Archive of SID

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و چهارم، شماره دوم، ۱۳۹۶
http://jwfst.gau.ac.ir

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

سید محمد حسینی[۱]، *احمدرضا سرائیان[۲]، علی قاسمیان[۲] و محمدرضا دهقانی[۲]

[۱]دانشجوی دکتری خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]دانشیار 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. به‌دلیل 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 اخیرا وارد عرصه تحقیقات مرتبط با پوشش‌دهی شده زئولیت است. هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر زئولیت سنتزی 4A به‌عنوان رنگدانه روی ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای پوشش‌دهی شده با رنگدانه‌های زئولیت سنتزی به‌صورت خالص و به‌صورت ترکیب شده با کربنات کلسیم رسوبی و کائولینیت 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، کائولینیت دی جی از شرکت ایمری واقع در بلژیک، چسب موردنیاز از نوع استایرن بوتا دی ان و از یک شرکت آلمانی به نام ترینسئو تهیه شد. وزن پوشش ۱٤ 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 بالائی 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 کائولینیت به زئولیت ها 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

www.SID.ir

Archive of SID

تمامی تیمارها می‌شود و این افزایش در کربنات کلسیم و کائولینیت بیشتر مشهود است. افزودن کربنات کلسیم و 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.

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

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

مقدمه

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[1]، توزیع اندازه ذرات[2] و مورفولوژی الیاف نقش مهمی در ساختار پوشش، ویژگی‌های نوری و ویژگی‌های کیفی چاپ نهایی کاغذ بازی می‌کند. درخشش[3] از بین تمام ویژگی‌های نوری از قبیل درجه روشنی[4]، سفیدی[5]، ماتی[6]، درخشش و زردی[7]، 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[8] روی درخشش کاغذهای پوشش‌دهی شده در مقیاس ماکرو و زبری سطح، هم در مقیاس ماکرو و هم در مقیاس میکرو انجام شده است. کروتر (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) به‌این 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[9] و آسیاب شده[10] متداول‌ترین رنگدانه‌ها هستند. دونیگان و همکاران (۱۹۹۶) بیان داشتند تفاوت رنگدانه‌ها در

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

www.SID.ir

Archive of SID

شکل[1]، 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 آلومینیوسیلیکات اشاره دارد که کائولینیت برجسته‌ترین ماده معدنی از این دسته است. کائولینیت به‌طور معمول به‌صورت $Al_2O_3.2Sio_2.2H_2O$ 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).

زئولیت: یکی دیگر از موادی که اخیراً وارد عرصه تحقیقات در ارتباط با پوشش‌دهی شده است زئولیت است. زئولیت‌ها دسته‌ای از آلومنیوسیلیکات‌های بلورین ریز حفره‌دار، حاوی کاتیون‌های از عناصر قلیایی و قلیایی خاکی هستند. زئولیت بی اثر 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 زئولیت‌ها به بیش از ۵۰ درصد می‌رسد (۱۶). مقدار درجه روشنی زئولیت‌های سنتزی تقریباً مشابه کربنات کلسیم رسوبی (۹۶-۹۸<) می‌باشد. زئولیت‌های سنتزی با ظرفیت تبادل یونی بالاتر، خالص‌تر و اندازه منافذ یکنواخت تر جایگاه بهتری را نسبت به زئولیت 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 زئولیت را به ماده‌ای بالقوه مناسب برای پوشش‌دهی تبدیل کرده است (۱۶). جولیندره (۲۰۰۱) طی بررسی تأثیر زئولیت سنتزی به‌عنوان پوشش کاغذ روی کیفیت چاپ به‌این نتیجه رسید رئولوژی ترکیب پوشش حاوی زئولیت در مقیاس آزمایشگاهی از رفتار جریانی 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 به‌این نتیجه رسیدند که از مشکلات کار با زئولیت‌های سنتزی رئولوژی ضعیف و کار در درصد مقدار مواد جامد[2] پایین است. همین عامل سبب شد محققان به دنبال موادی باشند که در ترکیب با زئولیت‌های سنتزی به‌عنوان رنگدانه سبب کاهش مشکلات بالا شود. کلاس و همکاران (۲۰۰۳) عملکرد زئولیت‌های طبیعی را در چاپ جوهر افشان بررسی کردند. آن‌ها مشاهده کردند استفاده از زئولیت سبب بهبود ویژگی‌های نوری کاغذهای پوشش‌دهی شده می‌شود. نایکنواخت بودن و درجه روشنی پایین زئولیت‌های طبیعی سبب شد استفاده از آن در بازار آمریکا محدود باشد. به همین دلیل آن‌ها زئولیت‌های سنتزی را به‌دلیل خلوص بالا، یکنواختی اندازه و ویژگی‌های تبادل یونی بهتر به‌عنوان جایگزینی مناسب

1- Shape

2- Solid Content

www.SID.ir

Archive of SID

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 موردنیاز برای این مطالعه از نوع چاپ تحریر ۷۵ گرمی تولید شده توسط کارخانه کاغذ کائوتا[1] کشور فنلاند، رنگدانه‌ی زئولیت سنتزی از نوع 4A از شرکت آسی اس متریال[2] آمریکا، کربنات کلسیم رسوبی به‌صورت سوسپانسیون[3] از شرکت اوی نوردیک متریال اسپیشلتی[4] واقع در فنلاند، کائولینیت دی جی (جدول۱) از شرکت ایمری[5] واقع در بلژیک، چسب مورد نیاز از نوع استایرن (جدول ۲) بوتا دی ان[6] و از یک شرکت آلمانی به نام ترینسئو[7] تهیه شد.

رنگدانه، چسب، کربوکسی متیل سلولز و دیگر افزودنی‌های موردنیاز طبق جدول ٤ و بر اساس تعداد واحد وزن خشک در صد واحد[8] 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 ١٤ 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[9] 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.

جدول ۱- ویژگی‌های رنگدانه.

Table 1. Pigment properties.

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

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- ویژگی‌های چسب.

Table 2. Glue properties.

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

جدول ۳- ویژگی‌های کاغذ پایه.

Table 3. Base paper properties.

سازنده Manufacturer	گراماژ Gramage	ابعاد Size	نوع Kind	درجه روشنی Brightness
اتحادیه اروپا (European Community)	۷۵ گرم در هر مترمربع 75 (gr/ m²)	cm² 21.6×27.94	پوشش‌دهی نشده و آهاردهی شده (Uncoated and sized)	87–88(%ISO)

جدول ٤- فرمولاسیون متفاوت مواد پوشش‌دهنده (مقادیر داده شده بر حسب تعداد قسمت‌ها در صد قسمت می‌باشد pph).

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

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

بررسی ساختار میکروسکوپی سطح کاغذهای پوشش یافته توسط یک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام شد. جرم پایه یا گراماژ (جرم یک مترمربع کاغذ) تمامی نمونه‌ها بر اساس استاندارد تاپی ۸۸ Om – ٤١٠ T محاسبه شد. میزان ضخامت تمامی نمونه‌ها بر اساس استاندارد تاپی ۸۹- Om ٤١١ T محاسبه شد. برای اندازه‌گیری درخشش از دستگاه درخشش سنج ۱۰۵۰ZLR در سه زاویه تابش نور ۲۰، ٦۰ و ۷۵ درجه و بر اساس استاندارد تاپی ۰۳ Om - ٦٥٣ T, ۰٥ -Om ٤٨٠ T استفاده شد.

میزان درخشندگی با استفاده از دستگاه الرفو ۳۰۰۰ و بر اساس استاندارد ۹۲ Om –٤٥٢ T محاسبه شد. همچنین در ادامه میزان زردی[1]، ضریب جذب[2]، تفرق نور[3]، سفیدی[4] و ماتی[5] نیز مورد بررسی قرار گرفت.

برای اندازه‌گیری زبری سطح کاغذ (تفاوت ارتفاع پستی و بلندی‌های سطح کاغذ) از دستگاه زبری سنج نوع پارکر و بر اساس استاندارد تاپی ۹٤ Om – ٥٥٥ T استفاده شد. در این دستگاه کاغذ بین دو هد دستگاه قرار گرفته و مشابه شرایط تحت چاپ، زبری سطح آن اندازه‌گیری می‌شود. در صورتی که زبری سطح کاغذ بین ۰/۲ تا ٦/٥ میکرون باشد در محدوده نرمال و بیشتر از ٦/٥ تا ۱۵ میکرون، در محدوده‌ی زبری زیاد قرار می‌گیرد. دستگاهی که برای اندازه‌گیری تغییرات درخشش کاغذ[6] (PGV) پوشش‌دهی شده استفاده شد درخشش سنج میکرو[7] است. این دستگاه در انستیتو تحقیقاتی خمیر و کاغذ سوئد ساخته شده است (۱۰). نور سفید با زاویه ۲۰ درجه به نمونه‌های پوشش‌دهی شده تابیده و دوربین با زاویه ۲۰ درجه نسبت به نور تابیده شده قرار داده شد (۲).

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

6- Print Gloss Variation (PGV)
7- MicoGloss

www.SID.ir

Archive of SID

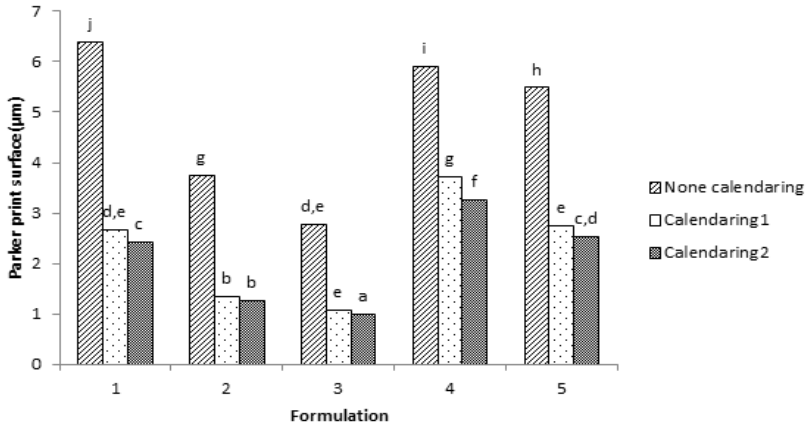
شکل ۲- تجهیزات اندازه‌گیری تغییرات درخشش چاپ. دست چپ دستگاه تابنده نور[1] و دست راست دوربین قرار دارد. این دستگاه در انستیتو تحقیقاتی خمیر و کاغذ سوئد ساخته شده است و در حال حاضر در آنجا قرار دارد (مک گرگور و جانسون، ۱۹۹۰).

Figure 2. Instrument of masuring print gloss variation.

در واقع PGV ضریب تغییرات انعکاس در طول موج‌های مختلف است. که در طول موج ٤-۰/۵ میلی‌متر به خوبی قابل مشاهده است (٤). جهت تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست 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 ١٤ گرم افزایش وزن را نشان می‌دهد. بین مقادیر زبری سطح تیمارهای مختلف در سطح اطمینان ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین زبری سطح مربوط به تیمار با زئولیت 4A به‌صورت خالص و اتوزنی نشده و کمترین زبری سطح مربوط به تیمار با کائولینیت به‌صورت خالص و اتوزنی شده (دما ۹۰ درجه سانتی‌گراد و فشار اعمال شده ۱۵۰ کیلو نیوتن متر) مربوط است که در آزمون چند دامنه‌ای دانکن به‌ترتیب 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).



شکل ۳- مقادیر زبری سطح ۵ تیمار مختلف با ١٤ گرم افزایش وزن با استفاده از روش پارکر.

Figure 3. Surface roughness in 5 different treatments with 14 gr increased weight (PPS).

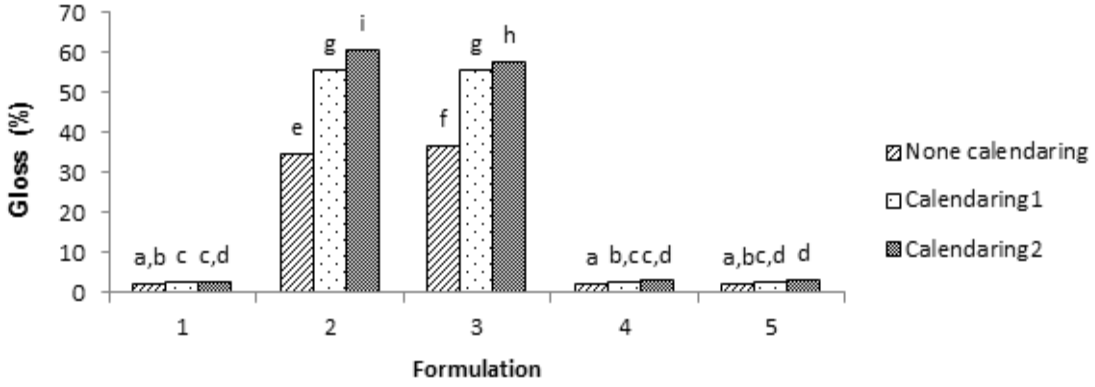
1- Illumination

www.SID.ir

Archive of SID

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

درخشش: شکل ٤ میزان درخشش ۵ تیمار مختلف با ١٤ گرم افزایش وزن را نشان می‌دهد. بین مقادیر درخشش تیمارهای مختلف در سطح اطمینان ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.



شکل ٤- میزان درخشش ۵ تیمار مختلف با ١٤ گرم افزایش وزن.

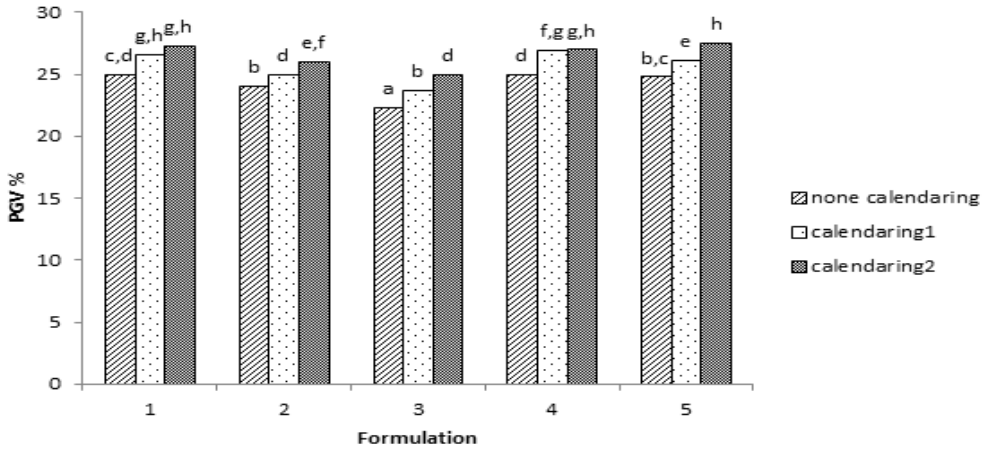
Figure 4. Gloss in 5 different treatments with 14 gr increased weight.

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 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 ۳۰-۲۵ 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 ١٤ گرم را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

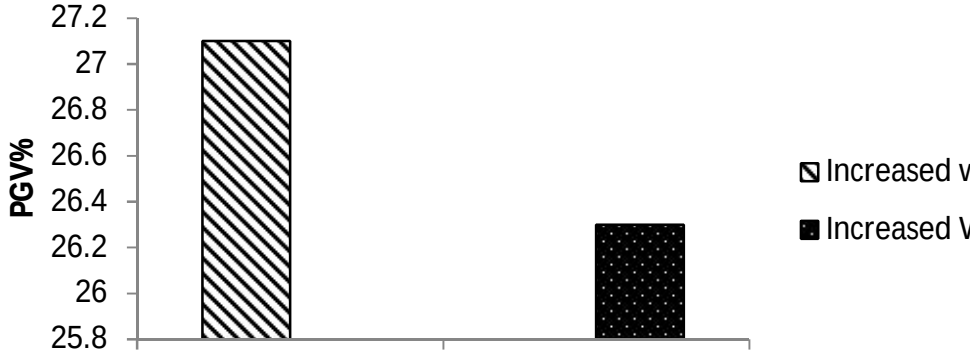
Archive of SID



شکل ۵- تغییرات درخشش چاپ برای همه فرمولاسیون‌ها.

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

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[1] کاغذ می‌شود. نقاط بالاتر، صاف‌تر و نقاط پایین‌تر از صافی کمتری برخوردار هستند. این عامل 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 ٦).



شکل ٦- 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.

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.

ماتی: یکی از ویژگی‌های بسیار مهم در کاغذ ماتی است که به‌طور مستقیم به مقدار بالک[2] 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

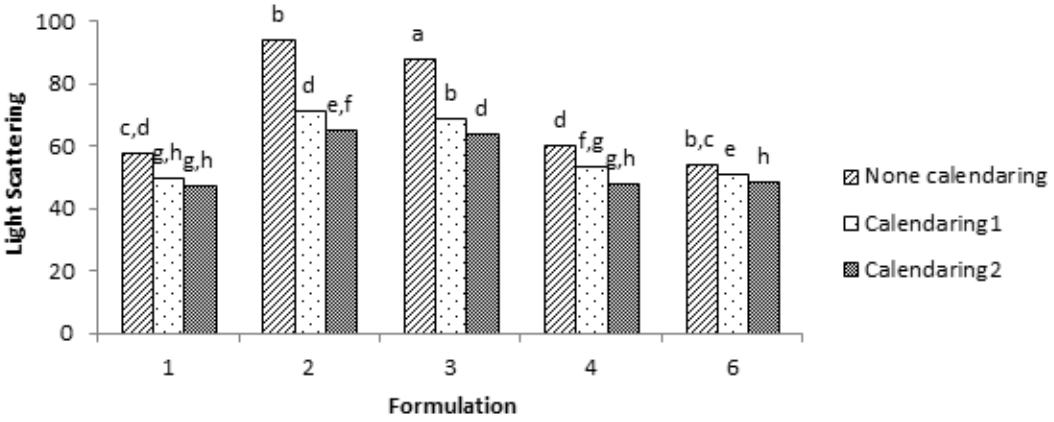
1- Patchy-Like

2- Bulk

www.SID.ir

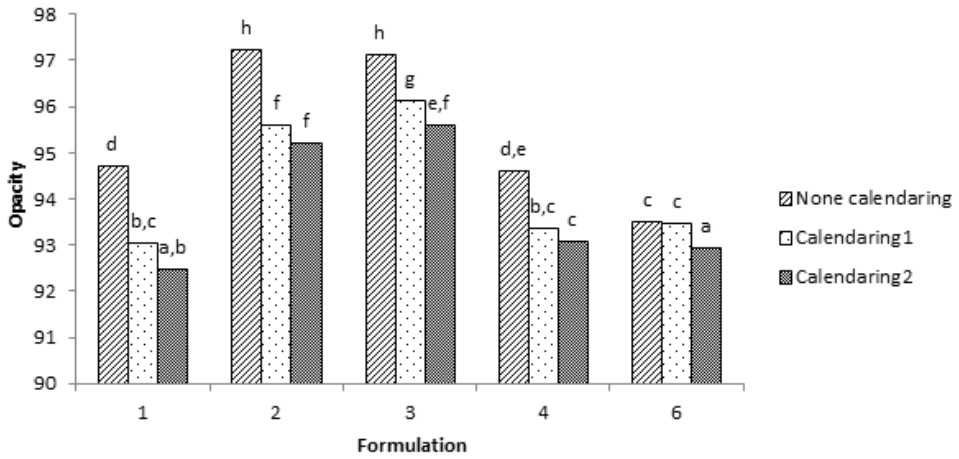
Archive of SID

دانسیته (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 روی‌هم شده و علاوه‌بر 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 گرادیان دانسیته 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 زئولیت‌ها سبب بهبود ضریب تفرق نور و بهبود ماتی آن‌ها شده است.



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.

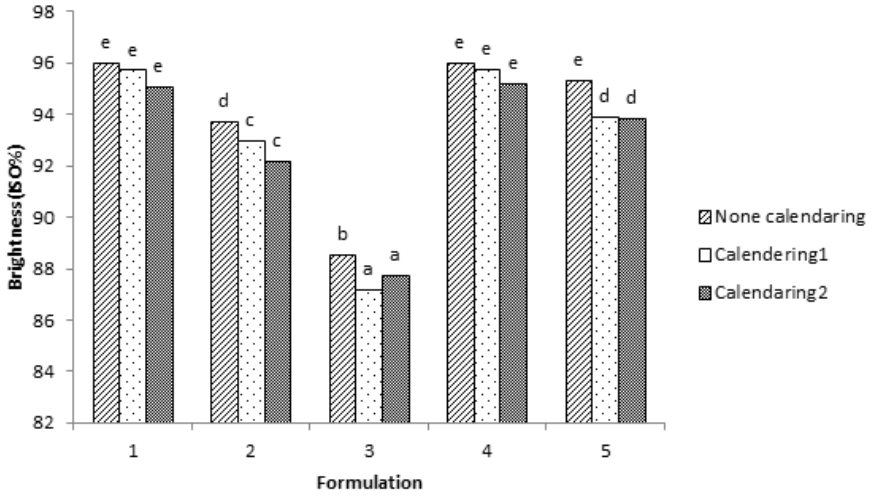
Figure 7. Opacity in 5 different treatments with 14 gr increased weight.

www.SID.ir

Archive of SID

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 را نشان می‌دهد. زئولیت‌ها خصوصا زئولیت 4A از درجه روشنی بالایی برخوردارند. با توجه به شکل، بالاترین درجه روشنی مربوط به کاغذهای تیمار شده با زئولیت 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.



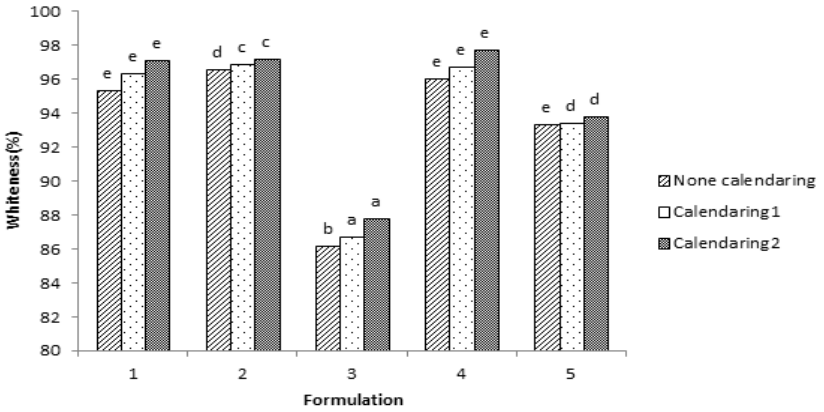
شکل ۹- میزان درجه روشنی در تیمارهای مختلف و تأثیر اتوزنی روی آن.

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

شکل ۱۰ میزان سفیدی در تیمارهای مختلف و تأثیر اتوزنی روی آن را نشان می‌دهد. زئولیت‌ها خصوصاً زئولیت 4A از مقدار سفیدی بالایی برخوردارند. با توجه به شکل بالاترین مقدار سفیدی مربوط به کاغذهای تیمار شده با ۸۰ درصد زئولیت 4A و ۲۰ درصد کربنات کلسیم و اتوزنی شده و پایین‌ترین مربوط به کاغذهای تیمار شده با کائولینیت و اتوزنی نشده است.

www.SID.ir

Archive of SID

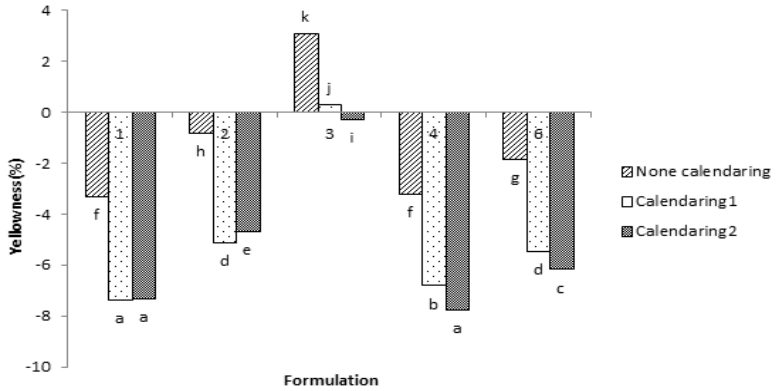


شکل ۱۰- میزان سفیدی در تیمارهای مختلف و تأثیر اتوزنی روی آن.

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

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 زئولیت‌های سنتزی به‌دلیل ابعاد بسیار کم و سفیدی 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. زئولیت‌ها خصوصاً زئولیت 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 زئولیت 4A و اتوزنی شده است. با افزایش اتوزنی مقدار زردی به‌دلیل تشدید تشکیل گروه‌های کربوکسیل اندکی افزایش پیدا کرد (۱۹).



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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 زئولیت 4A به‌صورت خالص و به‌صورت ترکیب با مواد مختلف و در شرایط مختلفی از وزن پوشش و اتوزنی بررسی شد. نتایج نشان داد استفاده از زئولیت از نظر ضخامت شرایطی مشابه با کربنات کلسیم و کائولینیت ایجاد می‌کند البته با مقدار اندکی افزایش ضخامت، که این افزایش ضخامت شرایط 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 زئولیت سبب می‌شود میزان این فاکتور به طرز چشمگیری کاهش پیدا کند همچنین کاغذهای پوشش‌دهی شده با زئولیت از سفیدی بسیار بالائی 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. به همین دلیل از ماتی بسیار بالایی نیز برخوردارند. نتایج نشان داد افزودن مقدار اندکی کربنات کلسیم و کائولینیت به زئولیت‌ها سبب بهبود ضریب تفرق نور و بهبود ماتی آن‌ها شده است. نتایج نشان داد کاغذ پوشش‌دهی شده با زئولیت 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 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 به‌کار رفته در این تحقیق برای اتوزنی استفاده شود. در مجموع باید گفت زئولیت 4A می‌تواند جایگزین مناسبی برای کربنات کلسیم رسوبی و کائولینیت باشد. و ایده‌آل‌ترین شرایط برای استفاده از زئولیت 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 Thechnology, 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.

www.SID.ir

Archive of SID

5. Donigan, D.W., Ishley, J.N., and Wise, K.J. 1996. TAPPI coating, Tappi Press, Atalanta GA, 39-49.
6. Engström, G., and Morin, V. 1997. Compression of a coating layer during alendaring. 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 calsum 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, Wochenbllat Fur Papierfabrication5-2000pp 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.

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 24 (2), 2017
http://jwfst.gau.ac.ir

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

S.M. Hosseini[1], *A.R. Saraeiyan[2], A. Ghasemian[2] and M.R. Dehghani[2]
[1]Ph.D. Student of Pulp and Paper, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, [2]Associate 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 synthetized 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

www.SID.ir