تأثیر نوع و میزان عامل آهاردهی بر ویژگی‌های کاغذ دارای پرکننده کلسیم کربنات آسیابی

حمیدرضا رودی*+، حسین جلالی ترشیزی، اسماعیل رسولی گرمارودی، مجتبی آزاد سروستانی
مازندران، زیراب، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی انرژی و فناوری‌های نوین، گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ

چکیده: *این پژوهش با هدف مقایسه تأثیر آهاردهی آلکیل کتون دیمر، روزین کاتیونی و روزین صابونی بر ویژگی‌های کاغذ دارای پرکننده کلسیم کربنات آسیابی انجام شد. بدین منظور ابتدا خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی (CMP) با درجه روانی ۲۵±۳۰۰ میلی‌لیتر (CSF) توسط آهارهای آلکیل کتون دیمر، روزین کاتیونی و روزین صابونی در سطوح (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد براساس وزن خشک الیاف) تیمار شد. در ادامه، پرکننده معدنی کلسیم کربنات آسیابی و سرانجام پلیمر کمک نگهدارنده اکریل آمید کاتیونی به ترتیب در سطوح ثابت ۲۵ درصد و ۰/۳ درصد براساس وزن خشک کاغذ به سوسپانسیون الیاف افزوده شد. ساخت کاغذ دست‌ساز استاندارد با وزن پایه ۶۰±۳ g/m^2 و ارزیابی ویژگی‌های گوناگون آن مانند جذب آب و ویژگی‌های مقاومتی و نوری مطابق روش‌های استاندارد TAPPI انجام گرفت. نتیجه‌ها نشان داد که آهار روزین کاتیونی در حضور پرکننده‌های کلسیم کربنات نسبت به عامل‌های آهار دیگر عملکرد بهتری داشته است. زیرا در ویژگی‌های به تقریب برابر جذب آب و مقاومت‌ها، ویژگی‌های نوری کاغذهای تهیه شده از خمیر آهار شده با روزین کاتیونی به طور معنی‌داری بیش‌تر از زمانی است که از آهارهای آلکیل کتون دیمر و روزین صابونی استفاده شده است.*

واژه‌های کلیدی: *عامل آهاردهی؛ پرکننده؛ کلسیم کربنات آسیابی؛ ویژگی‌های کاغذ؛ خمیر شیمیایی ـ مکانیکی.*

KEYWORDS: *Sizing agent; Filler; Ground calcium carbonate (GCC); Paper properties; Chemimechanical pulp (CMP).*

مقدمه

واژه آهارزنی داخلی[۱] که به‌وسیله تولیدکنندگان کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرد، فرایندی را توصیف می‌کند که در طی آن مواد شیمیایی به سوسپانسیون الیاف سلولزی افزوده می‌شوند تا ویژگی ممانعتی در برابر آب و دیگر مایعات، در کاغذ به دست آمده از آن ایجاد شود [۱،۲،۳]. این مواد قادرند تا بر نم پذیری ذاتی[۲] دو جزء شیمیایی اصلی شبکه کاغذ یعنی سلولز و همی‌سلولز غلبه کنند [۴]. به شدت تغییر و کاهش انرژی آزاد سطحی الیاف (کاهش کشش سطحی) مانع از جذب سیال به درون الیاف و نیز نفوذ و عبور مولکول‌های مایع‌ها از منافذ ریز شبکه الیاف می‌شود [۵]. در هر صورت، نکته مهم در مورد به‌کارگیری مواد آهاردهنده این است که این مواد باید به روشی فرمول‌بندی و نیز به میزانی مورداستفاده قرار گیرند تا با مواد و اجزای سوسپانسیون الیاف برای دستیابی به مقاومت دربرابر نفوذ مایع‌ها و دیگر ویژگی‌ها تعارضی ایجاد نکرده و کارآیی بالایی داشته باشند [۶]. در نقطه مقابل

*عهده دار مکاتبات
+E-mail: h_rudi@sbu.ac.ir

(۱) Internal sizing
(۲) Inherent wettability

جدول ۱- ویژگی‌های خمیرکاغذ مورداستفاده در این پژوهش.

ویژگی خمیرکاغذ	شاخص
نوع خمیرکاغذ	شیمیایی ـ مکانیکی
ماده اولیه چوبی	راش، ممرز، صنوبر
درجه روانی اولیه (mL.CSF)	۴۰۰
بازده خمیرکاغذ (٪)	۸۲/۶
میزان واز (٪)	۰/۰۳
میزان نرمه‌های الیاف (٪)	۳۰-۳۵
pH	۵/۱

به‌کارگیری برخی از مواد فعال سطحی نیز موجب کاهش اثرهای عامل‌های آهاردهی داخلی می‌شوند [۸-۷]. پرکننده‌های معدنی از جمله این اجزای مهم در سوسپانسیون الیاف می‌باشند. کاغذسازان از پرکننده‌های معدنی برای دستیابی و بهبود ویژگی‌هایی همچون ماتی ، صافی سطح، روشنایی و چاپ‌پذیری کاغذ استفاده می‌کنند. دلیل دوم این است که قیمت بسیاری از مواد پرکننده به‌جز تیتانیوم دی اکسید در واحد وزن کمتر از الیاف بوده و افزودن پرکننده‌ها به خمیر، هزینه خالص تولید کاغذ را کاهش می‌دهد [۹]. امّا استفاده از پرکننده‌ها باعث کاهش کارآیی آهاردهنده‌ها می‌شوند. علت اصلی این امر سطح ویژه بالای ذره‌های پرکننده‌ها می‌باشد [۱۰]. سطح ویژه پرکننده‌های معدنی به‌طور عمده در دامنه ۲۰-۴ مترمربع بر گرم می‌باشد [۱۱]. گزارش‌های زیادی بر این موضوع دلالت دارند که هرچه سطح ویژه این مواد نسبت به سطح ویژه الیاف بیش‌تر باشد، افزودنی‌های بیش‌تری را که به سوسپانسیون الیاف افزوده می‌شود، به‌خود جذب می‌کند [۱۳-۱۲]. در نتیجه مقدار مواد شیمیایی موردنیاز برای دستیابی به سطح مورد پذیرش آهاردهی هنگامی افزایش می‌یابد که سطح ویژه در واحد وزن پرکننده‌ها [۱۴] و نیز سطح ویژه الیاف سلولزی [۱۵] افزایش یابد. این موضوع در مورد پرکننده‌های کربنات کلسیم که به نسبت سطح ویژه بالایی دارند و نیز به‌علت فراوانی و ارزان بودن، بسیار مورداستفاده قرار می‌گیرند، از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. تا جائی‌که برخی از منابع این پرکننده را با برخی از عامل‌های آهاردهی ناسازگار اعلام نمودند [۱۶]. بنابراین این موضوع که کدام عامل آهاردهنده می‌تواند سازگاری بیش‌تری با پرکننده GCC در تیمار خمیر شیمیایی ـ مکانیکی از خود نشان دهد، دارای اهمیت است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف مقایسه تأثیر عامل آهارهای آلکیل کتون دیمر[۱]، روزین کاتیونی و روزین صابونی بر ویژگی‌های کاغذ تهیه‌شده از خمیر شیمیایی ـ مکانیکی دارای پرکننده کلسیم کربنات آسیابی انجام شده است.

بخش تجربی

مواد مورداستفاده

خمیرکاغذ مورد نیاز برای این مطالعه از برج ذخیره خمیر شیمیایی– مکانیکی (CMP) کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شد. ویژگی‌های خمیرکاغذ مورداستفاده در جدول ۱ ارایه شده است.

مقداری خمیرکاغذ به صورت سوسپانسیون با درصدخشکی ۱۰ درصد تهیه شد و تا رسیدن به درصد خشکی تقریبی ۲۰ درصد آبگیری شد و سپس به منظور جلوگیری از تبادل رطوبت با محیط، درون کیسه‌های نایلونی و در درون یخچال قرار گرفت تا طی مرحله‌های گوناگون آزمایش مورد استفاده قرار گیرند. این خمیر برای رسیدن به درجه‌روانی ۲۵±۳۰۰ میلی لیتر (CSF)[۲] با استفاده از کوبنده والی[۳] مطابق با استاندارد TAPPI T200 sp-01 پالایش شد. درجه روانی خمیرکاغذ بر اساس استاندارد TAPPI به شماره T227 om-04 اندازه‌گیری شد. مواد شیمیایی افزودنی مورداستفاده شامل پرکننده‌های معدنی کربنات کلسیم آسیابی[۴]، ماده کمک‌نگهدارنده پلی اکریل آمید کاتیونی[۵] و آهارهای سنتزی AKD، روزین کاتیونی و روزین صابونی.

تیمار خمیرالیاف و ارزیابی ویژگی‌های کاغذ

بر اساس میزان ماندگاری الیاف و پرکننده در کاغذ، ابتدا مقدار خمیرکاغذ و مقدار پرکننده مورد نیاز محاسبه می‌شود. توالی افزودن مواد شیمیایی به سوسپانسیون الیاف به این صورت می‌باشد که ابتدا آهار در سطوح ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد پس از ۱۵ ثانیه اختلاط اولیه سوسپانسیون الیاف با دستگاه همزن دیجیتالی، سپس افزودن پرکننده GCC (۲۵ درصد) در ثانیه ۳۰، و سرانجام افزودن عامل کمک‌نگهدارنده پلی اکریل آمید کاتیونی در سطح ثابت ۰/۳ درصد برمبنای وزن خشک خمیرکاغذ در ثانیه ۴۵ انجام شد.

(۱) Alkyl Ketene Dimer (AKD)

(۲) Canadian Standard Freeness (CSF)

(۳) L&W Valley Beater

(۴) Ground carbonate calcium (GCC)

(۵) Cationic polyacrylamide (CPAM)

جدول ۲- استانداردهای تعیین ویژگی‌های کاغذ

ویژگی‌های کاغذ	استاندارد
ضخامت	T220 SP-06
وزن پایه کاغذ	T410 om-02
حجیمی کاغذ	T426 om-70
شاخص مقاومت به کشش	T494 om-06
شاخص مقاومت به ترکیدن	T403 om-02
ماتی	ISO 2470
روشنی	ISO 2471
جذب آب (آزمون کاپ)	T441 om-04

سرانجام پس از ۱۵ ثانیه اختلاط، مخلوط به دستگاه کاغذساز[۱] منتقل و براساس استاندارد TAPPI T205 sp-02، کاغذ دست‌ساز با وزن پایه $۶۰\pm۳\ g/m^2$ ساخته شد. سپس مشروط‌سازی کاغذهای تهیه‌شده بر اساس آیین‌نامه شماره T402 om–88 در شرایط استاندارد ($RH\approx۵۰\pm۲\%$) و ($T\approx۲۳\pm۱°C$) انجام شد. برای هریک از تیمارها، ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز استاندارد براساس روش‌های مندرج در جدول ۲ تعیین شد. آنالیز و تحلیل نتیجه‌های به دست آمده با استفاده از آزمون تجزیه واریانس و آزمون چنددامنه ای دانکن در قالب طرح‌های به طور کامل تصادفی و با بهره‌گیری از نرم افزار SPSS انجام گرفت.

نتیجه‌ها و بحث

تأثیر نوع آهاردهنده بر حجیمی کاغذ حاوی پرکننده GCC

حجم ویژه یا توده نشان‌دهنده حجمی است که توسط یک گرم کاغذ اشغال شده است و به طور معمول کاغذهای حجیم‌تر دارای مقاومت مکانیکی کم‌تری هستند. در طرف مقابل، افزایش ضخامت و حجیمی کاغذ به طور مستقیم بر برخی از ویژگی‌های مهم کاغذ از جمله چقرمگی و شقی آن که به ویژه در کاربردهای بسته‌بندی مهم هستند، تأثیر مثبت دارد [۱۷]. از این ویژگی از ویژگی‌های ساختاری کاغذ است که تحت تأثیر کیفیت شکل‌گیری کاغذ، چگونگی توزیع الیاف، نرمه‌ها و پرکننده‌ها می‌باشد. درنتیجه در یک ترکیب مشخص به نوعی عملکرد مواد افزودنی در سوسپانسیون خمیرکاغذ را مشخص می‌نماید. نتیجه‌های به دست آمده از اندازه‌گیری حجیمی کاغذها، نشان‌دهنده روند کاهش شدید مقدار حجیمی کاغذ با افزودن پرکننده GCC است. حجیمی کاغذ تهیه‌شده از الیاف تیمارنشده $۲/۷۷\ cm^3/g$، که با افزودن پرکننده GCC این مقدار به $۲/۵۵\ cm^3/g$ کاهش یافته است. به‌طورکلی یکی از اثرهای افزودن پرکننده‌های معدنی به سوسپانسیون خمیرکاغذ، کاهش حجیمی کاغذ به دست آمده از آن می‌باشد [۱۹، ۱۸، ۹]. امّا همان‌گونه که در شکل ۱ دیده می‌شود، نتیجه‌های آزمون تجزیه واریانس در مورد افزودن عامل‌های آهاردهی نشان می‌دهد که در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری بین مقدارهای به‌دست آمده برای حجیمی کاغذ وجود ندارد. حتی با بهره‌گیری از مقدار بیش‌تری از آهار مصرفی در مقدار حجیمی کاغذ تغییر دیده نمی‌شود. گرچه در مورد تأثیر افزودن آهاردهنده‌ها در حجیمی کاغذ گزارشی یافت نشده است، ولی به‌نظر می‌رسد افزودن آهار و نیز افزایش سطح آن تأثیر چندانی بر حجیمی کاغذ دارای GCC ندارد. همچنین، پیشینه‌های پژوهش نشان می‌دهد که این ویژگی بیش‌تر متأثر از مقدار پرکننده معدنی و اندازه‌های ریخت‌شناسی الیاف است [۲۰].

تأثیر نوع آهاردهنده بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ دارای پرکننده GCC

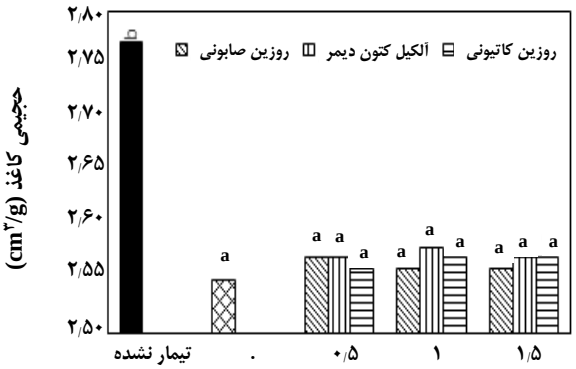
شاخص مقاومت به کشش

مقاومت کششی یکی از مهم‌ترین مقاومت‌های کاغذ است که آن را در برابر تنش‌های کششی که به آن وارد می‌شود، حفظ می‌کند. عامل‌های مؤثر بر شاخص مقاومت به کششی کاغذ عبارتند از: گراماژ کاغذ، زبری الیاف (وزن واحد طول) و قطر الیاف. همچنین با افزایش طول الیاف، افزایش شدت پالایش، افزایش فشار پرس و انجام آهار سطحی بر روی کاغذ، مقاومت کششی افزایش یافته و با افزایش مقدار مواد پرکننده و نیز شاخص شکل‌گیری (کیفیت نامناسب)، مقاومت کششی کاهش می‌یابد [۱۰]. اثر تمامی عامل‌های یاد شده بر مقدار مقاومت کششی کاغذ به صورت سطح نسبی پیوند[۲] بیان می‌شود و هر عاملی که بتواند باعث کاهش میزان سطح پیوند دار الیاف شود، باعث افت مقاومت کششی کاغذ می‌شود [۲۲، ۲۱].

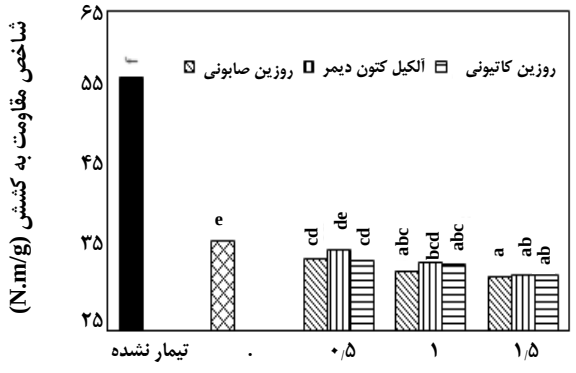
شکل ۲ نشان می‌دهد که شاخص مقاومت به کشش کاغذ در نمونه‌های کاغذ تهیه‌شده از الیاف تیمارنشده (۵۶٫۵۹ N.m/g)، بیش‌تر از نمونه‌های دارای پرکننده GCC (۳۶٫۰۵ N.m/g) است

(۱) L&W handsheet maker

(۲) Relative bonded area (RBA)



شکل ۱ـ تأثیر آهارهای گوناگون بر حجیمی کاغذ دارای GCC.



شکل ۲ـ تأثیر آهارهای گوناگون بر شاخص مقاومت به کشش کاغذهای دارای GCC.

و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار است. علت این امر را می‌توان به افت سطح پیوند بین الیاف نسبت داد. زیرا پرکننده GCC توانایی تشکیل پیوند با الیاف سلولزی را ندارد و به‌علت محدودشدن پیوندهای بین الیاف، مقاومت کششی کاغذ کاهش می‌یابد [۹].

مقاومت کششی کاغذها با افزودن عامل‌های آهاردهنده نیز کاهش می‌یابد. زیرا معمولاً آهاردهنده‌ها نیز همانند پرکننده‌ها باعث افت مقاومت‌ها می‌شوند [۲۳]. واکنش بین عامل‌های آهار و الیاف سلولزی بیشتر از نوع پیوندهای هیدروژنی می‌باشد. این بدان معنی است که گروه‌های هیدروکسیل آزاد و در دسترس سطح الیاف با واکنش با عامل‌های آهار کاهش یافته و بدین جهت با کاهش سطح پیوند بین الیاف، مقاومت‌ها کاهش می‌یابد [۲۴]. در مورد واکنش عامل‌های آهاردهنده و الیاف چوب مباحث گوناگونی بین پژوهشگران وجود دارد. برای نمونه؛ براساس مکانیسمی که برای آهار AKD گزارش شده است حلقه لاکتونی چهار ضلعی AKD با گروه‌های هیدروکسیل سلولز و همی سلولز واکنش داده تا پیوندهای بتا–کتو استر تشکیل شود. از این‌رو این عامل آهار را آهار واکنش‌پذیر با سلولز می‌نامند[۱] در صورتی‌که به‌نظر می‌رسد برای آهارهای برپایه روزین، استفاده از تثبیت‌کننده‌ای همچون آلومینیوم سولفات یا آلوم برای فراهم‌سازی واکنش این عامل‌های آهار با سلولز و تثبیت ذره‌های روزین کاتیونی و روزین صابونی ضروری باشد [۲۴].

نتیجه‌های آزمون تجزیه واریانس مقاومت‌ها نشان داد که در سطح اعتماد ۹۹ درصد، مقاومت به کشش کاغذ تیمارشده با آهار آلکیل کتون دیمر (AKD) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کاغذهایی است که با آهارهای روزین صابونی و روزین کاتیونی تیمار شده‌اند. به بیان دیگر افت مقاومت کششی در اثر افزودن AKD کمتر از زمانی است که از آهارهای دیگر استفاده شده است. شاید شرایط تیمار الیاف علت عمده این امر می‌باشد. گزارش‌هایی بر این نکته تأکید دارند که بهترین عملکرد AKD در شرایط pH خنثی و کمی قلیایی است. در این شرایط، بار الکتروستاتیکی منفی الیاف به علت فعال‌شدن تعداد بیش‌تری از گروه‌های هیدروکسیلی افزایش می‌یابد و در نتیجه پتانسیل الیاف برای اتصال نیز جبران می‌یابد. این دامنه pH افزون بر واکنش دلخواه AKD، شرایط بهتری را برای تهیه کاغذهای دارای پرکننده کربنات کلسیم فراهم می‌سازد [۶].

شاخص مقاومت به ترکیدن

شاخص مقاومت در برابر ترکیدن عامل بسیار مهمی است که ابتدا به میزان اتصال بین الیاف و سپس به طول الیاف و مقاومت خود الیاف بستگی دارد. بنابراین افزایش طول الیاف، افزایش پالایش و فشار پرس که باعث بهبود اتصال بین الیاف می‌شوند، سبب افزایش مقاومت به ترکیدگی و افزایش مصرف مقدار مواد پرکننده و نیز شاخص شکل‌گیری (شکل‌گیری نامناسب) باعث کاهش آن خواهد شد [۲۳].

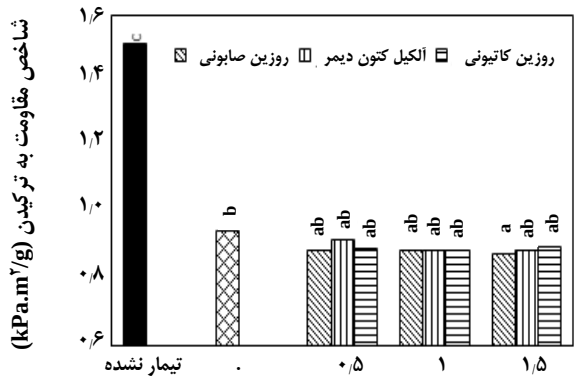
با توجه به شکل ۳، اولین نتیجه قابل دیدن روند کاهش شاخص مقاومت به ترکیدن با افزودن پرکننده GCC می‌باشد.

(۱) Cellulose reactive sizing agent

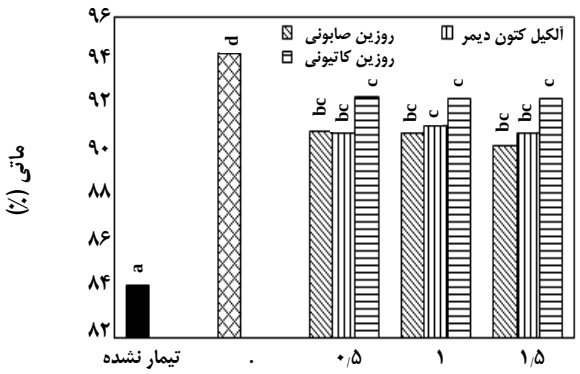
مسلماً علت این امر ناشی از کاهش سطح RBA الیاف است که منجر به کاهش پیوندهای بین لیفی و کاهش مقاومت به ترکیدن شده‌است [۱۰-۹]. با افزودن عامل‌های آهار به الیاف نیز مقاومت به ترکیدن کاغذ به دست آمده کاهش یافته است. گرچه نتیجه‌های تأثیر آهارهای گوناگون بر شاخص مقاومت به ترکیدن نشان می‌دهد که در سطح اعتماد ۹۹ درصد بین تیمارهای گوناگون اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همانند مقاومت کششی کاغذ، کم‌ترین مقدار کاهش مقاومت به ترکیدگی مربوط به کاغذهای دست ساز تیمارشده با AKD بوده است.

تأثیر نوع آهاردهنده بر ویژگی‌های نوری کاغذ حاوی پرکننده GCC

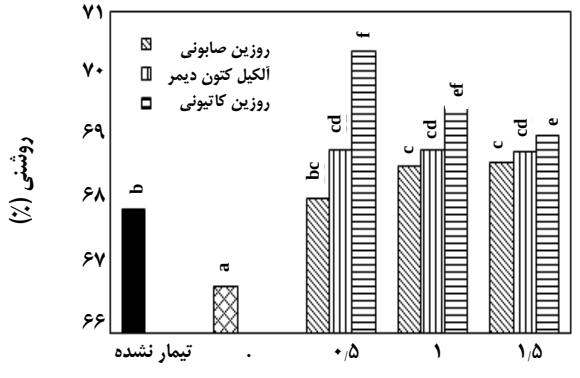
ماتی و روشنی یک خاصیت (از خواص مهم نوری) مهم در کاغذهای چاپ و تحریر می‌باشد. برای بهبود این ویژگی در این نوع کاغذها به طور معمول از پرکننده‌های معدنی استفاده می‌شود [۲۳-۱۸]. پرکننده‌ها با افزایش ضریب پخش نور در کاغذ موجب افزایش ماتی و روشنی کاغذ می‌شوند. از این‌رو همان‌گونه که در شکل‌های ۴ و ۵ دیده می‌شود با افزودن پرکننده GCC، ویژگی‌های نوری در کاغذ تهیه‌شده به‌طور چشمگیری بهبود یافته است. امّا هنگامی‌که عامل‌های آهارزنی گوناگون به سوسپانسیون الیاف افزوده می‌شود، تأثیرهای آن‌ها بر ویژگی‌های نوری کاغذ دارای پرکننده GCC، متفاوت بوده است. نتیجه‌های تأثیر آهارهای گوناگون بر ماتی و روشنی کاغذ دارای GCC در سطح اعتماد ۹۹ درصد، بیانگر این است که بین ماتی و روشنی کاغذهای تیمارشده اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیش‌ترین مقدارهای ماتی و روشنی کاغذها موقعی اندازه‌گیری شد که آهار روزین کاتیونی مورداستفاده قرار گرفت. با توجه به مقاومت کششی کم‌تر کاغذها به‌هنگام استفاده از روزین کاتیونی، می‌توان توانایی کاغذ برای پراکنده‌سازی نور را به سطح پیوند بین الیاف نیز نسبت داد [۲۲ ، ۲۱]. به‌عبارت دیگر، مقدار پراکندگی نور هنگامی‌که از کاغذ عبور می‌کند با سطحی از الیاف که با هوا در تماس می‌باشد؛ ارتباط مستقیم دارد. هرچه سطح اتصال بین الیاف کم‌تر باشد، سطح در تماس با هوا بیش‌تر می‌باشد. این سطح پیوند نیافته درصد بیش‌تری از نور را پراکنده می‌سازد. از این‌رو کاغذ تیمار شده با روزین کاتیونی با مقاومت کششی کمتر، ماتی و روشنی بیش‌تر را در کاغذ ایجاد نموده است. در جهت مخالف، سطح پیوند یافته باعث پراکندگی نور نمی‌شود و نور از یک فیبر به فیبر مجاور بدون تغییر ضریب شکست می‌گذرد. در این صورت،



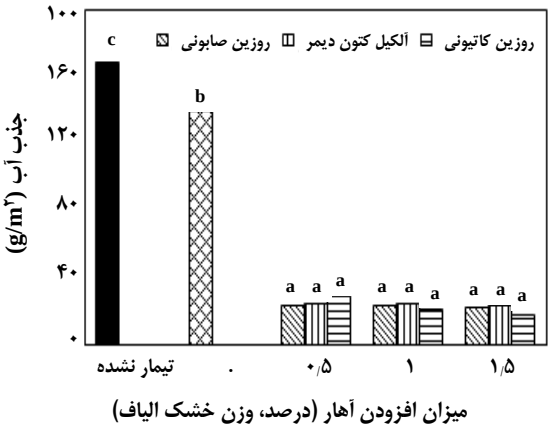
شکل ۳ـ تأثیر آهارهای گوناگون بر شاخص مقاومت به ترکیدن دارای GCC.



شکل ۴ـ تأثیر آهارهای گوناگون بر ماتی کاغذ دارای GCC.



شکل ۵ ـ تأثیر آهارهای گوناگون بر درجه روشنایی کاغذ دارای GCC.



شکل ۶ ـ تأثیر آهارهای گوناگون بر جذب آب کاغذ حاوی GCC.

روشن است در صورت افزودن آهار AKD، در نتیجهٔ حفظ قابلیت پیوندپذیری بین الیاف (مقاومت کششی بیشتر)، ماتی و روشنی کم‌تری اندازه‌گیری شود. به‌نظر می‌رسد زمانی که روزین کاتیونی به همراه GCC استفاده می‌شوند ذره‌های GCC توزیع مناسب‌تری یافته و کلوخه‌شدن کمترشده که منجر به ضریب پخش نور بیش‌تر و در نتیجه ماتی و روشنی بیش‌تر می‌شود. همچنین *محمدزاده* و *همکاران* [۲۰] گزارش دادند که عامل آهاردهی AKD بر ماتی کاغذ اثر مثبت دارد و علت این امر می‌تواند تأثیر AKD بر ساختار کاغذ باشد که باعث شکل‌گیری کاغذ حجیم می‌شود.

تأثیر نوع آهاردهنده بر ویژگی جذب آب کاغذ حاوی پرکننده GCC

در بررسی شکل ۶، دیده می‌شود که ویژگی مقاومت به جذب آب در کاغذهای تهیه‌شده از خمیر CMP دارای پرکنندهGCC در سطح آهار صفر درصد با تفاوت معنی‌داری بیش‌تر از کاغذهای تیمارنشده (بدون پرکننده) می‌باشد. علّت افزایش مقاومت به جذب آب را می‌توان به کاهش خلل و فرج در کاغذ، کاهش حجیمی کاغذ (شکل‌گیری کاغذ چگال تر)، که در نتیجه آن سطح ویژه یا به عبارتی سطح تماس الیاف سلولزی با آب کاهش می‌یابد، نسبت داد [۹].

گروه‌بندی دانکن تأثیر آهارهای گوناگون بر جذب آب کاغذ دارای GCC، نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری از تأثیر عامل‌های گوناگون آهار بر مقاومت به جذب آب وجود ندارد. با افزایش سطح آهار از صفر درصد به ۰/۵درصد، افت زیادی (به طور تقریبی ۱۲۰ g/m^2) در جذب آب تمامی تیمارها ایجاد شده است. و سرانجام پس از این شرایط، با تغییر نوع عامل آهار و میزان مصرف آهار، بر جذب آب کاغذ تغییر چندانی دیده نشده است. در گزارشی نیز آمده است که میزان جذب آب کاغذ تهیه شده از الیاف OCC تیمارشده با عامل آهار AKD کاهش یافته است. علت آن افزایش اتصال ذره‌های عامل آهار با گروه‌های هیدروکسیل سطح الیاف بیان شده است که با افزایش جذب عامل آهار، میزان جذب آب کاغذ تهیه‌شده کاهش یافته است [۲۴].

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر عامل‌های گوناگون آهاردهی آلکیل کتون دیمر، روزین کاتیونی و روزین صابونی بر ویژگی‌های کاغذ تهیه‌شده از خمیر CMP دارای پرکننده GCC مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه‌های کلی پژوهش نشان داد که استفاده از این آهارها در حضور GCC بر ویژگی‌های جذب آب و مقاومت‌ها تأثیرهای یکسانی داشته است. امّا ویژگی‌های نوری کاغذهای تهیه‌شده از خمیر آهارشده با روزین کاتیونی بیش‌تر از خمیرهایی است که با آهارهای آلکیل کتون دیمر و روزین صابونی تیمار شده‌اند. در نتیجه، از آنجایی‌که کاربرد نهایی فراورده و ویژگی مورد نیاز آن بسیار تعیین‌کننده می‌باشد چون خمیر CMP به‌طور عمده برای تهیه کاغذهای چاپ و تحریر مورداستفاده قرار می‌گیرد و در این نوع کاغذها ویژگی‌های نوری ماتی و روشنی از اهمیت بالایی برخوردار است. استفاده از آهار روزین کاتیونی در حضور پرکننده‌های کلسیم کربنات می‌تواند نسبت به عامل‌های آهار آلکیل کتون دیمر و روزین صابونی کارآیی بهتری داشته است.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۳۰

مراجع

[1] Roberts J.C., Chemical Control of Water Penetration in Paper, *Proc. SPIE-Iont. Soc. Optical Engineering*, **3227**: 20-39 (1997).

[2] Neimo L., "Internal Sizing of Paper. In Papermaking Chemistry" Fapet Oy, Helsinki, Finland (1999).

[3] Hubbe M.A., Acidic and Alkaline Sizing for Printing, Writing and Drawing Papers, *The Book and Paper Group Annual*, **23**: 139-151 (2005).

[4] Hansen C.M., Bjorkman A., The Ultrastructure of Wood from a Solubility Parameter Point of View, *Holzforschung.*, **52**: 335-344 (1998).

[5] Eklund D., Linstrum T., "Paper Chemistry, An Introduction", DT Paper Science Publ. Grankulla, Finland (1991).

[6] Hubbe M., Paper‘s Resistance to Wetting- A Review of Internal Sizing Chemicals and Their Effects, *BioResources*, **2**: 106-145 (2006).

[7] Yang L., Pelton R., McLellan F., Fairbank M., Factors Influencing the Treatment of Paper with Fluorochemicals for Oil Repellency, *Tappi J.*, **82**: 128-135 (1999).

[8] Zeno E., Crre B., Maurret E., Influence of Surface Active Substances on AKD Sizing, *Nordic Pulp Paper Res. J.*, **20**: 253-258 (2005).

[9] Cao S., Song D., Deng Y., Ragauskas A., Preparation of Starch-Fatty Acid Modified Clay and Its Application in Packaging Papers, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **50**: 5628-5633 (2011).

[10] Bown R., “Physical and Chemical Aspects of the Use of Fillers in Paper, in Paper Chemistry”, 2nd Ed. J.C. Roberts (Ed.). Blackie Academic & Professional, London, UK (1996).

[11] Riebeling U., Jeurissen H.F.M., de Clercq A., Prinz M., A New Internal Sizing Concept-Enhance Performance of AKD Through Use of Hydrophobically Modified Amphoteric Polymers, *Wochenbl. Papierfabr*, **124**: 997-1002 (1996).

[12] Petander L., Ahlskog T., Juppo A.J., Strategies to Reduce AKD Deposits on Paper Machine, *Paperi Puu.*, **80**: 100-103 (1998).

[13] Ozment J.L., Colasurdo A.R., AKD Sizing with Blended PCC Morphologies at High Filler Loading, Proc. "TAPPI 1994 papermaking Conf." TAPPI Press, Atlanta, USA (1994).

[14] Ramamurthy P., Vanerek A., Van de ven T., Efficiency of AKD Sizing in Mixed Hardwood-Softwood Furnishes, *J. pulp paper Sci.*, **26**: 72-75 (2000).

[15] Moyers B.M., Diagnostic Sizing Loss Problem Solving in Alkaline Systems, *Tappi J.*, **94**: 111-115 (2000).

[16] Chauhan V., Bhardwaj N., Effect of Particle Size of Talc Filler on Structural and Optical Properties of Paper, *Lignocellulose*, **1**: 241-259 (2012).

[17] Elyasi Bakhtyari S., Jalali Torshizi H., Resalati H., Alkyl Ketene Dimer (AKD) Sizing of Recycled-Virgin Cardboard with Engineered Heterogeneous Layers under Neutral and Alkaline Condition, *J. of Wood & Forest Science and Technology*, **23**: 1-20 (2016).

[18] Zhang M., Hao N., Song S., Wang J., Wu Y., Li L., Investigation of the Mixed Refining of a Novel Fly Ash-Based Calcium Silicate Filler with Fber, *Bioresources*, **9**: 5175-5183 (2014).

[19] Mohammadzade-Saghavaz K., Resalati H., Mehrabi E., Investigation on Effect of Filler Type and Sizing Agent (AKD) on Printing and Writing Paper, *J. of Wood & Forest Science and Technology*, **21**: 133-148 (2014).

[20] Shen J., Song Z., Qian X., Liu W., Modification of Papermaking Grade Fillers: A Brief Review, *BioResources*, **4**: 1190-1209 (2009).

[21] Page D.H., Theory for the Tensile Strength of Paper, *Tappi.J*, **52**: 674-681 (1969).

[22] Hubbe M., Bonding between Cellulosic Fibers in the Absence and Presence of Dry-Strength Agent-A Review, *Bioresource*, **1**: 281-318 (2006).

[23] Mohamadzadeh-Saghavaz K., Resalati, H., Investigating the Effect of Using Ground Calcium Carbonate (GCC) and Clay Fillers on the Paper Properties, *J. of Wood & Forest Science and Technology*, **20**: 111-124 (2013).

[24] Varshoei A., Javid E., Rahmaninia M., Rahmany F., The Performance of Alkyl Ketene Dimer (AKD) for the Internal Sizing of Recycled OCC Pulp, *Lignocellulose*, **2**: 316-326 (2013).