Archive of SID

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۴ شماره ۱، صفحه ۱۱-۱، (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJWPR.2018.122622.1484
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0913.1398.34.1.66.1.1578.32

تأثیر اندودسازی سطحی کاغذ با نانوهیدروژل کایتوزان-اکریلیک‌اسید بر جذب آب، ویژگی‌های مقاومتی و نوری

حسین جلالی ترشیزی[1*]، عبدالله عابدی بفراجرد[2] و رضا شیدپور[1]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، ایران، پست الکترونیک: H_Jalali@sbu.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، ایران

۳- استادیار، دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۷

چکیده

تأمین همزمان ویژگی‌های متعارض در کاغذ از مهمترین مسائل کاغذسازان بوده که مثلاً در کاغذهای بهداشتی، تأمین مقاومت مطلوب توأم با جذب آب بالا، اهمیت بسیاری دارد. زیرا افزایش پیوندیابی منجربه کاهش دسترس‌پذیری گروه‌های آب‌دوست می‌شود. بدین‌منظور از هیدروژل که کاربرد روزافزونی در فراورده‌های حجیم سلولزی جاذب دارد، به‌عنوان اندود سطحی کاغذ و کاغذهای آغشته‌شده با آب مقطر به‌عنوان شاهد استفاده گردید. هیدروژل کایتوزان-اکریلیک اسید پس از تهیه، توسط همگن‌ساز فراصوت به ابعاد نانو تبدیل و با ابزار پراکنش نور پویا، مقیاس ذرات تأیید گردید. تصاویر SEM و نتایج ضخامت، نشست نانوهیدروژل بر سطح کاغذ را تأیید نمود. جذب آب کاغذهای اندود شده با ۱، ۱/۵ و ۲٪ نانوهیدروژل افزایش چشمگیری یافته و تا۵۰٪ بهبود را نسبت به کاغذ تیمارنشده نشان داد. شاخص‌های ترکیدن و کششی خشک کاغذ همزمان با بهبود جذب آب افزایش‌یافته، اما شاخص پارگی بدون تغییر باقی‌ماند. افزایش پیوندیابی بین لیفی ناشی از فراوانی گروه‌های کربوکسیلیک اسید در اکریلیک اسید و نیز هیدروکسیلی و آمینی در کایتوزان بوده و تشکیل فیلم نانوهیدروژل نیز به‌عنوان ساختاری مکمل و پیوسته با بستر سلولزی، منجر به بهبود مقاومت‌ها می‌گردد. شاخص کششی تَر فقط در بالاترین سطح اندودسازی (۲٪) افزایش چشمگیری داشته و در سطوح پایین‌تر موفق نبوده است. ماتی، سفیدی و روشنی کاغذهای اندودشده تقریباً ثابت ولی زردی بدلیل ماهیت کایتوزان افزایش‌یافت. سفتی کاغذهای اندودشده در مقایسه با اندودنشده افزایش ولی نسبت به نمونه‌های آب مقطر در تمامی سطوح کاهش داشته و به‌عبارتی منجر به افزایش نرمی شد. تیمار آبی کاغذها، منجربه کاهش ضخامت، شاخص‌های کششی و ترکیدن و افزایش سفتی شد.

واژه‌های کلیدی: اندود سطحی، ویژگی‌های کاغذ، نانوهیدروژل کایتوزان-اسیداکریلیک.

مقدمه

کاغذ کاربردهای متعدد و متنوعی در زندگی امروزه داشته که از مهمترین و بی‌بدیل‌ترین موارد آن، کاربردهای بهداشتی است. ایران کشوری در حال توسعه به‌ویژه در زمینه‌های بهداشتی و فرهنگی است که فاصله سرانه مصرف کاغذهای بهداشتی کشور (۱/۲۵ کیلوگرم) با سرانه دنیا (۴ کیلوگرم)، دورنمای این زمینه و صنایع وابسته به آن را نشان می‌دهد (Afra *et al.*, 2015). ویژگی‌های مناسب مقاومتی و نوری ازجمله ویژگی‌های مشترک اغلب فراورده‌های کاغذی است، اما وجه تمایز آشکار

www.SID.ir

Archive of SID

کاغذهای بهداشتی، انعطاف‌پذیری و نرمی مناسب و مهمتر از آن ظرفیت زیاد جذب مایعات توأم با حفظ استحکام و ساختار کاغذ در حالت کاملاً آغشته با مایع است؛ بنابراین ازجمله موارد بغرنج و پارادوکس در تولید کاغذهای بهداشتی، انتخاب نوع و میزان افزودنی‌هایی است که علاوه بر تأمین مقاومت تَر کاغذ، منجر به افت چشمگیری در ظرفیت جذب آب و نیز نرمی کاغذ نشود (Jalali Torshizi *et al.*, 2017). زیرا تأمین مقاومت کاغذ مستلزم افزایش پیوندیابی و اتصالات با گروه‌های هیدروکسیلی الیاف سلولزی است که علاوه بر از دسترس خارج‌نمودن گروه‌های هیدروکسیلی سطح الیاف برای جذب مولکول‌های آب، منجر به افزایش سفتی و به‌عبارتی کاهش نرمی و انعطاف‌پذیری کاغذ می‌گردد. به‌طور معمول برای تأمین مقاومت تَر فراورده‌های بهداشتی، رزین‌های سنتزی به‌ویژه پلی‌آمیدوآمین اپی‌کلروهیدرین (Jalali Torshizi *et al.*, 2017) و پلی‌اکریلامید گلی‌اکسال‌دار (Yadollahi, *et al.*, 2014) به خمیرکاغذ و در پایانه تَر افزوده می‌شود که به‌طور اجتناب‌ناپذیری کاهش جذب آب و نرمی کاغذ را سبب می‌گردد. درعین‌حالی که مشکل تجزیه‌ناپذیری و منومرهای سمی آزادشده از این افزودنی‌ها موجب نگرانی است. بااین‌حال همزه و همکاران، روش اندود سطحی را در مقایسه با کاربرد افزودنی در دوغاب خمیرکاغذ، در بهبود ویژگی‌ها موفق‌تر گزارش‌نمودند که تا حدودی نیز فاقد مشکلات آلایندگی در پایانه تَر کاغذسازی است(Hamzeh, *et al.*, 2015). مطالعات متعددی بر کاربرد کایتوزان، به‌عنوان زیست‌بسپاری غیرسمی و دوستدار محیط‌زیست برای ارتقای مقاومت‌های تَر و خشک کاغذ و نیز توانایی آن در نگه‌دارندگی و آبگیری از اجزای دوغاب خمیرکاغذ، با تکیه بر سازگاری و شباهت ساختاری آن با سلولز گزارش شده‌است (Nicu, *et al.*, 2011). اسپری نانوکایتوزان بر کاغذهای بسته‌بندی آنتی‌باکتریال، منجر به افزایش مقاومت کششی، ترکیدن و تاخوردن نسبت به نمونه شاهد و بدون تغییر در ضخامت کاغذ گردید (Hong & Tang 2014). بااین‌حال، اتصالات عرضی ایجادشده توسط این زیست‌بسپار به‌طور قابل‌توجهی منجر به کاهش جذب آب کاغذ می‌گردد (Jalali Torshizi *et al.*, 2017). کایتوزان دارای گروه آمین آزاد است که به‌راحتی در اسید حل می‌شود. واکنش مواد آنیونی مانند آکریلیک اسید با کایتوزان (در حضور عامل اتصال عرضی)، هیدروژلی دارای اتصالات عرضی فراوان را ایجاد می‌کند که علاوه بر دارا بودن بارهای کاتیونی و آنیونی، به‌شدت جاذب آب است. آکریلیک اسید، پلی‌الکترولیت و سوپرجاذب غیرسمی و تجاری است که کاربرد آن در فراورده‌های بهداشتی جاذب به‌طور چشمگیری افزایش یافته‌است (Hong & Tang 2014). تا جایی که مطالعه جذب آب هیدروژل آکریلیک اسید پیوندیافته با کایتوزان، جذب حدود ۹۰g/g را نشان‌داده است (Astrini *et al.*, 2017). از آنجایی که بیش از ۸۰٪ هیدروژل‌های تولیدی صرف فراورده‌های جاذب بهداشتی می‌شوند، با هدف نیل به امکان تأمین همزمان مقاومت‌ها و نیز جذب آب فراورده سلولزی، در این پژوهش سعی شد تا با اعمال هیدروژلی مرکب از کایتوزان به‌عنوان زیست‌بسپار مقاومت خشک و دارای برقراری اتصالات عرضی مقاوم به آب و نیز آکریلیک اسید به‌عنوان سوپرجاذب آب، چگونگی و گستره تأثیر آن بر ویژگی‌های کاغذ شناسایی گردد.

مواد و روش‌ها

مواد:

کایتوزان با وزن مولکولی متوسط (۳۱۰ -۱۹۰ کیلودالتون) و میزان استیل‌زدایی ۸۵٪-۷۵ از شرکت Sigma-Aldrich، آکریلیک اسید از شرکت Merck و N′-Methylenebisacrylamid N, (NMBA) و پتاسیم پرسولفات از شرکت شیمی پژوهش آسیا تهیه‌شد. کاغذ چاپ و تحریر با گراماژ (g/m^2)۷۰، میزان رطوبت ۴/۵٪ و خاکستر ۲۰٪، از کارخانه کاغذسازی تبریز-امیرآباد مازندران تهیه و اندازه‌گیری ویژگی‌های کاغذهای شاهد

www.SID.ir

Archive of SID

(فاقد اندود و به‌صورت دریافت‌شده از کارخانه) و تیمارشده طبق استانداردهای آیین‌نامه TAPPI برابر زیر انجام شد: شاخص پارگی (T414 om- 98)، شاخص سفتی خمشی (T489 om- 04)، شاخص کششی تَر (T456 om- 03)، شاخص کشش خشک (T494 om-01)، شاخص ترکیدن (T403 om- 97)، سفیدی (T560 om-05) و براقیت (T452 om-02). درصد جذب آب کاغذ نیز برابر استاندارد ملی ایران ISIRI 2421 به‌صورت نسبت میزان آب جذب‌شده به جرم خشک کاغذ اندازه‌گیری شد. تهیه ریزنگاره از ضخامت کاغذها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی[1] (SEM) مدل HITACHI انجام گردید.

تهیه نانوهیدروژل کایتوزان-آکریلیک اسید

سنتز هیدروژل کایتوزان-آکرلیک اسید بر اساس روش Spagnol و همکاران (۲۰۱۲) انجام شد (Spagnol *et al.*, 2012). بدین منظور میزان ۰/۰۱۵ گرم اتصال‌دهنده عرضی[2] NMBA به محلول حاوی ۰/۰۱ گرم کایتوزان و ۰/۴۹ گرم آکریلیک اسید در حجم ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده و تا $50^{o}C$ حرارت داده‌شد. سپس ۰/۰۱ گرم پتاسیم پرسولفات به‌عنوان آغازگر[3] واکنش به محلول افزوده و دما به $60^{o}C$ افزایش یافته و در حالت همزدن به‌مدت ۲ ساعت حفظ گردید. سپس محلول هیدروژل توسط تیتراسیون با محلول NaOH یک مولار خنثی شده و درنهایت در دمای $80^{o}C$ به‌مدت ۲۴ ساعت در کوره خشک گردید. تبدیل هیدروژل به نانوهیدروژل، پس از متورم‌سازی هیدروژل تهیه‌شده به‌مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر، در دستگاه همگن‌ساز فراصوت[4] مدل MISONIX به‌صورت دو دوره ۱۰ دقیقه‌ای با فرکانس ۷۰ kHz انجام شده و با کمک دستگاه پراکنش نور پویا[5] (DLS) مدل Nanophox 90-246V با دامنه اندازه‌گیری ۱۰۰۰۰-۱ نانومتر، مقیاس نانوذرات تأییدگردید. حجم‌های ۵، ۷/۵ و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر و نیز به‌ترتیب محلول نانوهیدروژل ۱، ۱/۵ و ۲ درصد جرم کاغذ به‌صورت سطحی بر کاغذ اعمال‌شده و پس از خشک‌کردن کاغذ تیمارشده در $70^{o}C$ و به‌صورت مقید (برای ممانعت از چروک و هم‌کشیدگی) در کیسه‌های زیپ‌دار نگهداری شد. از نرم‌افزار آماری SPSS برای تحلیل داده‌ها و از آزمون دانکن برای گروه‌بندی میانگین داده‌ها استفاده گردید.

نتایج

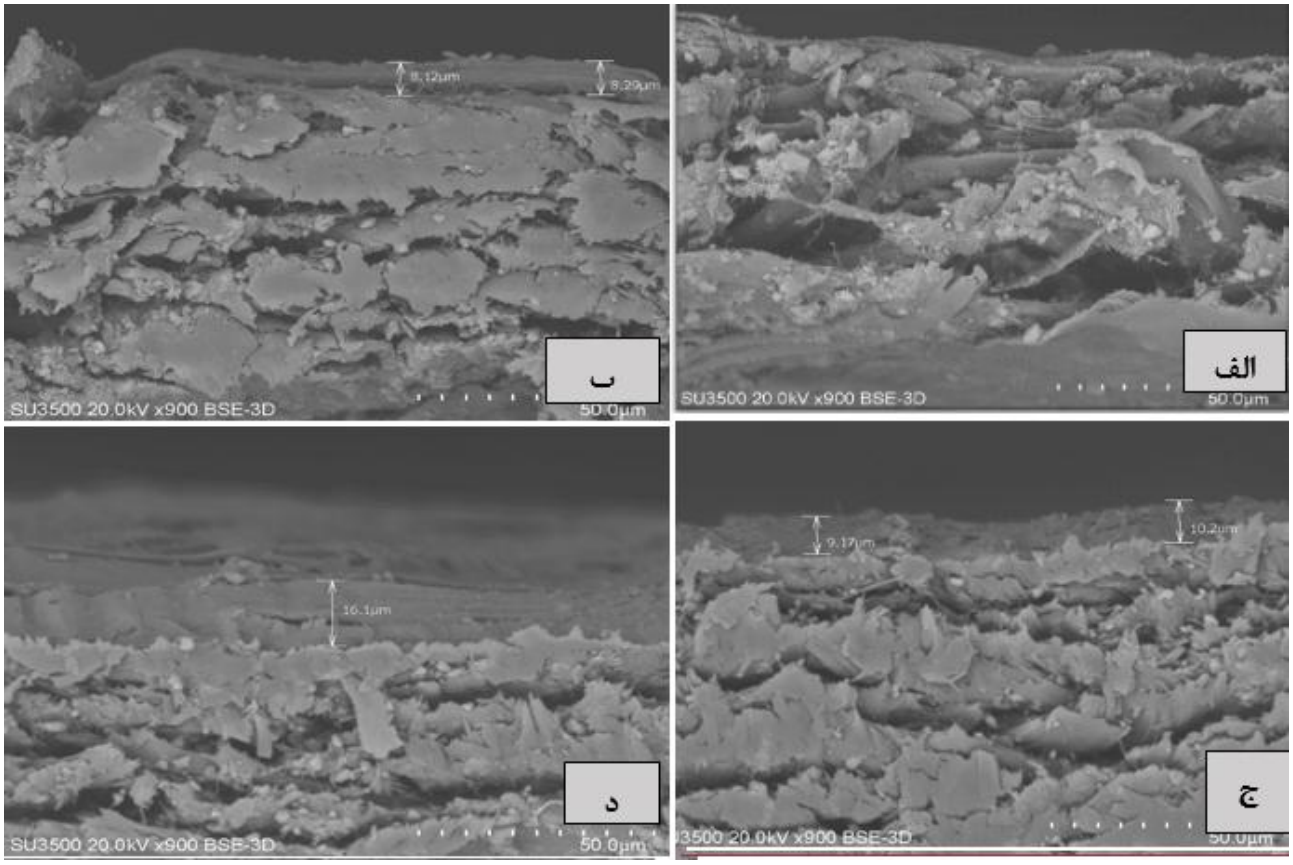
تصاویر SEM مقطع عرضی

بررسی میکروگراف‌های تهیه‌شده از راستای ضخامت کاغذهای تیمارشده (شکل ۱ ب-د) و مقایسه با نمونه شاهد (شکل ۱ الف)، به‌خوبی رسوب لایه‌ای متمایز از متن شبکه لیفی سلولزی به‌صورت توده‌ای پیوسته و غیرمتخلخل را بر سطح کاغذ نشان می‌دهد. نکته جالب توجه ضخیم‌ترشدن لایه مزبور بدلیل افزایش میزان اعمال نانوهیدروژل (از ۱ تا ٪۲) بر سطح کاغذ است. همچنین افزایش تراکم و فشردگی راستای Z و کاهش حجمی فضا در تصاویر مختلف نمونه‌های تیمارشده مشاهده‌گردید که می‌تواند ناشی از تکرار خیس و خشک‌شدن مقید نمونه‌های کاغذی باشد. این استنباط با تغییرات ضخامت کاغذ سازگار بوده که در ادامه ارائه شده‌است.

1- Scanning Electron Microscope
2- Cross Linker
3- Initiator
4- Ultrasonic Homogenizer
5- Dynamic light Scattering

www.SID.ir

Archive of SID



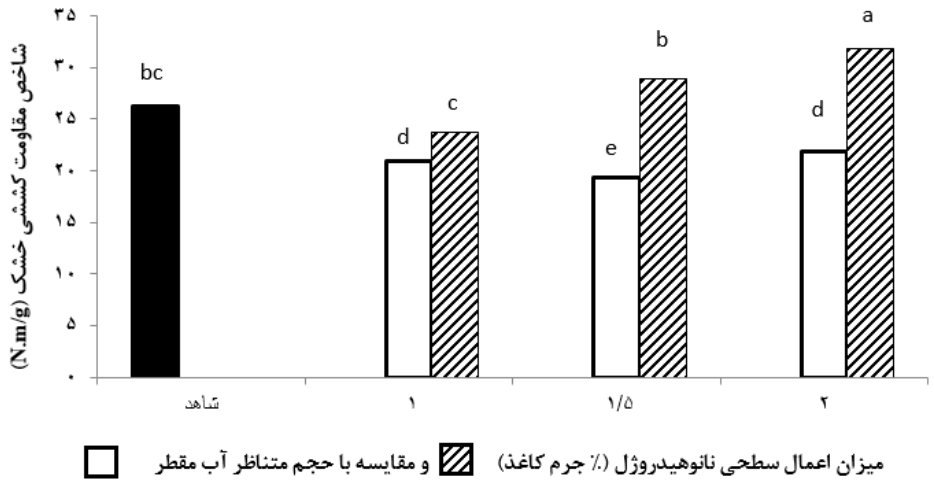
شکل ۱- ریزنگاره‌های SEM ضخامت کاغذهای شاهد (الف)، اندودشده با نانوهیدروژل ۱٪ (ب)، ۱/۵٪ (ج) و ۲٪ (د).

شاخص کششی خشک

مقاومت فراورده‌های سلولزی به کشش وارده بر آنها از اهمیت چشمگیری در کاربرد نهایی محصول و نیز فرایندهای تولیدی و تبدیلی آن برخوردار است. خیس و خشک‌شدن الیاف سلولزی و تجدید این چرخه به‌ویژه در تکرارهای زیاد، افت قابلیت پیوندیابی و کاهش مقاومت کاغذ را به‌همراه داشته که عمدتاً به پدیده استخوانی‌شدن مرتبط می‌گردد؛ بنابراین کاهش مقاومت کاغذهای خیس‌شده با آب مقطر در مقایسه با نمونه شاهد قابل توجیه است. اما اعمال سیال آبی حاوی نانوهیدروژل تماماً منجر به بهبود چشمگیر و معنی‌دار شاخص کشش نسبت به آب مقطر گردید. تا جایی‌که در مقایسه با نمونه شاهد (۲۶/۲ N.m/g)، نقصان مقاومتی ناشی از خشک و خیس‌شدن، به‌طور کامل مهارشده و به‌جز پایین‌ترین سطح کاربرد (۱٪)، در کاربرد ۱/۵ و ۲٪ نانوهیدروژل به‌ترتیب بیش از ۱۰ و ۲۰٪ افزایش مقاومت به کشش حاصل گردید. وجود سرشار گروه‌های کربوکسیلیک اسیدی در ساختار اسید اکریلیک به‌عنوان جزء برتر سازنده هیدروژل کایتوزان-اکریلیک اسید و نیز گروه‌های عاملی هیدروکسیلی و آمینی در ساختار کایتوزان (Habibie *et al.*, 2016) به ارتقای پیوندیابی کاغذ اندودشده کمک نموده و فیلم نانوهیدروژل نیز به‌عنوان ساختاری مکمل و پیوسته با ماده زمینه سلولزی، منجر به بهبود مقاومت می‌گردد. کاهش غیرمعنی‌دار شاخص کشش در تیمار حاوی ۱٪ نانوهیدروژل می‌تواند ناشی از برتری اثر کاهنده خیس و خشک‌شدن کاغذ نسبت به تأثیر بهبوددهندگی نانوهیدروژل تفسیرگردد که با افرایش میزان کاربرد نانوهیدروژل، این حالت معکوس‌شد (شکل ۲).

www.SID.ir

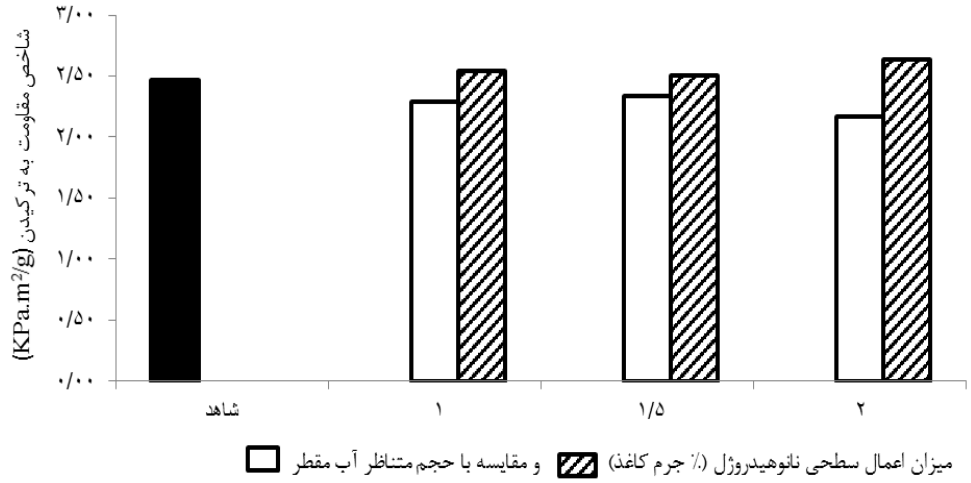
Archive of SID



شکل ۲- تأثیر اعمال سطحی نانوهیدروژل و آب مقطر بر شاخص مقاومت کششی خشک کاغذ

شاخص ترکیدن

به‌عنوان قانون کلی، مقاومت به ترکیدن فراورده‌های کاغذی از فاکتورهای یکسانی با مقاومت کششی تبعیت نموده و عموماً روندی مشابه را نشان می‌دهد؛ بنابراین و همانند اثرها و روند مشاهده‌شده در ویژگی کششی، اعمال سطحی نانوهیدروژل کایتوزان-اکریلیک اسید منجر به بهبود شاخص ترکیدن کاغذ از ۲/۴ به بیش از ۲/۶ ($KPa.m^2/g$) گردید. همچنین تمامی مقادیر اعمالی آب مقطر بر سطح کاغذ، کاهش پیوسته شاخص ترکیدن را به‌همراه داشته که دلایل ارائه‌شده در بخش شاخص کشش بدلیل همانندی تأثیرپذیری با شاخص کشش، در اینجا نیز مصداق دارد. تنوع و فراوانی حضور گروه‌های عاملی دارای پیوندیابی با الیاف مشتمل بر $-OH$، $CONH_2$، $COOH$ و COO^- منجر به بهبود استحکام کاغذ و افزایش توان تحمل تنش‌های مکانیکی اعمالی بر ساختار کاغذ می‌گردد که به‌خوبی با افزایش میزان کاربرد نانوهیدروژل، ارتقای بیشتر مقاومت‌های کششی و ترکیدن -که هر دو عمدتاً تابع پیوندیابی بین لیفی هستند- قابل مشاهده‌است.



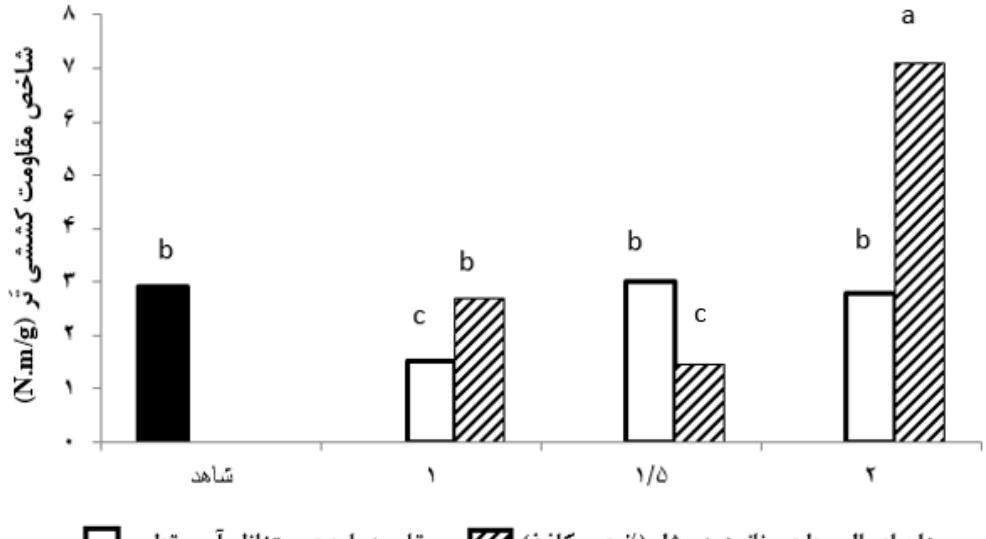
شکل ۳- تأثیر اعمال سطحی نانوهیدروژل و آب مقطر بر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص کششی تَر

دارا بودن بخشی از استحکام اولیه (خشک) فراورده‌های کاغذی پس از مرطوب‌شدن توسط مایعات (عمدتاً آب) در بسیاری از فراورده‌های سلولزی مطلوب و در برخی موارد مانند دستمال‌های کاغذی، کاغذ اسکناس و اوراق بهادار، کیسه چای، فیلترها و ... الزامیست؛ بنابراین ایجاد مقامت تَر توسط پیوندهایی مقاوم در برابر آب مانند کووالانسی محقق می‌گردد. گروه آمینی کایتوزان می‌تواند منجر به برقراری پیوند کووالانسی مقاوم به آب شود (Chen *et al.*, 2013). اما همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، سهم اندک کایتوزان (۲٪ جرم نانوهیدروژل) اغلب نتوانسته منجر به افزایش شاخص مقاومتی تَر کاغذ شود. از سوی دیگر ماهیت به‌شدت آب‌دوست هیدروژل نیز بدلیل جذب آب بیش از ظرفیت ساختار لیفی کاغذ در ساختار سه‌بعدی هیدروژل، می‌تواند دلیلی بر کاهش شاخص مقاومتی کاغذ اندودشده با نانوهیدروژل در حالت خیس باشد. لازم به ذکر است که نمونه‌های آغشته‌شده با آب مقطر عمدتاً از تغییر شاخص کششی تَر مصون بوده‌اند. افزایش اتصالات عرضی بین رشته‌های سلولزی –خواه در مقیاس میکرو یا ماکرو– بر اثر چرخه خیس و خشک‌شدن پذیرفته شده‌است که در توجیه عدم‌تغییر شاخص کششی تَر کاغذهای مزبور (آغشته با آب مقطر) قابل‌ذکر و استدلال است.



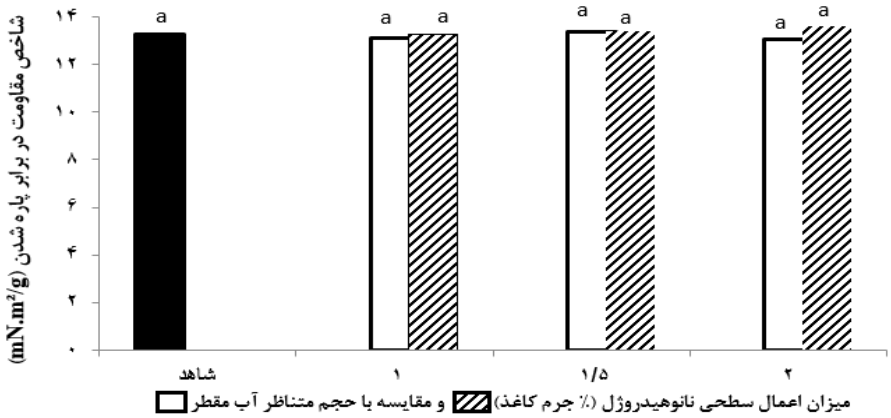
شکل ۴- تأثیر اعمال سطحی نانوهیدروژل و آب مقطر بر شاخص کششی تَر کاغذ

شاخص پارگی

مقاومت پارگی کاغذ به‌ویژه از منظر فرایندپذیری کاغذ و فرایندهای تبدیلی مانند چاپ و بسته‌بندی حائز اهمیت بوده و عمدتاً ناشی از ساختار مورفولوژیکی الیاف و کیفیت شکل‌گیری کاغذ است. اما کمیت و کیفیت اتصالات در ساختار کاغذ نیز بر این مقاومت تأثیرگذار است. براساس شکل ۴، اعمال نانوهیدروژل و نیز آب مقطر فاقد تأثیر معنی‌دار و ملموسی بر شاخص پارگی کاغذ بوده و فقط منجر به کسب مقاومت ($mN.m^2/g$) ۱۳/۶ در مقایسه با نمونه شاهد ($mN.m^2/g$) ۱۳/۳ گردید؛ بنابراین اعمال سطحی نانوهیدروژل کایتوزان–اکریلیک اسید تأثیری بر شاخص پارگی کاغذ نداشته‌است.

www.SID.ir

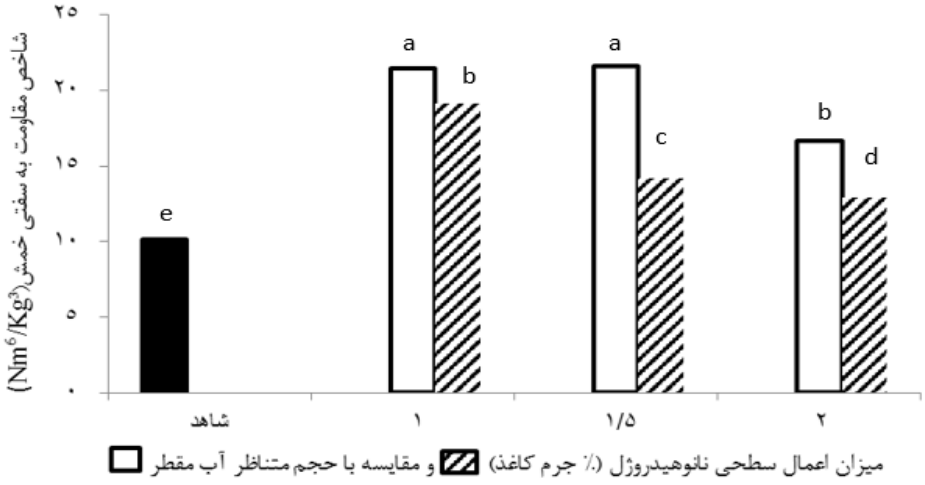
Archive of SID



شکل ۵- تأثیر اعمال سطحی نانوهیدروژل و آب مقطر بر شاخص پارگی کاغذ

سفتی خمشی

نرمی و انعطاف‌پذیری زیاد و به‌عبارتی سفتی کم در برابر خمش و مچاله‌شدن از مهمترین ویژگی‌های مورد توجه عام و خاص در کاغذهای بهداشتی است. در تمامی فراورده‌های سلولزی بدیهی‌است که با کاربرد مواد شیمیایی افزایش‌دهنده پیوندیابی، آزادی و انعطاف ساختار لیفی محدودشده که در عین مطلوبیت در بسیاری از فراورده‌ها مانند کاغذهای بسته‌بندی، در فراورده‌های سلولزی بهداشتی به‌عنوان ماهیتی نامطلوب و البته اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌گردد؛ بنابراین و باتوجه به افزایش پیوندیابی مستندشده در مقاومت‌های کاغذ بر اثر اعمال سطحی نانوهیدروژل، افزایش سفتی خمشی تمامی کاغذهای تیمارشده نسبت به نمونه شاهد قابل گزارش است. اما افزایش میزان اعمال نانوهیدروژل به‌طور یکنواختی منجر به کاهش سفتی و به‌عبارتی افزایش نرمی گردیده‌است. لازم به ذکر است که در تمامی سطوح مطالعه، سفتی خمشی کاغذهای تیمارشده با نانوهیدروژل کمتر از کاغذهای آغشته با آب مقطر است. افزایش سفتی خمشی کاغذ نسبت به تیمار شاهد در تیمارهای آب بدلیل چرخه خیس‌شدن شبکه لیفی و پدیده استخوانی‌شدن و کاهش انعطاف‌پذیری، قابل توجیه است؛ بنابراین و درواقع اعمال نانوهیدروژل منجر به افزایش نرمی و انعطاف‌پذیری کاغذ در مقایسه با خیساندن توسط آب مقطر و خشک‌کردن پس‌ازآن شده، در عین حالی که به سطحی برابر با نمونه شاهد کاهش پیدا نکرد.



شکل ۶- تأثیر اعمال سطحی نانوهیدروژل و آب مقطر بر سفتی خمش کاغذ

www.SID.ir

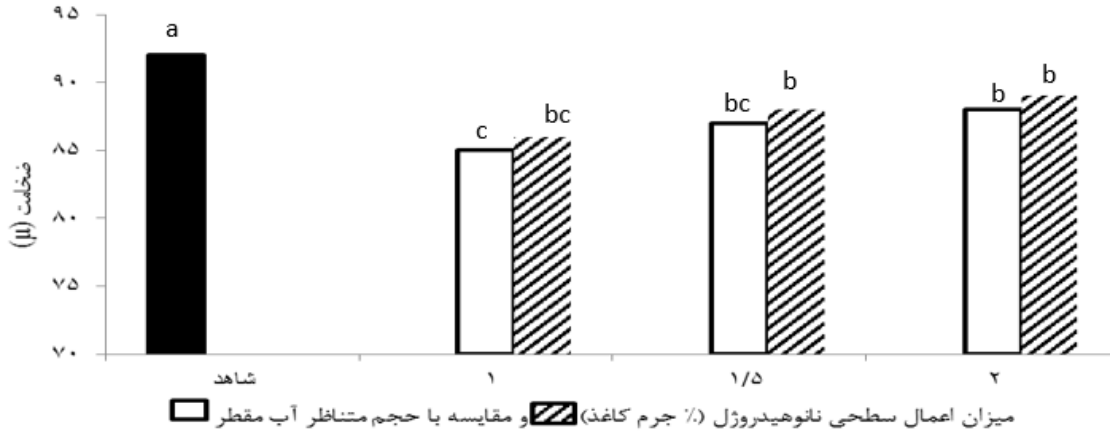
Archive of SID

ضخامت کاغذ

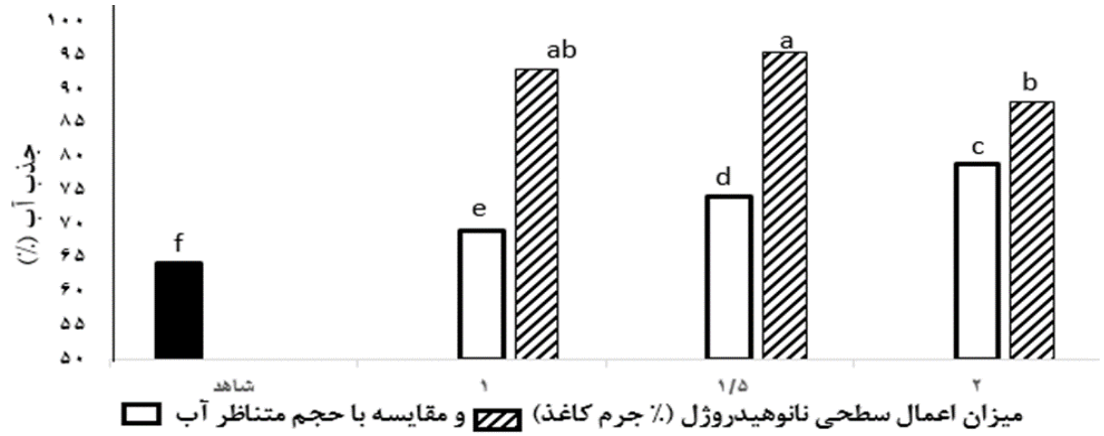
نتایج ضخامت کاغذ نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار در تمامی تیمارهای آب مقطر و نانوهیدروژل در مقایسه با نمونه کاغذ شاهد بوده که در سازگاری با تصاویر SEM تهیه‌شده از سطح مقطع عرضی (راستای Z) است. خیس‌شدن دوباره الیاف سلولزی و خشک‌شدن تحت‌فشار، منجر به تشدید فشردگی و انسجام ساختار کاغذ شده که به‌صورت کاهش ضخامت بروز می‌نماید. اعمال نانوهیدروژل نیز به‌طور پیوسته‌ای منجر به افزایش میانگین ضخامت کاغذهای اندودشده نسبت به نمونه‌های آغشته به آب مقطر گردید که البته از منظر آماری تفاوت معنی‌داری حاصل نشد. در عین حالی که افزایش ضخامت ناشی از اندود اعمال‌شده، منجر به ضخامت اولیه کاغذ (۹۲ میکرومتر) نشد.

جذب آب

هدف اصلی کاربرد هیدروژل‌ها، افزایش ظرفیت جذب آب است و در فراورده‌های بهداشتی از اهمیت زیادی برخوردار بوده که مأموریت اصلی این پژوهش است. اعمال سطحی نانوهیدروژل منجر به افزایش چشمگیر ظرفیت جذب آب کاغذ اندودشده با ۱٪ نانوهیدروژل تا بیش از ۹۵٪ نسبت به شاهد (۶۴٪) شد (شکل ۱۲)؛ اما نکته جالب توجه، افزایش پیوسته جذب آب کاغذهای تیمارشده با آب بوده که پس از اطمینان از تکرارپذیری داده‌ها، دلیلی برای آن یافت نشد.



شکل ۷- تأثیر اعمال سطحی نانوهیدروژل و آب مقطر بر ضخامت کاغذ



شکل ۸- تأثیر اعمال سطحی نانوهیدروژل و آب مقطر بر جذب آب کاغذ

www.SID.ir

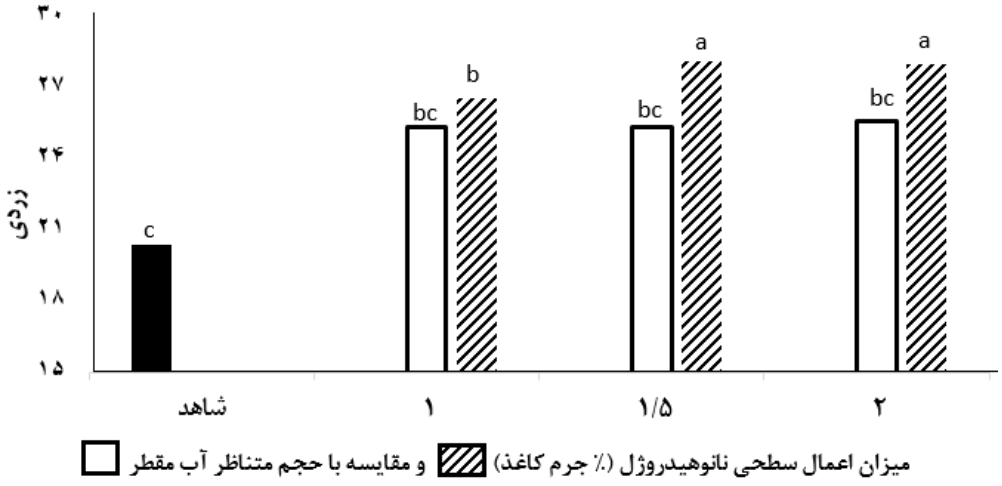
Archive of SID

ویژگی‌های نوری

در کاغذهای بهداشتی، ظاهر مطلوب کاغذ هم از لحاظ مصرف‌کننده و نیز قابلیت چاپ طرح و نقش بر کاغذ از اهمیت بالایی برخوردار است. در نمونه کاغذهای شاهد و تیمارشده با نانوهیدروژل و آب مقطر، بررسی ویژگی‌های نوری مشتمل بر ماتی (۹۱-۹۲٪)، روشنی (۱۰۲-۱۰۴٪)، سفیدی (۸۰-۸۱٪) حکایت از عدم تغییر نسبت به یکدیگر و نیز در سطوح مختلف اعمالی داشته که به‌همین دلیل از ارائه روند داده‌های مزبور اجتناب گردید. اما زردی کاغذ بدلیل اعمال نانوهیدروژل کایتوزان-اکریلیک اسید دستخوش افزایش گردید. به‌طوری‌که درجه زردی کاغذ از ۲۰ در نمونه شاهد به ۲۸ در نمونه‌های اندودشده با ۲ و ۱/۵ درصد نانوهیدروژل افزایش یافت. طبیعت متمایل به زردرنگ کایتوزان مهمترین دلیل در افزایش درجه زردی کاغذ اندودشده است.

بحث

عدم ماندگاری مناسب مواد افزودنی در پایانه تَر کاغذسازی و نیز سطح پائین فناوری در برخی واحدهای تولیدی انواع کاغذ، روش اعمال سطحی مواد متنوع افزودنی بر سطح کاغذ را بجای افزودن به دوغاب خمیرکاغذ در معرض توجه قرار داده‌است. از سویی تمایل به افزایش ظرفیت جذب آب در فراورده‌های بهداشتی سلولزی، طیف وسیعی از انواع هیدروژل‌ها را در معرض انتخاب قرار داده که بدلیل ماهیت جذب آب بالای آنها در تماس با آب، به دلایل فرایندی (میزان و سرعت آبگیری)، کاربرد آنها در پایانه تَر کاغذسازی با مشکل مواجه می‌گردد.



شکل ۹- تأثیر اعمال سطحی نانوهیدروژل و آب مقطر بر زردی کاغذ

نتایج اعمال نانوهیدروژل کایتوزان-اکریلیک اسید بر سطح کاغذ افزایش ظرفیت جذب آب تا حدود ۵۰٪ را موجب گردیده که بدلیل حضور کایتوزان به‌عنوان زیست‌بسپاری با رنگ متمایل به زرد، افزایش زردی کاغذ اندودشده نیز حاصل‌گردید. اما دیگر ویژگی‌های نوری مشتمل بر ماتی، سفیدی و روشنی مصون از تغییرات باقی ماند. ضخامت کاغذ توأم با افزایش میزان اعمال نانوهیدروژل افزایش یافته، اما به دلیل خیساندن کاغذ و نیز خشک‌شدن دوباره آن تحت فشار، ضخامت کاغذ به ضخامت اولیه کاغذ شاهد نائل نگردید که از جنبه ظرفیت بسته‌بندی کاغذهای بهداشتی حائز اهمیت است. تصاویر SEM نیز لایه متمایز اندود بر سطح کاغذ را تأیید نمود. بااین‌حال، سفتی کاغذهای اندودشده در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافته که با توجه به افزایش بیش از دو برابری سفتی کاغذهای تیمارشده با آب مقطر، عمدتاً نشئت‌گرفته از خیس و خشک‌شدن کاغذ تفسیر می‌گردد. به‌عبارتی هیدروژل نانوکایتوزان-اکریلیک اسید درواقع منجر به بهبود نرمی (کاهش سفتی) کاغذ خیس‌شده با محلول نانوهیدروژل در مقایسه با کاغذ

www.SID.ir

Archive of SID

خیس‌شـــده بـا آب گردیـده کـه افزایش میزان اعمـال نانوهیدروژل نیز بر بهبود نرمی (کاهش سـفتی) افزوده است. بـااین‌حـال و بـدلیـل افزایش پیوندیابی حاصـــل از کاربرد بسـپارهای کایتوزان و اکریلیک اسـید، سـفتی خمشی کاغذ اندودشده بیشتر از نمونه شاهد مشاهده گردید. افزایش مزبور در پیوندیابی شـــبکه الیاف کاغذ منجر به بهبود مقاومت‌های تابع پیوندیابی، یعنی شاخص‌های کششی و ترکیدن گردید که عمومـاً از رونـدی صـــعودی توأم بـا افزایش میزان اعمـال نـانوهیـدروژل برخوردار بود. بـااین‌حال، شـــاخص پارگی کاغذها هیچ‌گونه تأثیری را از اعمال ســـطحی نانوهیدروژل نشـان نداد. همچنین تأثیرپذیری شـاخص کششی تَر کاغذها از انـدود هیـدروژل کایتوزان–اکریلیک اســید در ســـطوح پایین‌تر اندودسـازی، بدلیل سـهم اندک کایتوزان در ساختار هیدروژل از یکسو و جذب حدود ۵۰٪ آب فراتر از ظرفیت اولیه کاغذ از سوی دیگر ناچیز بوده، اما در سطح کاربرد ۲٪ نانوهیدروژل منجر به افزایش چشـمگیر شـاخص کششی تَر گردید.

منابع مورد استفاده

-Afra, E., Mohammadi, M., Sarayan, A. and Imani, R., 2015. The production of nanobasic microballs and their use in paper with the aim of improving its antibacterial properties. Journal of Forest and Wood Products, 68 (3), 547-557.

-Astrini, N., Anah, L. and Haryono, A., 2017. Water absorbency of chitosan grafted acrylic acid hydrogels. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 223(1) 12-45.

-Chen, Z., Zhang, H., Song, Z. and Qian, X., 2013. Combination of glyoxal and chitosan as the crosslinking system to improve paper wet strength. BioResources, 8(4), 6087-6096.

-Habibie, S., Hamzah, M., Anggaravidya, M. and Kalembang, E., 2016. The effect of chitosan on physical and mechanical properties of paper. Journal of Chemical Engineering and Materials Science, 7(1), 1-10.

-Hamzeh, Y., Yadollahi, R., Mahdavi, H., and Pourmousa, Sh., 2015. Effect of Application Method of Wet Strength Additives on Paper Properties. Journal of Forest and Wood Products, 63(3), 1-10.

-Hong, Y. and Tang, L.Z., 2014. Research on Properties of Antibacterial Paper Sprayed by Nano-Chitosan. In Advanced Materials Research (Vol. 926, pp. 214-217). Trans Tech Publications.

-Jalali Torshizi, H., Chiaani, E., Rudi, H. and Nabid, M.R., 2017. Performance of chitosan and polyamide epichlorohydrin (PAE) on wet strength and water absorption of deinked pulp. Journal of Forest and Wood Products, 70 (4), 709-717.

-Nicu, R., Bobu, E. and Desbrieres, J., 2011. Chitosan as cationic polyelectrolyte in wet-end papermaking systems. Cellulose Chemistry and Technology, 45(1), 105.

-Spagnol, C., Rodrigues, F.H., Pereira, A.G., Fajardo, A.R., Rubira, A.F. and Muniz, E.C., 2012. Superabsorbent hydrogel composite made of cellulose nanofibrils and chitosan-graft-poly (acrylic acid). Carbohydrate Polymers, 87(3), 2038-2045.

-Yadollahi, R., Hamzeh, Y., Mahdavi, H. and Pourmousa, S., 2014. Synthesis and Evaluation of Glyoxalated Polyacrylamide (GPAM) as a Wet and Dry- Strengthening Agent of Paper. Iranian Journal of Polymer Science and Technology, 27 (2), 121-129.

www.SID.ir

Archive of SID

The effect of surface coating by acrylic acid-chitosan Nano hydrogel on water uptake, strength and optical properties of paper

H. Jalali Torshizi[1*], A. Aabedi bafraajerd [2] and R. Shidpour[3]

1*- Corresponding author, Assist. Prof., Faculty of New Technologies Eng., Shahid Beheshti University, Iran, Email: H_Jalali@sbu.ac.ir
2-M.Sc. student, Faculty of New Technologies Eng., Shahid Beheshti University, Iran
3- Assist. Prof., Faculty of New Technologies Eng., Shahid Beheshti University, Iran

Received: July, 2018 Accepted: Sep., 2018

Abstract

Simultaneously providing different but paradox properties of paper products has been the utmost challenging issues of papermakers, e.g., reaching proper strength combined with high water absorbency in hygienic papers has been an issue. For example, higher fiber bonding results in lower accessibility to the hydrophilic functional group. Therefore, hydrogel has attained increasing importance in bulky cellulosic diapers. In this study, surface coating on paper was investigated and compared with distillated water saturated papers. The chitosan-acrylic acid (AA) hydrogel was converted to nanoparticles using ultrasonic homogenizer and Dynamic Light scattering (DLS) confirmed the dimension of Nano scaled particles. SEM images and paper caliper revealed the formation of Nano-hydrogel coating layer on paper. The water uptake of all papers coated with 1, 1.5 and 2% Nano-hydrogel increased significantly up to 50% compared to the untreated sample. Burst and dry tensile strengths were improved in a similar way as with water uptake, but tear strength was unchanged. Increased fiber bonding due to the presence of carboxylic acid in AA combined with hydroxyl and amine groups in chitosan, and the reinforcing effect of Nano hydrogel film formation on the cellulosic substrate resulted in strength improvement. Wet tensile strength of paper revealed remarkable increase at 2% coating application, but providing negligible enhancing effects at the lower dosages. Paper opacity, brightness and whiteness remained almost unchanged, but due to chitosan yellowish nature, the paper yellowness increased. The coated paper stiffness enhanced compared to untreated paper, but revealed lower stiffness than water saturated papers. The caliper, tensile and burst indices of water treated papers were reduced and stiffness increased.

Keywords: Surface coating, paper properties, chitosan-acrylic acid Nano hydrogel**.**

www.SID.ir