



دانشگاه گوارش و تغذیه

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و چهارم، شماره دوم، ۱۳۹۶

<http://jwst.gau.ac.ir>

تأثیر به کارگیری زئولیت سنتزی 4A به عنوان رنگدانه پوشش‌دهی روی ویژگی‌های فیزیکی کاغذ

سید محمد حسینی^۱، *احمد رضا سرائیان^۲، علی قاسمیان^۲ و محمدرضا دهقانی^۲

^۱دانشجوی دکتری خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۳

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از کاغذهای پوشش‌دهی شده به انتخاب و کاربرد پوشش نهایی کاغذ بستگی دارد. به دلیل این‌که رنگدانه بین ۸۰ تا ۹۵ درصد وزن پوشش را تشکیل می‌دهد واضح است که نوع و ویژگی‌های ذرات نقش مهمی در ساختار پوشش، ویژگی‌های نوری و ویژگی‌های کیفی چاپ نهایی کاغذ بازی می‌کند. یکی از موادی که اخیراً وارد عرصه تحقیقات مرتبط با پوشش‌دهی شده زئولیت است. هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر زئولیت سنتزی 4A به عنوان رنگدانه روی ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای پوشش‌دهی شده با رنگدانه‌های زئولیت سنتزی به صورت خالص و به صورت ترکیب شده با کربنات کلسیم رسوبی و کاتولینیت می‌باشد.

مواد و روش‌ها: کاغذ موردنیاز برای این مطالعه از نوع چاپ تحریر ۷۵ گرمی تولید شده توسط کارخانه کاغذ کائوتا کشور فنلاند، رنگدانه زئولیت سنتزی از نوع 4A از شرکت آسی اس متریال آمریکا، کربنات کلسیم رسوبی از شرکت اوی نوردیک متریال اسپیشلتی واقع در فنلاند، کاتولینیت دی جی از شرکت ایمری واقع در بلژیک، چسب موردنیاز از نوع استایرن بوتادین و از یک شرکت آلمانی به نام ترینسو تهیه شد. وزن پوشش ۱۴ و ۳۰ گرم در یک طرف کاغذ و شرایط اتوزنی مختلف (دمای ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد، فشار اعمال شده و تعداد عبور کاغذ ثابت) برای نمونه‌ها در نظر گرفته شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای پوشش‌دهی شده مانند ضخامت، زبری سطح، درخشش، تغییرات درخشش، ماتی، درجه روشنی، ضریب تفرق نور، سفیدی و زردی بررسی شد.

یافته‌ها: استفاده از زئولیت سبب می‌شود میزان زردی به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کند همچنین کاغذهای پوشش‌دهی شده با زئولیت از سفیدی بسیار بالایی در حد کاغذ پوشش‌دهی شده با کربنات کلسیم برخوردار هستند. درجه روشنی کاغذهای پوشش‌دهی شده با زئولیت حتی از کاغذ پوشش‌دهی شده با کربنات کلسیم نیز بالاتر است و اتوزنی سبب کاهش اندکی در میزان درجه روشنی شد. قبل از اتوزنی، کاغذهای پوشش‌دهی شده با کربنات کلسیم از بالاترین مقدار ضریب تفرق نور برخوردار است و بعد از اتوزنی نیز علیرغم کاهش زیاد در مقدار ضریب تفرق نور همچنان دارای بالاترین مقدار ضریب تفرق نور هستند و به همین دلیل از ماتی بسیار بالایی نیز برخوردارند. نتایج نشان داد افزودن مقدار اندکی کربنات کلسیم و کاتولینیت به زئولیت‌ها سبب بهبود ضریب تفرق نور و بهبود ماتی آنها شده است. همچنین کاغذ پوشش‌دهی شده با زئولیت از درخشش کمی برخوردار است. اتوزنی سبب افزایش درخشش

*مسئول مکاتبه: saraeyan@gau.ac.ir

تمامی تیمارها می‌شود و این افزایش در کربنات کلسیم و کائولینیت بیشتر مشهود است. افزودن کربنات کلسیم و کائولینیت به ژئولیت‌ها سبب بهبود میزان درخشش کاغذ پوشش‌دهی شده با آن‌ها خواهد شد و به‌نظر می‌رسد به دلیل سختی بالاتر ژئولیت‌ها نسبت به دیگر رنگدانه‌ها بهتر است از فشاری بیشتر از فشار به کار رفته در این تحقیق برای اتوزنی استفاده شود.

نتیجه‌گیری: در مجموع باید گفت ژئولیت 4A به لحاظ ویژگی‌های فیزیکی می‌تواند جایگزین مناسبی برای کربنات کلسیم رسوبی و کائولینیت باشد. ایده‌آل‌ترین شرایط برای استفاده از ژئولیت سنتزی و کاهش میزان نقایص آن ترکیب ژئولیت با کربنات کلسیم و کائولینیت است.

واژه‌های کلیدی: پوشش‌دهی، ویژگی‌های فیزیکی کاغذ، ژئولیت سنتزی، کربنات کلسیم رسوبی، کائولینیت

مقدمه

سطح، هم در مقیاس ماکرو و هم در مقیاس میکرو انجام شده است. کروتز (۲۰۰۹) دریافت که جهت‌گیری لایه‌ای و موازی کائولینیت‌ها در مقایسه با دیگر رنگدانه‌ها سبب ایجاد سطح صاف‌تر در سطح پوشش خواهد شد (۱۹). بلند (۲۰۰۱) به این نتیجه رسید که اندازه و شکل ذرات مهمترین فاکتور در درخشش و زبری کاغذهای پوشش‌دهی شده است (۱). اکلوند (۱۹۷۵) نشان داد که ذرات ریزتر باعث افزایش درخشش و کاهش زبری می‌شود به شرطی که مقایسه، بین ذرات مشابه صورت گیرد. اتوزنی سبب اصلاح ساختار پوشش می‌شود. محققین زیادی تأثیر اتوزنی را روی بهبود ویژگی‌های نوری و اصلاح ساختار سطح کاغذ مورد بررسی قرار دادند. لپوتر و مینز (۱۹۷۸) بیان داشتند که گرمای سیلندر اتوزنی، فشار اعمال شده و تعداد گذر کاغذ از استوانه اتوزنی تأثیر زیادی در کاهش ضخامت کاغذ پوشش‌دهی شده، کاهش زبری سطح و افزایش درخشش آن خواهد داشت (۱۰). مواد مخلوط برای پوشش سطح کاغذ بسیار متنوع هستند. کربنات کلسیم رسوبی^۹ و آسیاب شده^{۱۰} متداول‌ترین رنگدانه‌ها هستند. دونیگان و همکاران (۱۹۹۶) بیان داشتند تفاوت رنگدانه‌ها در

استفاده از کاغذهای پوشش‌دهی شده به انتخاب و استفاده مناسب از ساختار پوشش نهایی کاغذ بستگی دارد. به دلیل این‌که رنگدانه بین ۸۰ تا ۹۵ درصد وزن پوشش را تشکیل می‌دهد واضح است که بعضی از ویژگی‌های پوشش مانند اندازه ذرات^۱، توزیع اندازه ذرات^۲ و مورفولوژی الیاف نقش مهمی در ساختار پوشش، ویژگی‌های نوری و ویژگی‌های کیفی چاپ نهایی کاغذ بازی می‌کند. درخشش^۳ از بین تمام ویژگی‌های نوری از قبیل درجه روشنی^۴، سفیدی^۵، ماتی^۶، درخشش و زردی^۷، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و به‌طور خیلی مؤثری به ویژگی‌های ساختاری سطح خصوصاً زبری سطح و خلل و فرج وابسته است. زبری بالا منجر به درخشش کم در کاغذ خواهد شد (۸، ۱۴). طی سال‌ها تلاش‌های بسیار زیادی در ارتباط با تأثیر رنگدانه^۸ روی درخشش کاغذهای پوشش‌دهی شده در مقیاس ماکرو و زبری

- 1- Particle size
- 2- Particle size distribution
- 3- Gloss
- 4- Brightness
- 5- Whiteness
- 6- Opacity
- 7- Yellowness
- 8- Pigment

9- PCC
10- GCC

شکل^۱، اندازه و درجه روشنی آن‌هاست و با توجه به انتظاری که از کاغذ چاپ شده نهایی وجود دارد و همچنین هزینه نهایی، انواع متفاوتی از رنگدانه‌ها استفاده خواهد شد (۵).

کربنات کلسیم رسوبی PCC: این نوع رنگدانه به‌طور سنتزی تولید می‌شود. ویژگی‌های فیزیکی PCC مشابه GCC است ولی شکل ذرات در طی رسوب قابل کنترل است.

کائولین: کائولین به‌دلیل صافی سطح بالایی که ایجاد می‌کند به‌طور عمده به‌عنوان رنگدانه در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. نام کائولین به دسته‌ای از مواد معدنی حاوی آلومینوسیلیکات اشاره دارد که کائولینیت برجسته‌ترین ماده معدنی از این دسته است. کائولینیت به‌طور معمول به‌صورت $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ نوشته می‌شود. هر چه مقدار کائولینیت در کائولن بیشتر باشد کیفیت آن به لحاظ پوشش‌دهی بهتر است. به‌دلیل صافی بسیار بالایی که ایجاد می‌کند ویژگی‌های نوری را به‌طور قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌دهد و برای کاغذهایی که با فرایند روتوگراور چاپ می‌شوند بسیار مناسب است. وجود گروه‌های OH در سطح کائولن سبب می‌شود این ذرات انرژی سطح بسیار بالایی داشته باشند و همین عامل سبب خاصیت آبدوستی آن می‌شود (۱۳).

ژئولیت: یکی دیگر از موادی که اخیراً وارد عرصه تحقیقات در ارتباط با پوشش‌دهی شده است ژئولیت است. ژئولیت‌ها دسته‌ای از آلومینوسیلیکات‌های بلورین ریز حفره‌دار، حاوی کاتیون‌های از عناصر قلیایی و قلیایی خاکی هستند. ژئولیت بی‌اثر و اغلب به رنگ سفید است. سختی ۳/۵ تا ۵/۵ و جرم حجمی ۱ تا ۱/۸۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب دارد. حجم فضاهای خالی در ژئولیت‌ها به بیش از ۵۰ درصد می‌رسد (۱۶). مقدار درجه روشنی ژئولیت‌های سنتزی

تقریباً مشابه کربنات کلسیم رسوبی (۹۶-۹۸) می‌باشد. ژئولیت‌های سنتزی با ظرفیت تبادل یونی بالاتر، خالص‌تر و اندازه منافذ یکنواخت‌تر جایگاه بهتری را نسبت به ژئولیت طبیعی در بازار به‌دست آورده است. این ترکیبات منفذ دار بر اساس اندازه و شکل ذرات، اندازه و جهت و ویژگی‌های کانال‌های موجود در آن دسته‌بندی می‌شود. خلوص زیاد، توزیع اندازه یکنواخت و مهمتر از همه شارژ تبادل یونی بسیار بالا ژئولیت را به ماده‌ای بالقوه مناسب برای پوشش‌دهی تبدیل کرده است (۱۶). جولیندره (۲۰۰۱) طی بررسی تأثیر ژئولیت سنتزی به‌عنوان پوشش کاغذ روی کیفیت چاپ به این نتیجه رسید رئولوژی ترکیب پوشش حاوی ژئولیت در مقیاس آزمایشگاهی از رفتار جریان نیوتونی تبعیت می‌کند. ولی در مقیاس صنعتی رفتار شبه پلاستیک از خود نشان می‌دهد. شلیسمن و همکاران (۲۰۰۳) اعلام کردند که رنگدانه‌های بر پایه سیلیس سبب بهبود بعضی از ویژگی‌های نوری، بهبود کیفیت سطح و بهبود کیفیت چاپ نهایی می‌شوند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که از مشکلات کار با ژئولیت‌های سنتزی رئولوژی ضعیف و کار در درصد مقدار مواد جامد^۲ پایین است. همین عامل سبب شد محققان به دنبال موادی باشند که در ترکیب با ژئولیت‌های سنتزی به‌عنوان رنگدانه سبب کاهش مشکلات بالا شود. کلاس و همکاران (۲۰۰۳) عملکرد ژئولیت‌های طبیعی را در چاپ جوهر افشان بررسی کردند. آن‌ها مشاهده کردند استفاده از ژئولیت سبب بهبود ویژگی‌های نوری کاغذهای پوشش‌دهی شده می‌شود. نایکنواخت بودن و درجه روشنی پایین ژئولیت‌های طبیعی سبب شد استفاده از آن در بازار آمریکا محدود باشد. به همین دلیل آن‌ها ژئولیت‌های سنتزی را به‌دلیل خلوص بالا، یکنواختی اندازه و ویژگی‌های تبادل یونی بهتر به‌عنوان جایگزینی مناسب

رنگدانه، چسب، کربوکسی متیل سلولز و دیگر افزودنی‌های مورد نیاز طبق جدول ۴ و بر اساس تعداد واحد وزن خشک در صد واحد^۱ با هم ترکیب شدند. بر همین اساس ۵ ترکیب مختلف ایجاد شد. ویسکوزیته، pH و درصد مواد جامد تمامی ترکیبات تولید شده اندازه‌گیری شد. در این تحقیق از ۱۴ و ۳۰ گرم ماده پوششی در یک طرف کاغذ استفاده شد. یک سری از کاغذها با زئولیت خالص و سری دیگر با ترکیب کربنات کلسیم/ زئولیت و کائولینیت/ زئولیت و با نسبت ۸۰/۲۰ پوشش‌دهی شدند. تمامی نمونه‌ها تحت شرایط مختلف (دماهای ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد، فشار و تعداد گذر کاغذ از سیلندر اتوزنی ثابت) اتوزنی شدند. کاغذهای پوشش‌دهی شده زیر لامپ گرمایشی IR^۹ و طی پنج ثانیه برای کاغذهای سبک و هشت ثانیه برای کاغذهای سنگین خشک شدند. برای اطمینان از درستی انجام کار، پنج نمونه کاغذ از هر ترکیب پوشش‌دهی شد.

برای زئولیت‌های طبیعی پیشنهاد کردند. هدف از انجام این تحقیق بررسی ساختار لایه پوششی کاغذ، تأثیر اتوزنی روی کاغذهای پوشش‌دهی شده و در نهایت بررسی ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای پوشش‌دهی شده با رنگدانه‌های زئولیت سنتزی، کربنات کلسیم رسوبی و کائولینیت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

کاغذ مورد نیاز برای این مطالعه از نوع چاپ تحریر ۷۵ گرمی تولید شده توسط کارخانه کاغذ کائوتا^۱ کشور فنلاند، رنگدانه‌ی زئولیت سنتزی از نوع 4A از شرکت آسی اس متریال^۲ آمریکا، کربنات کلسیم رسوبی به صورت سوسپانسیون^۳ از شرکت اوی نوردیک متریال اسپیشلتی^۴ واقع در فنلاند، کائولینیت دی جی (جدول ۱) از شرکت ایمری^۵ واقع در بلژیک، چسب مورد نیاز از نوع استایرن (جدول ۲) بوتادین^۶ و از یک شرکت آلمانی به نام ترینسئو^۷ تهیه شد.

جدول ۱- ویژگی‌های رنگدانه.

Table 1. Pigment properties.

ناحیه سطحی ویژه ^{۱۰} Specific surf area (m ² g ⁻¹)	اندازه ذرات (میکرومتر) Particle size (μm)	شکل ذرات Shape particle	اندازه منافذ (آنگستروم) Pores size (Å)	درجه روشنی (%) Brightness (%)	چگالی Density (gr cm ⁻³)	نوع Type
500	2-4	مکعبی (Cube)	4	>96-98	1.4	زئولیت 4A (Zeolite 4A)
12	0.72	کربنات (Carbonate)	-----	>96-98	2.82	کربنات کلسیم رسوبی (PCC)
10	0.57	صفحه‌ای (Plate shape)	-----	83-87	1.98	کائولینیت (Kaolinite)

- 1- Kauttua Paper
- 2- ACS material
- 3- Suspension
- 4- Oy Nordic Minerals Specialty
- 5- Imery
- 6- Styrene Butadiene
- 7- TRINSEO
- 8- pph
- 9- Specific surf area
- 10- According to the BET- method

جدول ۲- ویژگی های چسب.

Table 2. Glue properties.

مقدار مواد جامد Solid content	pH	ویسکوزیته Viscosity	نوع چسب Type of Glue
53.3%	5.8	430 (mPa*s)	استایرن بوتادی ان ۸۵ (Styren Butadiene)

جدول ۳- ویژگی های کاغذ پایه.

Table 3. Base paper properties.

درجه روشنی Brightness	نوع Kind	ابعاد Size	گراماژ Gramage	سازنده Manufacturer
87-88(%ISO)	پوشش دهی نشده و آهاردهی شده (Uncoated and sized)	cm ² 21.6x27.94	۷۵ گرم در هر مترمربع 75 (gr/ m ²)	اتحادیه اروپا (European Community)

جدول ۴- فرمولاسیون متفاوت مواد پوشش دهنده (مقادیر داده شده بر حسب تعداد قسمت ها در صد قسمت می باشد pph).

Table 4. Different formulation of coating material (pph).

پراکنده ساز Dispersent	CMC	لاتکس Latex	کائولینیت Kaolinite	کربنات کلسیم رسوبی PCC	زئولیت 4A Zeolite 4A	فرمولاسیون Furmulation
3	0.5	10			100	1
3	0.5	10		100		2
3	0.5	10	100			3
3	0.5	10		20	80	4
3	0.5	10	20		80	5

برای اندازه گیری زبری سطح کاغذ (تفاوت ارتفاع پستی و بلندی های سطح کاغذ) از دستگاه زبری سنج نوع پارکر و بر اساس استاندارد تاپی ۹۴ Om - ۵۵۵ T استفاده شد. در این دستگاه کاغذ بین دو هد دستگاه قرار گرفته و مشابه شرایط تحت چاپ، زبری سطح آن اندازه گیری می شود. در صورتی که زبری سطح کاغذ بین ۰/۲ تا ۶/۵ میکرون باشد در محدوده نرمال و بیشتر از ۶/۵ تا ۱۵ میکرون، در محدوده زبری زیاد قرار می گیرد. دستگاهی که برای اندازه گیری تغییرات درخشش کاغذ^۶ (PGV) پوشش دهی شده استفاده شد درخشش سنج میکرو^۷ است. این دستگاه در انستیتو تحقیقاتی خمیر و کاغذ سوئد ساخته شده است (۱۰). نور سفید با زاویه ۲۰ درجه به نمونه های پوشش دهی شده تابیده و دوربین با زاویه ۲۰ درجه نسبت به نور تابیده شده قرار داده شد (۲).

بررسی ساختار میکروسکوپی سطح کاغذهای پوشش یافته توسط یک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام شد. جرم پایه یا گراماژ (جرم یک مترمربع کاغذ) تمامی نمونه ها بر اساس استاندارد تاپی ۸۸ Om - ۴۱۰ T محاسبه شد. میزان ضخامت تمامی نمونه ها بر اساس استاندارد تاپی ۸۹ Om - ۴۱۱ T محاسبه شد. برای اندازه گیری درخشش از دستگاه درخشش سنج ZLR ۱۰۵۰ در سه زاویه تابش نور ۲۰، ۶۰ و ۷۵ درجه و بر اساس استاندارد تاپی ۰۳ Om - ۶۵۳ T، ۰۵ Om - ۴۸۰ T استفاده شد. میزان درخشندگی با استفاده از دستگاه الرفو ۳۰۰۰ و بر اساس استاندارد ۹۲ Om - ۴۵۲ T محاسبه شد. همچنین در ادامه میزان زردی^۱، ضریب جذب^۲، تفرق نور^۳، سفیدی^۴ و ماتی^۵ نیز مورد بررسی قرار گرفت.

- 1- Yellowness
- 2- Adsorption Coefficient
- 3- Light Scattering
- 4- Whiteness
- 5- Opacity

6- Print Gloss Variation (PGV)

7- MicoGloss



شکل ۲- تجهیزات اندازه‌گیری تغییرات درخشش چاپ. دست چپ دستگاه تابنده نور^۱ و دست راست دوربین قرار دارد. این دستگاه در انستیتو تحقیقاتی خمیر و کاغذ سوئد ساخته شده است و در حال حاضر در آنجا قرار دارد (مک گرگور و جانسون، ۱۹۹۰).

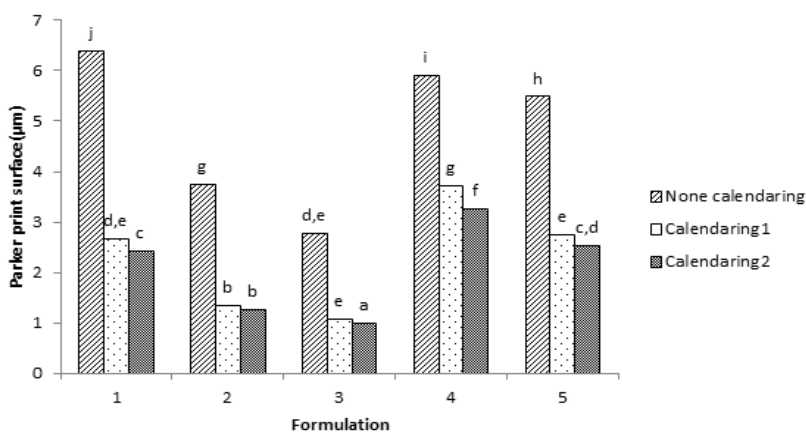
Figure 2. Instrument of measuring print gloss variation.

مقادیر زبری سطح تیمارهای مختلف در سطح اطمینان ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین زبری سطح مربوط به تیمار با ژئولیت 4A به صورت خالص و اتوزنی نشده و کمترین زبری سطح مربوط به تیمار با کائولینیت به صورت خالص و اتوزنی شده (دما ۹۰ درجه سانتی‌گراد و فشار اعمال شده ۱۵۰ کیلو نیوتن متر) مربوط است که در آزمون چند دامنه‌ای دانکن به ترتیب در گروه j و a قرار دارد. روش پارکر (PPS) همبستگی زیادی با ویژگی‌های نوری و بیشترین همبستگی را با کیفیت چاپ کاغذ ارائه می‌دهد (۱۲). این ویژگی با سطح نقاط چاپ نشده همبستگی خوبی دارد (۱۷).

در واقع PGV ضریب تغییرات انعکاس در طول موج‌های مختلف است. که در طول موج ۴-۵/۰ میلی‌متر به خوبی قابل مشاهده است (۴). جهت تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد و سپس گروه‌بندی میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت پذیرفت. برای تجزیه و تحلیل نتایج از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

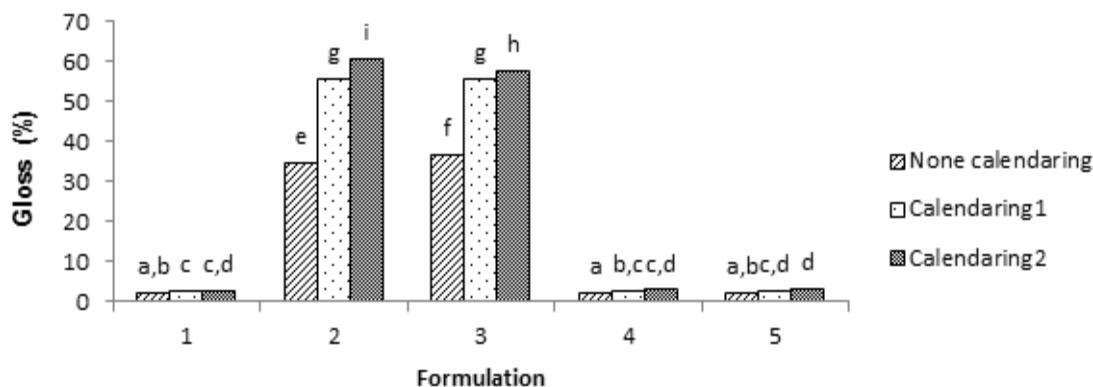
زبری سطح: شکل ۳ مقادیر زبری سطح ۵ تیمار مختلف با ۱۴ گرم افزایش وزن را نشان می‌دهد. بین



شکل ۳- مقادیر زبری سطح ۵ تیمار مختلف با ۱۴ گرم افزایش وزن با استفاده از روش پارکر.
Figure 3. Surface roughness in 5 different treatments with 14 gr increased weight (PPS).

کاغذ شده باشد و همین عامل سبب کاهش زبری به مقدار جزئی شده است (۱۸).

درخشش: شکل ۴ میزان درخشش ۵ تیمار مختلف با ۱۴ گرم افزایش وزن را نشان می‌دهد. بین مقادیر درخشش تیمارهای مختلف در سطح اطمینان ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.



شکل ۴- میزان درخشش ۵ تیمار مختلف با ۱۴ گرم افزایش وزن.

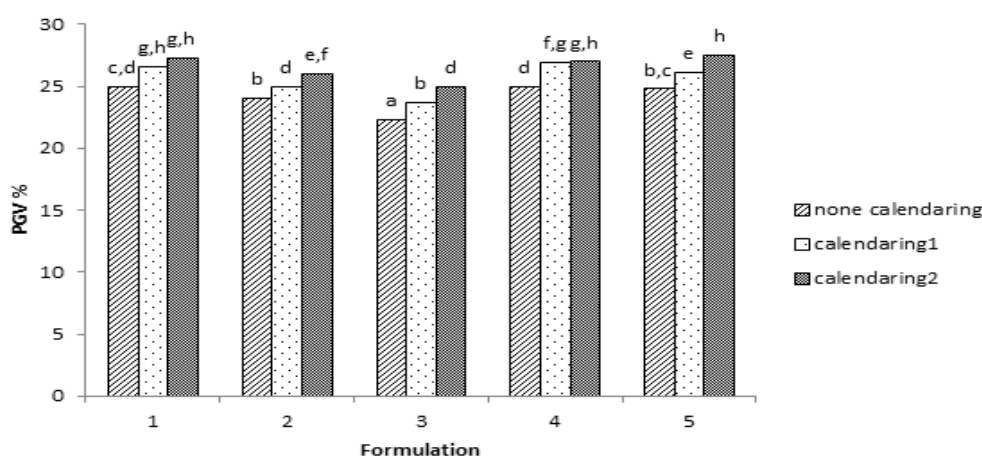
Figure 4. Gloss in 5 different treatments with 14 gr increased weight.

کائولینیت به زئولیت‌ها سبب بهبود میزان درخشش کاغذ پوشش‌دهی شده با آن‌ها خواهد شد و به‌نظر می‌رسد به‌دلیل سختی بالاتر زئولیت‌ها نسبت به دیگر رنگدانه‌ها بهتر است از فشاری بیشتر از فشار به کار رفته در این تحقیق برای اتوزنی استفاده شود.

تغییرات درخشش: طبق یک تقسیم‌بندی در STFI- Packforsk AB انجام شد مقادیر PGV درصد در سه دسته قرار می‌گیرند. مقادیر بالاتر از ۳۰ درصد زبر و بسیار بد، بین ۲۵-۳۰ صاف و مناسب و مقادیر کمتر از ۲۵ بسیار صاف و خوب در نظر گرفته می‌شود. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری درخشش چاپ نشان داد که اتوزنی تأثیر زیادی روی تغییرات درخشش دارد. با افزایش اتوزنی میزان تغییرات درخشش افزایش چشمگیری می‌یابد. نمودار زیر تأثیر اتوزنی را روی تغییرات درخشش چاپ در همه فرمولاسیون‌ها با افزایش وزن ۱۴ گرم را نشان می‌دهد.

همچنین داده‌های حاصل از زبری سطح کاغذهایی با ۳۰ گرم افزایش وزن نشان داد میزان زبری سطح با افزایش وزن پوشش سطح در همه تیمارها اندکی کاهش پیدا کرد. به‌نظر می‌رسد افزایش جرم پوشش سطح سبب فشردگی بیشتر و در نتیجه بالک کمتر

کمترین مقدار درخشش مربوط به تیمار با زئولیت 4A خالص و اتوزنی نشده و بیشترین درخشش مربوط به تیمار با کربنات کلسیم رسوبی به‌صورت خالص و اتوزنی شده (دما ۹۰ درجه سانتی‌گراد) است که در آزمون چند دامنه‌ای دانکن به‌ترتیب در گروه a,b و i قرار دارد. نتایج نشان می‌دهد اتوزنی سبب افزایش درخشش تمامی تیمارها می‌شود و این افزایش در کربنات کلسیم و کائولینیت بیشتر مشهود است. به‌دلیل استفاده از استوانه نرم در فرایند اتوزنی، فشار اعمال شده در استوانه سبب شد کاغذ با بخش زیادتری از سطح استوانه تماس داشته باشد و همین عامل سبب صافی و درخشش بیشتر سطح کاغذ می‌شود (۱۸). کربنات کلسیم رسوبی از توزیع اندازه ذرات بیشتر و اندازه ذرات کوچکتری برخوردار است و این فاکتورها به لحاظ تئوری سبب بهبود میزان درخشش کاغذهای پوشش‌دهی شده می‌شود (۱۸). در مجموع باید گفت افزودن کربنات کلسیم و

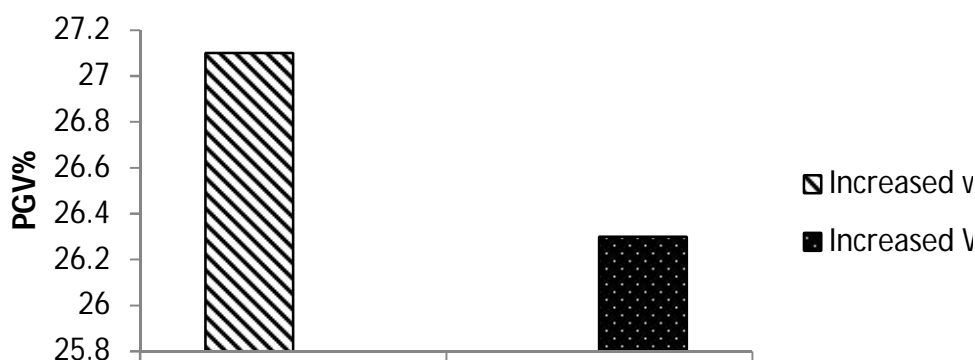


شکل ۵- تغییرات درخشش چاپ برای همه فرمولاسیون‌ها.

Figure 5. Print gloss variation in 5 different treatments with 14 gr increased weight.

تأثیر زیادی در افزایش PGV% در کاغذهای اتوزنی شده دارد (۲). همچنین در کاغذهایی با وزن پوشش بالاتر این ارقام حدود ۳ درصد کاهش را نشان می‌دهد (شکل ۶).

در اثر اتوزنی نواحی بلندتر سطح کاغذ نسبت به نواحی پایین‌تر فشردگی بیشتری را متحمل می‌شوند و این مساله سبب ایجاد مناطقی با صافی‌های مختلف در سطح^۱ کاغذ می‌شود. نقاط بالاتر، صاف‌تر و نقاط پایین‌تر از صافی کمتری برخوردار هستند. این عامل



شکل ۶- تغییرات درخشش چاپ در فرمولاسیون ۱ بر اساس گرم بر مترمربع افزایش وزن.

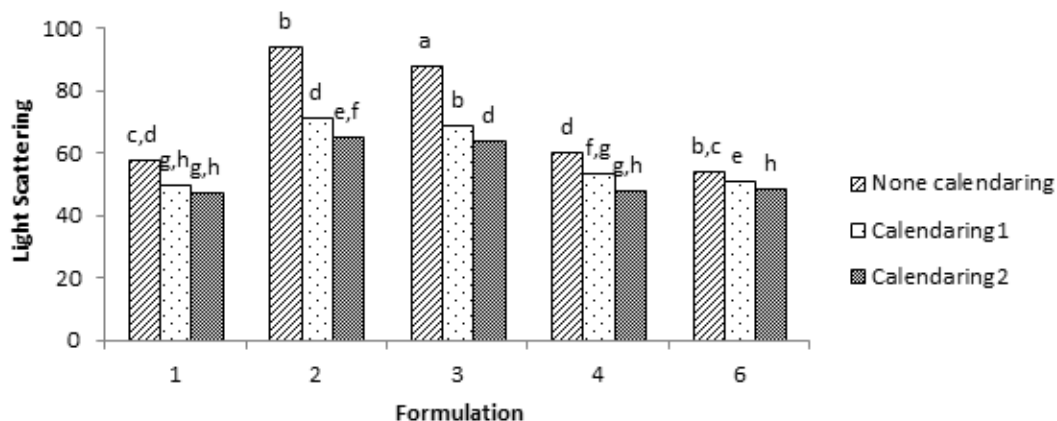
Figure 6. Print gloss variation in number1 formulation with different increased weight.

ماتی: یکی از ویژگی‌های بسیار مهم در کاغذ ماتی است که به‌طور مستقیم به مقدار بالک^۲ و ضریب تفرق نور وابسته است. ضریب تفرق نور نیز به ساختار به‌خصوص فضاهای میکرو در سطح لایه پوشش بستگی دارد (۱۸). بالک از تقسیم ضخامت بر وزن کاغذ پایه به‌دست می‌آید و واحد آن عکس واحد

وجود مقدار مواد بیشتر سبب می‌شود میزان پستی و بلندی‌های سطح کاهش یافته و یکنواختی بیشتری در لایه سطحی ایجاد شود و همین عامل سبب می‌شود در اثر اتوزنی مناطقی با درجه صافی نایکنواخت کمتری داشته باشیم. در نتیجه مقدار PGV% اندکی کاهش یابد.

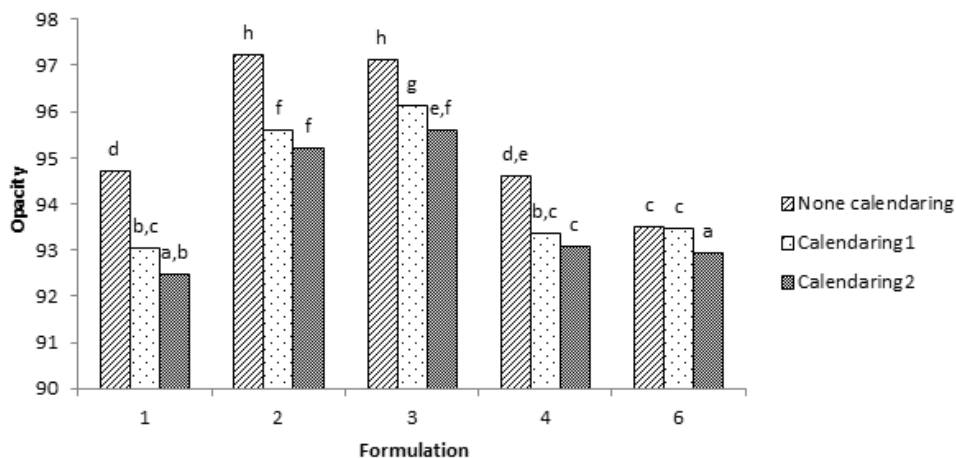
دانسیتته افزایش می‌یابد. از این‌رو باید گفت فشار اعمال شده و تشکیل نیروی برشی بیشترین تأثیر را در بهبود ویژگی‌های سطحی دارد (۱۸). قبل از اتوزنی ذرات کربنات کلسیم از بالاترین مقدار ضریب تفرق نور برخوردار است و بعد از اتوزنی نیز علی‌رغم کاهش زیاد در مقدار ضریب تفرق نور همچنان دارای بالاترین مقدار ضریب تفرق نور هستند. و به‌همین دلیل از ماتی بسیار بالایی نیز برخوردارند. نتایج نشان داد افزودن مقداری کربنات کلسیم و کائولینیت به ژئولیت‌ها سبب بهبود ضریب تفرق نور و بهبود ماتی آن‌ها شده است.

دانسیتته (cm^3g^{-1}) می‌باشد. شکل‌های ۷ و ۸ نشان می‌دهند با اتوزنی مقدار بالک کاهش و به دنبال آن مقدار ضریب تفرق نور نیز کاهش یافته است که این کاهش سبب کاهش ماتی شده است. در واقع در اثر فشاری که توسط استوانه نرم بر روی کاغذ اعمال می‌شود نیروی برشی شکل می‌گیرد که سبب لغزش اجزای کاغذ روی هم شده و علاوه بر کاهش ضخامت کاغذ، میزان دانسیته کاغذ نیز افزایش می‌یابد. افزایش دانسیته به معنای کاهش بالک است. البته در استوانه‌های سخت نیروی برشی تشکیل شده بسیار اندک است و فقط سبب فشردگی لایه‌های سطحی کاغذ پوشش‌دهی شده می‌شود در نتیجه گردان



شکل ۷- ضریب تفرق نور ۵ تیمار مختلف با ۱۴ گرم افزایش وزن.

Figure 7. Light Scattering in 5 different treatments with 14 gr increased weight.



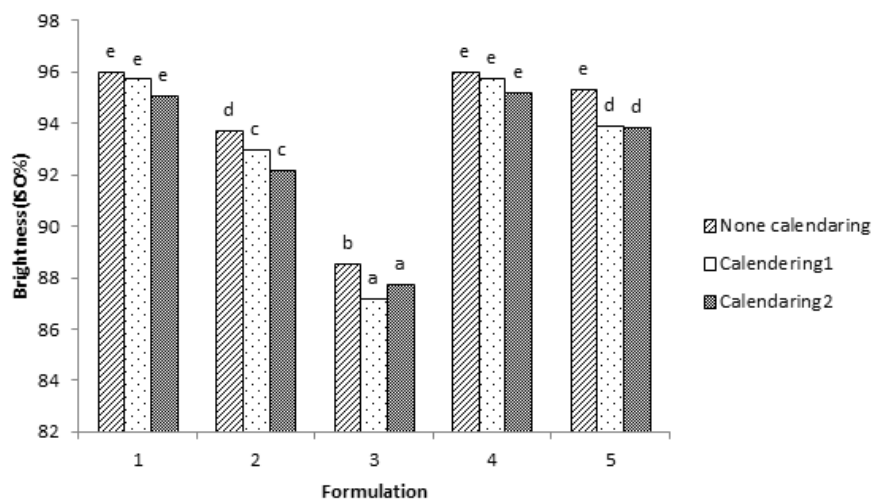
شکل ۸- میزان ماتی ۵ تیمار مختلف با ۱۴ گرم افزایش وزن.

Figure 7. Opacity in 5 different treatments with 14 gr increased weight.

را نشان می‌دهد. ژئولیت‌ها خصوصاً ژئولیت 4A از درجه روشنی بالایی برخوردارند. با توجه به شکل، بالاترین درجه روشنی مربوط به کاغذهای تیمار شده با ژئولیت 4A و اتوزنی نشده و پایین‌ترین درجه روشنی مربوط به کاغذهای تیمار شده با کائولینیت و اتوزنی شده است. همچنین در همه تیمارها با افزایش اتوزنی مقدار درجه روشنی کاهش می‌یابد که با نتایج والتر و همکاران (۱۹۶۵) مطابقت دارد.

البته باید خاطر نشان کرد فاکتورهای دیگری نیز مقدار کاهش بالک را در فرایند اتوزنی تحت تأثیر قرار می‌دهند که عبارتند از: سرعت استوانه، قطر استوانه، رطوبت و بالک اولیه (۱۸) که همه آن‌ها ثابت در نظر گرفته شد. همچنین افزایش بیش از حد دما سبب افزایش گرادیان دمایی در پروفیل کاغذ شده که نتیجه آن فشردگی لایه سطحی و دست نخورده ماندن لایه‌های درونی کاغذ است.

درجه روشنی، سفیدی و زردی: شکل ۹ میزان درجه روشنی در تیمارهای مختلف و تأثیر اتوزنی روی آن

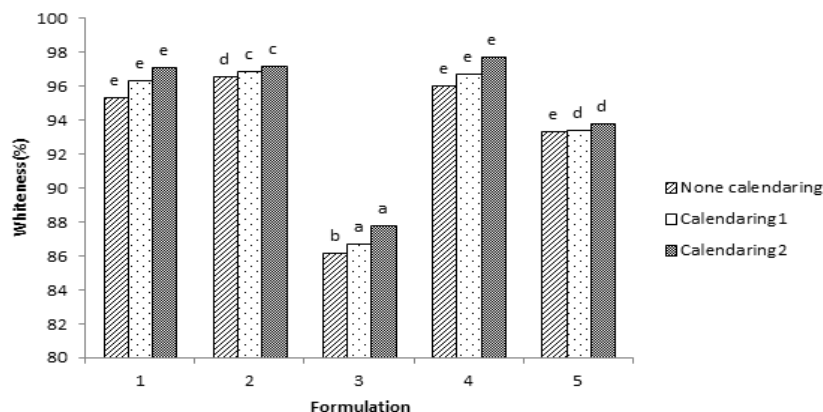


شکل ۹- میزان درجه روشنی در تیمارهای مختلف و تأثیر اتوزنی روی آن.

Figure 9. Brightness in different treatments and the effect of calendaring on brightness.

مربوط به کاغذهای تیمار شده با ۸۰ درصد ژئولیت 4A و ۲۰ درصد کربنات کلسیم و اتوزنی شده و پایین‌ترین درجه روشنی مربوط به کاغذهای تیمار شده با کائولینیت و اتوزنی نشده است.

شکل ۱۰ میزان سفیدی در تیمارهای مختلف و تأثیر اتوزنی روی آن را نشان می‌دهد. ژئولیت‌ها خصوصاً ژئولیت 4A از مقدار سفیدی بالایی برخوردارند. با توجه به شکل بالاترین مقدار سفیدی



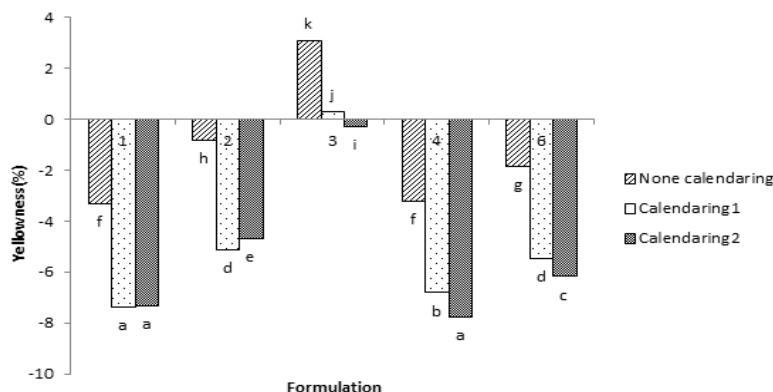
شکل ۱۰- میزان سفیدی در تیمارهای مختلف و تأثیر اتوزنی روی آن.

Figure 10. Whiteness in different treatments and the effect of calendaring on whiteness.

بالای ۹۶ باعث شد این کاغذ از سفیدی بالایی برخوردار باشند. افزودن کربنات کلسیم رسوبی سبب اصلاح PSD و بهبود سفیدی در کاغذ پوشش‌دهی شده نهایی شده است (۱۶).

شکل ۱۱ میزان درجه زردی در تیمارهای مختلف و تأثیر اتوزنی روی آن را نشان می‌دهد. ژئولیت‌ها خصوصاً ژئولیت 4A از درجه زردی بسیار پایینی برخوردارند. با توجه به شکل بالاترین درجه زردی مربوط به کاغذهای تیمار شده با کائولینیت و اتوزنی نشده و پایین‌ترین مربوط به کاغذهای تیمار شده با ژئولیت 4A و اتوزنی شده است. با افزایش اتوزنی مقدار زردی به دلیل تشدید تشکیل گروه‌های کربوکسیل اندکی افزایش پیدا کرد (۱۹).

همچنین در همه تیمارها با اتوزنی مقدار سفیدی اندکی افزایش پیدا کرد. سفیدی در واقع از انعکاس نور در تمام طول موج‌ها ناشی می‌شود. بررسی‌های نیتین کومار و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که میزان انعکاس کلی نور هم به مقدار ضریب تفرق در کاغذ پایه و هم ساختار لایه پوشش بستگی دارد. میزان تفرق نور بالاتر در لایه پوشش تأثیر منفی تفرق پایین در کاغذ پایه را خنثی خواهد کرد. و با افزایش وزن پوشش این تأثیر بیشتر است. همچنین استفاده از رنگدانه سفید تنها عامل سفیدی کاغذ پوشش‌دهی شده نیست و عوامل دیگری همچون اندازه ذرات، توزیع اندازه ذرات و مورفولوژی ذرات نیز تأثیر زیادی در این ارتباط دارند. تیمار کاغذها با ژئولیت‌های سنتزی به دلیل ابعاد بسیار کم و سفیدی



شکل ۱۱- میزان زردی در تیمارهای مختلف و تأثیر اتوزنی روی آن.

Figure 11. Yellowness in different treatments and the effect of calendaring on yellowness.

نتیجه‌گیری

تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای پوشش‌دهی شده مانند ضخامت، زبری سطح، درخشش، تغییرات درخشش، ماتی، درجه روشنی، ضریب تفرق نور، سفیدی و زردی با ژئولیت 4A به صورت خالص و به صورت ترکیب با مواد مختلف و در شرایط مختلفی از وزن پوشش و اتوزنی بررسی شد. نتایج نشان داد استفاده از ژئولیت از نظر ضخامت شرایطی مشابه با کربنات کلسیم و کائولینیت ایجاد می‌کند البته با مقدار اندکی افزایش ضخامت، که این افزایش ضخامت مطلوبی را برای استفاده از این ماده در کاغذهای نازک برای جلوگیری از پشت‌نمائی فراهم می‌کند. یکی از فاکتورهای بسیار مهم از نظر مصرف‌کنندگان کاغذهای پوشش‌دهی شده، کم بودن میزان زردی است. استفاده از ژئولیت سبب می‌شود میزان این فاکتور به طرز چشمگیری کاهش پیدا کند همچنین کاغذهای پوشش‌دهی شده با ژئولیت از سفیدی بسیار بالایی در حد کاغذ پوشش‌دهی شده با کربنات کلسیم برخوردار هستند. درجه روشنی کاغذهای پوشش‌دهی شده با ژئولیت حتی از کاغذ پوشش‌دهی شده با کربنات کلسیم نیز بالاتر است و اتوزنی سبب کاهش اندکی در میزان درجه روشنی شد. قبل از اتوزنی، کاغذهای پوشش‌دهی شده با کربنات کلسیم از بالاترین مقدار

ضریب تفرق نور برخوردار است و بعد از اتوزنی نیز علی‌رغم کاهش زیاد در مقدار ضریب تفرق نور همچنان دارای بالاترین مقدار ضریب تفرق نور هستند. به همین دلیل از ماتی بسیار بالایی نیز برخوردارند. نتایج نشان داد افزودن مقدار اندکی کربنات کلسیم و کائولینیت به ژئولیت‌ها سبب بهبود ضریب تفرق نور و بهبود ماتی آن‌ها شده است. نتایج نشان داد کاغذ پوشش‌دهی شده با ژئولیت از درخشش کمی برخوردار است. اتوزنی سبب افزایش درخشش تمامی تیمارها می‌شود و این افزایش در کربنات کلسیم و کائولینیت بیشتر مشهود است. افزودن کربنات کلسیم و کائولینیت به ژئولیت‌ها سبب بهبود میزان درخشش کاغذ پوشش‌دهی شده با آن‌ها خواهد شد و به نظر می‌رسد به دلیل سختی بالاتر ژئولیت‌ها نسبت به دیگر رنگدانه‌ها بهتر است از فشاری بیشتر از فشار به کار رفته در این تحقیق برای اتوزنی استفاده شود. در مجموع باید گفت ژئولیت 4A می‌تواند جایگزین مناسبی برای کربنات کلسیم رسوبی و کائولینیت باشد. و ایده‌آل‌ترین شرایط برای استفاده از ژئولیت ترکیب آن با کربنات کلسیم و کائولینیت است.

منابع

1. Blend, M. 2001. Gloss variation of printed paper: Relationship between Topography and Light Scattering, Doctoral Thesis, Rpyal Institute of Thechnology, Stockholm, Sweden.
2. Bristow, A. 2004. The surface paper, Chapter in The Ljungberg Textbook. Fiber and Polimer Technology, KTH, Stockholm, Sweden.
3. Chen, T. 2012. The Influence of coating structure on sheet-fed offset ink setting rates, MS thesis, Western Michigan University, Department of Paper Engineering, Chemical Engineering and Imaging, USA.
4. Christiansson, H., and Johansson, P. 2004. Micro Gloss by STFI-Packforsk- A way of measuring gloss quality as we perceive it. STFI-Packforsk AB product sheet, Stockholm Sweden.

5. Donigan, D.W., Ishley, J.N., and Wise, K.J. 1996. TAPPI coating, Tappi Press, Atlanta GA, 39-49.
6. Engström, G., and Morin, V. 1997. Compression of a coating layer during calendaring. 18th PTS Coating Symposium, Munich, 16-18 September, 189p.
7. Engström, G., and Rigdhal, M. 1992. Paper NO 3; Binder migration- Effect on Printability and Print quality. In the doctoral thesis by Engström; Department of paper technology, KTH.Stocholm, Sweden.
8. Gate, L.F., Windle, W., and Hine, M. 1973. The relationship between gloss and surface microstructure of coatings, Tappi, 56(3): 61-65.
9. Kumar, N., and Bhardwaj, N. 2011. Influence of particle size distribution of calcium carbonate pigments on coated paper whiteness, J. Coat. Technol. Res., 8(5): 613-618.
10. Lepoutre, P., and Means, G. 1978. Supercalendering and coating properties, Tappi, 61(11): 85-87.
11. Lohmander, S. 2000. Influence of shape and shape factor of pigment particles on the packing ability in coating layers, Nordic Pulp and Paper Research Journal, 15(4): 300-305.
12. Morris, H., Sennett, P., and Drexel, R.G. (JR). 1965. Delaminated clays- physical properties and paper coating properties. Tappi, 48(12): 688-696.
13. Pauler, N. 1991. Paper Optics, Östervala. ISBN: 91-971 765-6-7, Sweden.
14. Preston, J., Daun, M., Nutbeem, C., and Jones, A. 2000. Attaining print performance through pigment engineering, Wochenblatt Fur Papierfabrication 5-2000pp 252-265.
15. Sood, Y., Tyagi, S., Pande, P., and Tandon, R. 2010. Effect of base paper characteristics on coated paper quality. Indian j. Chem. Technol. 17: 309-316.
16. Ström, G., Englund, A., and Karathanasis, M. 2003. Effect of coating structure on print gloss after sheet-fed offset printing. Nord. Pulp Pap. Res. J. 18: 108-115.
17. Wygant, R., Pruett, R., and Chen, C. 1995. A review of techniques for characterizing paper coating surfaces, structures and printability, in proceeding of coating fundamentals symposium, TAPPI Press, Atlanta, GA, USA, 85-91.
18. Xu, R., Pang, W., Yu, J., Huo, Q., and Chen, J. 2007. Chemistry of zeolites and related porous materials (pp. 1-13, 19-47, 176). Singapore: John Wiley and Sons (Asia) Pte Ltd.
19. Kroter, R. 2009. Coating surfaces, structures and printability. Symposium on coating coverage, Helsinki, AEL METSKO, Helsinki.



The effect of using synthesis zeolite 4A as coating-pigment on physical properties of paper

S.M. Hosseini¹, *A.R. Saraeyan², A. Ghasemian² and M.R. Dehghani²

¹Ph.D. Student of Pulp and Paper, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, ²Associate Prof., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 04/18/2016; Accepted: 04/23/2017

Abstract

Background and objective: Utilizing coated papers depend on the selection and proper usage of the paper ultimate coverage structure. Since pigment forms 80 to 95 percent of the weight of the cover, clearly the type and characteristics of the ingredients, play an important role in the cover structure, light characteristics and the quality of printing. Zeolite is one of the substances that have recently entered the field of research in connection with coating. The aim of this study was to investigate the effects of 4A synthetic zeolite as pigment, on the physical characteristics of the coated papers with synthetic zeolite pigments in pure form and in combination with precipitated calcium carbonate and kaolinite.

Material and Methods: Requirements for this study 75 grams printing paper produced by mill Kayvta Finland, 14 and 30 grams of coating weight were considered on one side of the paper, and different calendaring conditions (70 and 90 centigrade temperature) were also considered for the samples. Some of the physical characteristics of the coated papers were considered like thickness, surface roughness, gloss, gloss variation, opacity, brightness, light scattering coefficient, whiteness and yellowness.

Results: One of the very important factors, for the consumers of coated papers is the low level of yellowish. Using zeolite makes this factor to decrease dramatically and also coated papers with zeolite benefit a high whiteness as the white papers coated with calcium carbonate. Brightness of the paper coated with zeolite is higher than the papers coated with calcium carbonate and calendaring caused a little reduction of the brightness. Before calendaring, papers coated with calcium carbonate have the highest scattering coefficient and also after calendaring, has the highest amount of light scattering coefficient despite large reduction in the amount of light scattering coefficient. And as a result of this, they have a high opacity. The results also showed that adding a small amount of calcium carbonate and kaolinite to zeolites improves light scattering coefficient and opacity of the papers. The results showed that paper coated with zeolite has a small amount of gloss. Calendaring increases the gloss of all the treatments and this increase is more evident in calcium carbonate and kaolinite. Adding calcium carbonate and kaolinite to zeolites improves the gloss of the papers coated with them and it seems that because of hardness of zeolites comparing to other pigments it is better to apply more pressure for calendaring than the pressure that was used in this research.

Conclusion: In summary, it can be said that 4A zeolite can be a good alternative for precipitated calcium carbonate and kaolinite, because of its unique physical characteristics. And the most ideal condition for using synthesized zeolite and reducing the amount of its deficits is to combine it with calcium carbonate and kaolinite.

Keywords: Coating, Physical properties of paper, Synthesis zeolite, Precipitated calcium carbonate, Kaolinite

*Corresponding author: saraeyan@gau.ac.ir