

مقایسه عملکرد نوع پرکننده بر ویژگی‌های کاغذ در حضور عامل آهاردهی روزین کاتیونی

حمیدرضا رودی^{۱*}، حسین جلالی ترشیزی^۲ و اسماعیل رسولی گرمارودی^۳

*^۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی پالایش زیستی، دانشکده مهندسی انرژی و فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، زیرآب، ایران

پست الکترونیک: h_rudi@sbu.ac.ir

^۲- استادیار، گروه مهندسی پالایش زیستی، دانشکده مهندسی انرژی و فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۶

چکیده

این پژوهش باهدف بررسی تأثیر استفاده از پرکننده‌های مختلف در حضور عامل آهاردهی روزین کاتیونی بر ویژگی‌های مختلف کاغذ تهیه‌شده از الیاف خمیرکاغذ CMP انجام شده است. از این رو عامل آهاردهی داخلی روزین کاتیونی در سطوح ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد بر اساس وزن خشک الیاف و پرکننده‌های کربنات کلسیم آسیابی (GCC)، کربنات کلسیم رسوبی (PCC)، تالک (Talc) و میکروزئولیت (Microzeolite) در سطح ۲۵ درصد بر اساس وزن خشک کاغذ به همراه عامل کمک نگهدارنده پلی‌اکریل آمید کاتیونی در سطح ثابت ۰/۳ درصد بر اساس وزن خشک الیاف، در ترکیب سوسپانسیون خمیرکاغذ CMP مطابق استاندارد TAPPI اعمال شد. به منظور بررسی اثر پرکننده‌های مختلف در حضور عامل آهاردهی، از هر نوع تیمار کاغذهای دست‌ساز با گراماژ 60 ± 3 گرم بر مترمربع تهیه شد. سپس خواص مختلف کاغذ تهیه‌شده اندازه‌گیری شد. تحلیل آماری نتایج نشان داد که نوع پرکننده در کاغذ بر ویژگی‌های مختلف کاغذ رفتار متفاوتی در حضور روزین کاتیونی دارد. سوسپانسیون خمیرکاغذ به هنگام افزودن پرکننده‌های زئولیت و GCC زمان آبگیری کمتری نشان داد. پرکننده‌های تالک و PCC مقاومت‌های کاغذ را بیشتر کاهش دادند؛ و در نهایت ویژگی‌های نوری کاغذ زمانی بهبود یافت که تالک، PCC به خمیرکاغذ CMP اضافه شد. در نتیجه با توجه به اهمیت خواص روشنی و ماتی برای کاغذ چاپ و تحریری که از خمیرکاغذ CMP تهیه می‌شوند، افزودن تالک و PCC در حضور عامل آهار روزین کاتیونی می‌تواند نسبت به پرکننده‌های زئولیت و GCC نیازها را بیشتر برآورده کند.

واژه‌های کلیدی: پرکننده، روزین کاتیونی، ویژگی‌های کاغذ، کربنات کلسیم، تالک، میکروزئولیت.

مقدمه

پرکننده‌های معدنی پس از الیاف سلولزی دومین ماده اولیه مهم صنعت کاغذسازی است (Zhao et al., 2008) و در بخش‌های مختلف از جمله آماده‌سازی خمیرکاغذ، اندود کردن و تیمار پساب مورد استفاده قرار می‌گیرد (Shen et al., 2009). پرکننده‌ها همچنین برای ساخت کاغذهای با

کاربردهای ویژه از جمله: کاغذ برطرف‌کننده بوی بد^۱ Kim et al., ()^۲ کاغذ ضد باکتری^۳ (Tsuru et al., 1997)، کاغذ مانع آتش^۳ (Withiam, 1989) و کاغذ

1- Deodorant paper
2- Antibacterial paper
3- Flame retardant paper

علت اصلی این امر سطح ویژه بالای ذرات پرکننده نسبت به الیاف سلولزی است (Bown, 1996). در نتیجه مقدار مواد شیمیایی مورد نیاز برای دستیابی به سطح مورد قبول آهاردهی در کاغذ نهایی هنگامی افزایش می یابد که سطح ویژه در واحد وزن پرکننده ها (Ramamurthy *et al.*, 2000; Shen *et al.*, 2009) و نیز سطح ویژه الیاف سلولزی (Moyers, 2000) افزایش یابد. این موضوع در مورد برخی از پرکننده ها از جمله: پرکننده های کربنات کلسیم که به نسبت سطح ویژه بالایی دارند از اهمیت بیشتری برخوردار است. تا جایی که برخی از منابع این پرکننده را با بعضی از عامل های آهاردهی ناسازگار اعلام کردند (Chauhan & Bhardwaj, 2012)؛ بنابراین این موضوع که کدام پرکننده معدنی می تواند با یک عامل آهاردهنده سازگاری بیشتری به هنگام افزودن آنها به خمیرهای مختلف از جمله خمیر شیمیایی - مکانیکی از خود نشان دهد، حائز اهمیت است. بر همین اساس، در این پژوهش به بررسی تأثیر استفاده از پرکننده های معدنی کربنات کلسیم آسیابی^۲، کربنات کلسیم رسوبی^۳، تالک^۴ و زئولیت^۵، در حضور عامل آهار روزین کاتیونی بر ویژگی های کاغذ تهیه شده از خمیر کاغذ CMP پرداخته شده است.

مواد و روش ها

خمیر کاغذ

خمیر کاغذ مورد استفاده در این تحقیق از برج ذخیره خمیر شیمیایی - مکانیکی (بازده ۸۲/۶ درصد، درجه روانی حدود ۴۰۰ میلی لیتر، وازد خمیر کاغذ ۰/۰۳ درصد، میزان نرمه ۳۵-۳۰ درصد و مقدار pH حدود ۵/۱) کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شد. مقداری خمیر کاغذ به صورت سوسپانسیون با درصد خشکی ۱۰ درصد تهیه شد و تا رسیدن به درصد خشکی حدود ۲۰ درصد آگیری گردید و بعد به منظور

مغناطیس^۱ (Zakaria *et al.*, 2004) مورد استفاده قرار می گیرند. در بررسی تأثیر اندازه ذرات پرکننده معدنی در افت مقاومت مکانیکی توسط Bown (۱۹۹۷ و ۱۹۹۸) گزارش شد که اندازه ذرات دارای اهمیت زیادی می باشد، به طوری که با کاهش اندازه ذرات، افت مقاومت مکانیکی کاغذ بیشتر می شود. همچنین ویژگی های فیزیکی پرکننده ها (شکل هندسی، سطح و بار ذرات) در تعیین ویژگی های کاغذ بسیار حائز اهمیت هستند. در پژوهش دیگر توسط Beazley و Petereit (۱۹۷۵)، که به بررسی تأثیر انواع پرکننده های معدنی بر ویژگی های کاغذ پرداختند، بیان کردند که انواع پرکننده اثرات متفاوتی بر روی ویژگی های کاغذ دارد، به این گونه که افت شاخص مقاومت به ترکیدن به ترتیب با افزودن کائولین، تالک و کربنات کلسیم آسیاب شده در یک مقدار مشخص خاکستر افزایش یافته و همچنین کربنات کلسیم آسیابی و رسوبی تأثیر مشابهی نشان دادند.

کاغذسازان بیشترین سهم از پرکننده های معدنی را برای دستیابی و بهبود ویژگی هایی همانند ماتی، صافی سطح، روشنایی و چاپ پذیری کاغذ استفاده می کنند (Adel *et al.*, 2016). به علاوه، قیمت بسیاری از مواد پرکننده به جز دی اکسید تیتانیوم در واحد وزن کمتر از الیاف بوده و افزودن پرکننده ها به خمیر، هزینه خالص تولید کاغذ را کاهش می دهد (Cao *et al.*, 2011). ضمن اینکه استفاده از این مواد در ترکیب با سوسپانسیون خمیر کاغذ مصرف انرژی را در این صنعت انرژی بر کاهش می دهد (Chauhan & Bhardwaj, 2012; Shen *et al.*, 2009). اما برخلاف خواست کاغذسازان استفاده از پرکننده ها باعث کاهش کارایی آهاردهی داخلی می گردد (Shen *et al.*, 2009). آهاردهی داخلی عملیاتی است که در طی آن موادی به دوغاب حاوی الیاف سلولزی اضافه می شود که در نتیجه آن کاغذ حاصل در مقابل آب و سایر مایعات مقاوم تر می شود (Hubbe, 2005; Neimo, 1999). افزودن پرکننده ها به سوسپانسیون خمیر کاغذ بر کارایی آن اثر معکوس دارد.

1- Magnetic paper

2- Ground carbonate calcium (GCC)

3- Precipitated carbonate calcium (PCC)

4- Talc

5- Zeolite

5- L&W Valley Beater

TAPPI به شماره T227 om-04 اندازه‌گیری شد. مواد شیمیایی افزودنی مورد استفاده شامل پرکننده‌های معدنی GCC، PCC، تالک و زئولیت و ماده کمک نگهدارنده پلی‌اکریل آمید کاتیونی و آهار روزین کاتیونی بود. مشخصات پرکننده‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جلوگیری از تبادل رطوبت با محیط، درون کیسه‌های نایلونی و در درون یخچال در درجه تقریبی 5°C قرار گرفت تا طی مراحل مختلف آزمایش مورد استفاده قرار گیرند. این خمیر برای رسیدن به درجه‌روانی 300 ± 25 میلی‌لیتر (CSF) با استفاده از کوبنده والی^۵ مطابق با استاندارد TAPPI T200 sp-01 پالایش شد. درجه‌روانی خمیر کاغذ بر اساس استاندارد

جدول ۱- مشخصات پرکننده‌های مورد استفاده در این تحقیق

مشخصات فیزیکی	واحد	کربنات کلسیم آسیایی	کربنات کلسیم رسوبی	تالک	زئولیت
درصد خلوص	%	۹۶	۹۸	۹۸	۹۹
دانسیتیه نسبی	g/cm ³	۲/۷-۲/۹	۲/۷	-	-
رنگ	-	سفید	سفید	سفید	سفید متمایل به زرد
درجه روشنی	%	۸۰-۹۵	≥ 95	≈ 92	۷۸-۸۰
pH محلول ۲/۵ درصدی	-	۸/۵-۹	۹-۹/۵	-	۸-۸/۵
میانگین اندازه ذرات	μm	۱/۴-۱/۹	۱/۵-۲	۲-۵	≈ 9
حداکثر اندازه ذرات	μm	۵	۷/۳۵	-	-
مقدار ذرات زیر ۲ میکرون	%	۵۵	۵۰	-	-

تیمار خمیرالیاف

02، از همه تیمارها تعدادی کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه $60 \pm 3 \text{ g/m}^2$ تهیه شد. سپس مشروط‌سازی کاغذهای تهیه‌شده بر اساس آیین‌نامه شماره T205 om-88 در شرایط استاندارد ($50 \pm 2\%$ RH) و ($23 \pm 1^{\circ}\text{C}$) انجام شد.

ارزیابی ویژگی‌های خمیر کاغذ و کاغذ

زمان آبرگیری از خمیر کاغذ بر اساس استاندارد T221 cm-99 آیین‌نامه TAPPI محاسبه شد. به این منظور دمای آب در مرحله کاغذسازی را به وسیله دماسنج اندازه‌گیری کرده و زمان خروج آب از لحظه باز کردن شیر تخلیه دستگاه کاغذساز تا زمان خروج کامل آب از سطح توری، به وسیله زمان‌سنج اندازه‌گیری و زمان آبرگیری بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد (Reed, 1942).

بر اساس میزان ماندگاری الیاف و پرکننده در کاغذ، ابتدا مقدار خمیر کاغذ و مقدار پرکننده مورد نیاز محاسبه می‌شود. توالی افزودن مواد شیمیایی به سوسپانسیون الیاف به این صورت می‌باشد که ابتدا آهار روزین کاتیونی در سطوح ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد پس از ۱۵ ثانیه اختلاط اولیه سوسپانسیون الیاف با دستگاه همزن دیجیتالی، سپس افزودن پرکننده‌های مختلف در سطح ۲۵ درصد بر مبنای وزن خشک کاغذ در ثانیه ۳۰ و در نهایت اضافه کردن عامل کمک نگهدارنده پلی‌اکریل آمید کاتیونی در سطح ثابت ۰/۳ درصد (به دست آمده با پیش‌آزمون‌ها) بر مبنای وزن خشک خمیر کاغذ در ثانیه ۴۵ انجام شد. در نهایت پس از ۱۵ ثانیه اختلاط، مخلوط به دستگاه کاغذساز^۱ منتقل و بر اساس استاندارد TAPPI T205 sp-

1- L&W handSheet maker

نتایج

با توجه به اهداف تعریف شده برای انجام این پژوهش، نتایج به دست آمده از تیمارهای مختلف برای مقایسه و تجزیه و تحلیل ویژگی های خمیر کاغذ و کاغذ مورد استفاده قرار گرفت.

تأثیر نوع پرکننده بر زمان آبگیری خمیر کاغذ در حضور آهار روزین کاتیونی

نتایج استفاده از پرکننده های مختلف در خمیر CMP در حضور آهار روزین کاتیونی بر زمان آبگیری خمیر کاغذ و همچنین گروه بندی میانگین ها بر اساس آزمون آماری دانکن در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که در سطح اعتماد ۹۵ درصد بین زمان های آبگیری از خمیرهای مختلف اختلاف معنی داری وجود دارد. تیمار شاهد که فاقد هرگونه پرکننده و ماده آهاردهنده است دارای کمترین میزان زمان آبگیری می باشد. همچنین با افزودن پرکننده به تیمار شاهد در کلیه تیمارها زمان آبگیری با شیب تندی افزایش یافته است. بعلاوه اینکه با افزایش سطح آهار نیز در تمامی تیمارها زمان آبگیری افزایش یافته است. به طوری که سوسپانسیون خمیر کاغذ حاوی ژئولیت و GCC با اختلاف معنی داری زمان آبگیری کمتری نسبت به تیمارهای دیگر داشته اند. البته افزایش سطح روزین کاتیونی زمان آبگیری را در همه تیمارها افزایش داده است.

تأثیر نوع پرکننده بر حجمی کاغذ در حضور آهار روزین کاتیونی

حجمی کاغذ یا حجم ویژه نشان دهنده حجمی از کاغذ است که توسط یک گرم آن اشغال شده است. شکل ۲ نشان می دهد که افزودن پرکننده های مختلف حجمی کاغذ کاهش یافته است. البته بین نتایج تأثیر آهار روزین کاتیونی بر حجمی کاغذهای حاوی پرکننده های مختلف در سطح اعتماد ۹۵ درصد اختلاف معنی داری وجود داشت. کاغذهای پر شده با تالک حجمی تر از سایر تیمارها بوده است. به طوری که با افزایش سطح آهار حجم ویژه تغییر معنی داری نشان نداده است.

$$\text{رابطه ۱: } d_s = \left[\frac{d(60-k)}{(r-k)} \right] + \left[\frac{1}{V_t} - 1 \right] (d - 4)$$

d_s = متوسط زمان آبگیری در شرایط استاندارد
($T=20 \pm 1^\circ\text{C}$)، ثانیه

d = زمان آبگیری اندازه گیری شده طی ساخت کاغذ دست ساز، ثانیه

r = گراماژ ورقه ساخته شده ($60 \pm 3 \text{g/m}^2$)

V_t = ویسکوزیته آب در دمای t mPa.s

k = عدد ثابت (≈ 25)

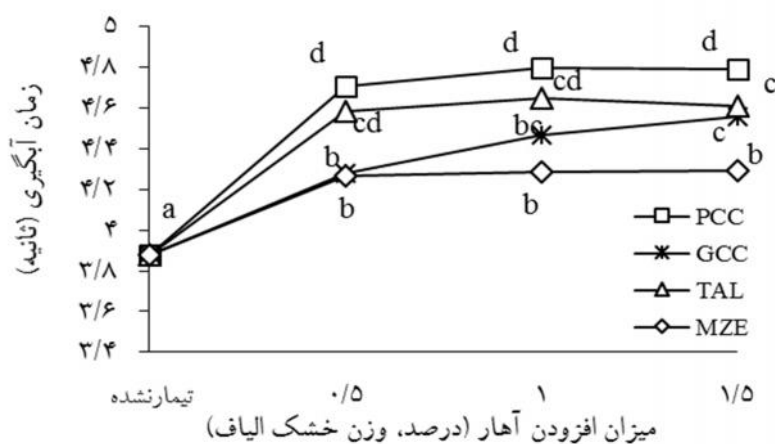
خواص کاغذ دست ساز استاندارد تهیه شده از هریک از تیمارها بر اساس روش های مندرج در جدول ۲ تعیین گردید. این پژوهش در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۴ تیمار حاصل از ۳ سطح آهاردهنده با ترکیب پرکننده های مختلف و یک نمونه شاهد فاقد پرکننده و با سه تکرار برای هر آزمون بوده، بررسی های آماری آزمون تجزیه واریانس^۱ و گروه بندی میانگین ها با روش آزمون چند دامنه ای دانکن^۲ و در سطح اعتماد ۹۵ درصد با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

جدول ۲- استانداردهای تعیین ویژگی های کاغذ

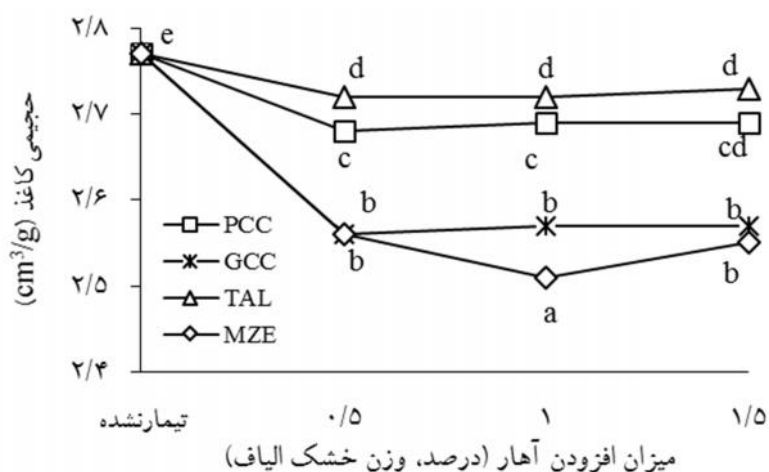
استاندارد	ویژگی های کاغذ
T220 SP-06	ضخامت
T410 om-02	گراماژ کاغذ
T426 om-70	حجمی کاغذ
T494 om-06	شاخص مقاومت به کشش
T403 om-02	شاخص مقاومت به ترکیدن
T414 om-04	شاخص مقاومت به پاره شدن
ISO 2470	ماتی
ISO 2471	روشنی

1- Analysis of variance (ANOVA)

2- Duncan multiple range test (DMRT)



شکل ۱- تأثیر نوع پرکننده بر زمان آبیگری خمیر کاغذ در حضور عامل آহারدهی روزین کاتیونی

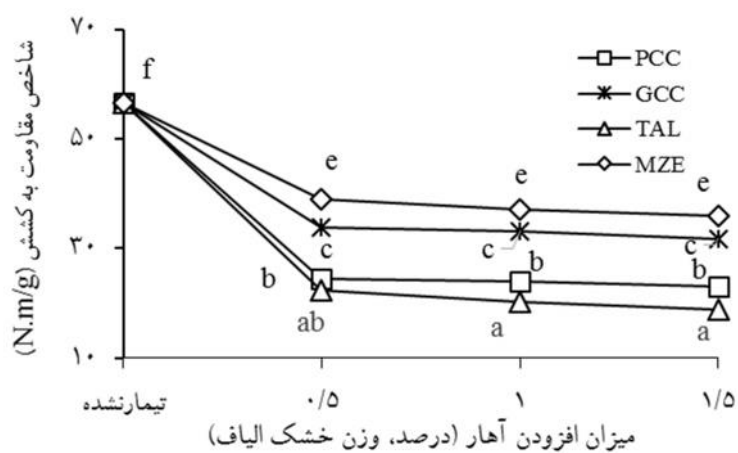


شکل ۲- تأثیر نوع پرکننده بر حجمی کاغذ در حضور عامل آহারدهی روزین کاتیونی

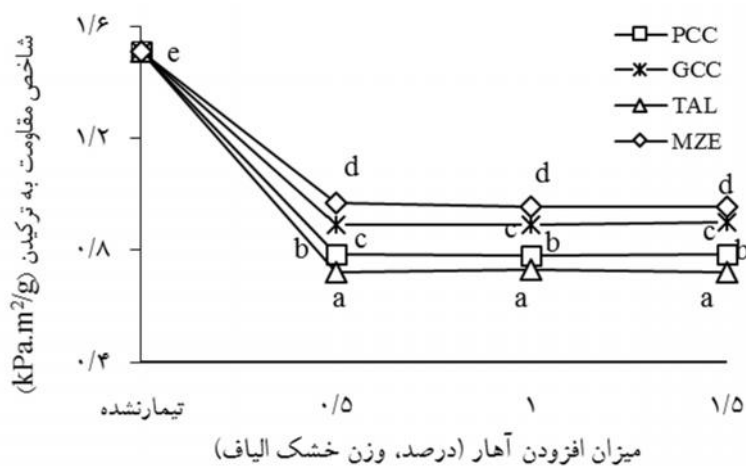
خمیر کاغذ CMP و همچنین گروه بندی میانگین ها بر اساس آزمون آماری دانکن در شکل های ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است. نتایج تأثیر آहार روزین کاتیونی بر شاخص های مقاومتی کاغذ های حاوی پرکننده مختلف نشان می دهد که اختلاف آماری معنی داری بین مقادیر مقاومتی تیمار های حاصل و نمونه شاهد در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. به طور کلی تیمار زئولیت و GCC بیشترین مقاومت ها را نشان داده است. همچنین در هر چهار پرکننده با افزایش سطح آहार مقاومت ها کاهش می یابد.

تأثیر نوع پرکننده بر خواص مقاومتی کاغذ در حضور آहार روزین کاتیونی

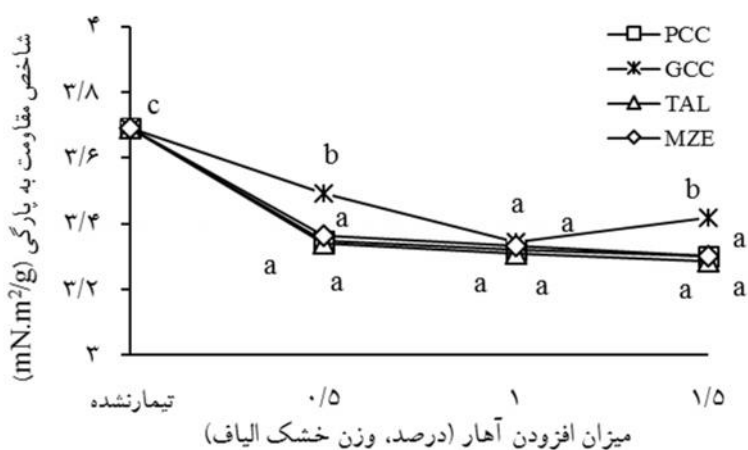
افزودن پرکننده های مختلف به دلیل ممانعت مستقیم از پیوند بین الیاف اثر معکوسی بر روی بسیاری از خواص مقاومت کاغذ دارد. برای یک پرکننده معین، شکل و اندازه ذرات نقش مهمی در شدت این موضوع دارد. به طور کلی هر چه اندازه ذرات پرکننده کوچک تر باشد، اثر های منفی روی مقاومت بیشتر است (Hamzeh, 2009). نتایج استفاده از مواد پرکننده مختلف بر خواص مقاومتی کاغذ تهیه شده از



شکل ۳- تأثیر نوع پرکننده بر شاخص مقاومت به کشش کاغذ در حضور عامل آهاردهی روزین کاتیونی



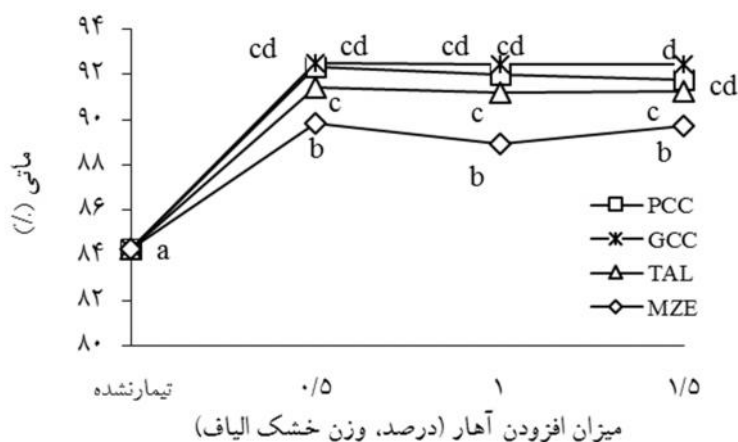
شکل ۴- تأثیر نوع پرکننده بر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ در حضور عامل آهاردهی روزین کاتیونی



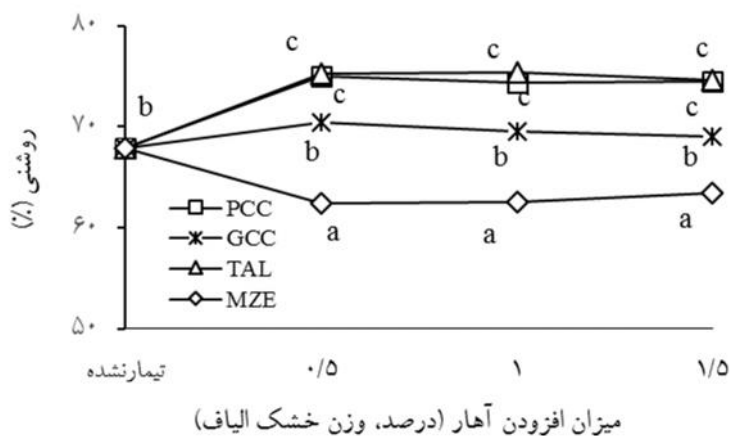
شکل ۵- تأثیر نوع پرکننده بر شاخص مقاومت به پارگی کاغذ در حضور عامل آهاردهی روزین کاتیونی

۷ درصد ارائه شده است. تحلیل نتایج بیانگر آن است که کمترین ماتی بدون در نظر گرفتن نمونه شاهد که فاقد هرگونه پرکننده و آهار است مربوط به تیمار زئولیت و بیشترین ماتی مربوط به تیمار GCC می باشد. از سوی دیگر تیمار PCC دارای بیشترین درجه روشنی و تیمار زئولیت دارای کمترین میزان درجه روشنی کاغذ است. البته افزایش سطح عامل آهار اندکی خواص نوری کاغذها را کاهش داده است.

تأثیر نوع پرکننده بر خواص نوری کاغذ در حضور آهار روزین کاتیونی در این بخش، تأثیر استفاده از مواد پرکننده مختلف بر خواص نوری کاغذ شامل درجه ماتی و درجه روشنی کاغذهای دست ساز بررسی شده است. نتایج تأثیر افزودن آهار روزین کاتیونی به همراه پرکننده های GCC، PCC، تالک و زئولیت بر ماتی و روشنی کاغذهای تهیه شده از خمیر CMP و نیز گروه بندی میانگین ها بر اساس آزمون آماری دانکن در سطح اعتماد ۹۵ درصد در شکل های ۶ و



شکل ۶- تأثیر نوع پرکننده بر ماتی کاغذ در حضور عامل آهاردهی روزین کاتیونی



شکل ۷- تأثیر نوع پرکننده بر روشنی کاغذ در حضور عامل آهاردهی روزین کاتیونی

بحث

یکی از مزایای اصلی بکارگیری پرکننده‌ها بخصوص در سطوح پایین‌تر آن بهبود میزان آبگیری^۱ از سوسپانسیون خمیرکاغذ می‌باشد (Dong *et al.*, 2008). این بدان معنی است که زمان آبگیری^۲ از سوسپانسیون خمیرکاغذ کاهش یافته و به دنبال آن سرعت ماشین کاغذ افزایش یافته است (Song *et al.*, 2009). اما در سطوح بالای پرکننده^۳ (۳۰-۲۰ درصد)، ذرات پرکننده فضاهای باز بستر فیبری الیاف را مسدود کرده، بدین علت مانع نفوذ و خروج آب از شبکه الیاف شده و مقاومت در برابر جریان^۴ خمیرکاغذ افزایش می‌یابد (Singh *et al.*, 2009). از این رو با افزودن پرکننده‌های مختلف زمان آبگیری از سوسپانسیون خمیرکاغذ افزایش یافته است. از طرفی، آبگیری از خمیرکاغذ به پارامترهایی از جمله شکل و اندازه و مورفولوژی ذرات پرکننده نیز وابسته است (Barzan *et al.*, 2015). البته هرچه دانه‌بندی و اندازه ذرات پرکننده ریزتر باشد به علت افزایش تراکم‌پذیری آن (Holik, 2006)، زمان آبگیری افزایش می‌یابد. بدین جهت ذرات PCC با اندازه ذرات ریزتر (حدود ۲-۱/۵ میکرون)، زمان آبگیری بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشته است. نتایج مشابهی نیز بر روی خمیر کرافت پهن‌برگ و سوزنی‌برگان گزارش شده است (Lavrykov *et al.*, 2005).

حجمی کاغذ یا بالک نشان‌دهنده حجمی است که توسط یک گرم کاغذ اشغال شده است. از آنجایی که دانسیته مواد پرکننده بیشتر از الیاف می‌باشد، کاغذهای پرشده با مواد پرکننده دارای دانسیته بیشتر و حجم ویژه کمتری بوده که با توجه به ویژگی‌های فیزیکی و شکل ظاهری مواد پرکننده، تأثیر آنان بر کاهش حجم ویژه متفاوت است (Thorn, 2009). با توجه به اطلاعات شکل ۲ نوع پرکننده بر ویژگی حجمی کاغذ تأثیرگذار بوده و کاغذهای پرشده با ژئولیت و

GCC دارای کمترین و کاغذهای شاهد و پرشده با PCC و تالک دارای بیشترین حجمی کاغذ بوده‌اند. از آنجاکه اندازه ذرات کربنات کلسیم رسوبی (PCC) از سایر پرکننده‌ها کمتر می‌باشد، در نتیجه بیشتر بر روی سطح الیاف قرار گرفته (Manghooli *et al.*, 2016) و باعث کاهش اتصال بین الیاف و افزایش فاصله بین آنها و در نهایت باعث افزایش حجمی کاغذ می‌شود.

به‌طور کلی هر عاملی که بتواند سطح نسبی پیوند^۵ بین الیاف را توسعه دهد باعث بهبود شاخص‌های مقاومتی کاغذ می‌شود (Barzan *et al.*, 2015). پرکننده‌های معدنی و عامل‌های آهاردهنده عمدتاً به علت کاهش RBA بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ اثر منفی دارند. با افزودن پرکننده‌های مختلف به کاغذ به دلیل تفاوت در ساختار و اندازه ذرات پرکننده (Bown, 1997)، اثرات متفاوتی در افت مقاومت‌ها دیده شده است و اختلاف بین آنها معنی‌دار بوده است. علت این امر را می‌توان به افت سطح پیوند بین الیاف سلولزی (Gendy *et al.*, 2014) و تفاوت در تراکم پرکننده‌ها (Holik, 2006) نسبت داد. پرکننده‌ها توانایی تشکیل پیوند با الیاف سلولزی را ندارند. از این رو باعث افت مقاومت‌ها می‌شوند (Cao *et al.*, 2011). از طرفی در کاغذهای آهاردهی شده به دلیل محدودتر و ضعیف‌تر شدن پیوندها با حضور روزین کاتیونی که ناشی از افت ظرفیت پیوند هیدروژنی بین الیاف می‌باشد (Mohammadzadeh, 2009; Cho *et al.*, 2014; Saghavaz *et al.*), مقاومت‌ها کاهش می‌یابند. همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود کمترین مقدار مقاومت‌ها مربوط به پرکننده تالک می‌باشد. این پرکننده ساختار صفحه‌ای دارد (Velho, 2002)، از این رو با افت بیشتر پیوند و افزایش فاصله بین الیاف، شاخص‌های مقاومت به کشش و ترکیدن را به میزان بیشتری کاهش داده است. ذرات ریز پرکننده PCC نیز با قرارگیری بر روی سطح الیاف و کاهش RBA، نسبت به GCC و

- 1- Drainage rate
- 2- Drainage time
- 3- High filler loading
- 4- Flow resistance

5- Relative bonded area

باعث پراکندگی نور نمی‌شود و نور از یک فیبر به فیبر مجاور بدون تغییر ضریب شکست می‌گذرد. بدین جهت نمونه‌های شاهد در نتیجه حفظ قابلیت پیوندپذیری بین الیاف دارای مقاومت‌های بیشتر و ماتنی و روشنی کمتری می‌باشند. همچنین گزارش شده‌است زمانی که روزین کاتیونی به همراه پرکننده‌های کربنات کلسیم از جمله GCC استفاده می‌شوند ذرات GCC توزیع مناسب‌تری یافته و کلوخه شدن کمتر شده که منجر به ضریب پخش نور بیشتر و در نتیجه ماتنی و روشنی بیشتر می‌گردد (Shen, 2009). نیز Mohamadzadeh-Saghavaz و Resalati (2014) گزارش کردند که عامل آهاردهی بر ماتنی کاغذ اثر مثبت دارد و علت این امر می‌تواند ناشی از تأثیر عامل آهار بر ساختار کاغذ باشد که باعث شکل‌گیری کاغذ حجیم می‌گردد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی با توجه به روند افزایش مصرف پرکننده و عوامل افزودنی در صنایع کاغذ، تعیین اثرات مثبت و منفی عوامل غیر سلولزی در کاغذ با توجه به نوع و کاربرد کاغذ حاصل بسیار حائز اهمیت است. بنابراین در این پژوهش تأثیر استفاده از پرکننده‌های معدنی متداول در صنایع کاغذسازی در حضور آهار روزین کاتیونی بر ویژگی‌های کاغذ حاصل از خمیر کاغذ CMP بررسی گردید. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که نوع پرکننده در کاغذ بر ویژگی‌های مختلف خمیر کاغذ و کاغذ تأثیر متفاوتی در حضور روزین کاتیونی دارد. پرکننده‌های زئولیت و GCC به‌هنگام افزودن به سوسپانسیون خمیر کاغذ اگرچه زمان آبگیری کمتری نشان داده‌اند ولی حجیمی کاغذ و شاخص‌های مقاومتی کاغذهای تهیه‌شده کمتر از زمانی بود که از پرکننده‌های PCC و تالک استفاده شده‌است. همچنین زئولیت و GCC خواص نوری (ماتنی و روشنی) کمتری نسبت به PCC و تالک به کاغذ داده‌اند. در نتیجه زئولیت و GCC به لحاظ فرایندی مؤثرترند؛ زیرا می‌توانند بر سرعت ماشین کاغذ افزوده و بازدهی تولید را افزایش دهند. در

تالک شاخص‌های مقاومتی را با میزان بیشتری کاهش داده است.

ماتنی و روشنی کاغذ از جمله خواص نوری آن می‌باشند که می‌تواند متأثر از حجیمی کاغذ، سطح ویژه و ضریب پراکنش نور توسط اجزاء تشکیل‌دهنده آن باشند. برای بهبود این ویژگی در این نوع کاغذها معمولاً از پرکننده‌های معدنی استفاده می‌شود (Zhang et al., 2014). به‌طورکلی تغییرات ماتنی کاغذ با افزودن پرکننده‌های مختلف به کاغذ، با توجه به ساختار، اندازه ذرات پرکننده و تراکم آنها در کاغذ مرتبط است. البته کربنات کلسیم رسوبی به دلیل اندازه متوسط کوچک‌تر آن از ضریب انعکاس بیشتری برخوردار است و بدین دلیل ماتنی آن بیشتر است. در مقابل، تالک به دلیل ساختار صفحه‌ای و اندازه بزرگتر آن نسبت به سایر پرکننده‌های مورد استفاده کاغذی حجیمی را تشکیل می‌دهد که ماتنی آن بیشتر از سایر تیمارها می‌باشد. اختلاف درجه روشنی کاغذهای حاوی پرکننده‌های مختلف را می‌توان به خصوصیات ذاتی پرکننده‌ها (همانند رنگ متمایل زرد زئولیت با درجه روشنی اولیه ۸۰-۷۸ و رنگ سفید کربنات کلسیم با درجه روشنی ۹۴-۹۲) و اندازه متوسط ذرات آنها (متوسط ابعاد کربنات کلسیم رسوبی و تالک به ترتیب ۲-۱/۵ و ۵-۲ میکرون) نسبت داد که در مجموع از سطح ویژه بیشتری برخوردارند و این امر سبب اختلاف معنی‌دار درجه روشنی کاغذهای تهیه‌شده می‌گردد.

با توجه به شاخص‌های مقاومتی کمتر کاغذها به‌هنگام استفاده از روزین کاتیونی، می‌توان توانایی کاغذ برای پراکنده‌سازی نور را به سطح پیوند بین الیاف نیز نسبت داد (Hubbe, 2006). به‌عبارت‌دیگر، مقدار پراکندگی نور هنگامی که از کاغذ عبور می‌کند با سطحی از الیاف که با هوا در تماس می‌باشد؛ ارتباط مستقیم دارد. به‌طوری‌که 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، ماتنی و روشنی بیشتر را در کاغذ ایجاد کرده است. در جهت مخالف، سطح پیوند یافته

- Its Application in Packaging Papers. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 50(9): 5628-5633.
- Chauhan, V. and Bhardwaj, N., 2012. Effect of Particle Size of Talc Filler on structural and optical properties of paper. *Lignocellulose*, 1(3): 241- 259.
- Cho, K., Chang, H., Sup Kil, D., Kim, B. and Jang, H., 2009. Synthesis of dispersed CaCO₃ nano particles by the ultrafine grinding. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 15: 243–246.
- Dong, C., Song, D., Patterson, T., Ragauskas, A. and Deng, Y., 2008. Energy saving in papermaking through filler addition. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 47(21), 8430–8435.
- Holik, H., 2006. *Handbook of paper and board*, Wiley-vch verlag gmbh and KGaA Co., Weinheim, Germany, 505p.
- Hubbe, M., 2006. Bonding between cellulosic fibers in the absence and presence of dry-strength agent-A review. *Bioresource*, 1: 281-318.
- Hubbe, M.A. 2005. Acidic and alkaline sizing for printing, writing, and drawing papers. *The Book and Paper Group Annual*, 23: 139–151.
- Kim, C.H., Cho, S.H. and Park, W.P., 2005. Inhibitory effect of functional packaging papers containing grapefruit seed extracts and zeolite against microbial growth. *Appita Journal*, 58(3): 202-207.
- Lavrykov, S., Ramarao, B.V. and Evans, D.B., 2005. Permeability of pulps and fillers and their relationship to wet pressing, in: *Proceedings of the 6th PIRA Intl. Conf. Wet End Chemistry*, Boston, MA, USA.
- Manghooli, M.T., AsadpurAtoei, G., Nazarnezhad, N. and Zabihzadeh, S.M., 2016. The influence of type of calcium carbonate fillers on the performance AKD and mechanical properties of printing and writing paper. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 7(1): 14-25.
- Mohamadzadeh-Saghavaz, K. and Resalati, H., 2013. Investigating the Effect of Using Ground Calcium Carbonate (GCC) and Clay Fillers on the Paper Properties. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 20: 111- 124.
- Mohammadzade-Saghavaz, K., Resalati, H. and Mehrabi, E., 2014. Investigation on Effect of Filler Type and Sizing Agent (AKD) on Printing and Writing Paper. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 21(2): 133-148.
- Moyers, B.M., 2000. Diagnostic sizing loss problem solving in alkaline systems. *TAPPI Journal*, 94: 425-432.
- Neimo, L., 1999. Internal sizing of paper. In L. Neimo (Ed.), *Papermaking Chemistry*. Fapet Oy. Helsinki, Finland. 151–203p.

مقابل، افزودن پرکننده های تالک و PCC به خمیر کاغذ CMP، کارآیی فراورده نهایی را بهبود می بخشد؛ زیرا کاغذهای پر شده با این پرکننده ها مقاوم تر بوده و ماتی و روشنی کاغذ را بیشتر توسعه دادند. به طور کلی با توجه به اهمیت خواص روشنی و ماتی برای ساخت کاغذ چاپ و تحریری که از خمیر کاغذ CMP نیز تهیه می شوند، افزودن PCC و تالک در حضور عامل آهار روزین کاتیونی می تواند نسبت به پرکننده های زئولیت و GCC نیازها را بیشتر برآورده سازد. ضمن اینکه به کارگیری ترکیبی از این پرکننده ها نیز می تواند به عنوان یک راهبرد مؤثر برای توسعه همزمان پارامترهای فرایندی و فراورده ای مطلوب و مورد پژوهش قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از زحمات آقای مهندس مجتبی آزاد سروستانی در انجام و تکمیل بخشی از این پژوهش تشکر و قدردانی می کنند.

منابع مورد استفاده

- Abeer, M., Adel, a., Nivin, M., Ahmed, b., Mohamed, A., Diab, a., Mohamed, M. and Selim, C., 2016. The influence of TiO₂/CC core/shell pigments on the properties of paper sheets. *Powder Technology*, 291: 437–447.
- Barzan, A., H. Resalaty, H. and Asadpour-atoei, G., 2015. Study of using water softening process byproduct, calcium carbonate on fine paper production. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 30(1): 14-25.
- Beazley, K.M. and Petereit, H., 1975. Effect of China clay and calcium carbonate on paper properties. *Wochenbl. Papierfabr*, 103(4): 143–147.
- Bown, R., 1996. Physical and chemical aspects of the use of fillers in paper. In *Paper Chemistry*, chapter 11, 2nd Ed. Roberts, J.C. (ed.), Blackie academic and professional, London, UK.
- Bown, R., 1997. Particle Size, Shape and Structure: Effects of fillers on paper. *Proceedings of Pira International conference on use of minerals in papermaking*, Pira publications, Manchester, UK.
- Cao, S., Song, D., Deng, Y. and Ragauskas, A., 2011. Preparation of Starch Fatty Acid Modified Clay and

- Tsuru, S., Yokoo, A., Sakurai, T. and Ogwa, T., 1997. A functional paper and its use as a deodorant, filtering, medium or adsorbent. E. P. Patent 0, 393, 723.
- Velho, J.L., 2002. How Mineral Fillers Influence Paper Properties: Some Guidelines, Iberoamerican Congress on Pulp and paper Research.
- Withiam, M.C. 1989. Fire retardant pigment. U.S. Patent 4,842,772.
- Zakaria, S., Ong, B.H. and Van de Ven, T.G.M., 2004. Lumen loading magnetic paper I: Flocculation. *Colloids surfaces A*, 251:1-4
- Zhang, M., Hao, N., Song, S., Wang, J., Wu, Y. and Li, L., 2014. Investigation of the mixed refining of a novel fly ash-based calcium Silicate filler with fiber. *Bioresources*, 9(3): 5175-5183.
- Zhao, Y., Kim, D., White, D., Deng, Y., Patterson, T. and Jones, P., 2008. Developing a new paradigm for linerboard fillers. *TAPPI Journal*, 7 (3): 3-7.
- Petander, L., Ahlskog, T. and Juppo, A.J., 1998. Strategies to reduce AKD deposits on paper machine, *Paperi Puu.*, 80(2):100-103.
- Ramamurthy, P., Vanerek, A. and Van de ven, T., 2000. Efficiency of AKD sizing in mixed hardwood-softwood furnishes. *Journal of pulp and paper Science*, 26(2): 72-75.
- Reed, R.W., 1942. The Colloidal and Physical Phenomena Relating to Freeness and Stock Drainage. Ph.D. thesis, Institute of paper chemistry, Lawrence University, Appleton, Wisconsin, USA.
- Shen, J., Song, Z., Qian, X. and Liu, W., 2009. Modification of papermaking grade fillers: A brief review. *BioResources*, 4(3): 1190-1209.
- Song, D., Dong, C., Ragauskas, A. J. and Deng, Y., 2009. Filler modification engineering for improved paper properties and papermaking process. In TAPPI 2nd annual paper conference-Solutions for a changing world.
- Thorni, C., 2009. Application of wet End paper chemistry, 2nd Ed. Springer publication. London. UK. 226p.

Comparison of the performance of filler type on paper properties in the presence of cationic rosin sizing agent

H. Rudi^{1*}, H. Jalal Torshizi² and E. Rasooly Garmaroudy²

1*- Corresponding author, Assistant Prof., Department of Biorefinery Engineering, Faculty of New Technologies and Energy Engineering, Shahid Beheshti University, Zirab, Mazandaran, Iran, E-mail: h_rudi@sbu.ac.ir

2- Assistant Prof., Department of Biorefinery Engineering, Faculty of New Technologies and Energy Engineering, Shahid Beheshti University, Zirab, Mazandaran, Iran

Received: Oct., 2016

Accepted: April, 2017

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of using different fillers in the presence of cationic rosin sizing agent on the properties of pulp and paper made from CMP fibers. For this purpose, cationic rosin internal sizing agent at the levels of 0, 0.5, 1 and 1.5 % based on oven dry weight of fibers, and fillers including grounded carbonate calcium (GCC), precipitated carbonate calcium (PCC), Talc and Zeolite in 25 % level based on oven weight of the paper accompanied with cationic polyacrylamide retention agent at the constant level of 0.3 % based on oven dry weight of fibers were added to the CMP pulp suspension according to the TAPPI standard. In order to examine the effect of different type of fillers in the presence of cationic rosin, handsheets with basis weight of about 60 ± 3 g/m² were prepared from each furnish. Then, various pulp and paper characteristics were measured. Statistical analysis of the results revealed that type of filler has dissimilar behavior on the pulp and paper properties in the presence of cationic rosin. Drainage time of pulp suspension was lower when adding Zeolite and GCC fillers. Talc and PCC showed more reduction effect on the paper strengths properties. Ultimately optical properties of papers improved more when Talc and PCC were added to the CMP pulp. Consequently, with respect to the priority of brightness and opacity for the copy and printing papers made from CMP fibers, addition of Talc and PCC in the presence of cationic rosin sizing agent may meet more the requirements compare to Zeolite and GCC fillers.

Keywords: Fillers, cationic rosin, paper properties, carbonate calcium, talc, microzeolite.