

بررسی تأثیر رطوبت و درجه حرارت کاغذهای متشکله بر کیفیت مقوای کنگره‌ای

جعفر ابراهیم پور کاسمانی^{۱*}، امیرمحسن ناظری^۲ و علی عشریه^۳

*- مسئول مکاتبات، کارشناس ارشد، صنایع چوب و کاغذ، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه

پست الکترونیک: jafar_Kasmani@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد، چوب و کاغذ، مدیر کنترل کیفیت شرکت کارتن توحید.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد چوب و کاغذ واحد چالوس.

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۸۸

چکیده

در این تحقیق با بکار بردن درجه حرارت‌ها و رطوبت‌های مختلف کاغذ، میزان تأثیرهای آنها بر کیفیت ورق کارتن مورد بررسی قرار گرفت و بهترین حالت مشخص شد. متغیرهای مورد بررسی شامل سه متغیر سرعت (در سه سطح ۵۰-۱۰۰-۱۵۰ متر در دقیقه) زاویه پیچش کاغذ به دور سیلندرها (در سه سطح ۹۰-۱۸۰-۳۰۰ درجه) و رطوبت کاغذ (سه سطح ۶/۵-۷-۸/۵ درصد) بودند. کاغذهایی که مجموعه تیمارهای مورد بررسی بر روی آنها اعمال شدند شامل: کرافت ۱۲۵ گرمی-فلوتینگ ۱۲۷ گرمی و بازیافت ۱۴۰ گرمی بودند. ورق کارتن مورد مطالعه به صورت سه لایه و از نوع A فلوت در نظر گرفته شد. رطوبت کاغذ در سه محل شامل: رول کاغذ بر روی جک رول و بعد از پیش گرمکن کنگره‌ساز و همین‌طور قبل از واحد چسب‌زنی و پلاتهای گرم اندازه‌گیری شد. درجه حرارت نیز در نوردهای کنگره‌ساز و پلاتهای بخار و ورق نهایی خارج شده از دستگاه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میزان کاسی در سرعت‌های ۵۰ و ۱۰۰ متر بر دقیقه، رطوبت ۷٪ و میزان زاویه پیچش ۱۸۰ درجه به حداقل رسید، یعنی سرعت کمتر و زاویه پیچش بیشتر سبب اعمال حرارت بیشتر بر ورق مقوا و کاهش رطوبت می‌شود. البته، این نکته قابل ذکر است که کاهش رطوبت بیش از ۷٪ و افزایش زاویه پیچش بیش از ۱۸۰ درجه سبب خشکی بیش از حد و کاهش رطوبت شدید و در نتیجه بروز کاسی بر عکس در ورق مقوا خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: مقوای کنگره‌ای، رطوبت، حرارت، کاغذ لاینر، کاغذ فلوتینگ، کاسی.

مقدمه

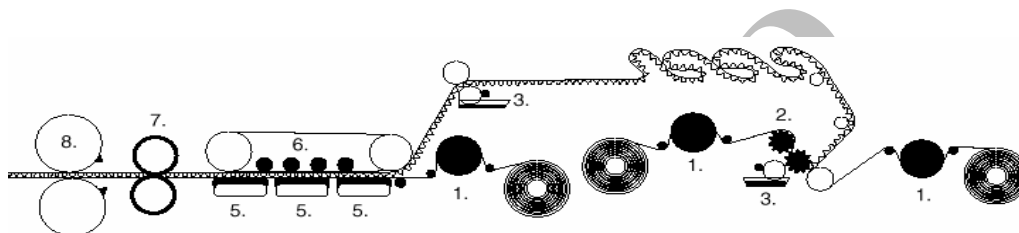
خمشی ورق افزایش می‌یابد. کاغذ کنگره‌ای تولید شده (فلوت) به وسیله انگشتی یا تیغه‌های برنجی به سمت دستگاه چسب‌زنی هدایت می‌شود. ابتدا چسب از تشتک مربوطه به وسیله یک نورد برداشته شده و نورد تنظیم‌کننده چسب، کنگره را به چسب آغشته می‌نماید. نورد اخیر به منظور تنظیم و یکنواخت نمودن چسب بکار می‌رود. سپس بر روی کنگره آغشته به چسب یک ورق لاینر قرار

به منظور ساخت ورق مقوای کنگره‌ای ابتدا کاغذ مخصوص ساختن کنگره وارد دستگاه کنگره‌ساز می‌شود و بین دو نورد کنگره‌ای بالایی و پایینی قرار می‌گیرد. نوردها دنداندار بوده و از جنس بسیار سخت می‌باشند. کاغذ پس از عبور از بین کنگره‌های ما بین دو نورد به صورت موج‌دار در می‌آید و در اثر این عمل مقاومت

شدن شروع می شود پیوندی موقتی (پیوند سبز Green) شکل گرفته است.

تقریباً تمام مقوای کنگره ای امروزه با این شیوه و با چسبی بر پایه نشاسته تولید می شوند. اینکه کیفیت و خواص پیوند چسب نشاسته مستقیماً کیفیت نهایی ورق مقوا را تحت تاثیر قرار می دهد، بایستی فراوری آن به دقت تحت کنترل باشد.

گرفته و در اثر فشار و حرارت، مقوای تک روکش تهیه می شود. برای تهیه مقوای سه لایه، در ماشین چسب زنی مقوای تک روکش حاصل با یک لایه دیگر از کاغذ لاینر بهم چسبیده و مجدداً با حرارت و فشار نورد می شوند. بعد از اینکه چسب به نوک قله کنگره ها آغشته شد و تحت اثر حرارت قرار گرفت نشاسته خام در این محل ژلاتینی می شود. وقتی نشاسته واکنش داده و ژلاتینی شده و ژلاتینی



شکل ۱- شمایی از فرایند کنگره ای کردن کاغذ و ساخت ورق مقوای کنگره ای.

۵: صفحات داغ خشک کن، (Double Facer)

۱: پیش گرم کن (Pre Heater)

۲: نوردهای کنگره ساز (Corrugator Cylinder)

۶: رولهای فشارنده، (Pressure Roll)

۷: برش طولی، (Slitter)

۳: سیلندر چسب زن، (Glue Cylinder)

۸: برش عرضی (Cut Off)

۴: پل ذخیره، (Bridge or Transport Unit)

مؤثر و یا ارائه فرمول هایی برای محاسبه و دستیابی به اطلاعاتی جهت تجزیه و تحلیل فرایندها و کنترل آنها شده است که در ذیل به برخی از آنها اشاره میشود:

Bruce Taylor (۱۹۹۹) در مطالعه ای به بررسی تاثیر حرارت و رطوبت در کاغذهای مورد استفاده در فرایند تولید مقوای کنگره ای با تاکید بر تغییرات وزن پایه و ضخامت کاغذ و رابطه آن با سرعت تولید و میزان رطوبت کاغذها پرداخت و مشاهده کرد در محدوده سرعت ماشین ۱۵۰ تا ۳۰۰ متر در دقیقه، رطوبت کاغذ بین ۰/۵ تا ۱/۵ درصد کاهش می یابد.

در مطالعه ای که توسط انجمن مهندسان خمیر و کاغذ در سوئد (۱۹۸۷) انجام گرفت. محققان به بررسی روابط

با توجه به اهمیت تاثیر حرارت و رطوبت بر کاغذ، مقوا، کارتن و محصولات کاغذی و با نگاهی بر خاصیت جذب رطوبت توسط الیاف چوب و کاغذ و اهمیت اثراتی که این دو عامل مهم بر خواص مکانیکی، مقاومتی، ظاهری و ویژگیهای خاص تبدیلی دارند، تحقیقات و مطالعات زیادی در این زمینه توسط محققان انجام شده است. این تحقیقات به بررسی روابط حاکم بر ویژگیهای کاغذ مثل وزن پایه، ضخامت، نوع الیاف، شرایط شکل گیری در ماشین و مکانیسم های انتقال حرارت و رطوبت پرداخته و بعضاً ویژگیهای کششی، الاستیک و انبساط و انقباض کاغذ در مواجهه با آنها نیز بررسی شده است. نتایج بعضی از تحقیقات منجر به ارائه راهکارهایی جهت کنترل فاکتورهای

زمان کوتاهی در معرض تنش قرار می‌گیرد اهمیت قابل توجهی دارد همچنین افزایش رطوبت کاغذ سبب ایجاد حالت کشسانی بیشتری می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط *Tydeman. P. A.* (1961) بر روی تئوری انقباض کاغذ و ساختار و خواص آن انجام شد، تأثیر جذب مولکول‌های آب بر الیاف کاغذ مورد بررسی قرار گرفت. آنها نتیجه گرفتند که جذب مولکول‌های آب علاوه بر تورم باعث افزایش انعطاف‌پذیری فیبر می‌شود که برای بسیاری از خواص مکانیکی کاغذ مسأله مهمی می‌باشد. به‌علاوه جذب رطوبت به دلیل وجود بخار آب در هوا، اثر نامطلوبی بر اتصال‌های بین فیبری دارد و از این رو نیز بر خواص مکانیکی مؤثر است. آزاد شدن تنش داخلی کاغذ علت افزایش مقدار رطوبت همراه با تورم، فیبر باعث ایجاد تغییراتی در ابعاد کاغذ از جمله تاب خوردگی، چین خوردگی و موجدار شدن آن می‌گردد. چین خوردگی بعلاوه انقباض و انقباض موضعی در کاغذ ایجاد می‌شود، این حالت به نایکنواختی توزیع رطوبت و جرم پایه در کاغذ ارتباط دارد و مؤید این مطلب است که در هر مرحله از خشک کردن، نقاط مختلف همکشیدگی متفاوتی وجود خواهد داشت. چین‌خوردگی‌ها در مناطق با رطوبت کمتر ایجاد شده و مناطق مرطوب‌تر همچنان مسطح باقی می‌مانند. این حالت به این دلیل است که مناطقی که از ابتدا خشک‌ترند در مراحل اولیه خشک کردن زودتر منقبض شده و کششی را در مرزهای خود تولید می‌کنند که مانع از همکشیدگی بیشتر می‌شود.

Kilzer.F. J. (1971) در مطالعه‌ای به بررسی تخریب حرارتی سلولز و مشتقات آن پرداخت و نتایج آزمایشات نشان داد که در دمای 120°C ناپایداری حرارتی سلولز آغاز می‌شود و در این دما سلولز شروع به تجزیه می‌کند و تبدیل

بین الیاف کاغذ و رفتار آنها در حین حرارت‌دهی و جذب و دفع رطوبت پرداختند و نتیجه گرفتند زمانی که کاغذ خشک شود همکشیدگی عرضی آن ۲۰ برابر بیشتر از همکشیدگی طولی می‌باشد. و دلیل این موضوع جهت‌گیری الیاف کاغذ در طول ماشین کاغذسازی می‌باشد چون کاغذسازی یک فرایند جهت‌دار است. همچنین آنها دریافتند با کاهش رطوبت، همکشیدگی کاغذ نیز افزایش می‌یابد.

Kerlaker, Desmond و همکاران (۱۹۷۷) در تحقیقی به بررسی انتقال حرارت در کاغذ پرداختند. آنها در این تحقیق به مطالعه روابط بین سطح تماس کاغذ و نوردهای صیقل دهنده در ماشین کاغذ روزنامه پرداختند و با استفاده از مدل‌های ریاضی و آزمایش‌های تجربی، به فرمولی برای ضریب انتقال حرارت و سطح تماس و ارتباط آن با حرارت کاغذ و وزن پایه دست یافتند.

Gavelin NG (۱۹۹۶) در مقاله‌ای به بررسی روابط بین خشک شدن کاغذ- جریان‌ات متلاطم آب در الیاف کاغذ- جرم مولکولی آب- حرارت کاغذ و ثابت گازها پرداختند و روابطی را برای انتقال حرارت به صورت فرمول ارائه کردند.

Soremar K.C و همکاران (۱۹۷۱) در مطالعه‌ای به بررسی عوامل یاد شده و تأثیر آنها بر خواص فوق‌الذکر در رطوبت‌های نسبی ۲۰٪، ۵۲٪ و ۹۸٪ پرداختند. و دریافتند که افزایش رطوبت منجر به انعطاف‌پذیری بیشتر و اتصال‌های ضعیف‌تر الیاف می‌شود. آنها همچنین نتیجه گرفتند که تحت بار یکسان، با افزایش درصد رطوبت نسبی، درصدکشش کاغذ افزایش و مقاومت به پارگی کاهش می‌یابد. البته رفتار تنشی - کششی کاغذ در رطوبت‌های مختلف در عملیات تبدیلی کاغذ که مدت

کریستالی شده رخ می‌دهد. وی همچنین اشاره کرد که مقدار دقیق رطوبت کاغذ یا خمیر به اینکه نمونه از رطوبت نسبی بالاتر یا پایین‌تری به رطوبت تعادل نزدیک شود وابسته است یعنی وقتی یک نمونه کاغذ را از یک محیط به محیط دیگری منتقل می‌کنیم مقدار رطوبت نهایی آن به حداکثر رطوبت کاغذ بستگی دارد.

Behendorf (1946) در مقاله‌ای تحت عنوان "ظروف

کاغذی و مقوایی" به بررسی استاندارد T402 - Tappi و روشهای بهسازی کاغذ و مقوا پرداخت. این روش اشاره می‌کند که بسته به نوع کاغذ یا مقوای مورد آزمون، قبل از انجام آزمون بر روی نمونه باید به مدت ۱ تا ۵ ساعت در محیطی با رطوبت نسبی ۳۵٪ قرار بگیرد. با این روش می‌توان از نزدیک شدن به رطوبت تعادل اطمینان حاصل کرد. وی در این مقاله به قاعده *Thumb* اشاره می‌کند در محدوده ۲۰٪ تا ۶۰٪، تغییر ۱۰ درصدی در رطوبت نسبی منجر به یک تغییر یک درصدی در مقدار رطوبت می‌شود. ارتباط بین این دو، به نوع کاغذ، نوع الیاف موجود و نوع و مقدار مواد خام غیر فیبری در کاغذ بستگی دارد. کاغذهای تولید شده بر اساس فرایند *SGW* بیشترین و کاغذهای حاوی خمیر آلفا سلولز کمترین حساسیت را به تغییرات رطوبت نسبی دارند.

Malten fort . G (1970) در مطلبی به بررسی

مقاومت کارتن ساخته شده از مقوای کنگره‌ای و تأثیر رطوبت بر آن پرداخت. وی از نتایج این بررسی دریافت که رطوبت ۳ تا ۴ درصدی کاغذ فلوتینگ استفاده شده در مقوای کنگره‌ای، در حین تبدیل به کارتن و فرایند خطاندازی و تا شدن ورق کارتن تمایل به شکست یا ترک خوردگی خواهد داشت، که در این حالت رطوبت ۷٪ بهترین حالت ممکن برای کاغذ مورد استفاده می‌باشد.

به مولکولهای کوچکتر فرار و سبک می‌شود. وی همچنین متوجه شد که این فرایندها در دماهای پایین‌تر بطور مشابهی البته تا حدی کندتر حادث می‌گردد و سلولز تغییر یافته خودش به شکسته شدن بیشتر مولکولهای دیگر سلولز کمک می‌کند. وی همچنین اشاره کرد که مقادیر بالای رطوبتی، سرعت تخریب کاغذ را نیز افزایش میدهند و رطوبت ۵٪ تا ۶٪ بهترین رطوبت کاغذ در این فرایندها می‌باشد.

Cardwell A (1976) در تحقیقی به بررسی تأثیر

حرارت بر خمیر و کاغذ پرداختند آنها دریافتند که ترکیب مواد شیمیایی و چگونگی پخش آن در الیاف خمیر کاغذ عامل کنترل مقدار رطوبت تعادل و واکنشیدگی الیاف است، همچنین ضخامت دیواره الیاف و اندازه حفره سلولی نیز بر واکنشیدگی الیاف مؤثرند. خمیرهایی با بازده بالا معمولاً ورقه‌های حجیم‌تری تولید می‌کنند، این ورقه‌ها فضاهای خالی بیشتری برای جابجایی الیاف در هنگام همکشیدگی در درونشان دارند، بنابراین تغییرات ابعادی آنها کمتر خواهد بود. به طور کل انبساط و انقباض در کل طول و عرض کاغذ کمتر از ۱٪ خواهد بود، در این حالت تغییرات عرضی ۲ تا ۴ برابر تغییرات در جهت ماشین است. آنها از نتایج تحقیقات نتیجه گرفتند که نسبت دقیق تغییرات در جهت ماشین به جهت عرضی به جهت‌یابی نسبی الیاف و کشش در ورقه‌ها بستگی دارد.

Nissan, A. H (1956) در مطالعه‌ای به بررسی

خصوصیات رئولوژیکی ورقه‌های سلولز و روابط بین رطوبت نسبی و جذب و دفع آب با ورقه‌های سلولز و کاغذ پرداخت. وی نتیجه گرفت کاغذ آنقدر آب جذب یا دفع می‌کند که به تعادل با هوای اطرافش برسد. همچنین مقدار رطوبت خمیر هرگز خشک نشده در حین اولین چرخه خشک کردن خمیر در بین دیواره‌های فیبر

چسب نشاسته، جنس ورق، سرعت تولید، میزان ماندگاری ورق بر روی پل‌های انتقال دهنده مورد بررسی قرار گرفت.

متغیرهای تحقیق به شرح ذیل می‌باشند:

- **سرعت تولید**: کاهش و افزایش سرعت تولید رابطه مستقیمی با اعمال حرارت بر کاغذ دارد و سرعت کمتر سبب اعمال حرارت بیشتر بر کاغذ یا ورق خواهد شد (و بر عکس)، تغییرات سرعت ماشین مقواسازی در این مطالعه در سه سطح ۱۰۰،۵۰ و ۱۵۰ متر در دقیقه بررسی می‌شود.

- **زاویه پیچش کاغذ**: در نوردهای پیش‌گرمکن در هر دو واحد کنگره‌ساز و پلاتهای گرم بازوی متغیری میزان پیچش کاغذ را به دور نوردی که حاوی بخار داغ با حرارت 180°C - 165 می‌باشد، تغییر می‌دهد. زاویه پیچش کمتر باعث اعمال حرارت کمتر به کاغذ و زاویه پیچش بیشتر باعث اعمال حرارت بیشتر به کاغذ می‌شود. در این تحقیق زاویه پیچش در سه سطح ۹۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ درجه مورد مطالعه قرار گرفت.

- **رطوبت**: رطوبت مطلوب در فرایند تولید مقوای کنگره‌ای بین $6/5$ - 7 درصد است، رطوبت در اینجا در سه سطح $6/5$ ، 7 و $8/5$ درصد مطالعه شد، اگر رطوبت کاغذها کمتر از 6 درصد باشد، باید با بخار مرطوب رطوبت‌دهی شود، و اگر بیش از $8/5$ درصد باشد باید رطوبت اضافی از کاغذ خارج شود.

در مطالعه حاضر گرانیوز چسب بین ۲۵-۲۰ ثانیه با فورد کاپ با نازل ۶ میلیمتری ثابت خواهد بود، در ضمن میزان به کارگیری آن نیز حدود ۲۵٪ ثابت می‌باشد. همچنین کلیه عوامل و فاکتورهای تاثیرگذار بر کیفیت ورق مقوا به جز موارد یاد شده در زمان انجام آزمایشها ثابت در نظر گرفته می‌شود.

Gander J (1967) در مطالعه‌ای به بررسی خواص کاغذ فلوتینگ و تأثیرات آن بر قابلیت‌های حرکتی و سرعت تولید و روابط بین رطوبت و مقاومت‌های کاغذ پرداخت. وی دریافت که منحنی ترکیدن دارای یک قوس حداکثری در محدوده رطوبت نسبی ۳۰٪ تا ۶۰٪ می‌باشد و اساساً مقاومت به ترکیدن تابعی از مقاومت کششی و میزان کشیدگی فرض می‌شود. از رطوبت نسبی ۲۰٪ تا ۳۵٪ هم مقاومت کششی و هم کشیدگی افزایش یافته و باعث افزایش مقاومت به ترکیدن می‌شوند از ۳۰٪ تا ۵۰٪ هم کشیدگی هم‌چنان افزایش می‌یابد ولی مقاومت کششی با یک شیب افزایش کم می‌شود و نهایتاً در رطوبت نسبی بالای ۵۵٪ مقاومت به ترکیدن کاغذ به طور پیوسته کاهش می‌یابد.

مواد و روشها

نمونه‌های مورد آزمون از یک ورق سه لایه باکنگره نوع A و ترکیبی شامل کاغذ لاینر رویی کرافت ۱۲۵ گرمی، کاغذ فلوت فلوتینگ ۱۲۷ گرمی و کاغذ لاینر زیری بازیافتی ۱۴۰ گرمی تهیه شد. کاغذهای مذکور در خط مقواسازی شرکت کارتن توحید در تهران تولید و به آزمایشگاه آن شرکت انتقال و مورد آزمون قرار گرفتند. تولید مقوا در یک بازده زمانی مشخص و با تنظیم پارامترهای مورد نظر انجام شد. پس از اعمال تغییرات و ثبت نتایج مشاهده شده به تجزیه و تحلیل اطلاعات توسط آزمون آماری تجزیه واریانس یک طرفه و سپس نتیجه‌گیری پرداخته شد. رطوبت و حرارت کاغذ در طی فرایند مقواسازی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت نهایی ورق دارد. کنترل این متغیرها توسط بازوهای پیش‌گرمکن، عوامل کنترل فشار در واحد کنگره‌ساز، میزان بکارگیری

اندازه گیری رطوبت کاغذها با استفاده از رطوبت‌سنج متحرک مدل GT-7011 مخصوص کاغذ ساخت شرکت Gotech تایوان و درجه حرارت آن نیز با ترمومتر لیزری دیجیتال Rycotex اندازه گیری شد. به منظور دقت در نتایج آزمایش انجام شده رطوبت و حرارت کاغذها هر ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری و ثبت شد.

روش تجزیه و تحلیل نتایج پس از انجام آزمایشات و ثبت نتایج بدست آمده بوسیله آزمون تجزیه واریانس، در سطح $\alpha=0.05$ معنی‌دار بودن یا نبودن نتایج و میزان اثر گذاری هر یک از متغیرهای تحقیق بررسی می‌شود. نهایتاً تیمارهایی مطلوب خواهد بود که حداقل کاسی ورق در آن مشاهده شده باشد. که این حالت افزایش کیفیت نهایی را در بر خواهد داشت.

جدول ۱- میزان متغیرها

متغیر	مقدار	تعداد تیمارها
سرعت	۵۰	۲۷
	۱۰۰	
	۱۵۰	
رطوبت	۶/۵	۲۷
	۷	
	۸/۵	
زاویه	۹۰	۲۷
	۱۸۰	
	۳۰۰	

نتایج

پس از انجام تیمارهای مورد نظر در سه متغیر سرعت (در سه سطح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متر در دقیقه)، رطوبت (در سه مقدار ۶/۵، ۷ و ۸/۵ درصد) و میزان زاویه پیش کاغذ به دور سیلندر پیش گرمکن (در سه زاویه ۹۰،

جدول ۲- تجزیه واریانس عوامل متغیر و اثرات متقابل آنها

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	**
سرعت	۰/۹۳۴	۲	۰/۴۶۷	۴۸۷/۱۷۶	۰/۰۰۰
رطوبت	۸/۹۵۱	۲	۴/۴۷۵	۴۸۵۷/۸۳۶	۰/۰۰۰
زاویه پیچش	۱۵/۶۹۲	۲	۷/۸۴۶	۸۰۳۴/۶۴۹	۰/۰۰۰
اثر متقابل سرعت و رطوبت	۱/۱۲۲	۴	۰/۲۸۱	۲۸۷/۳۳۶	۰/۰۰۰
اثر متقابل سرعت و زاویه پیچش	۱۱/۳۹۹	۴	۲/۸۵	۲۹۱۸/۱۵۲	۰/۰۰۰
اثر متقابل رطوبت و زاویه پیچش	۴/۳۰۶	۴	۱/۰۷۷	۱۱۰۲/۳۶۳	۰/۰۰۰
اثر متقابل سرعت و رطوبت و زاویه	۲/۱۰۴	۸	۰/۲۶۳	۲۷۵/۲۸۹	۰۰
خطا	۵/۲۷	۵۴	۹/۷۷	-	-
جمع	۵۰/۹۱۱	۸۱	-	-	-

رطوبت بطور کل سبب افزایش کاسی عرضی در ورق نهایی می شود.

نمودار ۳ نتایج حاصل از آزمون دانکن و تغییرات مربوط به زاویه پیچش کاغذ به دور سیلندره‌های گرمکن را نشان می دهد. در اینجا نیز اختلاف بسیار معنی دار است و در سه سطح قابل مشاهده می باشد. نمودار مربوطه نشان می دهد که افزایش زاویه پیچش سبب کاهش معنی دار رطوبت و کاسی عرض در ورق نهایی می شود. که رابطه بسیار منطقی و مستدلی است. در ضمن رابطه معنی داری بین افزایش زاویه تماس کاغذ با سطح سیلندر گرمکن و رطوبت کاغذ وجود دارد، یعنی هر چه زاویه بیشتر شود رطوبت کمتر می شود و (برعکس). البته افزایش زاویه پیچش ۳۰۰ درجه سبب خشکی بیش از حد و کاهش رطوبت شدید و در نتیجه بروز کاسی بر عکس در ورق مقوا خواهد شد.

از نتایج حاصل درمیابیم که تغییرات سرعت در دو سطح دارای اختلاف معنی دار است. همچنین با نگاهی به نمودار مربوط به آن در می یابیم که حداقل کاسی عرضی در سرعت ۵۰ متر در دقیقه رخ داده که این امر نشانگر اعمال حرارت بیشتر در اثر سرعت کمتر در خط تولید می باشد، نهایتاً سرعت‌های ۵۰ و ۱۰۰ در یک گروه و سرعت ۱۵۰ نیز در گروه دوم دسته بندی شده اند که نشانگر اختلاف معنی داری می باشد.

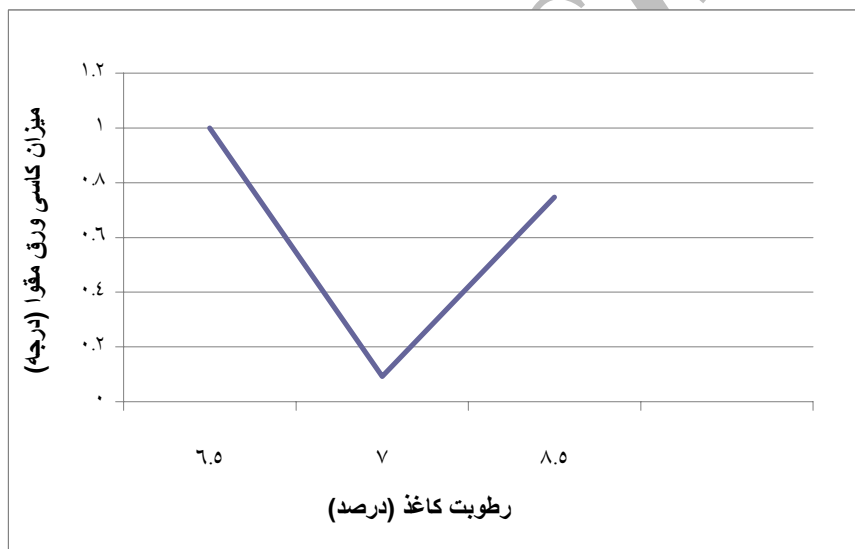
با بررسی نتایج حاصل از آزمونهای دانکن و تجزیه واریانس و نتایج حاصل از نمودار ۲ نتیجه می شود که تغییرات رطوبتی در سه گروه دارای اختلاف معنی دار است یعنی اثرات تغییرات رطوبت نسبت به تغییرات سرعت دارای اختلاف معنی دار بیشتری است. همانطور که از نمودار مربوطه بر می آید حداقل میزان کاسی در رطوبت ۷٪ رخ داده که بهترین رطوبت مورد نیاز در خط تولید می باشد در اینجا کاملاً مشهود است که افزایش

جدول ۳- نتایج آزمایشات و تیمارهای انجام شده

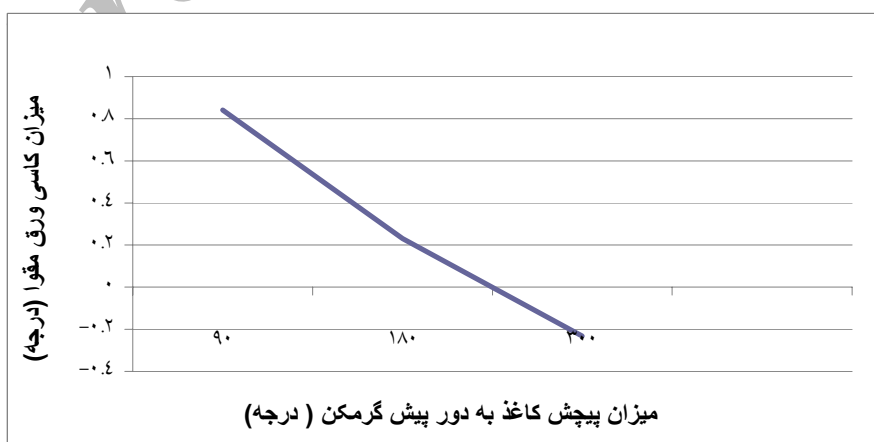
سرعت	رطوبت	زاویه پیش	کاسی عرضی	سرعت	رطوبت	زاویه پیش	کاسی عرضی	سرعت	رطوبت	زاویه پیش	کاسی عرضی
متدر دقیقه	درصد	درجه	(1/2)	متدر دقیقه	درصد	درجه	(1/2)	متدر دقیقه	درصد	درجه	(1/2)
			-۰/۰۱				۰/۴				۰/۹۱
		۹۰	-۰/۰۱			۹۰	۰/۴			۹۰	۰/۸
			-۰/۰۱				۰/۴				۰/۹۱
			-۰/۳۶				-۰/۹				-۰/۱
	۶۵	۱۸۰	-۰/۳۱	۶۵	۱۸۰		-۰/۱	۶۵	۱۸۰		-۰/۰۸
			-۰/۳۸				-۰/۱۱				-۰/۱۲
			۰/۸۱				۰/۷۵				-۱/۴۳
		۳۰۰	۰/۷۵			۳۰۰	۰/۸۸			۳۰۰	-۱/۴
			۰/۸۲				۰/۷۵				-۱/۴۶
			۰/۲۵				۰/۶۳				۱/۱۸
		۹۰	۰/۲۲			۹۰	۰/۶۵			۹۰	۱/۱۴
			۰/۲۲				۰/۶۷				۱/۱۳
			-۰/۱۱				۰/۱۵				۰/۱۷
۱۵۰	۷	۱۸۰	-۰/۱	۱۰۰	۷	۱۸۰	۰/۱۷	۵۰	۷	۱۸۰	۰/۱۵
			-۰/۰۹				۰/۱۳				۰/۱۳
			-۰/۵۴				-۰/۵۲				-۱/۱۶
		۳۰۰	-۰/۵۳			۳۰۰	-۰/۵۱			۳۰۰	-۱/۱۸
			-۰/۵۵				-۰/۵۰				-۱/۲
			۱/۰۹				۱/۴۲				۱/۹۱
		۹۰	۰/۹۵			۹۰	۱/۴			۹۰	۱/۸۶
			۰/۹				۱/۳۹				۱/۹۳
			۰/۶۵				۰/۹۳				۰/۹
	۸/۵	۱۸۰	۰/۶۳	۸/۵	۱۸۰		۰/۹۰	۸/۵	۱۸۰		۰/۹۴
			۰/۶۱				۰/۸۸				۰/۸۵
			۰/۲۱				۰/۲۳				-۰/۴۵
		۳۰۰	۰/۲۰			۳۰۰	۰/۲۳			۳۰۰	-۰/۴۴
			۰/۲۰				۰/۲۳				-۰/۴



نمودار ۱- میزان تغییرات سرعت ماشین مقوا سازی بر کاسی ورق مقوا



نمودار ۲- تغییرات میزان رطوبت کاغذ بر کاسی ورق مقوا



نمودار ۳- میزان تغییرات زاویه پیچش بر کاسی ورق مقوا

بحث

بطور کل بحث مربوط به کاسی عرضی در ورق مقوا نشأت گرفته از تبعات رطوبت و تغییرات آن در کاغذ می باشد که می بایست با کنترل رطوبت در سیستم مقواسازی این حالت را تحت کنترل قرار داد.

زاویه پیچش، سرعت تولید و..... همگی فاکتورها و متغیرهایی هستند که بطور مستقیم و غیر مستقیم بر میزان رطوبت کاغذ و ورق تأثیر گذارند، عواملی همچون میزان چسب بکار رفته در ورق مقوا، میزان حرارت چسب مذکور، میزان مواد جامد چسب، حرارت های موجود در پلاتهای گرمکن عوامل مربوط به کاغذ شامل نوع کاغذ، وزن پایه، ضخامت، تخلخل، مواد اولیه مورد استفاده در تهیه و ساخت کاغذ همه مواردی هستند که بر میزان ظرفیت رطوبتی کاغذ و نهایتاً کاسی ورق مؤثر هستند در تحقیق حاضر نیز سعی شد اثرات مستقل و وابسته سه متغیر سرعت، رطوبت، و زاویه پیچش نیز مورد بررسی قرار گیرد که نتایج حاصل از آزمایشها و تجزیه و تحلیل آماری مؤید موارد اشاره شده بوده و نتایج کسب شده با تحقیقات انجام شده در گذشته تطابق و همخوانی داشت.

نتایج نشان داد در سرعت های متوسط ۵۰ و ۱۰۰ میزان کاسی کمترین مقدار را دارد یعنی سرعت کمتر سبب افزایش حرارت و کاهش رطوبت تا ۷٪ شد که سبب کاهش کاسی گردید. ولی سرعت ۱۵۰ به دلیل اعمال کمتر حرارت مجدداً سبب افزایش کاسی شد این نتیجه با نتایج حاصل از مطالعه *Bruce Taylor (1999)* که کیفیت ورق را در سرعت های بالاتر با توجه به تکنولوژی مدرن تر مورد استفاده در ساخت ورق بررسی کرد تطابق دارد. همچنین از بررسی آزمایشات مربوط به رطوبت مشخص شد رطوبت کم ۶/۵٪ و یا خیلی زیاد ۸/۵٪ نیز سبب

ایجاد کاسی می شود این حالت نیز با نتایج حاصل از تحقیقات *Sore mar k.c(1971)* همخوانی دارد. و اشاره می کند که افزایش رطوبت در کاغذ سبب انعطاف پذیری بیشتر الیاف و اتصالات ضعیف تر بین آنها میشود همچنین *Tydeman(1961)* در تحقیقات خود اشاره کرد که جذب آب توسط دیواره الیاف سبب تورم شده که تاثیرات زیادی بر روی پیوند بین الیاف و خواص مکانیکی کاغذ دارد. جذب و دفع رطوبت سبب همکشیدگی و واکشیدگی الیاف شده و در نتیجه چون در ساخت ورق مقوای کنگره ای از ترکیب سه لایه کاغذ با هم استفاده می شود همکشیدگی و واکشیدگی هر کدام از کاغذها بر کاغذهای دیگر نیز اثر گذار خواهد شد بطوریکه اگر لایه داخلی رطوبت بیشتر داشته باشد و با جذب حرارت بیشتر در فرایند تولید از بقیه کاغذها خشکتر شود کاسی عرضی بوجود آمده بطرف کاغذ خشک تر خواهد بود. در فرایند تولید با تنظیم میزان زاویه پیچش کاغذ به دور پیش گرمکنها، اعمال حرکت بر کاغذ را میتوان کنترل کرد. هر چه زاویه پیچش بیشتر باشد حرارت بیشتر بر کاغذ اعمال میشود. (و بر عکس) زاویه پیچش و میزان رطوبت موجود در کاغذهای مورد استفاده با هم رابطه عکس دارند. و با افزایش زاویه رطوبت کاهش می یابد. با نگاه کلی به نتایج آزمایشات انجام شده و بررسی مطالعات محققان در می یابیم جهت افزایش کیفیت ورق مقوای کنگره ای، کنترل رطوبت و حرارت در فرایند تولید ورق مقوایی یکی از مهمترین فاکتورهای تأثیر گذار می باشد ولی فاکتورهای موثر دیگری همچون عوامل اپراتوری، نوع مواد اولیه، شرایط تولید، نوع و تکنولوژی ماشین آلات مورد استفاده همگی بر کیفیت مقوای حاصل تأثیر گذار می باشند.

پیشنهادات آینده

منابع

- Swedish Association of pulp and paper Engineers(1987), "Improving efficiency in the Drying of paper and board". Report No.EMR/IEA/PP7/SPCI/Stockholm,NOV.1987.
- Kerleker,B.V & Desmond, R.M.(1977),"Engineering Heat Transfer" west publishing NewYork,1977,p.394.
- Gavelin ,N.G (1972)"Drying of paper and paper Board". Lockwood , Newyork1972.P.19
- Bruce Taylor (1999). "Interaction of moisture and Humidity on Corrugated Board Quality" Corrugating International Vol.1,No.3(1999).
- Nissan,A.H.(1956)"The Rheological Properties of cellulose sheets".Retrospect and Synthesis. Tappi39(2),93-97(1956).
- De. Ruvo,A.et al(1976)"The influences of Temprature and Humidity on the Elastic and Expansional propertise of paper" The British paper and Board Industry federation 1976.VOL.2/785-810.
- Page,D.H.& Tydeman,P.A (1962)"A New Theory of the shrinkage , Structure of paper". Symposium held at oxford,Sep.1962,VOL.1.397-421.
- Nordman,L(1958). "laboratory Investigations into the dimensional stability of paper".Tappi,41(1)-23-30(1958).
- Kilzer,F.J(1971)."Thermal Degradation of cellulose and cellulose" Derivatives, willey Interscience, Newyork VOL.5,1971,10471078.
- Luner.P & Cardwell (1976)."Thermomechanical Stability of pulp and paper" British paper and Board Industry federation,1976.VOL.2,724-752.

- ۱-مطالعه تأثیر گراماژ بر ظرفیت جذب رطوبت کاغذ و اثرات آنها بر کیفیت مقوای کنگره‌ای.
- ۲-بررسی اثرمیزان چسب نشاسته بکاررفته در کیفیت ورق مقوا و تعیین مقدار بهینه آن در ورق سه لا Aفلوت.
- ۳-بررسی مکانیسم تبادل حرارتی در دبل فیسر خط مقواسازی و تأثیر آن بر کیفیت مقوای کنگره‌ای.
- ۴-روشهای اندازه گیری رطوبت و حرارت بصورت on line در خطوط مقواسازی.
- ۵- بررسی انواع کاسیهای موجود در ورق مقوا و روشهای کنترل آن.

سیاسگزاری

این مقاله از طرح پژوهشی " بررسی تاثیر رطوبت و حرارت بر کیفیت ورق موجدار کارتن " استخراج شده است. بدین وسیله از حمایت های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه در انجام تحقیقات مربوطه تشکر و قدردانی می شود.

Effects of humidity and heat of combined papers on the quality of corrugated board

Kasmani, J.E.^{1*}, Nazeri, A.M.² and Oshriyeh, A.³

1*- Corresponding author: Scientific member of Islamic Azad University- Savad kooch, Branch. Email: jafar_kasmani@yahoo.com

2- Graduated student of M.Sc. of Wood & Paper Science, faculty of Natural Resources, Tehran Azad University, Science & Research Campus - Q.C Manager of Towhid Carton Co.

3-MSc. Student of Wood and Paper, faculty of Natural Resources, Chalous Azad University Campus.

Received: Sep. 2009

Accepted: April, 2010

Abstract:

Effects of different humidity and heat content on the quality of corrugated board, was investigated. Optimal treatment variables include: corrugators speed (50, 100 and 150m/min), wrapping angle of the paper around pre heaters (90, 180 and 300 degree) and moisture of paper (6.5%, 7% and 8.5%). Papers that treated for this purpose included: 125gsm Kraft liner, 127gsm medium paper and 140gsm test liner paper. A flute type of 3ply corrugated board was selected for this study. Moisture of paper was measured in 3 places: Paper on roll stand before single facer, paper after single facer pre heater and paper before incoming double facer in hot plate unit. Also temperature was measured in corrugator's rolls, hot Plates in double facer and final board after exiting of the machine. Results show that, warp of final board decreased in speed 50 and 100m/min, moisture 7% and 180⁰C wrapping angle of the paper around pre heater. That means lower speeds and higher wrapping angles cause more heat on corrugated board and decreasing in warp content resulted. It should be noted that lower humidity than 7% and increase wrapping angle over 180 degree cause over drying and intensive moisture decrease which in turn cause reverse warp in the final board.

Keywords: Corrugated board, humidity, heat, liner paper, medium paper, warps.