱۲۲۵/۶۸۵	۱۷۹۹/۳۴	**
میزان ماندگاری	۷	۲۳۵/۴۹۲	۷۱/۸۲۲	**
شاخص مقاومت به کشش	۷	۱۶/۳۲۰	۸/۸۰۹	**
شاخص مقاومت به پاره شدن	۷	۲۴/۱۱۹	۲۶/۸۸۸	**
پیوند درونی کاغذ	۷	۸۹۶۹/۴۷۱	۱۷۳/۷۸۵	**

**: معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹٪



شکل ۲- اثر کاربرد نانو ذرات در میزان آبگیری از خمیرکاغذ

www.SID.ir

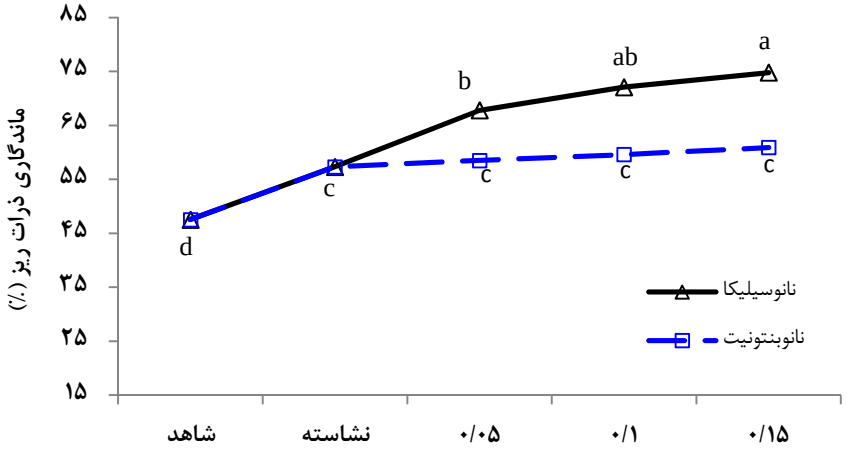
Archive of SID

ارزیابی ویژگی‌های فرایندی پایانه تر

شکل ۲، به‌طور مقایسه‌ای اثر کاربرد نانو ذرات بنتونیت و نانوسیلیکا بر افزایش قابلیت آبگیری از خمیر کارتن‌های کنگره‌ای کهنه را نشان می‌دهد. بر اساس نمودار، به‌وضوح مشخص است که در اثر مصرف هر دو نوع نانوذره، میزان آبگیری افزایش‌یافته است (شکل ۲).

همچنین همان‌طور که مشاهده می‌شود، افزودن نشاسته کاتیونی به‌تنهایی، اثر معنی‌دار ولی اندک بر قابلیت آبگیری داشته است. به‌علاوه، در این تحقیق (سوسپانسیون حاوی ۱ درصد نشاسته کاتیونی)، با افزایش مصرف هر دو نوع نانوذره تا ۰/۱ درصد افزایش قابل توجهی در قابلیت آبگیری حاصل شد، درحالی‌که افزایش بیشتر مقدار نانوسیلیکای مصرفی به بیش از ۰/۱ درصد، تغییر معنی‌داری در این ویژگی ایجاد نکرد.

از سوی دیگر، شکل ۳ میزان ماندگاری نرمه‌ها و ذرات ریز بر روی توری درگذر اول را نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، نشاسته کاتیونی و همچنین افزودن نانوسیلیکای آنیونی، اثر معنی‌دار قابل توجهی بر این ویژگی داشته‌اند. به‌بیان‌دیگر، با افزایش نانوسیلیکا، میزان ماندگاری نسبت به نمونه شاهد و فاقد نانوذره افزایش داشته است، هرچند بین سطوح ۰/۱ و ۰/۱۵ نانوسیلیکا اختلاف معنی‌داری ملاحظه نمی‌شود. بدین مفهوم که افزودن مقادیر بیشتر نانوسیلیکا به همراه نشاسته کاتیونی تأثیر چندانی بر افزایش میزان ماندگاری نداشته است؛ اما در مورد تأثیر نانوبنتونیت بر افزایش ماندگاری نسبت به نمونه فاقد نانوبنتونیت و مقادیر مختلف نانوبنتونیت، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به‌عبارت‌دیگر، اثر نانوبنتونیت بر میزان ماندگاری قابل توجه نبوده است (شکل ۳).



شکل ۳- اثر کاربرد نانو ذرات بر میزان ماندگاری نرمه و ذرات ریز

شاخص‌های مقاومتی مقوای تولیدی

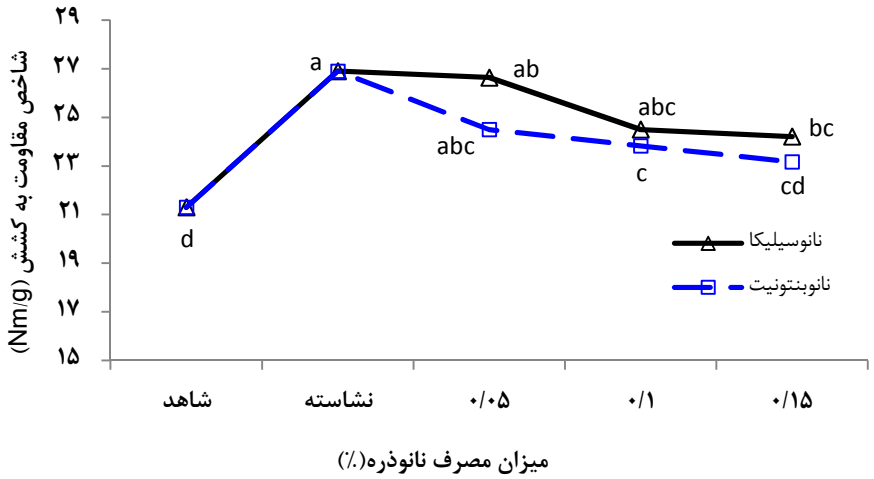
شکل ۴-الف، شاخص مقاومت به کشش در نمونه‌های کاغذ حاوی نشاسته کاتیونی، نانوبنتونیت و نانوسیلیکا نسبت به تیمار شاهد را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، تیمارهای حاوی نانوذره به همراه نشاسته کاتیونی سبب افزایش شاخص مقاومت به کشش نسبت به تیمار شاهد (فاقد ماده افزودنی) شده است؛ اما لازم به ذکر است که در اثر افزودن نانوذره به نشاسته کاتیونی، کاهش جزئی شاخص

www.SID.ir

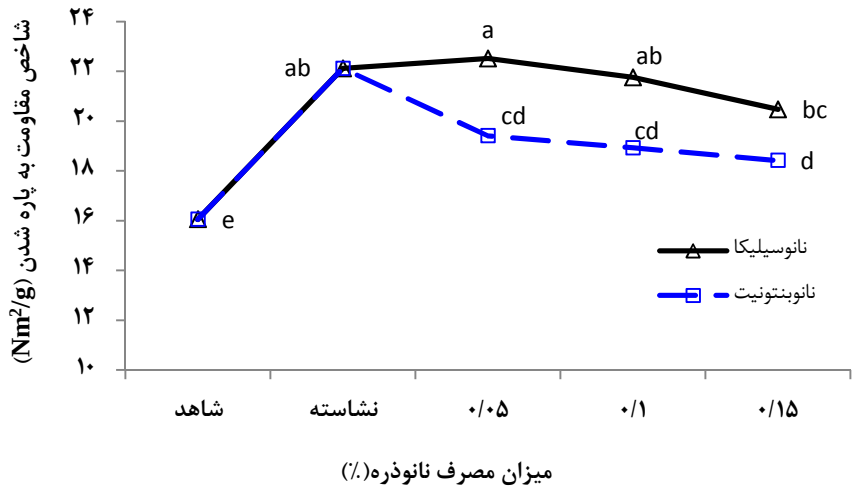
Archive of SID

مقاومت به کشش ملاحظه گردید، هرچند شاخص مقاومت به کشش کاغذ در سطوح مختلف نانوذره با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشته است.

همچنین در شکل ۴-ب، تغییرات حاصل از اثر انواع تیمارهای سیستم نشاسته کاتیونی- نانوسیلیکا و نشاسته کاتیونی - نانوبنتونیت بر شاخص مقاومت به پاره شدن در کاغذ دست‌ساز قابل مشاهده می‌باشد. البته روندی مشابه آنچه در مورد شاخص مقاومت به کشش مشاهده گردید، در مورد مقاومت به پاره‌شدن نیز در این نمودار ملاحظه می‌گردد (شکل ۴-ب). همان‌طور که مشخص است افزودن نانوبنتونیت سبب کاهش مقاومت به پاره شدن در کاغذ دست‌ساز گردید. همچنین با افزایش میزان مصرف نانوذره اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد.



(الف)



(ب)

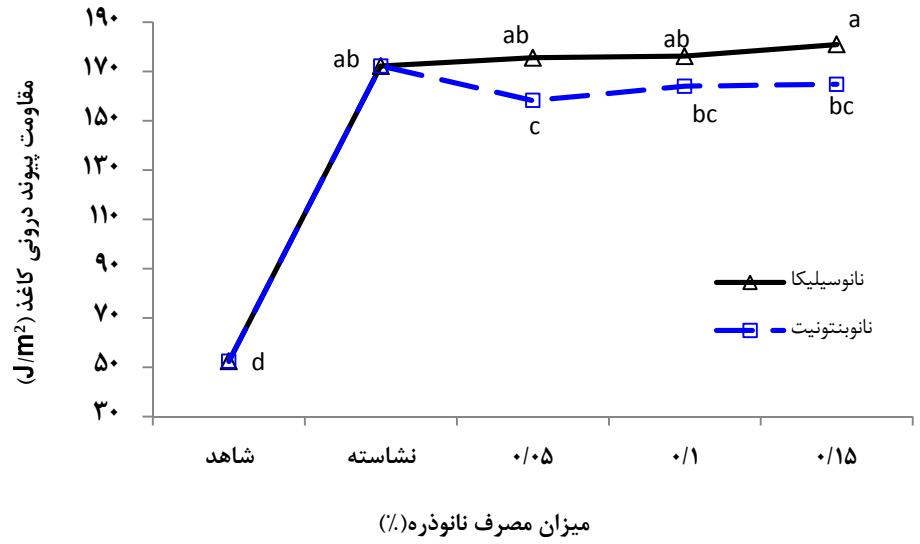
شکل ۴- اثر کاربرد نانو ذرات در (الف) شاخص مقاومت به کشش و (ب) شاخص مقاومت به پاره شدن

www.SID.ir

Archive of SID

مقاومت پیوند درونی کاغذ

همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود، افزودن نشاسته کاتیونی افزایش فوق‌العاده‌ای (بیش از ۳ برابر) را در مورد مقاومت پیوند درونی کاغذ نتیجه داده است. همچنین مشاهده می‌شود که نانوبنتونیت باعث کاهش مقاومت پیوند درونی کاغذ شده است. هرچند تفاوت معنی‌داری در بین مقدار مصرف نانو ذرات مشاهده نشده است (شکل ۵).



شکل ۵- اثر کاربرد نانو ذرات بر مقاومت پیوند درونی کاغذ (اسکات باند) =

بحث

با توجه به اینکه در تولید انواع کاغذ و مقوا با وزن پایه زیاد (به‌ویژه مقواهای بازیافتی)، بهبود قابلیت آبگیری و به‌طور همزمان حفظ یا بهبود سایر ویژگی‌های فرایندی و شاخص‌های مکانیکی مقوا اهمیت قابل توجهی دارد، ساختار و اثر دو نوع از متداول‌ترین و پرکاربردترین نانو ذرات مورد استفاده در پایانه تر در ارتباط با این ویژگی‌ها موردمطالعه و مقایسه قرار گرفت. مقایسه این دو نانوذره به لحاظ شکل و ساختار نشان داد که نانوسیلیکای مورد استفاده در این تحقیق به‌صورت ذرات کروی مجزا از یکدیگر با ابعاد عمدتاً کمتر از ۵۰ نانومتر بوده است؛ اما در مورد نانوبنتونیت، ضخامت آن (حداکثر ۲۰ nm) کمتر از میانگین ابعاد ذرات نانوسیلیکا اندازه‌گیری شد.

به‌علاوه در مورد قابلیت آبگیری مشاهده شد که هر دو نوع نانوذره بنتونیت و نانوسیلیکا در تعامل با نشاسته کاتیونی اثر فوق‌العاده‌ای بر درجه روانی خمیرکاغذ داشتند. تأثیر نانوسیلیکا در افزایش آبگیری بیشتر از نانوبنتونیت بوده است که در تفسیر این نتیجه می‌توان بیان کرد، این نانوذره احتمالاً در تعامل با نشاسته کاتیونی و تشکیل فلاک‌های ریز از نرمه‌ها و الیاف، نسبت به نانوبنتونیت موفق‌تر بوده است. بر همین اساس می‌توان این نتیجه را تأییدی بر نظریه Moberg (۱۹۹۳)، در مورد اثر نانوذره بر نشاسته کاتیونی دانست. به‌عبارت‌دیگر این مشاهده می‌تواند تأکیدی بر این مطلب باشد که به‌منظور تعامل مناسب نانوذره با نشاسته کاتیونی لازم است نانوذره در سه بعد دارای اندازه نانومتری باشد، به‌نحوی‌که قابلیت نفوذ به ساختار شاخه‌ای آمیلوپکتین را داشته و باعث جمع شدن هرچه بیشتر ساختار پلی‌الکترولیت و درنتیجه حجم کوچک‌تر فلاک تشکیل شده گردد. این در حالی است که بنتونیت با توجه به ابعاد میکرومتری صفحه‌ای آن قابلیت نفوذ به ساختار آمیلوپکتین

www.SID.ir

Archive of SID

را به‌خوبی نانوسیلیکا ندارد. این نتیجه با نتایج Khosravani و همکاران (۲۰۱۰) و Rahmaninia و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشته است. برخلاف نتایج Darvishzadeh و همکاران (۲۰۱۴)، در این تحقیق کاربرد نانوبنتونیت در افزایش آبگیری مؤثر بوده و با نمونه شاهد و نمونه فاقد نانوذره تفاوت معنی‌داری نشان داده است.

اما در رابطه با ماندگاری نرمه‌ها و ذرات ریز، هرچند نانوسیلیکا اثر مثبت قابل توجهی داشت، اما اثر نانوبنتونیت معنی‌دار نبود. در این مورد Darvishzadeh و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که افزودن نانوبنتونیت به سیستم نشاسته کاتیونی، باعث کاهش میزان ماندگاری گردید، درحالی‌که نتایج این تحقیق نشان داد که فقط اثر مثبت نانوبنتونیت بر ماندگاری معنی‌دار نبوده است و کاهش ماندگاری مشاهده نشد.

افزودن نانوذره به نشاسته کاتیونی، باعث کاهش عملکرد نشاسته در شاخص مقاومت به کشش گردید که این نتیجه را می‌توان به اثر نانوذره بر تشکیل فلاک مرتبط دانست. نکته قابل توجه اینکه افزودن نانوذره بنتونیت در مقایسه با نانوذره سیلیکاسل، کاهش بیشتر شاخص مقاومت به کشش را درپی داشته است که این امر را می‌توان به ساختار فیزیکی درشت‌تر بنتونیت که شباهت به انواع پرکننده دارد و همچنین احتمال تشکیل فلاک درشت‌تر، نسبت داد. علاوه بر اثر کیفیت شکل‌گیری کاغذ به دلیل ماهیت لخته‌های ایجادشده در این سیستم، عامل دیگر را می‌توان به عملکرد نشاسته کاتیونی در بهبود خواص کاغذ و به‌ویژه در ترکیب با ذرات نانوسیلیکای کلوئیدی مرتبط دانست که همانند تأثیر پالایش بر روی الیاف بوده، با این تفاوت که تأثیر منفی در عمل آبگیری در توری و پرس آبگیری ماشین کاغذ را به همراه ندارد (Asadpour *et al.*, 2003)؛ اما در مطالعه Darvishzadeh و همکاران (۲۰۱۴)، کاربرد نانوبنتونیت به همراه نشاسته کاتیونی در مقاومت کششی تأثیر مشخصی نداشته است.

با توجه به اینکه مواد افزودنی اثر معینی بر مقاومت ذاتی الیاف و طول الیاف نخواهند داشت، از این‌رو اثر آنها بر شاخص مقاومت به پاره شدن را می‌توان به وضعیت پیونددهی در ورقه کاغذ مرتبط دانست.

برخلاف سایر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ، اثر نانوسیلیکا بر مقاومت پیوند درونی روند مثبتی داشته است. این روند را می‌توان متأثر از ماندگاری بیشتر نرمه‌ها، ذرات ریز و درنتیجه نشاسته کاتیونی دانست. به‌عبارت‌دیگر نرمه‌ها و ذرات ریز به دلیل داشتن سطح ویژه بیشتر در مقایسه با الیاف، توانایی بیشتری در جذب نشاسته کاتیونی دارند. از این‌رو افزایش مقاومت پیوند درونی کاغذ را می‌توان به افزایش ماندگاری نرمه‌ها و ذرات ریز در اثر افزودن نانوسیلیکا مرتبط دانست. به‌بیان‌دیگر، نانوسیلیکا باعث افزایش ماندگاری نرمه‌ها و ذرات ریز شده و از این طریق به ماندگاری بیشتر نشاسته کاتیونی و درنتیجه افزایش مقاومت پیوند درونی کاغذ کمک کرده است؛ اما نانوبنتونیت باعث کاهش مقاومت پیوند درونی کاغذ شده است که این عامل را می‌توان از یکسو به عدم تأثیر مثبت این نانوذره بر قابلیت ماندگاری نرمه‌ها و ذرات ریز نسبت داد و از سوی دیگر، می‌توان آن را به دلیل درشت‌تر بودن ذرات نانوبنتونیت (صفحه‌ای به پهنای ۳۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر) که عملکردی مشابه پرکننده در کاغذ داشته و نقش کمتری در ایجاد پیوند ایفا کرده است، مرتبط دانست.

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب بیان‌شده بالا و نتایج به‌دست‌آمده، مشاهده گردید که نانوسیلیکا درمجموع، به لحاظ قابلیت آبگیری، ماندگاری نرمه‌ها و ذرات ریز و همچنین ویژگی‌های مقاومتی، کارایی بهتری نسبت به نانوبنتونیت ارائه کرده است. به‌بیان‌دیگر، به نظر می‌رسد به‌منظور تعامل مناسب نانوذره با نشاسته کاتیونی که حاوی آمیلوپکتین شاخه‌دار حجیم می‌باشد، لازم است نانوذره در سه بعد دارای اندازه نانومتری باشد، به‌نحوی‌که قابلیت نفوذ به ساختار شاخه‌ای آمیلوپکتین را داشته و باعث جمع شدن هرچه بیشتر ساختار این پلی‌الکترولیت گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

-Asadpour, Gh., Resalaty, H., Dehghani, M.R. and Ghasemian, A., 2012. The influence of cationic polymer type, cationic poly acryl amid and cationic starch, on performance of nano silica for newspaper pulp and paper improvement. Journal of Wood & Forest Science and Technology, 19(3):77-94.

-Darvishzadeh, O., Jahan Latibari, A., Sepidehdam, J. and Tajdini, A., 2014. Effect of Simultaneous Addition of Cationic Starch and Bentonite on Some Properties of Writing and Printing Paper. Journal of Forest and Wood Products (JFWP), Iranian Journal of Natural Resources, 66(4):519-527.

-Hedberg, F., and Lindstorm, T., 1993. The Degree of Substitution Cationic Starch in Papermaking Systems, Nordic Pulp Paper Research Journal, 4(2):278-284.

-Hubbe, M. A., 2005. Emerging technologies in wet-End Chemistry, Pira International Ltd, 91pp.

-Jalali Torshizi, H., Zare Bidoki, S., Ramezani, O. and Rudi, H., 2014. Effect of cationic poly acrylamide - nano bentonite system on retention, drainage and properties of recycled paper from OCC. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 29(3):474-483.

-Khosravani, A., Latibari, A.J., Mirshokraei, S.A., Rahmaninia, M. and Mohammad Nazhad, .M., 2010. Studying the effect of cationic starch-anionic nanosilica system on retention and drainage. BioResources, 5(2): 939-950.

-Lima, D.U., Oliveira, R.C., and Buckeridge, M.S., 2003. Seed storage hemicelluloses as wet-end additives in papermaking. Carbohydrate polymers 52, 367-373.

-Moberg, K., 1993. A Visual Perspective on Microparticles, TAPPI Papermakers Conf Proc, TAPPI PERSS, Atlanta, p.115-121.

-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.

-Rahmaninia, M., and Khosravani, A., 2015. Improving the paper recycling process of old corrugated container wastes. 49 (2): 203-208.

-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, 64(1):15-22.

-Roberts, J.C., Au, C.O., Clay, G.A., and Lough, C., 1986. The effects of C^{14}-labled Cationic and Native Starches on Dry Strength and Formation, TAPPI J. 69(10):88.

-Roberts, J.C., Au, C.O., Clay, G.A., and Lough, C., 1986. The effects of C^{14}-labled Cationic and Native Starches on Dry Strength and Formation, TAPPI J. 69(10):88.

-TAPPI T 205 om-88, 2002. Forming handsheets for physical tests of pulp.

-TAPPI T 227 om-04, 2002. Freeness of pulp (Canadian standard method).

-TAPPI T 261 cm-00, 2002. Fines fraction by weight of paper stock by wet screening.

-TAPPI T 403 om-91, 2002. Bursting strength of paper.

-TAPPI T 419 om-89, 2002. Starch in paper

-Yoshizawa, J., Isogai,A., and Onabe, F., 1998. Analysis and Retention Behaviour of Cationic and Amphoteric Starches on Hand Sheets, JPPS 24(7):212.

www.SID.ir

Archive of SID

Comparing the effect of silica sol and bentonite nanoparticles on the performance of cationic starch with respect to drainability, retention and strength properties of recycled paper

S. Jahanshahlou[1], A. Khosravani[2]* and M. Rahmaninia[3]

1- MSc., Wood and Paper Science and Technology Department, Natural Resources Faculty, Tarbiat Modarres University, Noor, Iran
2*- Corresponding Author, Assistant Professor, Wood and Paper Science and Technology Department, Natural Resources Faculty, Tarbiat Modarres University, Noor, Iran, E-mail: khosravani@modares.ac.ir
3-Assistant Professor, Wood and Paper Science and Technology Department, Natural Resources Faculty, Tarbiat Modarres University, Noor, Iran

Received: Oct., 2016 Accepted: April, 2017

Abstract

Production of test liner and fluting paper from old corrugated containers is one of the most common paper recycling processes in Iran. This type of papers are among the high basis weight papers and also contain significant fine fibrous and non-fibrous materials. Hence, the drainage and in addition, the retention of fine materials, are the obstacles for the paper mills. In these cases, usually application of drainage/retention aids, such as nanoparticle systems can be of good help. In this respect, colloidal silica and bentonite are the two most commonly used nano-particles with polyelectrolytes in papermaking wet-end. Therefore, in this research, the effect of bentonite and silica sol nano-particles on the performance of cationic starch was compared in terms of drainability, retention and strength properties of paperboard from recycled old corrugated containers. The analysis of the particle size for these two nanoparticles showed that although the thickness of bentonite platelets (maximum 22 nm) was less than nanosilica dimensions (less than 50 nm), the effect of bentonite-cationic starch was not significant in terms of retention, against the nanosilica. Regarding the drainability, following dosing of both silica and bentonite, the parameter much improved (up to 186% in the case of nanosilica). On the other hand, application of cationic starch containing systems in paper handsheets resulted in the improvement of tensile and tear indices. However, these properties decreased following addition of nano-particles. Also, internal bonding (Scott- type) incredibly increased (up to 354%) by application of cationic starch and nanosilica. Finally, generally in the case of OCC furnish, the nanosilica-cationic starch system had a better performance in terms of drainability, retention of fine materials and fiber fines and also strength properties, rather than cationic starch-bentonite.

Keywords: Nanosilica, Nanobentonite, Cationic Starch, Old Corrugated Container, Drainability.

www.SID.ir